

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE CULTIVOS DE COBERTURA EN
ÁREAS DE LADERA Y VALLE EN CATACAMAS, OLANCHO.**

POR:

ASTRID YADIRA BONILLA HERNANDEZ

TESIS



CATACAMAS

HONDURAS, C.A.

AGOSTO, 2025

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE CULTIVOS DE COBERTURA EN
ÁREAS DE LADERA Y VALLE EN CATACAMAS, OLANCHO.**

POR:

ASTRID YADIRA BONILLA HERNÁNDEZ

MSc. EMILIO JAVIER FUENTES ZÚNIGA

Asesor Principal, UNAG

TESIS

**PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERIA EN GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS NATURALES**

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

SEPTIEMBRE, 2025

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios por haberme permitido vivir una experiencia una gran experiencia que ayuda mi formación profesional, agradeciendo por haberme acompañado en este largo camino lleno de buenos y malos momentos.

Para mis padres Yadira Hernández y Carlos Bonilla por su apoyo y amor incondicional por la paciencia y la comprensión que me han brindado en todo este proceso ya que sin ellos impulsándome, muchas cosas de mi vida no se llevarían a cabo, por darme la motivación y creer plenamente en mí.

Para mis hermanos Carlos Manuel Bonilla y Carlos Fabricio Bonilla mis compañeros de vida, los cuales siempre han sido parte de mis logros, agradezco por su paciencia, amor, sus consejos y sus consejos.

Para mi mamita Emérita que a pesar que no está físicamente con nosotros, la llevo siempre en mis pensamientos y en mi corazón, dejando que cada logro obtenido que se realice sea por ella.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, le agradezco a Dios por las oportunidades que me ha brindado, el carácter que me ha forjado, la perseverancia, sabiduría y disciplina que me ha dado a lo largo de mi vida, por acompañarme en todo momento.

A mis asesores M. Sc Emilio Fuentes, M. Sc Gustavo López y M. Sc Carlos Irías por el apoyo y la confianza brindada en este proceso de aprendizaje, agradeciendo por cada regaño consejo y por el tiempo invertido en mí, permitiéndome crecer como profesional guiándome siempre por un buen camino.

Agradezco profundamente a mis padres Yadira Hernández y Carlos Bonilla por darme la oportunidad de cumplir mis metas, ayudarme a crecer como persona y siempre enseñarme la importancia del trabajo e influir en mí valores que me han permitido mejorar, ya que sin ellos son un pilar fundamental en mi vida.

A mis hermanos Carlos M. Bonilla y Carlos F. Bonilla por contribuir en mi crecimiento personal y profesional, por acompañarme en mis procesos mas duros, por levantarme y facilitarme muchas dificultades que se han presentado.

A mi padrino el General. Carlos Aguilar que ha sido fundamental en todo mi proceso académico, que me ha enseñado y moldeado desde la importancia del trabajo y el esfuerzo, agradeciendo también por su cariño.

A mis amigas Dulce María Gómez, Sofia Castellanos y Lucy flores, a mis amigos Jefferson Escobar, Jossiel Escobar, Miguel Montoya, Wilson, fueron una parte importante de mi vida universitaria, estuvieron conmigo en buenos y malos momentos, convirtiéndose en mis hermanos viviendo los mejores momentos.

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN	3
II.	OBJETIVOS	4
	2.1 Objetivo General	4
	2.2 Objetivos Específicos	4
III.	HIPOTESIS	5
	3.1 Hipótesis Alternante	5
	3.3 Hipótesis Nula	5
IV.	REVISIÓN DE LITERATURA	6
	4.1 El suelo	6
	4.1.1 Características físicas del suelo	6
	4.1.2 Características biológicas y químicas del suelo	7
	4.2 Importancia del suelo	7
	4.3 Contaminación de los suelos	7
	4.4 Suelos de Honduras	8
	4.5 Características de los suelos de Honduras	9
	4.6 Condiciones de fertilidad de suelos en diferentes zonas del país.	9
	4.7 Clima de Honduras y sus diferentes condiciones.	10
	4.8 Efecto del uso excesivo de los plaguicidas y productos químicos.	10
	4.9 Ley de conservación de Honduras	11
	4.10 ¿Qué son las prácticas de conservación?	11
	4.11 Importancia de las prácticas de conservación de suelos	12
	4.12 Técnicas de Conservación de Suelo	12

4.13 ¿Qué es la erosión del suelo?	12
4.13.1 Tipos de erosión	13
4.14 ¿Qué son los abonos verdes?	13
4.14.1 ¿Qué características deben tener las leguminosas a utilizar?	13
4.15 Como se utilizan y el principal objetivo de los abonos verdes	14
4.16 Importancia de los abonos verdes en la agricultura y el medio ambiente	14
4.17 Otros beneficios y ventajas de los abonos verdes	14
4.18 La Mucuna	15
4.19 El Gandul	15
4.19.1 Características del gandul	16
4.20 La canavalia	16
4.21 Los Dolichos	16
4.22 Micro y Macro nutrientes	17
4.22.1 Nitrógeno	18
4.22.2 Fijación de nitrógeno	18
5.22.3 Fosforo	19
5.22.4 Calcio	19
5.22.5 El Magnesio	19
5.22.6 Métodos para determinar la disponibilidad del suelo	20
4.23 Propiedades físicas del suelo	21
4.23.1 Textura	21
4.23.2 Método para determinar la textura del suelo	21
4.25 Color	22
4.25.1 Método para determinar el color del suelo	23

4.23.3 Estructura	23
4.26 Densidad Aparente	24
4.26.1 Método para determinar la densidad aparente	24
4.26.2 Método para determinar densidad real	24
4.24 Porosidad	25
4.27 Propiedades Químicas	26
4.27.1 pH del suelo	26
4.27.2 Método para determinar el pH	27
4.28 Propiedades biológicas	27
4.28.1 Materia Orgánica del suelo (MOS)	27
4.28.2 Método para la determinar la materia orgánica del suelo	28
4.28.3 Macrofauna Del Suelo	28
4.28.4 Método para determinar la microbiología del suelo	29
V. METODOLOGIA Y METODOS	30
5.1. Descripción del sitio experimental	30
5.2 Materiales y Equipo	31
5.3 Enfoque Metodológico	32
5.4 Diseño Experimental	32
5.5 Unidad Experimental	33
5.6 Tratamientos	35
5.6.1 Especificaciones de siembra	35
5.7 Toma de muestras	35
5.8 VARIABLES DE RESPUESTA	36
5.8.1 Variables evaluadas de Comportamiento agronómico	36

5.8.2 Cantidad de biomasa:	36
5.8.3 Porcentaje de cobertura foliar:	37
5.8.4 Numero de nódulos	38
5.9.5 Nodulación	38
5.8.7 Residencia de plagas (Conteo e identificación):	39
5.8.8 Incidencia de malezas:	39
5.8.9 Crecimiento Vegetativo:	39
5.8.10 Adaptación o comportamiento Agronómico:	39
5.8.11 Métodos de investigación	40
5.8.12 Propiedades Físicas evaluadas	40
5.8.13 Determinación de la Textura del suelo:	40
5.8.13 Determinar la estructura del suelo:	41
5.8.14 Determinar la Densidad aparente del suelo	41
5.8.15 Determinar densidad real del suelo	42
5.8.16 Determinar la Porosidad del suelo:	42
5.8.17 Determinar el Color del suelo	43
5.8.18 Propiedades Químicas evaluadas	44
5.8.19 Determinar el pH del suelo	44
5.8.20 Determinar la disponibilidad de nutrientes del suelo	44
5.8.21 Propiedades biológicas evaluadas	44
5.8.22 Determinar la macro fauna del suelo	44
5.8.23 Determinación de la materia orgánica presente en el suelo	45
5.9 Analisis Estadístico	46
5.10 Modelo Estadístico	46

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
6.1.1 Cantidad de Biomasa Verde	48
6.1.2 análisis cantidad de biomasa seca	51
6.1.3 Altura de la planta	54
6.1.4 Nodulación	57
6.1.5 Porcentaje de cobertura foliar en ambas localidades	60
6.1.6 Textura del suelo:	61
6.1.7 Color del suelo:	61
6.1.8 Estructura del suelo:	62
6.1.9 Densidad Aparente del suelo:	62
6.1.10 Densidad Real del suelo	64
6.1.11 Porosidad del suelo	66
6.1.12 pH del suelo	68
6.1.13 Materia Orgánica	70
VII. CONCLUSIONES	77
VIII. RECOMENDACIONES	78
BIBLIOGRAFÍAS	79

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. Tipos de suelos y texturas de acuerdo a la clasificación.....	20
TABLA 2. Clasificación de porosidad	21
TABLA 3. Niveles de pH según FAO.....	24
TABLA 4. Niveles de contenido de materia orgánica.....	25

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Mapa de cobertura y uso de suelo.....	8
FIGURA 2. Tabla de macro y micro nutrientes.....	17
FIGURA 3. Mapa de ubicación del sitio.....	23
FIGURA 4. Triangulo textura.....	35
FIGURA 5 Tabla Munsell.....	37

I. INTRODUCCIÓN

En la región centroamericana se tienen áreas con suelos muy afectados por la compactación provocada por producciones ganaderas y uso inapropiado de la maquinaria agrícola. Otra causa es el uso continuo (siembras) de monocultivos como el maíz. En la actualidad, el uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas han provocado la pérdida de fertilidad y capacidad productiva de los suelos. Acelerando los efectos de la degradación de suelos, por lo que se están tomando medidas para recuperar la productividad de suelos degradados entre ellas agricultura de conservación, buenas prácticas agrícolas y manejo de riegos y el Manejo Integrado de Nutrición de las Plantas. (FAO, 2024)

El uso de cultivos de cobertura en la agricultura, es una práctica en la cual se usan especies vegetales nativas o introducidas, perennes o anuales, asociadas o no, en rotación o sucesión entre los cultivos, con la finalidad de proteger, recuperar, aportar y mejorar las condiciones biológicas, físicas y nutricionales de los suelos. (J. R. Rivera, 1996). Disminuye la degradación y consiste en la incorporación de una cantidad de masa vegetal no descompuesta de plantas cultivadas para mejorar las condiciones del suelo (Castro-Rincón et al., 2018).

En Honduras el tema de cultivos de cobertura se ha convertido en un método importante de conservación para los suelos del país y los más utilizados en asociaciones de leguminosas como abonos verdes con cultivos anuales, como son la asociación de maíz o sorgo con *Canavalia ensiformis*, *Mucuna Sp*, *Phaseolus vulgaris* y *Vigna unguiculada*. Esto es de interés para los agricultores ya que podrían reducir los costos de la mecanización, fertilizante aplicar, uso de herbicida al dejarlas como cobertura muerta (Hernández; Adan, 2020)

La presente investigación evalúa la eficiencia de cobertura de cinco cultivos de cobertura observando el comportamiento agronómico, adaptabilidad y aporte en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos bajo estudio en áreas de valle y de ladera en el municipio de Catacamas, Olancho.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Evaluar el comportamiento agronómico de cinco cultivos de cobertura en áreas de ladera y valle en Catacamas, Olancho

2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar cuál de las especies de cobertura muestra una mayor flexibilidad en las diferentes áreas, midiéndose a partir de la altura, cobertura y biomasa.
- Estimar e indicar la actividad de las propiedades biológicas como la presencia de macrofauna y materia orgánica en las últimas etapas.
- Determinar la cantidad de biomasa que aporta cada uno de los cultivos de cobertura. Cuantificando la biomasa verde y seca.

III. HIPOTESIS

3.1 Hipótesis Alternante

H1: Los cultivos de cobertura son una alternativa viable a la conservación de los suelos, al menos una leguminosa presentara mayor producción de biomasa.

3.3 Hipótesis Nula

HO: Los cultivos de cobertura evaluados no presentaron diferencias estadísticas en el contenido de biomasa seca y verde.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 El suelo

En el documento mencionado la Comisión Europea define y contextualiza al suelo como: “La capa superficial de la corteza terrestre que desempeña una serie de funciones clave, tanto medioambientales como sociales y económicas, para el desarrollo de la vida. (Labrador & Ciencias Biológicas, 2008)

El suelo es el resultado de una serie de procesos biológicos, químicos y físicos que toman mucho tiempo y que obra sobre el paisaje, su topografía y sobre diferentes materiales parentales, hasta que aparece algo similar a lo que hoy se conoce como suelo y que se puede visualizar como un cuerpo natural conformado por un sistema de tres fases, una sólida -orgánica y mineral-, otra líquida y una tercera gaseosa.(Hernán & Orjuela, 2010).

4.1.1 Características físicas del suelo

- **Textura:** La textura se refiere al tamaño de las partículas minerales del suelo, que han pasado por un tamiz de 2 mm de diámetro, donde se definen tres tamaños característicos llamados separados texturales: arena, limo y arcilla.
- **Estructura:** Se refiere a la ordenación natural de las partículas del suelo en unidades específicas. Estas unidades están separadas por superficie de debilidad o grieta, que pueden estar manifestadas o latentes.(Carrasco, J)

4.1.2 Características biológicas y químicas del suelo

Las propiedades químicas se relacionan con la calidad y disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas, entre ellas, cabe resaltar: pH, materia orgánica, conductividad eléctrica y P, N y, K extractables, Por otra parte, la biología del suelo es amplia compleja y dinámica, la meso y microbiota del suelo desempeñan un papel fundamental en la fragmentación, transformación y translocación de materiales orgánicos en él.(Medina Claudia; Mantilla Gina, 2018)

4.2 Importancia del suelo

El suelo es un recurso natural finito y no renovable que presta diversos servicios ecosistémicos o ambientales, entre ellos y a manera de ejemplo, el relacionado con su participación en los ciclos biogeoquímicos de elementos clave para la vida como carbono, nitrógeno, fósforo, etc., que continuamente y por efecto de la energía disponible, pasan de los sistemas vivos a los componentes no vivos del planeta. No obstante, lo más conocido, es que el suelo es el asiento natural para la producción.(Burbano-Orjuela, 2016)

4.3 Contaminación de los suelos

El término “contaminación del suelo” se refiere a la presencia en el suelo de un químico o una sustancia fuera de sitio y/o presente en una concentración más alta de lo normal que tiene efectos adversos sobre cualquier organismo al que no está destinado. (Fao, 2019)

Según ECO-HONDURAS en 2015 se verifico que en Honduras la contaminación del suelo está directamente relacionado con el uso excesivo de pesticidas, plaguicidas y la sobre explotación de las tierras. No hay control en la utilización de los recursos, un mal manejo de los desechos sólidos ya sean domésticos, así como industriales. Y leyes que al parecer están únicamente de adorno, contribuyen a que día a día nuestros fértiles suelos se transformen en zonas donde si no

se toman a tiempo las medidas necesarias será casi imposible poder cultivar.(ECO-HONDURAS, 2015).

4.4 Suelos de Honduras

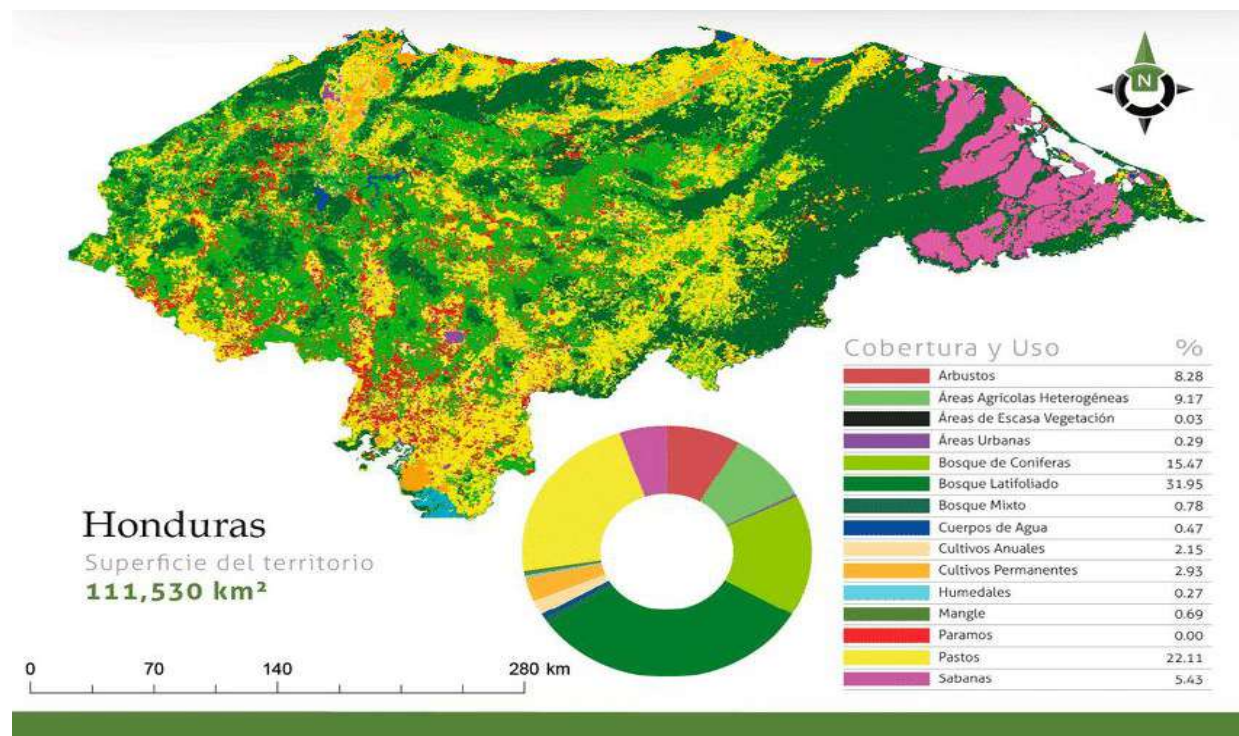


FIGURA 1 Mapa de cobertura y uso de la tierra, Honduras 2010.

Sobre todo, en aquellas partes del país con estaciones húmedas y secas bien definidas y se caracterizan por suelos poco profundos, la división entre altitudes bajas y medias se establece de un modo más arbitrario en 600 metros, la mayor parte de la superficie la constituyen en tierras montañosas completamente disecas. Con una altitud de 1 000m. Son frecuentes las laderas con pendiente mayor de 30% (FAO, 1969)

4.5 Características de los suelos de Honduras

En un país como Honduras, donde hay grandes extensiones de suelos de suelos poco profundos, la roca madre constituye tal vez el factor dominante en la determinación de las características del suelo, Los suelos Cambisoles predominan en Honduras con un 26.43%, de todo el territorio. Ya que según las características para un ese tipo de suelo se refiere a un suelo que está cambiando constantemente, niveles altos de arcilla, transformación de la materia orgánica evidente. (Rubén Brito Mijares Gabriel Enrique Sarmiento Hernández Zamorano, 2012).

4.6 Condiciones de fertilidad de suelos en diferentes zonas del país.

Los suelos utilizados en la producción agrícola generalmente se agrupan en tres grupos, “Bajo”, “Medio” y “Alto”, de acuerdo al contenido de nutrientes que tengan disponibles par a los cultivos, medido en % para Materia Orgánica y en partes por millón (ppm) para Fósforo (P) y Potasio (K). Estos niveles son determinados en base a experiencia de campo y conocimiento general sobre normas establecidas para suelos tropicales.

la mayoría de los suelos del país son deficientes en nutrientes, el país presenta grandes áreas que se pueden considerar “severamente deficientes” en nutrientes. Los mayores porcentajes de suelos “bajos” en M.O. son encontrados en los departamentos de Valle (100%), Choluteca (96%) y Atlántida (92%). Con respecto a P, los departamentos de Colon (91%), Lempira (90%), Ocotepeque (86%) e Intibucá (85%) presentan los suelos con menores contenido de P. Para el K, los departamentos de Gracias a Dios (100%), Colon (95%) y Atlántida (89%) son los que tiene los menores contenidos.(Herrera et al., 2006)

4.7 Clima de Honduras y sus diferentes condiciones.

Según FAO Honduras por su ubicación en el hemisferio es un país de Sub-Tropical. El clima es cálido y húmedo en las costas (temperatura media 31°C), más templado en la zona montañosa. Se distinguen dos estaciones: una lluviosa de junio a octubre y una seca de noviembre a mayo. De acuerdo con la clasificación de zonas de vida de Holdridge en Honduras se pueden encontrar 8 zonas de vida: Bosque húmedo tropical, bosque seco tropical, bosque muy seco tropical, bosque muy húmedo subtropical, bosque húmedo subtropical, bosque húmedo montano bajo y bosque muy húmedo montano bajo.(Kleinn, 2000)

Los suelos del país presentan una gran exposición a los movimientos de ladera debidos, entre otras razones, al mal uso del suelo y al deficiente manejo de las cuencas hidrográficas. Señala, además, la necesidad de mayor análisis de los mismos, La ubicación geográfica del país en la región caribeña, lo expone a ciclones y sismos, especialmente la zona norte y nororiental. Por su parte, el centro y sur del país presentan en cambio mayor riesgo por sequía. Además, debido al perfil montañoso del país, la amenaza de movimientos de ladera es muy alta, especialmente durante la temporada lluviosa.(Hernández A, 2016).

4.8 Efecto del uso excesivo de los plaguicidas y productos químicos.

A partir de la Revolución Industrial, se observó un crecimiento de las zonas urbanas con una dependencia de las rurales para la obtención de los alimentos, lo cual requería de una mayor producción, almacenamiento y protección de los mismos. En consecuencia, hubo un incremento sustancial de producción de sustancias químicas como parte del sostenimiento del desarrollo industrial y de la agricultura, por lo que la rama química lanzó al mercado sustancias de toxicidad inespecífica, pero de bajo costo.(Puerto Rodríguez et al., 2014)

La calidad del suelo está siendo afectada debido al incremento de los agroquímicos, los mismos que se aplican sin control por parte de los agricultores, y este uso indiscriminado influye de la reducción del suelo, el uso indiscriminado de los plaguicidas ha generado numerosos problemas ambientales a nivel mundial, como la destrucción de ecosistemas naturales, la infertilidad del suelo, pérdida de cultivos y la contaminación del agua.(Gerardo & Illescas, 2017)

4.9 Ley de conservación de Honduras

Según la secretaria de ambiente, Artículo 1. La protección, conservación, restauración y manejo sostenible del ambiente y de los recursos naturales son de utilidad pública y de interés social. El Gobierno Central y las municipalidades propiciarán la utilización racional y el manejo sostenible de esos recursos, a fin de permitir su preservación y aprovechamiento económico. El interés público y el bien común constituyen los fundamentos de toda acción en defensa del ambiente; por tanto, es deber del Estado a través de sus instancias técnico-administrativas y judiciales, cumplir y hacer cumplir las normas jurídicas relativas al ambiente. (R. P. Rivera, 1993) Pero Actualmente en Honduras no existe una ley que regule la utilización y conservación del suelo de manera específica.(Andrés et al., 2015)

4.10 ¿Qué son las prácticas de conservación?

La conservación de suelos es un conjunto de prácticas manuales y agronómicas que se aplican al suelo para limitar las pérdidas de nutrientes a causa de la erosión (pérdida del suelo por lluvia o aire), Consiste en diferentes prácticas apropiadas que toman en cuenta el uso de la tierra, grado de pendientes del terreno.(Paredes Carlos, 2008)

4.11 Importancia de las prácticas de conservación de suelos

Según la FAO Para adquirir la seguridad alimentaria y medios de vida se aplican métodos apropiados del manejo de la tierra que ayudan a invertir la degradación de recursos del suelo, agua y biológicos y para aumentar la producción de cultivo y ganadería. Los efectos de degradación de suelos son numerosos, Se toman medidas para recuperar la productividad de suelos degradados cuyas se deben conectar con otras medidas que afectan las prácticas de manejo de tierras en particular la agricultura de conservación, buenas prácticas agrícolas y manejo de riegos y el Manejo Integrado de Nutrición de las Plantas. (FAO, 2024a)

4.12 Técnicas de Conservación de Suelo

Los distintos tipos de métodos de conservación del suelo evitan escorrentías, la contaminación y sedimentación en las masas de agua y protegen el suelo desnudo del agrietamiento y la erosión debido al agua, el viento y el calor excesivo.(Vasyl Cherlinka, 2021)

Existen muchas técnicas o prácticas de conservación de suelos que son sencillas, de relativo bajo costo, de fácil aplicación y de aceptación por los agricultores; entre ellas están: • La siembra de plantas de coberturas y abonos verdes, • El uso de estiércol y aboneras orgánicas, • La labranza conservacionista o labranza mínima, • Los sistemas agroforestales, • La siembra en curvas a nivel o siembra al contorno, • Las barreras vivas, • Las barreras o muros de piedra, • Las terrazas individuales.(Lima, 2011)

4.13 ¿Qué es la erosión del suelo?

La erosión del suelo es el proceso de desgaste de la superficie terrestre como consecuencia del impacto de acciones geológicas, como las corrientes de agua, las lluvias o los vientos intensos, o debido a la actividad del ser humano, como la agricultura, la deforestación y la expansión de las ciudades.(Rammakrishna Bommat, 2021)

4.13.1 Tipos de erosión

- Erosión Hídrica: Como su nombre indica, este tipo de erosión del suelo está causada por el agua e implica la eliminación de la capa superior del suelo tras las lluvias, el deshielo, inundaciones o riego mal gestionado. Por lo tanto, puede producirse tanto por eventos climáticos.(Vasyl Cherlinka, 2022)
- Erosión Eólica: Cuando hablamos de erosión eólica nos referimos a aquellos procesos de deterioro o degradación que vienen dados por la acción del viento y así modifican el relieve de la corteza terrestre.(Portillo Roper Sandra, 2020)

4.14 ¿Qué son los abonos verdes?

Los abonos verdes son cultivos, residuos de cultivos y restos vegetales que se agregan a los suelos, con el fin de conservar o de recuperar sus propiedades. Con los abonos verdes se mejora el contenido de agua del suelo, el contenido de materia orgánica, se reduce la infestación de malezas, insectos y enfermedades.(Bizzozero Federico, 2018)

4.14.1 ¿Qué características deben tener las leguminosas a utilizar?

Cuando hablamos de abonos verdes nos referimos a los cultivos con periodos de crecimiento rápido y que producen gran cantidad de biomasa, leguminosas, es a través de su fruto el cual corresponde a lo que comúnmente conocemos como vaina. En este grupo están todos los tipos de frijoles, los que junto con bacterias del género *Rhizobium* son capaces de tomar y aprovechar el nitrógeno del aire, en los nódulos, que son las pelotitas de las raíces que se convierten en una verdadera fábrica de nitrógeno.(Centeno García Leonardo, 2006)

4.15 Como se utilizan y el principal objetivo de los abonos verdes

Los abonos verdes son cultivados con el objetivo general de mejorar la fertilidad y productividad del suelo, en concreto su cultivo pretende incrementar la cantidad de nutrientes en especial el nitrógeno disponible para el cultivo siguiente y enriquecer el suelo en materia orgánica, son utilizados para mantener el suelo cubierto y protegerlo de la erosión hídrica durante el invierno. (Palma Ferrero Manuel José, 2011), suma dentro del manejo agronómico a la conservación y manejo del suelo, a la disponibilidad de nutrientes de los cultivos intercalados o en rotación, al uso eficiente de los recursos naturales, a prescindir o reducir el uso de insumos externos de síntesis química industrial (fertilizantes, herbicidas, biocidas) y a la seguridad y soberanía alimentaria dentro de las fincas. (Rivero Herrada, 2016)

4.16 Importancia de los abonos verdes en la agricultura y el medio ambiente

La aplicación de abonos verdes al suelo es una tecnología agroambiental sostenible que permite mejorar el desempeño agronómico de las plantas. El uso de abonos verdes en la agricultura ha sido una práctica muy efectiva para incrementar el rendimiento de los cultivos, como por ejemplo en arroz, y el incremento en el rendimiento de los cultivos por la aplicación de abonos verdes ha sido relacionado con una mayor disponibilidad de nutrientes. (Jamioy Diego David, 2018) Una alternativa viable y económica para contrarrestar la pérdida de la fertilidad de los suelos (Rafael et al., 2018) Este insumo natural ha sido reconocido por contribuir a la recuperación de la fertilidad y las características físicas del suelo, así como por su capacidad de controlar plagas, malezas y nemátodos, pero especialmente por su capacidad para incrementar la concentración de MO en el suelo, agrega que los AV contribuyen en el secuestro de carbono, que es de gran beneficio ambiental. (Sierra Daniela Zavala, 2018)

4.17 Otros beneficios y ventajas de los abonos verdes

Como se ha mencionado anteriormente, algunas cubiertas vegetales pueden utilizarse como alimento para el ganado, o las cubiertas vegetales resultan excelentes para proveer a las abejas de polen y néctar durante el verano. (Vincent Michel (Agroscope, 2020) La creciente concienciación sobre los riesgos que suponen los productos químicos para el medioambiente ha producido un gran movimiento en el sector agrícola hacia la utilización de fertilizantes orgánicos. Dentro de los principales beneficios del uso de abono orgánico se tiene Ecosistema del suelo más sano los fertilizantes naturales de la agricultura ecológica contienen carbono orgánico del suelo, que favorece a las bacterias encargadas de la descomposición y el ciclo de los nutrientes.(Cherlinka Vasyl, 2024)

4.18 La Mucuna

Mucuna pruriens es una planta trepadora vigorosa con tallos de hasta 18 m de largo. Las hojas son trifoliadas, con hojuelas de 5 a 12 cm de ancho y 7 a 15 cm de largo. Las flores blancas o púrpuras son auto fecundadas y se encuentran en racimos axilares de hasta 32 cm de largo. Las vainas se producen en grupos de 10 a 14 y miden de 0.5 a 1 a 2 cm de ancho y de 4 a 13 cm de largo.(Lezama Tenorio Pedro, 2006)

Es una leguminosa anual, trepadora, de hojas redondeadas y vainas cubiertas de pelos, la mucuna es una planta que puede atrapar el nitrógeno del aire, gracias a las bacterias que viven en los nódulos que se encuentran en sus raíces, la gran cantidad de follaje que produce forma una cobertura disminuyendo la erosión (Hernández Fonseca Juan Carlos, 2004)

4.19 El Gandul

El gandum (*Cajanus cajan* Millsp.) es una leguminosa (Fabaceae), El gandum se cultiva hace unos 3000 años, posee una su raíz penetrante bastante útil para descompactar los suelos algunas investigaciones realizadas en Santa Catarina (Brasil) determinaron que el gandum produce hasta 60 toneladas de forraje verde, conteniendo 15 toneladas de materia seca con 17% de proteína bruta. (Luis Alonso González, 2016)

4.19.1 Características del gandul

El gandul probablemente se originó en África tropical, pero ahora es popular en el sudeste de Asia, el Caribe, el este y oeste de África y los trópicos de Estados Unidos. Es una leguminosa arbustiva, tolerante a la sequía, de rápido crecimiento, con una larga raíz y una masa de raíces fibrosas. Puede crecer hasta 4 m (13 pies) de altura. (ECHO Community, 2022)

4.20 La canavalia

La inserción de abonos verdes en la rotación de cultivos incrementa las entradas de nitrógeno (N) al sistema por vía de la fijación biológica, La canavalia (*Canavalia ensiformis*) es una leguminosa muy utilizada como abono verde y también tiene aplicación como forraje en la alimentación animal. (Martín et al., 2009) realiza aportes de N atmosférico fijado al sistema suelo planta por vía de la fijación biológica (FBN) recicla cantidades apreciables de P y K. Es considerada la mejor leguminosa para enfrentar frecuentes sequías por ser sumamente resistente y se adapta a condiciones de suelos deteriorado, por lo que tolera un amplio rango de texturas y fertilidad del suelo; creciendo bien en suelos altamente lixiviados, así como en suelos ácidos, salinos y en suelos arcillosos húmedos. Las características de esta leguminosa herbácea muy rústica, anual o bienal y de crecimiento determinado, posee una alta sensibilidad al fotoperiodo y su tasa de crecimiento es rápida. (Osmara Renté Martí, 2020)

4.21 Los Dolichos

El caso del fríjol Dolichos (*Lablab purpureus*), Por ser una leguminosa, esta planta proporciona la fijación biológica del nitrógeno (N). La acción natural de convertir N atmosférico en las formas disponibles para la planta, mejora la productividad de una manera barata y

ambientalmente sustentable. (Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez Cuba Ruiz Espinoza et al., 2007)

La inclusión de dólicos en los sistemas agrícolas contribuye a la sostenibilidad mediante la fijación de nitrógeno en el suelo, reduciendo así la dependencia de fertilizantes químicos. Esto no solo mejora la salud del suelo, sino que también ayuda a mitigar el impacto ambiental asociado a la agricultura convencional. (Garcilazo Fernando Morales, 2024) las vainas son frecuentemente más fibrosas y no se utilizan como hortalizas. Generalmente maduran más temprano y se utilizan como forraje o como cultivos de cobertura. Una precaución importante de notar es que el lento crecimiento inicial hace necesario el desmalezado durante el establecimiento, también son susceptibles a los nemátodos de la raíz. (Beckett, 2004)

4.22 Micro y Macro nutrientes

Los elementos con funciones específicas y esenciales en el metabolismo de las plantas se clasifican, según su concentración en la planta y conforme a sus requerimientos para el adecuado crecimiento y reproducción, en dos grupos: macronutrientes y micronutrientes. (Kirkby, 2007) Actualmente, cuando menos son necesarios 15 nutrientes esenciales para el crecimiento de todas las plantas, aunque para determinadas especies se hayan ampliado alguno más como el cloro, silicio etc. El carbono, hidrógeno y oxígeno se obtienen del aire y del agua. Estos comprenden el 90 % de la materia seca. Los 12 elementos restantes se obtienen principalmente del suelo. El nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) son consumidos en cantidades más o menos elevadas, denominándose macronutrientes. Los micronutrientes son el hierro (Fe), manganeso (Mn), cinc (Zn), cobre (Cu), boro (B) y molibdeno (Mo). Por otro lado, algunos autores le dan importancia a otros dos micronutrientes los cuales son cloro (Cl) y Níquel (Ni). (Ángel et al., 2016)

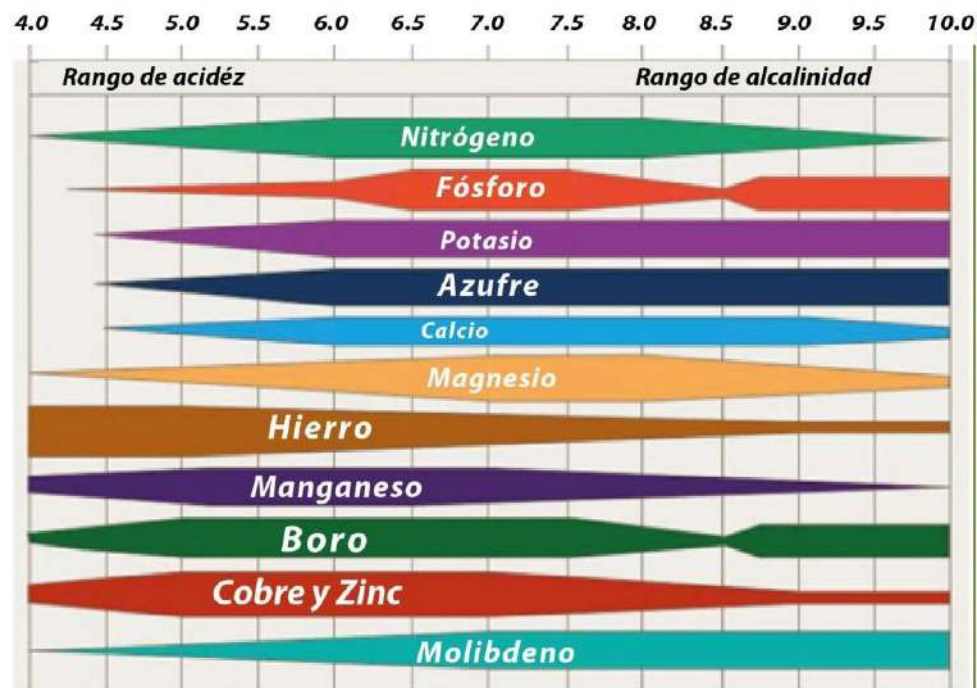


FIGURA 2 Rangos de acidez y alcalinidad Fuente:(Portal Frutícola, 2018)

4.22.1 Nitrógeno

El nitrógeno es uno de los macronutrientes más esenciales para el crecimiento y desarrollo de cualquier cultivo. Del mismo modo juega un papel significativo en la producción de azúcares, almidón y lípidos, entre otras sustancias, para la nutrición y otros procesos básicos de las plantas, El suelo dispone naturalmente de él en forma orgánica y mineral, esta última esencial para que pueda ser absorbido por las plantas.(Agrovitara, 2020)

4.22.2 Fijación de nitrógeno

La fijación de nitrógeno ocurre con bacterias en el suelo o algas capaces de fijar el nitrógeno atmosférico incorporándolo a su organismo y depositado al suelo una vez muertos. Las bacterias *Azobacter* y *clostridium* se nombran como las fijadoras de nitrógeno en manera no simbiótica. Las bacterias que llevan a cabo fijación simbiótica incluyen *Rhizobium*. Su hábitat se encuentra alrededor de las raíces leguminosas formando nódulos en las células corticales habitadas por las bacterias.(FAO, 2024)

5.22.3 Fosforo

El fósforo es uno de los diecinueve elementos considerados como esenciales del suelo y para la vida de las plantas. Constituye un componente primario de los sistemas responsables de la capacitación, almacenamiento y transferencia de energía, y es componente básico en las estructuras de macromoléculas de interés crucial, tales como ácidos nucleicos y fosfolípidos(Abraham Raúl Pérez Domínguez; Yessica Torrero Garza, 2002)

5.22.4 Calcio

El calcio (Ca) es un macronutriente secundario esencial para el desarrollo vegetal. La absorción del calcio por la planta se realiza de forma pasiva y no requiere energía, en contraste con otros elementos. La vía de entrada es extracelular, a través del apoplasto, moviéndose pasivamente, arrastrado por la corriente de agua que penetra en la planta y que se genera por la transpiración.(Agrometodos, 2021)

5.22.5 El Magnesio

El magnesio (Mg) es un constituyente común de muchos minerales, llegando a comprender el 2 % de la corteza terrestre y se localiza dentro de los minerales arcillosos del suelo o está asociado con el intercambio de cationes en la superficie de las arcillas.(Mikkelsen Robert, 2010)

es un indicador que hace referencia a la cantidad de cationes que pueden ser retenidos por un suelo dado un determinado pH, y que pueden ser intercambiados por otros contenidos en la solución del suelo. Básicamente se trata de la capacidad del suelo para retener ciertos elementos(Contexto Ganadero, 2017)

5.22.6 Métodos para determinar la disponibilidad del suelo

Mehlich III es una solución extractora de mucha utilidad para determinar múltiples parámetros químicos de suelo, principalmente manejada para cuantificar los elementos fundamentales en el suelo bajo los diferentes usos ya sean convencionales o agroecológicos que le dan a este, dicha metodología está basada en comprobados métodos científicos a nivel internacional, el cual conlleva a la implementación de rangos de suficiencia adecuados para cada elemento nutritivo del suelo para los diversos cultivos y los resultados que se obtienen son clave para mejorar el rendimiento y calidad del suelo para beneficiar los diferentes sistemas agroecológicos.(ANACAFE, 2022)

4.23 Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas de los suelos, determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta. La condición física de un suelo, determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes. (L. Rucks; García; A. Kaplán; Ponce de León; M. Hill, 2004)

4.23.1 Textura

La textura representa el porcentaje en que se encuentran los elementos que constituyen el suelo; arena gruesa, arena media, arena fina, limo, arcilla. la textura de un suelo será el resultado de la acción de los factores de formación de suelo y su intensidad de acción. (La República & Agr Rucks Ing Agr F García Ing Agr A Kaplán Ing Agr J Ponce de León Ing Agr M Hill, 2004)

La proporción (en porcentaje de peso) de las partículas menores a 2 mm de diámetro (arena, arcilla y limo) existentes en los horizontes del suelo. En edafología las partículas de un suelo se clasifican en elementos gruesos (tamaño de diámetro superior a 2 mm) y elementos finos (tamaño inferior a 2 mm). Estos últimos son los utilizados para definir la textura de un suelo. (Gisbert Blanquer et al., 2016)

4.23.2 Método para determinar la textura del suelo

El método del hidrómetro de Bouyoucos es una de las formas más rápidas para analizar el tamaño de las partículas del suelo. (Rojas & Herrera, n.d.) El método del hidrómetro de Bouyoucos es una de las formas más rápidas para analizar la muestra de suelo disperso es mezclada en un cilindro de vidrio alto. Con agua y una vez que se asienta, la densidad de la suspensión se puede medir con el densímetro. El tiempo que cada tamaño de partícula toma al

caer, por debajo de un plano de conjunto imaginario en el cilindro puede ser medido, con las lecturas que son tomadas después de 40 segundos para mida la sedimentación de arena y después de dos horas para medir las partículas de limos.(Conú Leydi, 2014)

Tabla 1. Tipos de suelos y texturas de acuerdo a la clasificación

Tipos de suelos	Textura	Relación arena-limo–arcilla (%)
Livianos	Arenoso	90-5-5
	Arenoso franco	80-15-5
Medios	Franco Arenoso	65-25-10
	Franco	40-40-20
	Franco limoso	20-65-15
	Franco arcilloso arenoso	35-35-30
Pesados	Franco arcilloso	35-30-35
	Franco arcillo limoso	10-35-55
	Limoso	10-85-5
	Arcillo arenoso	55-5-40
	Arcillo limoso	5-50-45
	Arcilloso	10-20-60

Fuente: (edición Traducido adaptado al castellano por Ronald Vargas Rojas Proyecto FAO-SWALIM & Mayor de San Simón, 2009a)

4.23.3 Color

El color del suelo es una de las características morfológicas más importantes, la más visible y fácil de determinar, permitiendo identificar las distintas clases de suelos. E el atributo más relevante utilizado en la separación de horizontes, el color se debe a elementos cromógenos que contiene cada horizonte de un suelo. Uno de los sistemas color-modelados más influyentes fue inventado por Alberto Henry Munsell Este sistema consta básicamente de tres elementos claves “Matriz, Valor e Intensidad”, cada color posee tiene estas cualidades, de esta forma dispone

ordena y especifica los colores además muestra su relación. Cada elemento esta descrito por su escala.(Salas Gutiérrez Nel, 2014)

4.23.3.1 Método para determinar el color del suelo

La determinación del color del suelo, se realiza por la comparación de éste, con los diferentes patrones de color establecidos en las tablas Munsell, dichas tablas son un sistema de notación de color basado en una serie de parámetros que nos permiten obtener una gama de colores que varían en función del matiz, brillo y croma. Rojo, marrón, negro o gris, son algunos de los colores más característicos y descriptivos del suelo, pero no son exactos y debido a esto, la comunidad científica decidió establecer como patrón de medición del color del suelo el sistema de notaciones de Color Munsell(Moreno Ramón et al., 2010).

4.23.4 Estructura

La estructura del suelo se refiere a la organización natural de las partículas del suelo en unidades de suelo discretas agregados o peds que resultan de procesos patogenéticos, La estructura del suelo se describe en términos de grado, tamaño y tipo de agregados. Cuando un horizonte contenga agregados de más de un grado, tamaño o tipo, los diferentes tipos de agregados se deben describir por separado e indicar sus relaciones. (edición Traducido adaptado al castellano por Ronald Vargas Rojas Proyecto FAO-SWALIM & Mayor de San Simón, 2009b)

Es preferible describir la estructura del suelo cuando se encuentre en condición seca o ligeramente húmeda. La estructura del suelo se describe en términos de grado, tamaño y tipo de agregados. Cuando un horizonte contenga agregados de más de un grado, tamaño o tipo, los diferentes tipos de agregados se deben describir por separado e indicar sus relaciones. (FAO, 2009)

4.24 Densidad Aparente

La densidad de volumen o densidad aparente se define como el peso seco del suelo por unidad de volumen de suelo inalterado, tal cual se encuentra en su emplazamiento natural, incluyendo el espacio poroso. (Rubio & Sevilla, 2010) esta es una relación entre la masa del suelo seco y el volumen total (aparente) (Bobadilla-Ballesteros et al., 2020).

La DA es la característica que en mayor grado influye sobre la productividad de los cultivos, debido a su estrecha relación con otras propiedades del suelo. Incluso en algunas especies ejerce un mayor efecto que el mismo fertilizante, este comportamiento está asociado con las condiciones de disponibilidad y la tasa de nutrientes en el suelo.(Salamanca Jiménez et al., 2005)

Se define como la relación entre la masa secado (P_{ss}) al horno de las partículas de suelo y el volumen total (V_t), incluyendo el espacio poroso que ocupan, a través de la ecuación (Cerna Castillo, 2005)

$$Da = P_{ss} / V_t; (g/cm^3)$$

4.24.1 Método para determinar la densidad aparente

La densidad aparente es un criterio transcendental para la evaluación hídrica y de nutrientes, de igual forma puede ser determinada de manera semicuantitativa, tomando en cuenta la penetrabilidad del perfil de suelo con ayuda de un cuchillo y datos de la textura del suelo.(Bobadilla-Ballesteros et al., 2020)

4.24.2 Método para determinar densidad real

La densidad real se refiere a la densidad de la totalidad de las partículas del suelo el cual se expresa como la relación entre la masa de partículas sólidas y el volumen del sólido, excluyendo, por lo tanto, los espacios porosos y al aumentar el contenido de materia orgánica se reduce la densidad real de los suelos.(U.N.P.L, 2019)

Para la determinación de la densidad real debe conocerse la masa de suelo y el volumen del mismo. La primera es determinada por peso; el volumen real es un valor más complicado de establecer pues debe eliminarse totalmente el aire del suelo. La determinación es a través de la picnometría, el procedimiento significa la aplicación del principio de Arquímedes, es decir, determina que volumen de alcohol desplazan los sólidos al ser sumergidos.(U.N.P.L, 2019)

4.25 Porosidad

La porosidad del suelo superficial determina en gran medida los procesos de infiltración y escurrimiento del agua que influyen en la erosión hídrica y el transporte de agua en el suelo, La porosidad total de los suelos se estableció a partir de los valores de densidad aparente (ρ_d), que se obtuvieron de 0 a 15 cm de profundidad utilizando el método volumétrico. (Luis González-Barrios et al., 2012) A su vez, es una propiedad secundaria de las rocas que determina la capacidad de almacenamiento de fluidos de las mismas, la porosidad puede ser clasificada en primaria o intergranular y secundaria o inducida.(Lezmes G, 2015)

Tabla 1. Clasificación de la porosidad del suelo

	Tipo	Porcentaje (%)
1	Muy baja	<2
2	Baja	2 a 5
3	Media	5 a 15
4	Alta	15 a 40
5	Muy alta	>40

(FAO, 2009)

4.26 Propiedades Químicas

La química del suelo se define como: la parte de la ciencia del suelo concerniente a la constitución, a las propiedades y a las reacciones químicas de los suelos.(Fassbender, 1987) La caracterización de las propiedades químicas de suelo permite estar al tanto del estado nutricional, esclarecer su patogénesis, taxonomía y conocer la calidad química que posee por medio de la determinación de los nutrientes y compuestos orgánicos e inorgánicos.(Felipe & Izquierdo, 2016).

4.26.1 pH del suelo

(Osorio, 2012) El pH, es un término que indica la concentración de iones hidrógeno en una disolución y se trata de una medida de la acidez de la disolución.

El pH es uno de los parámetros más trascendentales que influyen en la fertilidad del suelo. El cual ayuda a indicar si el suelo contiene niveles tóxicos de aluminio y manganeso, si es bajo el contenido de elementos básicos como el calcio y el magnesio, y si se le puede regular con la adición de sustancias como el óxido de calcio, de igual forma, la disponibilidad de otros nutrientes esenciales para la planta depende de los valores de pH.(Evelin Rivera, 2018)

Tabla 3. Niveles de pH

	Bajo	B/N	Normal	N/A	Alto
pH	< 5.0	5.0 - 6.0	6.0 - 6.8	6.8 - 7.2	>7.2

(Figuerola, 1999)

4.26.2 Método para determinar el pH

Ruiz, (2011) menciona que el método más ampliamente utilizado en la determinación de pH es el potenciómetro, que consiste en la medición del voltaje de una celda electroquímica formada por dos electrodos: uno de referencia cuyo potencial es constante y uno de medición cuyo potencial es sensible al pH de la solución donde se encuentra sumergido. El potenciómetro es un instrumento para la medición precisa de diferencia de potencial eléctrico Y es un circuito puente para medir voltajes pequeños por comparación, con ventaja sobre otros instrumentos para medir voltaje porque no produce efecto de carga en el circuito del voltaje a medir porque trabaja con corriente cero.

4.27 Propiedades biológicas

la biología del suelo es amplia compleja y dinámica, la meso y microbiota del suelo desempeñan un papel fundamental en la fragmentación, transformación y translocación de materiales orgánicos en él, además, aportan considerables cantidades de biomasa al suelo y mejoran algunas de sus propiedades físicas.(Calderón, 2018)

4.27.1 Materia Orgánica del suelo (MOS)

(FAO, 2019) La materia orgánica del suelo comprende todos los materiales orgánicos de origen vegetal o animal, descompuestos, parcialmente descompuestos y no descompuestos. Es generalmente sinónimo de humus, aunque este último es más comúnmente usado para referir a la materia orgánica bien descompuesta, denominada sustancias húmicas. La materia orgánica del suelo es un indicador primario de calidad de suelo.

la incorporación de materia orgánica al suelo favorece su estructura, es imprescindible para una óptima retención de agua y para que los nutrientes estén disponibles para los cultivos al igual que

evita la compactación de las tierras; beneficia el desarrollo de los microorganismos edáficos, (hongos y bacterias) que asegurarán una considerada descomposición de los aportes de materia orgánica y un ambiente sano, equilibrado y nutritivo para las raíces y plantas.

Tabla 4. Niveles de contenido de materia orgánica (M.O)

Nutriente	Bajo	B/N	Normal	N/A	Alto
M.O. %	<3 %	3 - 4 %	4 - 5 %	5 - 6 %	>6%

Fuente: (Figuerola, 1999)

4.27.2 Método para la determinar la materia orgánica del suelo

El Primer método utilizado para la determinación del MOS fue el de oxidación húmeda desarrollado por Walkley y Black en 1934.(Izquierdo Bautista & Arévalo Hernández, 2021) es el más utilizado en todo el planeta para determinar los niveles de MOS, consiste en la oxidación húmeda de la muestra de suelo con dicromato de potasio en una solución ácida. (BARREZUETA-UNDA et al., 2020) que es usualmente, asociado al carbono de cadenas largas como el humus fácilmente oxidable y que consiste en una digestión húmeda suave por oxidación con ácido sulfúrico. En este método se lleva a cabo una valoración del reactivo estándar de dicromato de potasio que ha sido agregado en exceso.(Gloria Elizabeth Arévalo, 2022)

4.27.3 Macrofauna Del Suelo

La macrofauna edáfica está compuesta por animales invertebrados que pasan toda o una parte de su vida dentro del suelo, sobre la superficie inmediata de éste, en la hojarasca superficial y los troncos caídos en descomposición.(Grisel, 2014) La macrofauna del suelo es ampliamente usada como bioindicadora de calidad ambiental y calidad de suelos(Triana et al., 2014) La macrofauna

está compuesta por invertebrados que poseen una longitud igual o mayor de 10 mm y un ancho de cuerpo mayor de 2 mm, por lo que se pueden detectar a simple vista. Vive también dentro del suelo o inmediatamente sobre él y reúne principalmente a las lombrices de tierra, moluscos, cochinillas, milpiés, ciempiés, arácnidos y diversos insectos.

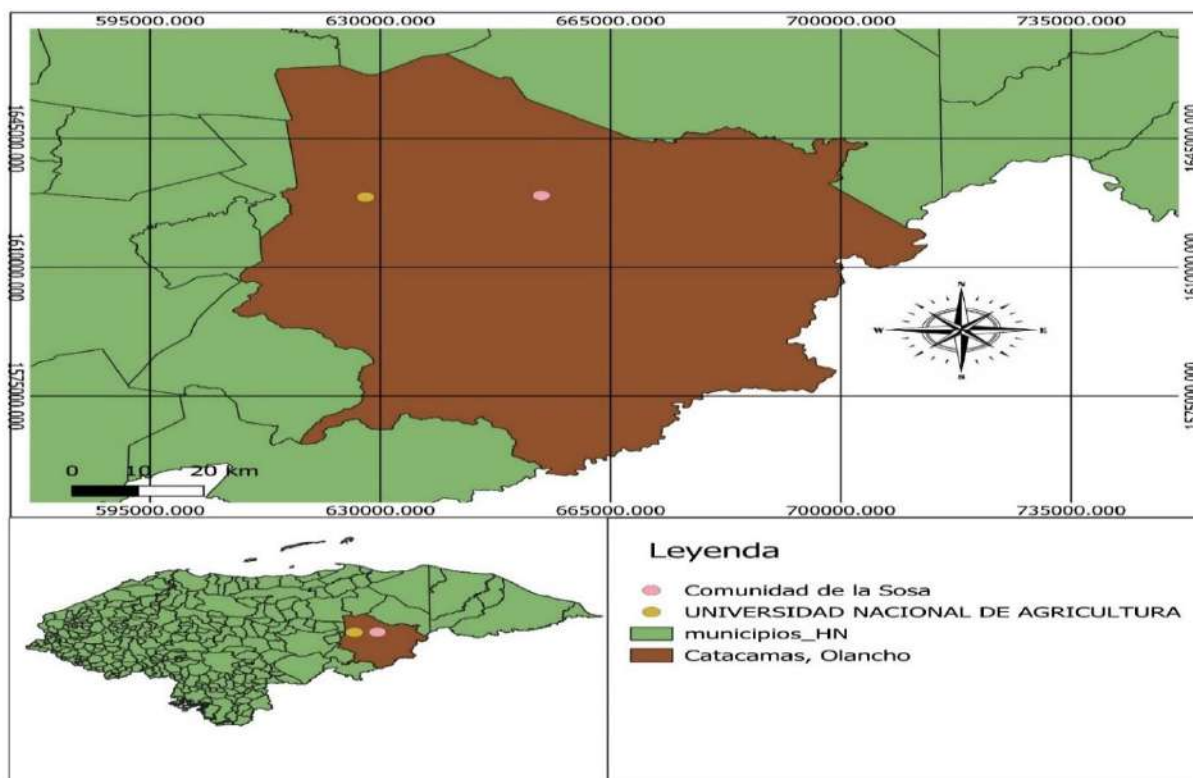
4.27.4 Método para determinar la microbiología del suelo

El Índice de Shannon, también conocido como la Entropía de Shannon, es una medida estadística ampliamente utilizada en diversos campos para cuantificar la diversidad y riqueza de especies en un hábitat. Este índice toma en cuenta no solo la cantidad de especies presentes, sino también la equidad en su distribución, ofreciendo una visión detallada de la biodiversidad. (Ignacio del Rey, 2021)

V. METODOLOGIA Y METODOS

5.1. Descripción del sitio experimental

El trabajo de investigación se realizó en el campo experimental “Raúl Rene Valle” en los lotes de investigación de la Universidad Nacional De Agricultura (UNAG), la cual se caracteriza por ser áreas planas con una pendiente promedio de 3%, el otro estudio se instaló en una zona de ladera que no ha sido dedicado a la actividad agrícola, la cual cuenta con una pendiente promedio de 32% ubicado a 6 kilómetros de la UNAG en la comunidad de la sosa,



Catacamas, Olancho.

Figura. Localización de los sitios de estudio (elaborado por Astrid Bonilla.)

Los sitios bajo estudio se encuentran a una altitud (msnm) aproximadamente a 450 msnm, según la clasificación de Koppen-Gerber, el clima de Catacamas corresponde a un clima de sabana tropical caracterizado por una estación seca marcada y una estación lluviosa profunda.

La precipitación promedio anual varía entre 845mm y 1068mm marcándose octubre el mes más lluvioso con aproximadamente 175mm y hasta 22 días de lluvias, el mes más seco es febrero, cerca de 24mm de lluvia distribuido en 10 días húmedos. La humedad relativa c promedio anuales, la humedad se sitúa entre el **.80%** La temperatura media anual, **28** por mes máximas hasta de 35C en abril y mínimas de 14 en enero.

5.2 Materiales y Equipo

- Los materiales utilizados a nivel de campo fueron libretas, lápiz, machete, azadón, bombas de mochila, barreno, pala, cubeta, pailas plásticas, estacas, bolsas plásticas, sacos, pesa digital. Uno de los materiales importantes por lo cual se llevó a cabo la investigación fue el suelo de ambas localidades donde se encontraron diferencias en sus medios físicos, químicos y biológicos en la localidad 1 se encontró suelos de 8.2 de pH y en la localidad suelos de 6.5 de pH.
- Materiales de carácter vegetativos que fueron muy importantes, las semillas de la siembra las cuales se utilizaron: Canavalia, Mucuna Negra, Mucuna Gris, Dolichos, Gandul, Maíz amarillo, las semillas de leguminosas fueron adquiridas en semillas tropicales en Siguatepeque, Comayagua, las semillas de Maíz se obtuvieron del departamento de investigación de la facultad de agronomía.
- Los materiales y equipos utilizados a nivel de laboratorio Computadora, potenciómetro, hidrómetro Bouyoucos, pipeteador, Campana de gases, horno, espectrofotómetro UV, espectrofotómetro de absorción atómica con emisión de llama, balanzas, bikers,

recipientes plásticos, pajillas, balones volumétricos, tamiz probetas, Soluciones de buffer, regla de Munsell, agua destilada, ácido sulfúrico.

5.3 Enfoque Metodológico

En este estudio se utilizó un enfoque de carácter cuantitativo, debido a que las variables a medir se presentan con características tangibles de las cuales se obtienen datos exactos para medir sus características.

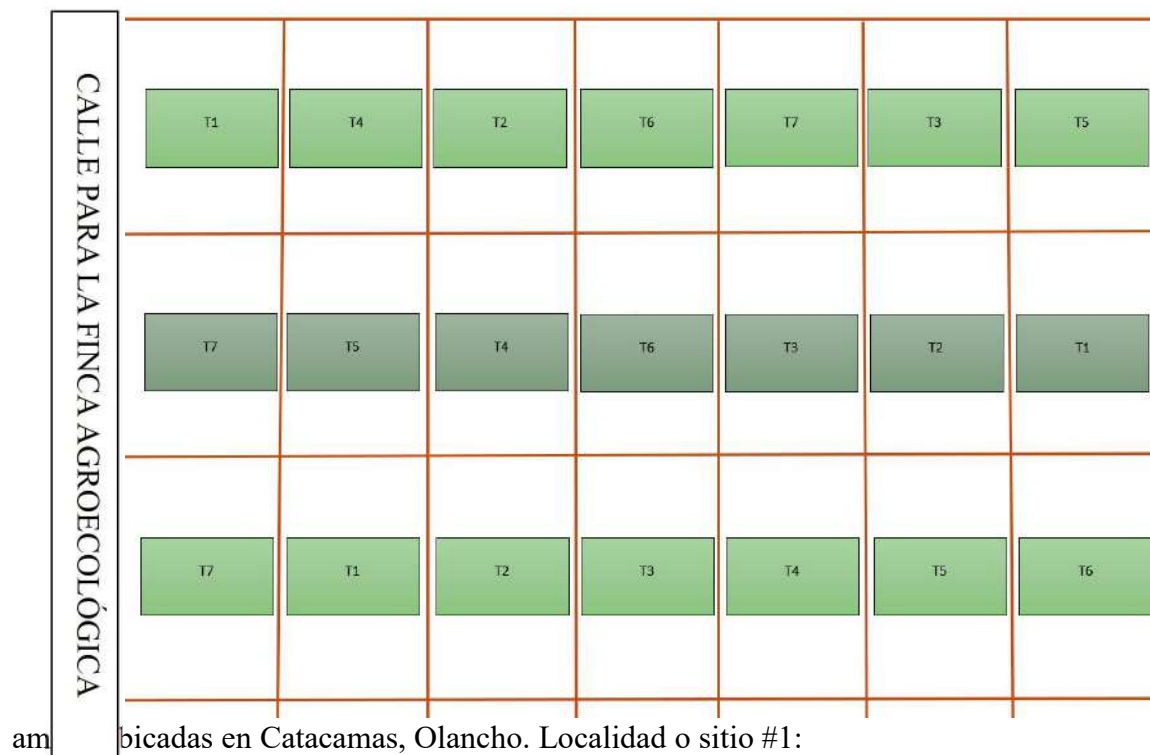
5.4 Diseño Experimental

En el estudio se evaluaron cinco especies de leguminosas de la familia Fabaceae las cuales se compararán con un testigo de la familia Gramíneas (*Zea Maíz*) y una parcela vacía (donde no se sembró) en la Universidad Nacional De Agricultura el área que se trato es una parcela con código 12B alta que tiene un ancho de 25 metros de largo, 40 metros de ancho donde se trabajó una área de 30x20 de parcelas con medidas de 5.5 metros de largo y ancho con una distancia entre surco de 0.80 utilizado dos semillas por postura utilizando 3 bloques y 7 repeticiones con un total de 21 tratamientos.

En la comunidad de La Sosa, el coyote se trabajó en un área de 30x40 dividiéndose en 3 bloques y 7 repeticiones generando un total de 21 ue, utilizando 2 curvas a nivel y 1 espacio entre curvas, con 2 surcos de siembra con una distancia de 0.80

5.5 Unidad Experimental

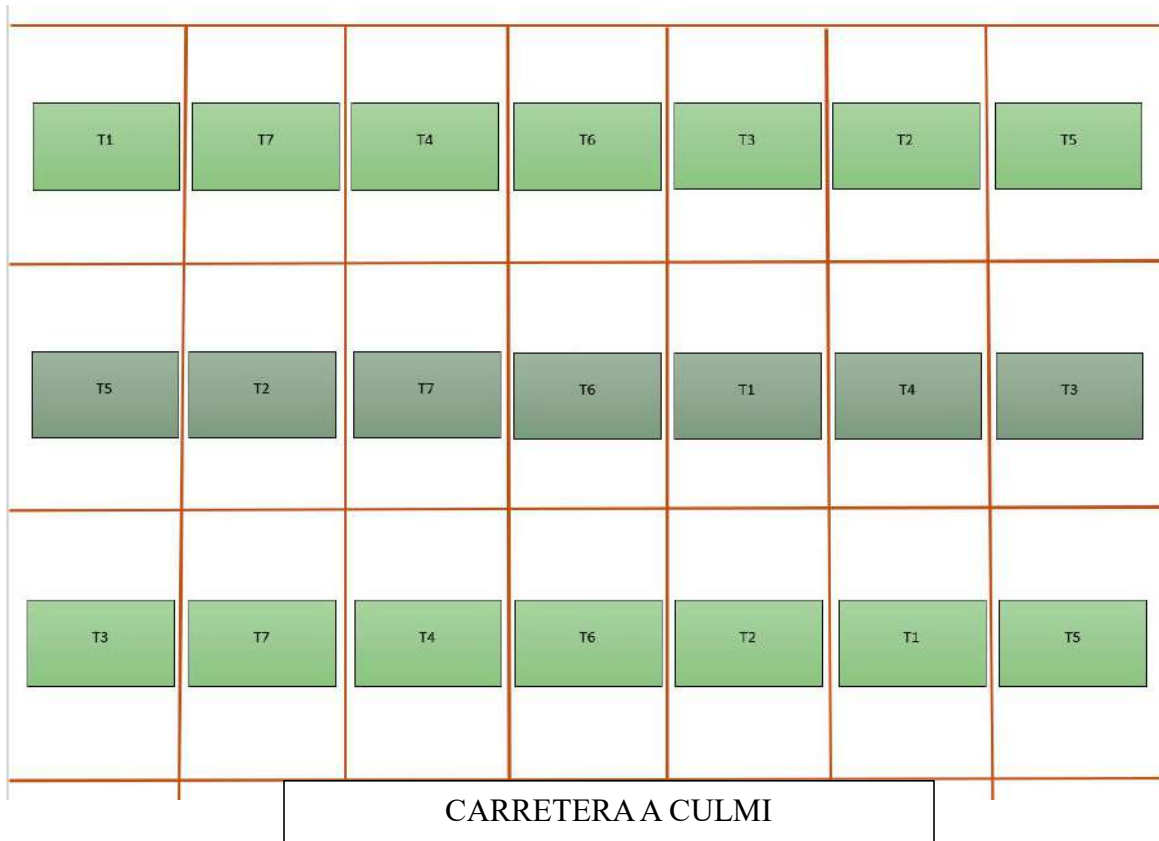
La parcela de la Universidad Nacional de Agricultura, La parcela de la comunidad de la sosa



am bidadas en Catacamas, Olancho. Localidad o sitio #1:

El área de investigación de la localidad 1, fue un área total de 20x30, del cual se dividió en 3 bloques, 21 unidades experimentales de 5.5m de ancho dejando 1 metro de distancia entre cada una, levantando 4 camas de 4.50 m con un espacio entre cama de 80 cm. Sembrando solamente un surco por cama.

Localidad o sitio #2:



Para el desarrollo de la investigación en la localidad 2, debido a que era un espacio de ladera, se Trabajó con un área total de 30x40 utilizando curvas a nivel y los espacios entre ellas. Las curvas tenían un ancho de 1.50m, y los espacios un total de 2m de ancho, no se levantaron camas debido al poco espacio, cada unidad media 7.7m de Largo sembrándose dos surcos por unidad.

5.6 Tratamientos

Para el desarrollo de la investigación se especificaron 7 tratamientos en ambos sitios donde se utilizaron cinco especies de leguminosas, en conjunto con un testigo de maíz y una parcela sin sembrar asignando los tratamientos para ambos sitios de la siguiente manera: T1– Canavalia, T2– Gandul, T3- Mucuna Negra, T4- Dolichos, T5- Mucuna Gris, T6- Maíz, T7-Parcela Sin Sembrar.

5.6.1 Especificaciones de siembra

El distanciamiento de siembra es variable por que se buscó diferentes referencias de investigaciones para establecer la ideal para ser usado en el ensayo, Cada uno de los cultivos tuvieron diferentes especificaciones de siembra las cuales fueron las siguientes:

Gandul: 20cm

Canavalia:40cm

Dolichos40cm

Mucuna Gris: 30 cm (Dos granos)

Mucuna negra: 30 cm (Dos granos)

Maíz (TESTIGO): 70cm

5.7 Toma de muestras

Al inicio del ensayo se tomó la muestra de suelo, haciendo uso del barreno de broca el cual se introdujo a una profundidad de 25 cm, cada muestra se depositó en un balde limpio, seguidamente se destruyeron los agregados y se procedió hacer el cuarteo. De cada repetición se tomó una muestra compuesta haciendo un total de cinco muestras

Al finalizar el ensayo se realizó el segundo muestreo, con el objetivo de ver el efecto que tiene cada una de las leguminosas en las propiedades físicas y químicas del suelo, el ensayo consta de cinco repeticiones con siete tratamientos por lo que se tomó una muestra por unidad experimental haciendo un total de 21 muestras por sitio las cuales serán llevadas al laboratorio de suelos para realizarles los análisis correspondientes análisis.

5.8 VARIABLES DE RESPEUESTA

5.8.1 Variables evaluadas de Comportamiento agronómico

- Cantidad de biomasa
- Porcentaje de cobertura foliar
- Fijación de nitrógeno
- Crecimiento vegetativo
- Adaptación o comportamiento en los diferentes sitios
- Rapidez de cobertura
- Resistencia a plagas

5.8.2 Cantidad de biomasa

El dato de biomasa verde y seca se recopiló con la ayuda del método de la estimación o la cosecha el cual es un enfoque subjetivo que influye en la precisión.(Jason Karl, 2024)

Para tomar el dato de biomasa verde se tomaron 2 muestras por parcela cortando un cuadrado de 30x50, luego de ser cortada se procedió a tomar su peso en biomasa verde, utilizando una balanza electrónica y adquiriendo su dato en kilogramo, procediendo a trasladar las muestras a la secadora para dejar 6 días secando.

Dato de biomasa seca: Al pasar los 6 días de secado, la planta ha perdido el 60% del peso inicial debido a la pérdida de agua, se tomaron las mismas muestras para realizar su peso en seco, adquiriendo su dato en kilogramos.

Para ambos sitios se utilizó una fórmula debido a que el dato final debía representarse en hectáreas la cual era: (ejemplo)

$$X = 10000 (1.81) / 0.15 \text{cm}$$

$$X = 120,666 / 1000 = 120 \text{ ton/hec}$$

Donde:

1.81: Es el peso de la biomasa

0.15: el área que se utilizó

5.8.3 Porcentaje de cobertura foliar:

Con la metodología del Diseño del cuadrante (Zeleny David, 2021), se utiliza un cuadrante de madera, herramienta que mide 1m x 1m subdividido con cabuya, formando 100 sub- cuadrantes.

Dentro del procedimiento del muestreo se lanza el cuadrante dos veces por parcela, ubicándolo de modo aleatorio sobre la vegetación. Para cada colocación se cuenta cuantos cuadrantes (100 en total) están ocupados por cobertura vegetal.

Cada cuadrante equivale a 1% de cobertura del cuadrante, calculando el porcentaje de cobertura en cada lanzamiento de la siguiente forma:

$$\text{Cobertura (\%)} = \text{Numero de sub- cuadrantes ocupados} / 100 \times 100$$

Para finalizar al recopilar todos los datos se sacó un promedio de la cobertura vegetal.

5.8.4 Rapidez de cobertura:

Para observar los resultados de la rapidez de cobertura foliar se basó más a la parte cualitativa comparando el incremento del porcentaje del suelo cubierto a lo largo del tiempo, comparando cuál de las especies cerraba el surco más rápido.

5.8.5 Numero de nódulos

Se seleccionaron de 3 a 4 plantas al azar por unidad experimental ya que para esta etapa de la investigación era necesario realizar un conteo de la producción de nódulos que hizo cada una de las 5 leguminosas, por lo que con mucho cuidado se retiraban los nódulos dentro de una paila plástica para que no hubiera pérdida de ningún nódulo y poder obtener el dato total del número de nódulos por planta.

5.9.6 Nodulación

Con la ayuda de la metodología de la evaluación de la nodulación y la fijación de nitrógeno (Saskatchewan Agriculture, 2025) de cada unidad experimental se tomaron 3 a 4 plantas al azar tomando en cuenta que se realizó a los 69 días , procediendo a sacarlas con la ayuda de una piocha, machete y pala para no dañar ninguna raíz, con mucho cuidado se procedió a limpiar las raíces encima de una paila para no tener alguna pérdida de los nódulos se procede a observar los nódulos de las raíces primarias, secundarias y terciarias, luego se parten a la mitad con el objetivo de observar la coloración interna que tienen los nódulos, la apariencia de nódulos blancos indica que no hay fijación de Nitrógeno, cuando los nódulos presentan una coloración rojiza llamada leghemoglobina significa que hay fijación o presencia de nitrógeno .

5.8.7 Residencia de plagas (Conteo e identificación):

Para medir la resistencia o la susceptibilidad de las plagas de los cultivos se sometieron a diferentes muestreos observando la hoja, tallo, fruto evaluando cuál de los cultivos presenta mayor resistencia a las plagas o cual es el más susceptible.

5.8.8 Incidencia de malezas

Para indicar la incidencia de malezas en cada unidad experimental se utilizó un cuadrante de 50 por 50 cm, se contarán el número de malezas (hoja ancha, angosta y ciperáceas). Se harán dos muestreos al azar en el área útil después de la siembra de la leguminosa.

5.8.9 Crecimiento Vegetativo

Utilizando la metodología de la red neuronal profunda basada en datos mixtos para estimar el índice de área foliar (Apolo-Apolo et al., 2020) el crecimiento del cultivo se determinó midiendo la altura de la planta desde su base hasta la punta de la guía, dicho procedimiento se realizó una vez por semana, tomando en cuenta la emisión de guías y su longitud en cm.

5.8.10 Adaptación o comportamiento Agronómico

Dentro de la investigación para evaluar la adaptabilidad de los cultivos en cada sitio se observaron un abanico de parámetros como, germinación, el ciclo vegetativo o crecimiento, productividad, nodulación, evaluando desde la parte cualitativa.

5.8.11 Métodos de investigación

5.8.12 Propiedades Físicas evaluadas

5.8.13 Determinación de la Textura del suelo

Para la determinación de la textura se utilizó el método de los Bouyoucos pensando 60 gramos de la muestra dentro de un beaker de 120 ml, al tener listas las muestras se llevan por alrededor de 12 a 24 horas al horno, al cumplir el tiempo correspondido se vuelve a pesar la muestra dejándola en un peso de 50 gramos.

Como siguiente se realiza la dispersión química del suelo de las muestras agregando 10 ml de Hexametafosfato de sodio y 100 ml de agua destilada, dejándolas reposar por 12 horas, luego del tiempo cumplido se procede a poner las muestras en la batidora para lograr la dispersión física durante 10 minutos, para después ser colocadas en las probetas (1000 V) con agua destilada. Procediendo agitar por 1 minuto, tomando la lectura del hidrómetro y la temperatura.

Al cumplir el procedimiento se corrigen las lecturas de temperaturas e hidrometro para poder determinar el porcentaje de cada parte con el cual se conforma el suelo, aplicandose formulas especificas para cada una de ellas.

%Arcilla

Donde:

R2= Lectura del hidrometro de las dos horas

F= Factor de correccion

%Arena

R1= Lectura del hidrometro de los 40 segundos

F= Factor de correccion de los 40 segundos

5.8.13 Determinar la estructura del suelo

El parámetro de la estructura del suelo se obtendrá visualmente describiendo los parámetros que lo califican, los cuales serían, el tipo, la clase y el grado de progreso actual del suelo.

5.8.14 Determinar la Densidad aparente del suelo

Se tomaron diferentes muestras en el campo para determinar la densidad aparente, las cuales se evaluaron por medio de un cilindro de volumen midiendo el volumen y el radio del cilindro. Las muestras se sometieron en el laboratorio y dentro del horno se mantendrán a una temperatura de 105°C por 24 horas tiempo que se va a requerir para que pierda la humedad.

La fórmula que se va utilizar para calcular la densidad aparente (Da) es:

$$Da = \frac{P_{ss}}{V_c}$$

Donde:

Da: densidad aparente (g/cm³)

Pss: peso del suelo seco en el horno a 105 grados (g)

Vc: volumen del cilindro (cm³)

Vc= a * h

Donde:

Vc: volumen del cilindro (cm³)

a: área de la base del cilindro (cm²)

h: altura del cilindro (cm)

5.8.15 Determinar densidad real del suelo

Se recolectaron las muestras en las diferentes áreas determinadas, las cuales se ingresaron al laboratorio, utilizando el método del picnómetro el cual consiste pesar 30 gramos de la muestra de suelo utilizando un balón volumétrico completamente seco, con un embudo se va agregando la muestra de suelo tamizada en 2mm hasta formar en el fondo del balón volumétrico, posteriormente se agregó alcohol unos 2 cm arriba de la muestra procediendo a agitar para eliminar las burbujas de aire, siguiendo con una bureta de 50 ml que tiene un orden de 0 a 50 la cual se llena de alcohol y se procede a incorporar el alcohol hasta la línea blanca de su capacidad, observando los datos representados de menor a mayor.

5.8.16 Determinar la Porosidad del suelo:

Después de haberse calculado y obtenidos los resultados de la densidad aparente y densidad real (los cuales se pueden observar en la parte 5.8.14, 5.8.15) y se utilizó el método de diferencia de densidades para calcular la porosidad del suelo, dicho procedimiento el cual contiene la siguiente ecuación.

Para calcular la porosidad se hará uso de la siguiente fórmula:

$$Pt = \left(1 - \frac{Da}{Dr}\right) \times 100$$

Donde:

Pt: porosidad total (%)

Da: densidad aparente (gr/cm³)

Dr: densidad real (gr/cm³)

5.8.17 Determinar el Color del suelo

El parámetro del color del suelo se va a determinar mediante el uso de la tabla Munsell, en la cual se tomarán pequeños terrones de suelo de cada uno de los sitios, y luego se procederá a secar al aire libre y se evaluará tanto en su estado húmedo y su estado seco. Dicha tabla se utiliza con patrones de comparación visual donde se compara los colores, escalas de tono, valor y saturación de la tabla con las diferentes muestras de suelo para identificar un color bajo ciertas condiciones de iluminación conocidas.

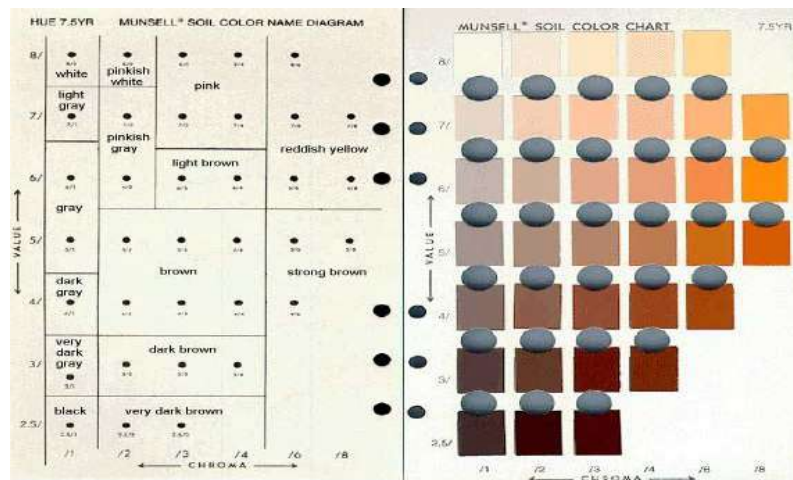


FIGURA 5. Tabla Munsell

5.8.18 Propiedades Químicas evaluadas

5.8.19 Determinar el pH del suelo

se realizará por medio del método de potenciómetro que se realiza colocando una suspensión de suelo y agua destilada en contacto con un electrodo de vidrio muy sensible a la concentración de iones de hidrogeno.

El procedimiento que se realizo fue se pesar 10 g de suelo en un Beaker de 40 ml, agregando 25 ml de agua destilada consecutivamente se tiene que remover cada 20 minutos con la ayuda de una pajilla de plástico. Se debe calibrar el potenciómetro con soluciones buffer o amortiguadoras de pH 4.0 y 7.0 hasta que quedo calibrado y por último se va agitar con una varilla de vidrio la muestra que está en el beaker e introducir cuidadosamente el electrodo para el análisis correspondiente.

5.8.20 Determinar la disponibilidad de nutrientes del suelo

Por medio de la metodología Mehlich III, la cual es una solución extractora multiparamétrica que determinaremos los parámetros del fosforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg). Se tomarán las muestras de suelo de las diferentes áreas en estudio que serán analizadas.

5.8 21 Propiedades biológicas evaluadas

5.8.22 Determinar la macro fauna del suelo

dicho índice consiste en estimar la diversidad de la macrofauna y microorganismos del suelo. El proceso que se lleva a cabo es el siguiente, se va a muestrear cada cuadrante en cada una de los 6 tratamientos se van a obtener 2 muestras porque en cada una se contabilizara la cantidad de

especies presentes en el área de estudio (riqueza) y la cantidad relativa de individuos de cada especie (abundancia) de los diversos organismos tales como lombrices, insectos y otros visibles.

Utilizando una fórmula para estimar el índice que consiste:

5.8.23 Determinación de la materia orgánica presente en el suelo

Para determinar el contenido de la materia orgánica del suelo (MOS) se utilizó la metodología de Walker Black (1934), este método se basa en el volumétrico de óxido-reducción por retroceso en la cual se oxidará la MO del suelo con oxidantes en exceso y la determinación se hace estimando por retroceso la cantidad de dicromato que no ha sido reducido por la materia orgánica, con una solución de sulfato ferroso.

De inicio se utilizó balanza para pesar un gramo de las muestras de suelo con su respectiva titulación y de la misma manera se peso una muestra control en uno de los vasos de aluminio, tomando en cuenta que también se agregaron dos muestras de blanco para así poder pasarlo a un Erlenmeyer de 250 ml procediendo a colocar todas las muestras en la campana de extracción de gases para poder agregar 20 ml de ácido sulfúrico y 10 ml de Dicromato de Potasio, procediendo a dejar 30 minutos las muestras en reposo, al cumplir el tiempo se les agrego 200 ml de agua destilada.

Con la asistencia de una bureta de 50ml a la cual se le pone el reactivo de sulfato ferroso de amonio, procediendo agregar a cada muestra 5 gotas de un indicador de Heroína con la ayuda de un gotero, al estar las muestras listas se procede a utilizar el agitador magnético, introduciendo el magneto dentro de la muestra, esperando el cambio de la coloración.

5.9 Analisis Estadístico

Se realizo a cada una de las variables de estudio una prueba de ANAVAS, de resultado significativo que indico crecimiento de biomasa, observando diferencias dentro de las variables agronómicas, físicas, biológicas y químicas en los cultivos estudiados se trabajó con el programa INFOSTAT a través del cual se identificará con mayor precisión las diferencias tanto en tratamientos, repeticiones y cultivos.

Para los análisis de las variables de laboratorio se utilizó la prueba de media de Scott – Knott donde el método se enfoca en comparar todas las medias dividiendo y agrupando los tratamientos de forma jerárquica, ordenando los datos de mayor a menor, así mismo maximizando los grupos las diferencias entre los grupos y minimizando las posibles diferencias dentro de cada grupo. Realizando un análisis y clasificación homogénea de cada bloque.

5.10 Modelo Estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + t_i + b_{j/k} + s_k + st_{(ik)} + e_{ijk}$$

Y_{ijk} = Es el valor observado en el tratamiento

μ = Es la media general

t_i =Efecto del tratamiento

$b_{j/k}$ = Es el efecto dentro del bloque

s_k =Es el efecto local o sitio

$st_{(ik)}$ =Es el efecto de la interacción

e_{ijk} = Es el error aleatorio medio asociado e la observación.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el periodo de investigación se establecieron cinco especies de leguminosas que son utilizadas como cultivos de cobertura, un testigo que fue el maíz y una parcela sin sembrar en dos sitios: La Universidad Nacional De Agricultura (UNAG) y la comunidad El Coyote. En ambos lugares se evaluó el comportamiento de las especies, considerando su adaptación, crecimiento, cobertura del suelo, resistencia plagas, rapidez de cobertura, fijación de nitrógeno, cantidad de nódulos como variables de comportamiento agronómico de inicio.

En la UNAG se trabajó con un total de siete parcelas experimentales, cada una destinada a una especie y testigos, mientras que en la comunidad del coyote se implementaron las cinco parcelas de leguminosas y testigos utilizando curvas a nivel y espacios entre ellas. Al analizar la distribución del ensayo se determinó que en total se evaluaron 42 parcelas, esto permitió identificar diferencias en el desarrollo de las leguminosas, influidas por factores como la disponibilidad de nutrientes, fertilidad natural del suelo y las prácticas de manejo aplicadas en cada sitio.

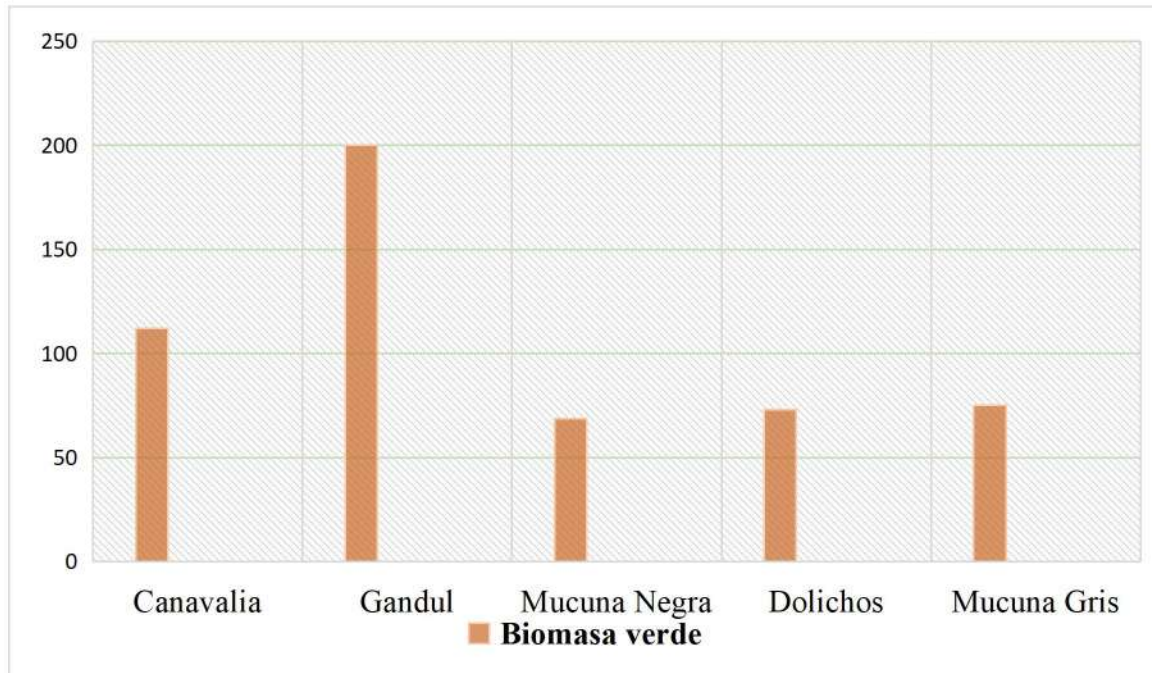
En un término general, la comparación entre ambos lugares resalta la importancia de evaluar que cultivo tiene una mejor adaptabilidad y desarrolla mejores condiciones en el suelo basándose en las diferencias de terreno, espacio y características de sitios.

6.1 Variables agronómicas

6.1.1 Cantidad de Biomasa Verde

Localidad 1(UNAG)

Gráfico de media del análisis de varianza de la biomasa verde de la localidad #1



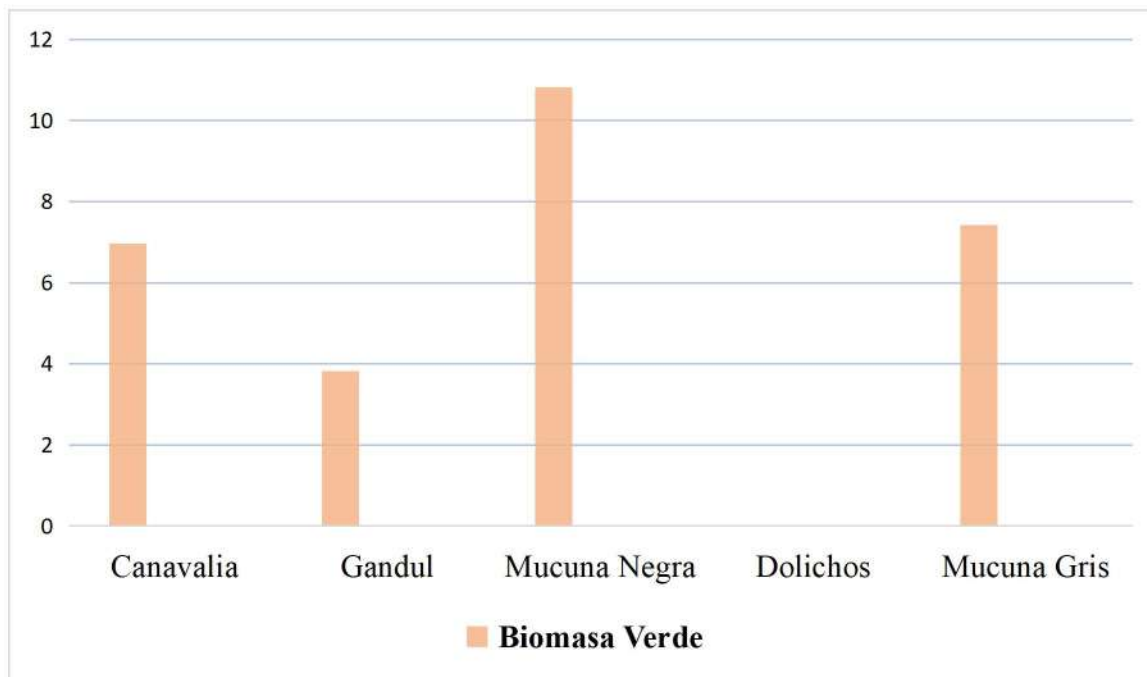
En esta grafica se presentan la media de la biomasa verde, la cual se agrupa en grupos estadísticos uno de alto rendimiento y otra que representa una media de los resultados obtenidas por tratamiento en la localidad #1. Los resultados muestran que el Gandul obtuvo la mayor producción de biomasa verde con 200.22 Kg ubicándose en el grupo A siendo significativamente superior al resto.

Los tratamientos T1- Canavalia (111.95), T5- Mucuna gris (74.91), T4- Dolichos (73.06) y T3- Mucuna Negra (68.51) forman el grupo B, sin diferencias estadísticas entre ellos, pero claramente con menor rendimiento en biomasa verde, existen diferencias significativas entre

tratamientos donde el tratamiento 2 mostro una ventaja marcada en la producción de biomasa verde debido a sus condiciones fisiológicas.

Localidad 2 (EL COYOTE):

Gráfico de media del análisis de la biomasa verde de la localidad #2

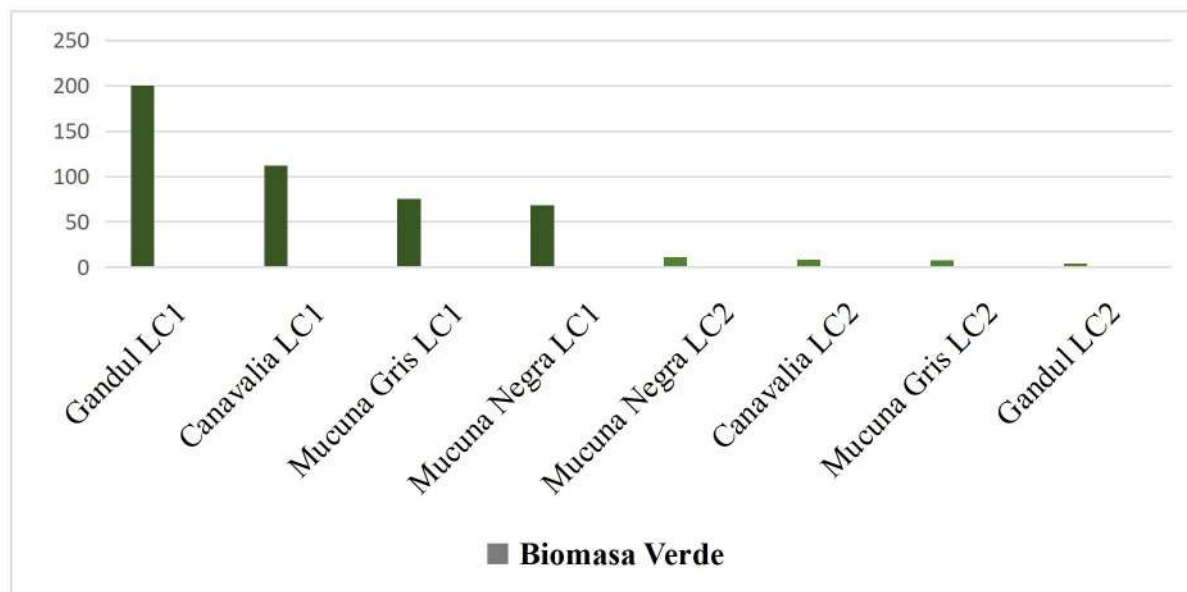


Esta gráfica presenta la media de la producción de biomasa verde de la localidad 2 un área de ladera donde los resultados muestran enormes diferencias respecto a la producción de biomasa verde esta localidad la mucuna negra (T3) con 10.82 Kg

Los tratamientos (T5)- Mucuna gris 7.42 Kg, (T1)- Canavalia 6.97 Kg quedaron en un grupo (AB O B) intermedio sin diferencias entre ellos. El tratamiento (T2)- Gandul 3.82Kg se ubicó en el grupo C, con valores y en diferencias con el tratamiento T4- Dolichos el cual llego a ser el menos eficiente por cual forma el grupo C.

Gráfico análisis de ambos sitios en biomasa verde:

Gráfico de media del análisis de ambos sitios



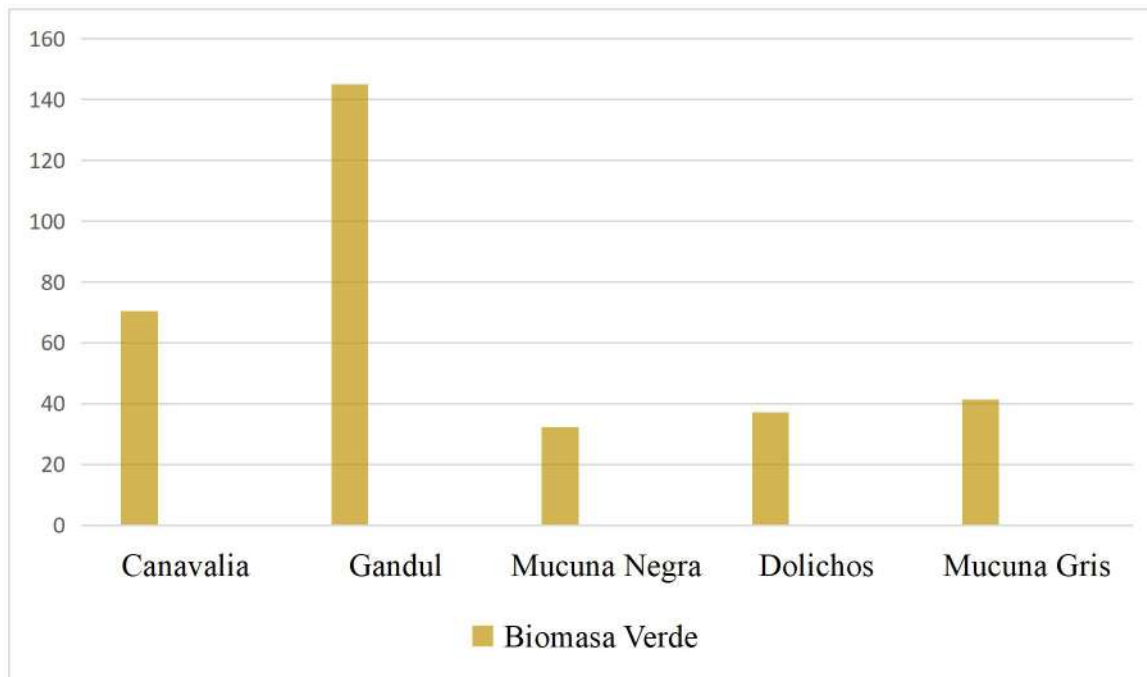
Esta gráfica muestra el análisis combinado que confirma que tanto los tratamientos como la localidad influyen significativamente en la biomasa verde, evidenciando el efecto de interacción donde el tratamiento T2- Gandul fue el más efectivo en la localidad 1 y en la localidad 2 tuvo un rendimiento muy bajo, esto demuestra que los tratamientos responden de manera diferente según las condiciones de la localidad.

La diferencia marcada se observa en que la localidad 1 las medias alcanzan valores de 200 y muestran tratamiento sobresaliente, mientras que en la localidad 2 las medias son muy bajas menos de 11 y ningún tratamiento logra destacar de manera contundente.

6.1.2 análisis cantidad de biomasa seca

Localidad 1 (UNAG):

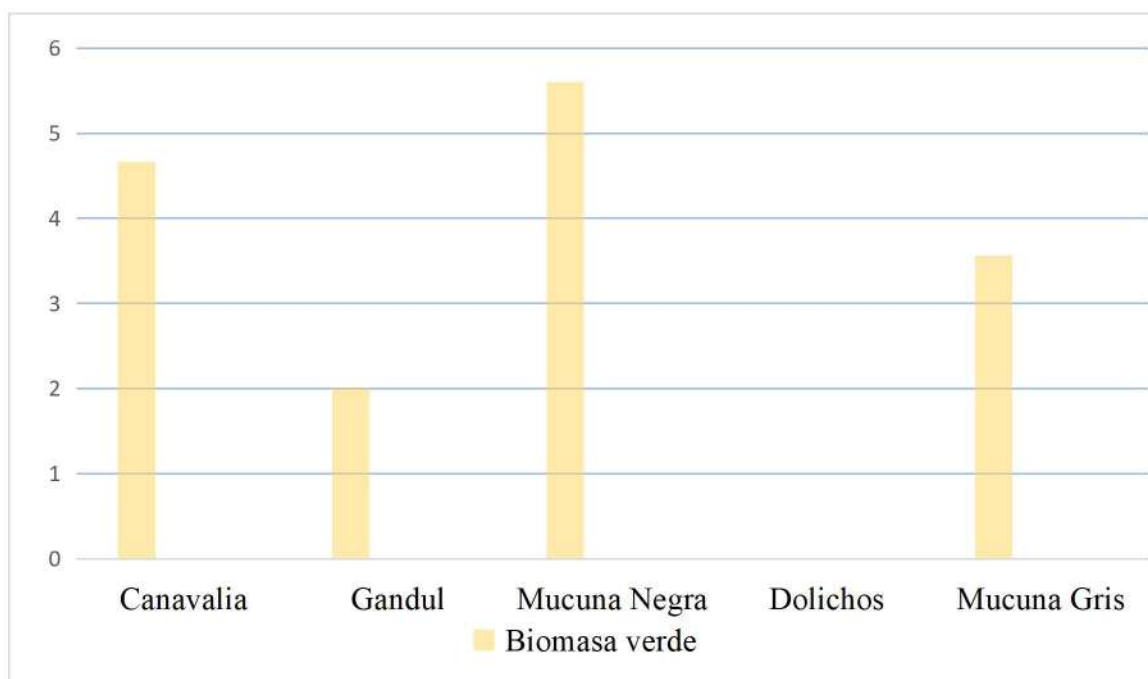
Gráfico de media del análisis de biomasa seca localidad #1



En esta grafica se representan los datos de la biomasa seca generada de la localidad 1 se encontró que los tratamientos influyen de manera significativa en la producción de biomasa seca, siendo el tratamiento(T2)- Gandul el primero en la producción de biomasa seca con 144.06 Kg el más sobresaliente generando el doble, los tratamientos (T1)- Canavalia, (T5)-Mucuna Gris, (T4)- Dolichos y T3- Mucuna Negra se ubicaron en el grupo B sin encontrar diferencias estadísticas entre ellos.

Localidad 2 (COYOTE):

Gráfico de media del análisis de biomasa seca localidad#2

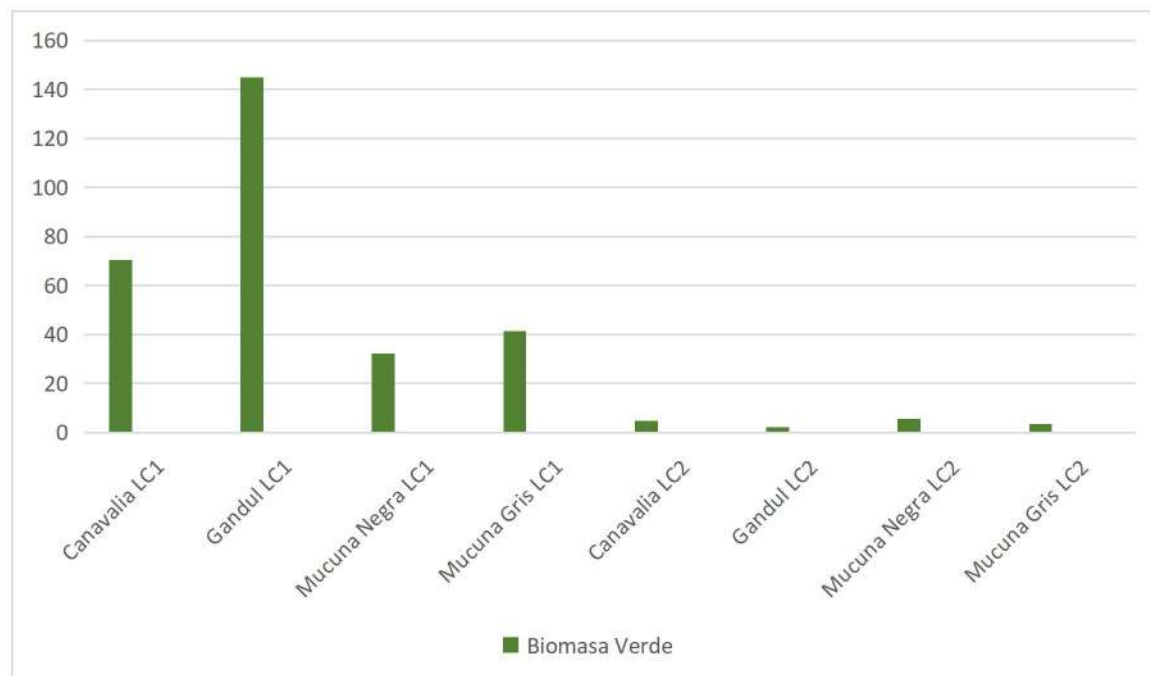


El T3 – Mucuna Negra presento una mayor medida con la biomasa seca ubicado en el grupo A que indica los tratamientos estadísticamente diferencias, lo que presenta que tuvo un mayor rendimiento en la localidad

El T1 – Canavalia y T5 – Mucuna Gris también se ubicaron en el grupo A indicando que no hay diferencias entre si significativas entre ellos. T2 – Gandul, T4 – Dolichos quedaron en el grupo B con valores de biomasa significativamente más bajos que los otros tratamientos. El error estándar constante muestra que la variabilidad entre repeticiones fue baja y contralada.

Gráfico análisis ambos sitios Biomasa Seca

Gráfico de media del análisis de biomasa seca de ambos sitios:



En un análisis en conjunto de ambas localidades el T2 – Gandul de la localidad 1 fue el que tuvo mayor rendimiento en el grupo A, el T1 - Canavalia, T4 – Mucuna Gris se ubicaron en el grupo B con rendimientos medios. El T3 – Mucuna Negra en la localidad 1 se ubicó en el grupo C siendo el menor en producción en la localidad.

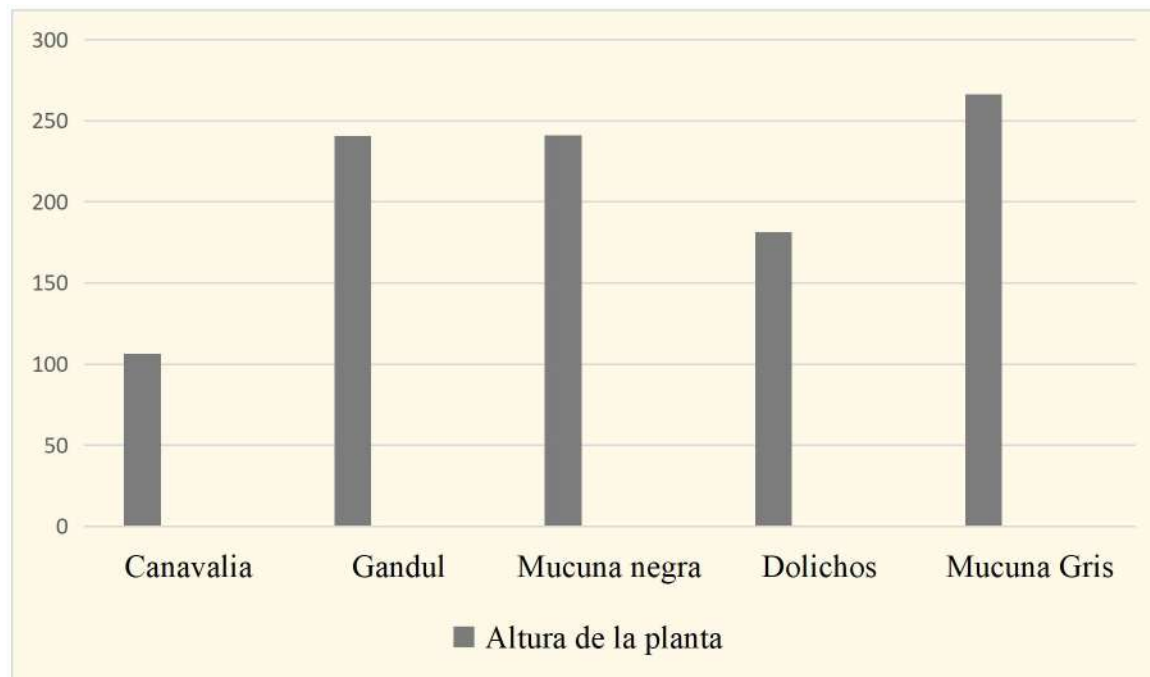
En la localidad 2 todos los tratamientos presentaron valores muchos más bajos en comparación con la localidad 1 el tratamiento con mayor producción en la localidad 2 fue el T3 – Mucuna Negra seguido por T1 - Canavalia, T4 – Mucuna Gris, T2 – Gandul todos agrupados en C.

Esto evidencia que la localidad es un factor determinante en la producción de biomasa seca, los datos obtenidos confirman una diferencia bien marcada en el peso obtenido en las áreas planas bajo estudio en relación a áreas de ladera.

6.1.3 Altura de la planta

Esta variable se determinó midiendo la altura de la planta desde su base hasta la punta de la guía
Localidad 1 (UNAG)

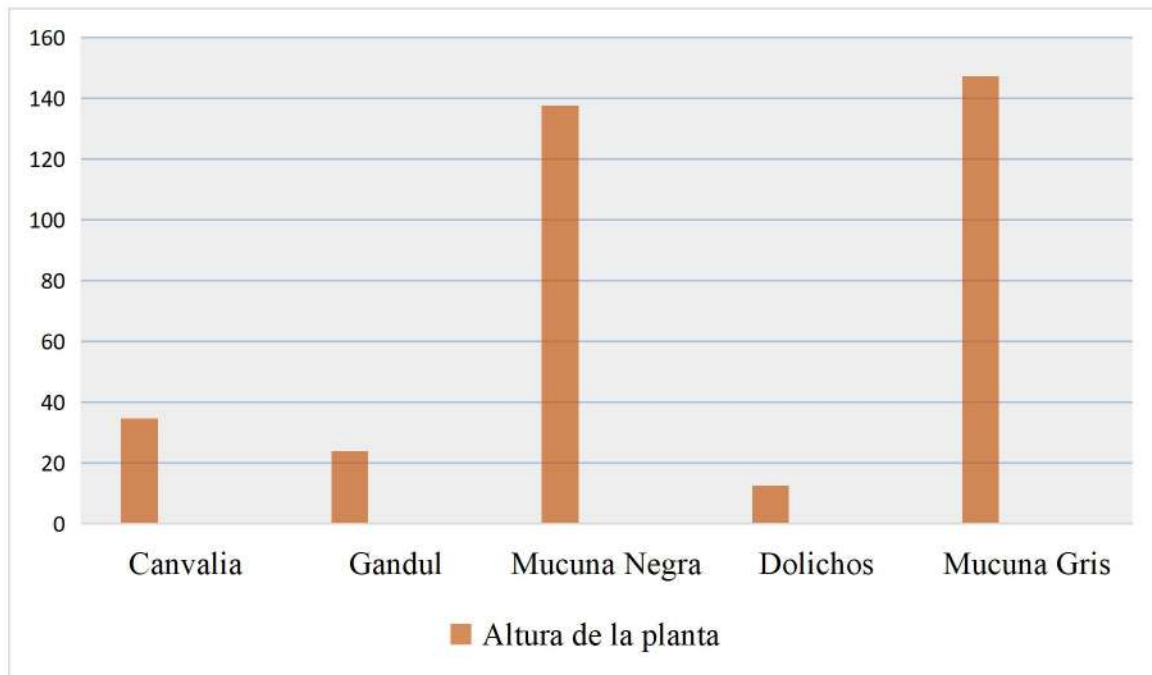
Gráfico de media de la altura de la planta de la localidad #



Los resultados estadísticos muestran una diferencia significativa ya que los tratamientos que logro un mayor desarrollo vegetativo fue el T 5 Mucuna Gris con 266.67 cm Los tratamientos T2 Gandul 240.67 cm y T3 Mucuna Negra 241.00 cm mostraron un comportamiento similar en altura. En esta localidad debido a las condiciones agroecológicas que favorecen la adaptación y el desarrollo de estos cultivos ya que en la simulación de del área de valle las leguminosas trepadoras son más competitivas y logran un mayor crecimiento en altura, permitiendo también a las especies tipo arbustivas desarrollarse, esto muestra que en condiciones de valle estas leguminosas expresan mejor su potencial de rendimiento.

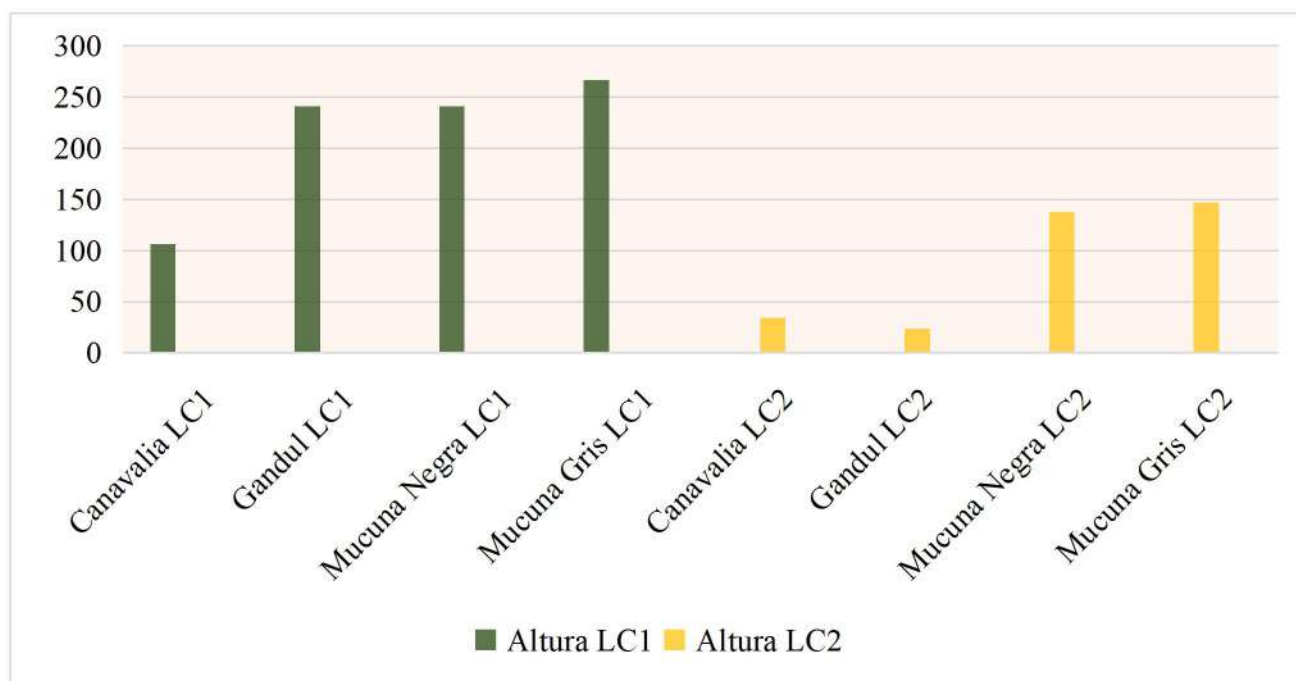
Localidad 2 (COYOTE)

Gráfico de media de la altura de la planta de la localidad #2



El grupo estadístico más alto lo conforman Mucuna Gris y Mucuna Negra, mientras que los grupos más bajos lo conforman Dolichos, Canavalia y Gandul, En esta localidad las condiciones son más restrictivas, estas condiciones limitaron el crecimiento de 3 de las especies y en contraste donde las mucunas presentaron una mayor adaptación, esto indica que en áreas de ladera las especies con mayor habito trepador y rusticidad pueden expresar mejor su potencial de crecimiento que otras leguminosas

Gráfico de media de análisis de la altura de las plantas ambos sitios



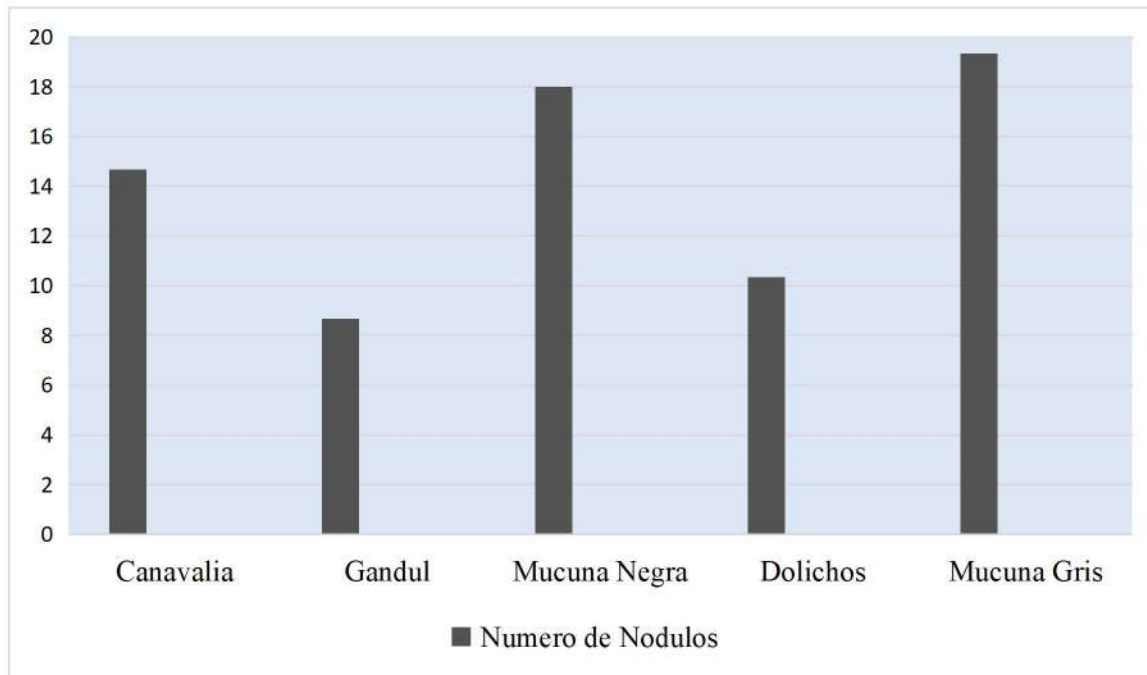
Considerando ambos sitios, se observan un efecto altamente significativo del factor “Localidad”, ya que en la localidad de la simulación de Valle (LC1) favoreció un desarrollo mucho mayor que la ladera, la interacción de tratamiento * localidad es significativa la Mucuna Gris (T5), Mucuna Negra (T3) destacan en ambos sitios, aunque con mayor altura en valle Canavalia (T1), Gandul (T2) y Dolichos (T4), pero se vieron afectados dejando en evidencia su menor adaptación en condiciones restrictivas.

Esto evidencia que las condiciones del terreno influyen de manera determinante en la expresión del potencial de crecimiento de estas leguminosas.

6.1.4 Nodulación

Localidad 1

Gráfica de media de la cantidad de nódulos producidos en la localidad 1



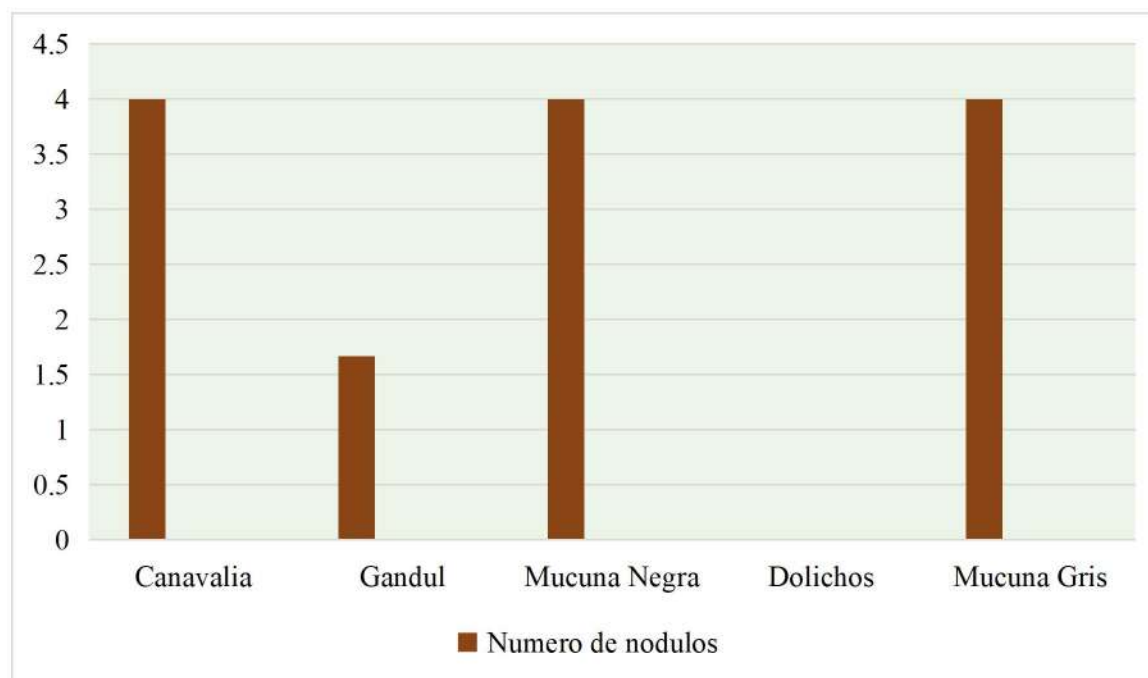
Los resultados estadísticos expresan que las dos especies de mucunas fueron las más eficientes en la formación de nódulos en la localidad 1 lo que indica una mayor capacidad de fijación simbiótica de nitrógeno en comparación con T1 canavalia, T2 Gandul y T4 Dolichos presentan un bajo rendimiento de producción de nódulos puede ser debido a las fechas de siembra.

La localidad # 1 muestra que hay presencia de la Rhizobium ya que todos los tratamientos presentaron nódulos activos, es de resaltar que hubo una mayor producción de nódulos activos en los tratamientos con de Mucuna negra y Mucuna Gris y el que menos presento nódulos activos fue el gandul

En la localidad La mucuna Gris (T5) fue el tratamiento con mayor número de nódulos, seguido por la Mucuna Negra (T3) y la Canavalia (T1), dejando al Gandul (T2) y Dolichos (T4) con los valores más bajos, esto evidencia las diferencias en la nodulación entre especies, lo que puede orientar la selección de los cultivos de cobertura más eficientes en fijación para condiciones similares.

Localidad 2

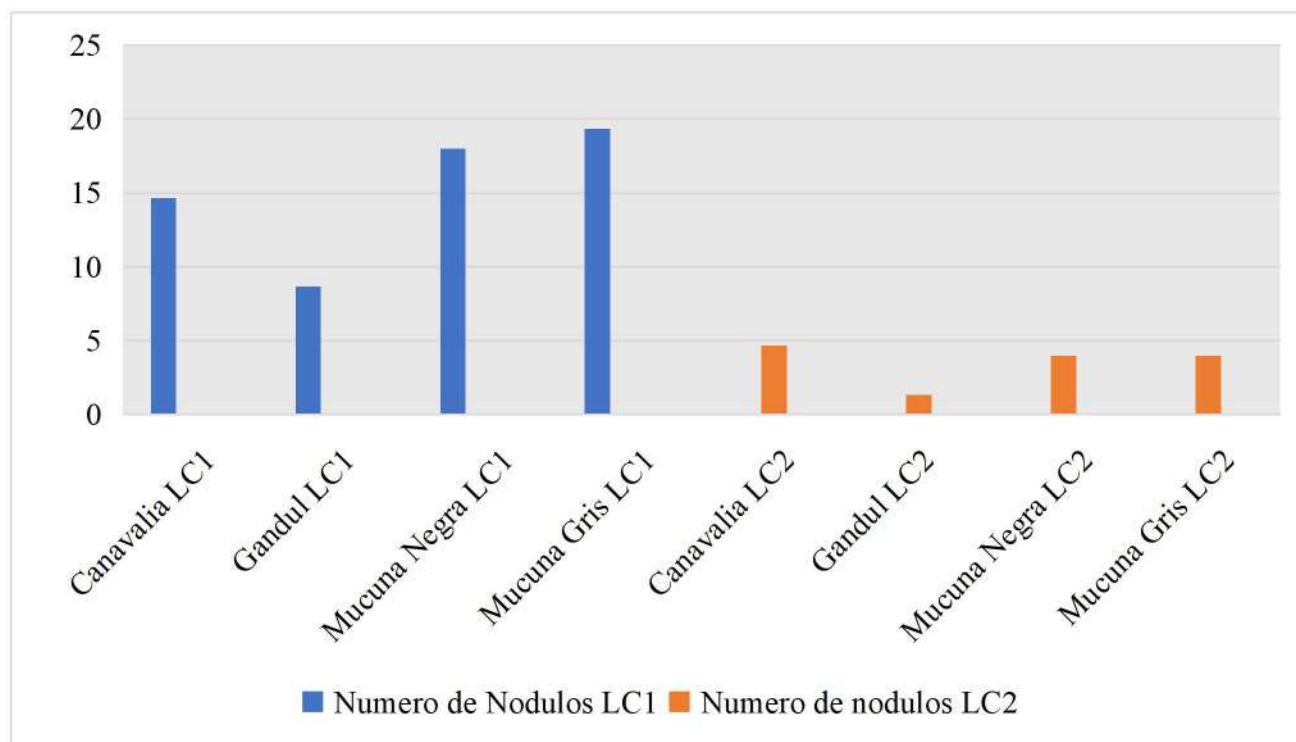
Gráfica de medias de la cantidad de nódulos producidos en la localidad 2



Los resultados estadísticos muestran las diferencias que en condiciones de ladera los tratamientos T1 Canavalia, T 3 Mucuna Negra t T5 Mucuna Gris fueron los más eficientes en la formulación de nódulos alcanzando valores similares, en contraste de T2 Gandul y T4 Dolichos mostraron un desempeño bajo, esto podría estar relacionado con factores de adaptación a las condiciones del suelo en pendiente o poca compatibilidad con las bacterias fijadoras presentes en el sitio.

Estos resultados sugieren que ambas especies de mucuna y canavalia son más adaptables y efectivas en su asociación simbiótica en terrenos de ladera, lo que las hace más prometedoras, para mejorar la fertilidad del suelo en estas condiciones.

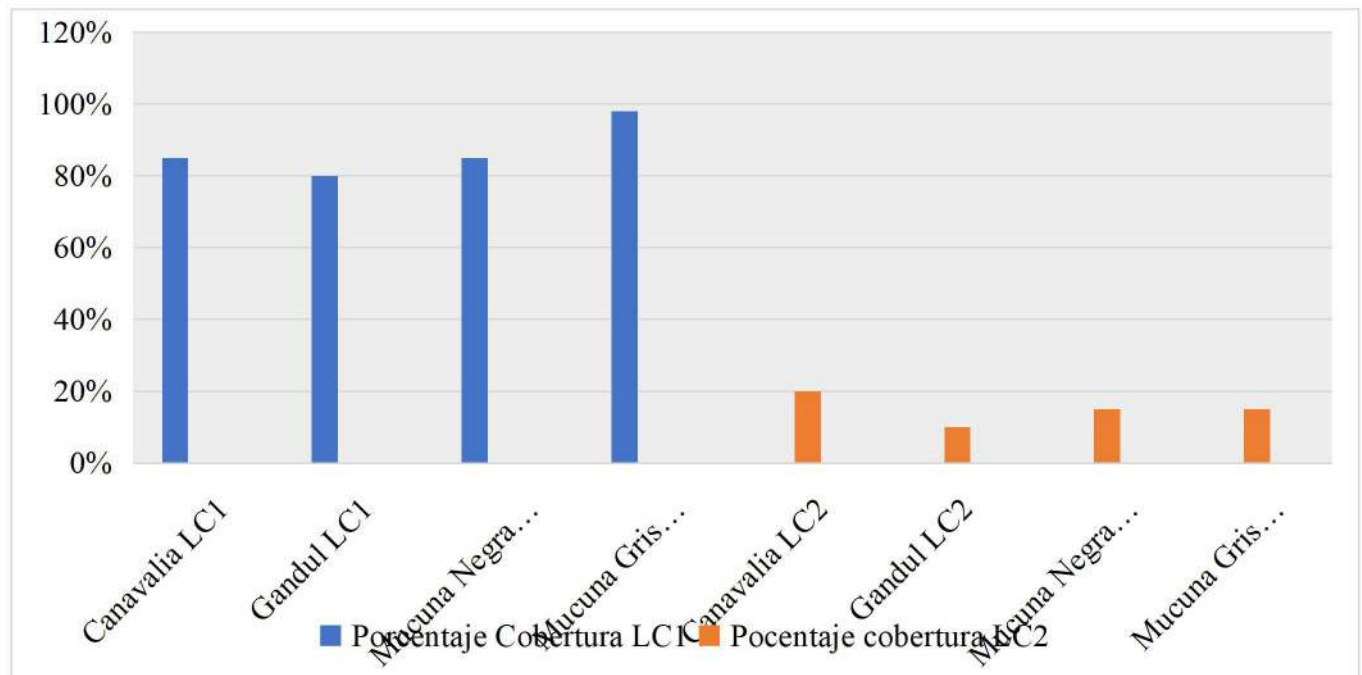
Gráfica de media de análisis de numero de nódulos en ambos sitios



En este gráfico se presentan los resultados de la cantidad de nódulos producidos por las leguminosas por localidad, en la localidad 1 se observó un numero de nódulos significativamente más alto refleja que la formación nodular fue mucho más favorable en este localidad destacando a la mucuna gris (T5) y la mucuna negra (T3) la localidad 2 mostro valores muy bajos en todos los tratamientos, evidenciando que las condiciones del sitio influyeron directamente en la formación nodular tomando en cuenta que aun los tratamiento de mucuna gris (T5), Mucuna Negra (T3) y Canavalia (T1) tuvieron una presencia de los mismos en bajas cantidades. Lo cual nos indica que en la localidad los factores como disponibilidad de microorganismos, fertilidad pH pudieron limitar la nodulación.

6.1.5 Porcentaje de cobertura foliar en ambas localidades

Grafica del porcentaje de la cobertura



En este grafico observamos los resultados de la cobertura foliar de ambas localidades, lo que nos refleja el análisis que las condiciones del área plana (LC1) favorecieron notablemente el desarrollo de la cobertura foliar permitiendo que todos los cultivos alcanzaran porcentajes altos, especialmente la Mucuna Gris (T5) y la Mucuna Negra (T3), esto sugiere que en suelos planos con mejor retención de humedad los cultivos expresan su máximo potencial.

En este grafico observamos que los tratamientos de Canavalia, Gandul y Mucuna negra, ubicados en la UNAG, tienen una buena cobertura del suelo con un promedio aproximado de un 83% aproximadamente. El tratamiento que mejor cobertura del suelo tienen es el de Mucuna Gris con un 98% de cobertura del suelo.

En el ensayo ubicado en las áreas de ladera (LC2) observamos que el porcentaje de cobertura fueron extremadamente bajos, con promedios máximos de cobertura foliar de un 20% en el tratamiento de Canavalia y un 10% como mínimo de cobertura en el tratamiento con Gandul, es de resaltar que las condiciones atmosféricas pudieron tener una influencia en estos resultados ya

que las condiciones del suelo no son las ideales por tener una pendiente de un 32%, con condiciones las cuales tienen una menor retención de humedad y una mayor tasa de erosión.

6.1.6 Textura del suelo

Par estimar la textura del suelo de ambos sitios se utilizó el método de los Bouyoucos obteniendo como resultado un suelo Franco arenoso en la Localidad 1 (UNAG) pero mostrando una característica de arena más fina debido a su topografía de valle. De igual forma con los resultados sé observó que la textura del suelo de la localidad 2 (El Coyote) es un Franco arenoso, pero con características diferentes debido a que es una zona de ladera donde la pendiente juega un papel importante debido a la esorrentía.

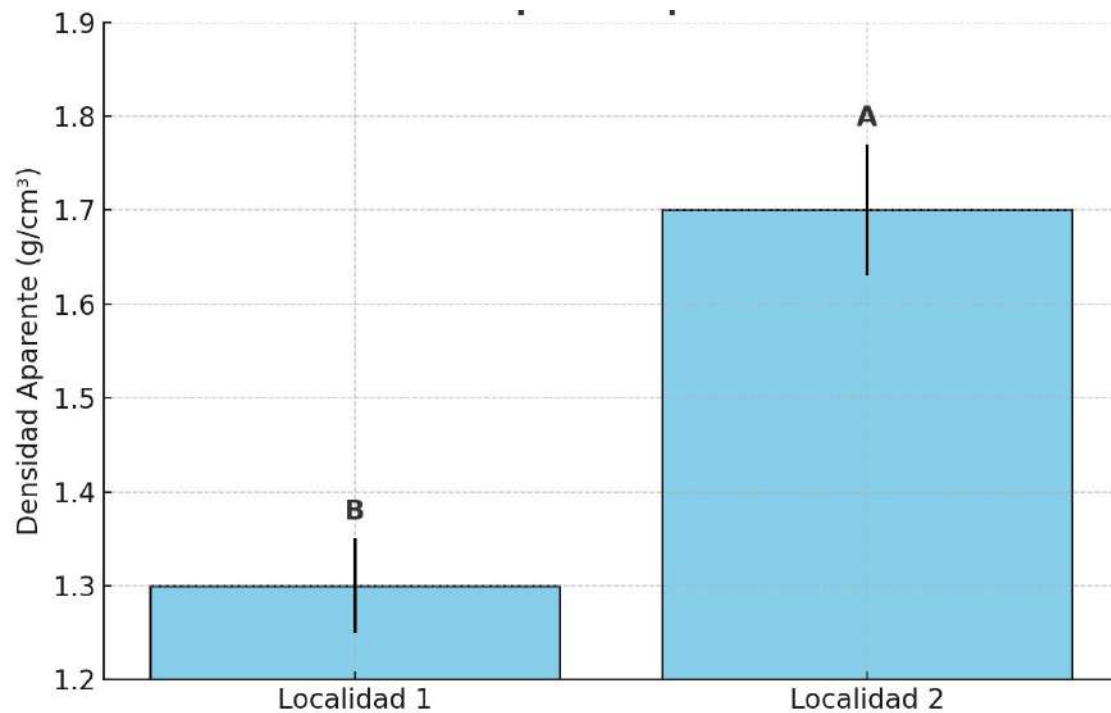
6.1.7 Color del suelo

Color del suelo de la localidad 1	Color del suelo de la localidad 2
Dark grayish Brown (10YR)	Dark grayish Brown (10RY)
Grayish Brown (7.5)	Dark grayish Brown (10RY)
Dark grayish Brown (10YR)	Dark grayish Brown (10RY)

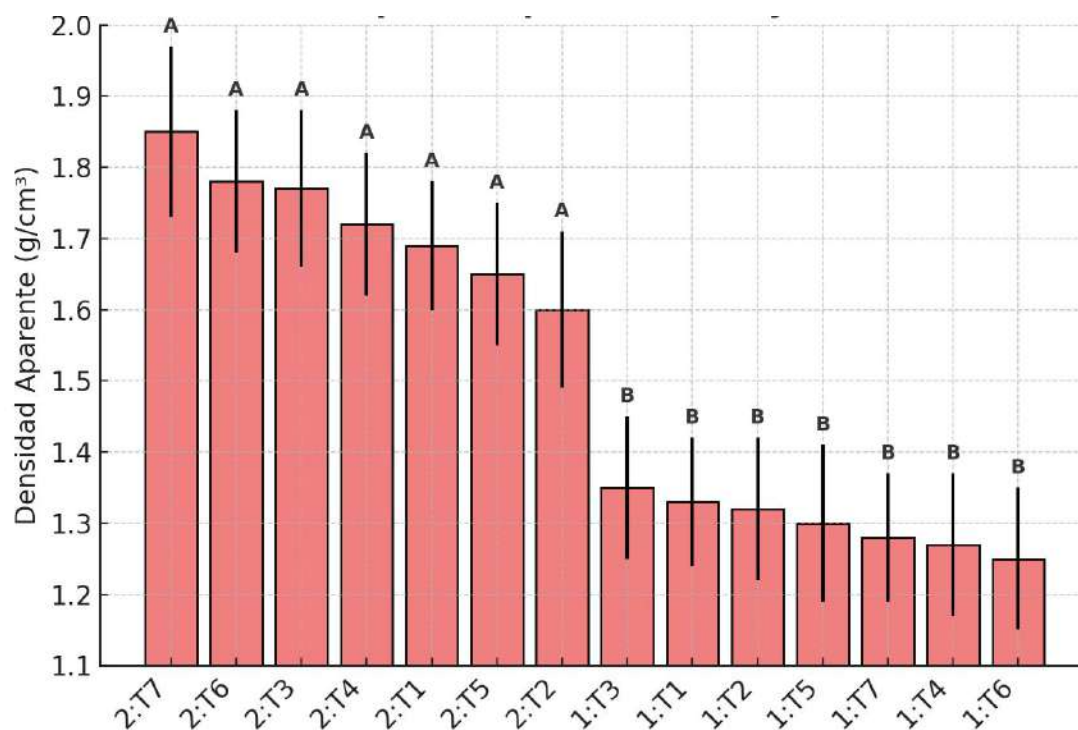
En la localidad 1 el suelo presenta tonalidades que hacen referencia a condiciones de humedad más estables, estos suelos con tonos oscuros se asocian comúnmente a suelos fértiles, con mayor actividad biológica. En la localidad 2 en repetidas ocasiones mostrando menos variabilidad de colores la uniformidad de los tonos puede relacionarse con procesos de erosión que reducen la acumulación de horizontes superficiales.

6.1.8 Estructura del suelo

6.1.9 Densidad Aparente del suelo:



En esta grafica se observa que LC1 y LC2 se agrupan en letras diferentes (AY B), lo que presenta que existe una diferencia estadísticamente significativa entre ambas localidades, lo que indica que los suelos del área de valle (LC1)presento una densidad aparente significativamente menor (1.3 g/cm), asociando el suelo con una mayor infiltración de agua, porosidad, por el contrario del área de ladera (LC2) mostrando un dato significativamente más alta (1.7 g/cm), reflejando una mayor compactación dejando como consecuencias más restrictivas para el desarrollo radicular y el movimiento del agua.

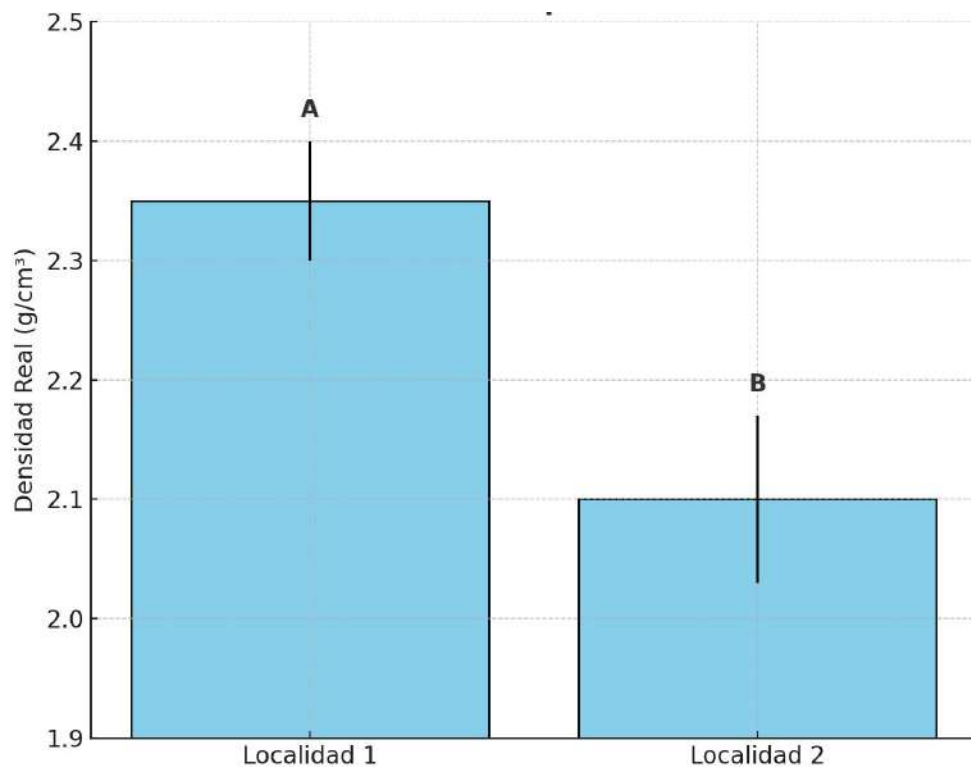


La figura muestra la densidad aparente en los diferentes tratamientos establecidos en ambas localidades, agrupando los valores de 1.1 a 1.9 g/cm, todos los tratamientos con una densidad aparente alta en el grupo A, dejando a los tratamientos con los datos más bajos de densidad aparente en el grupo B representando suelos más compactados, no todos los tratamientos tienen el mismo efecto sobre la densidad aparente. Dejando en constancia que la localidad influye validando que tanto como el manejo agrícola y la topografía afectan de manera significativa el desarrollo de los cultivos de cobertura en las diferentes zonas.

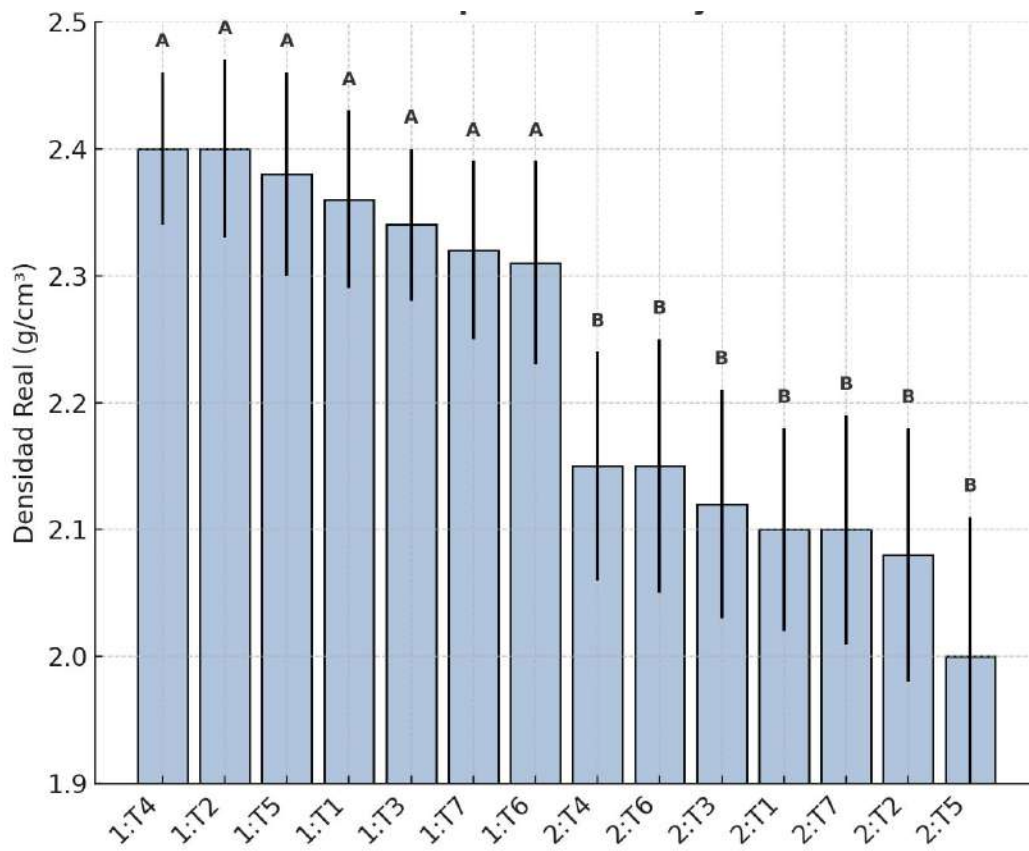
6.1.10 Densidad Real del suelo

Para estimar la densidad real de suelo de ambos sitios de utilizo el metodo de picnometro

Analisis del gráfico de la densidad real de ambos sitios

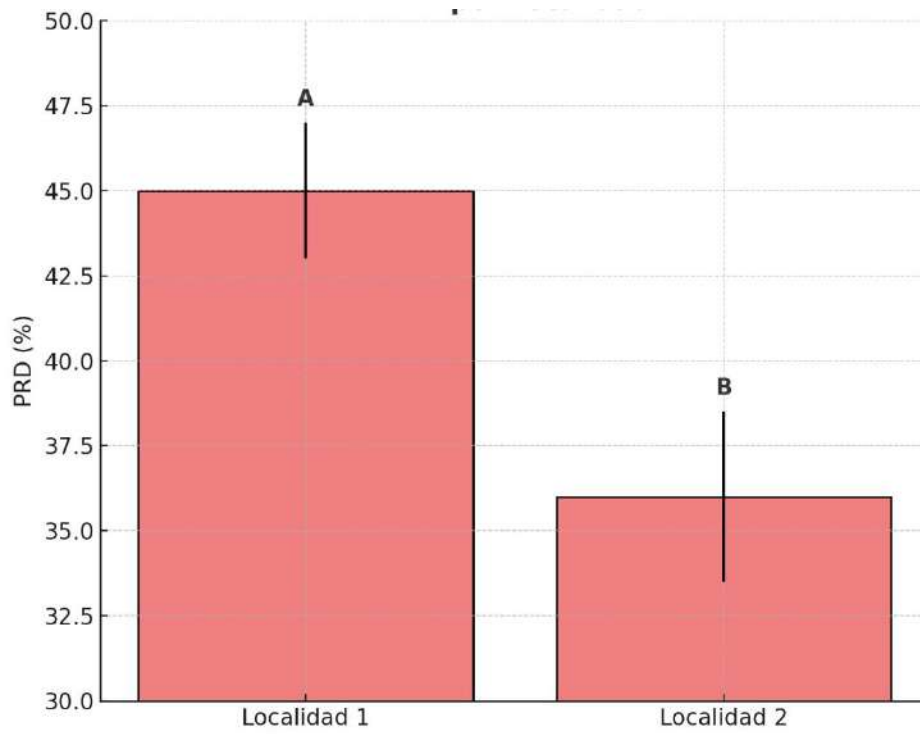


La gráfica muestra la comparación de la densidad real promedio entre la localidad 1 (Valle) y la localidad 2 (Ladera), se separando las localidades en grupos estadísticamente distintos (A Y B) ubicandolos así mismo en grupo A valores altos y el grupo B valores mas bajos, lo que indica que hay diferencias estadísticamente significativas entre los valores, los valores de la localidad 1 (valle) fue significativamente mayor, lo que refleja mayor acumulación de partículas finas, en la localidad 2 (ladera) el valor es menor, debido a la pérdida de fracciones finas por erosión y la mayor aireación del suelo en zonas inclinadas.

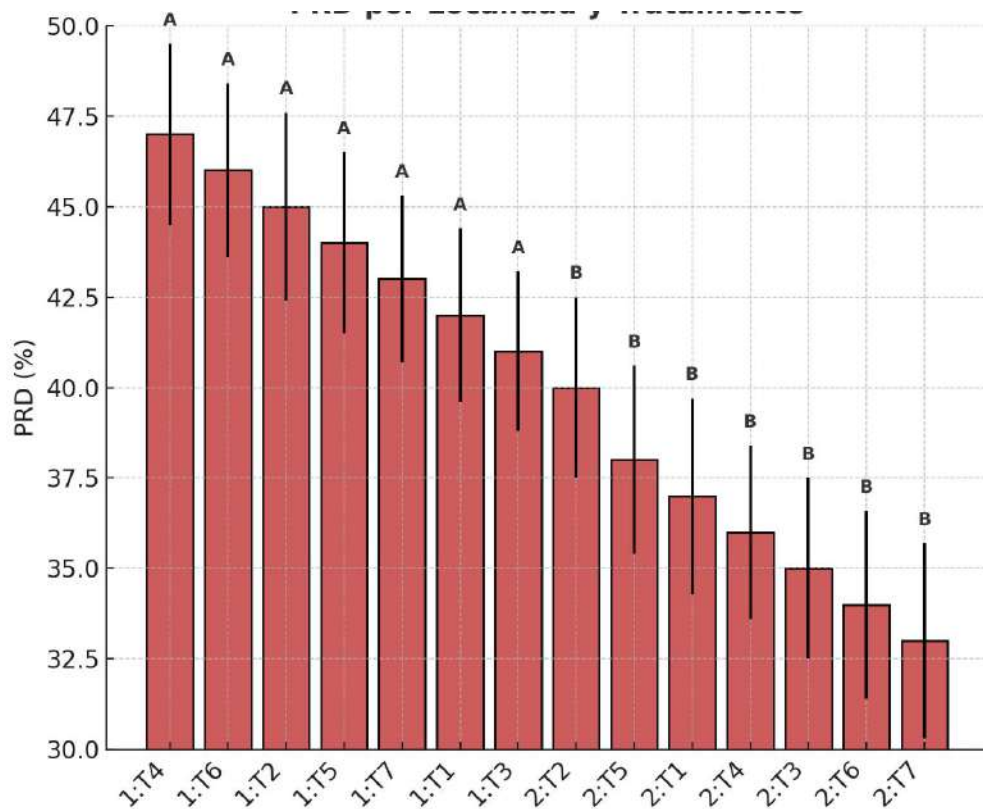


La gráfica presenta los valores de densidad real del suelo en los distintos tratamientos evaluados en ambas localidades agrupando los valores en un rango de 1.9 a 2.5 g/cm, la clasificación demuestra que no todos los tratamientos tiene el mismo efecto, los tratamientos del grupo A tienden a incrementar generando condiciones de mayor compactación, mientras que el grupo B mantiene una densidad más baja con mayor proporción de porosidad, según el análisis afirma que tanto la topografía como las condiciones del suelo como la compactación influyen de manera significativa, dejando en evidencia que el valle (LC1) presenta una mayor densidad real en comparación con el área de ladera (LC2).

6.1.11 Porosidad del suelo



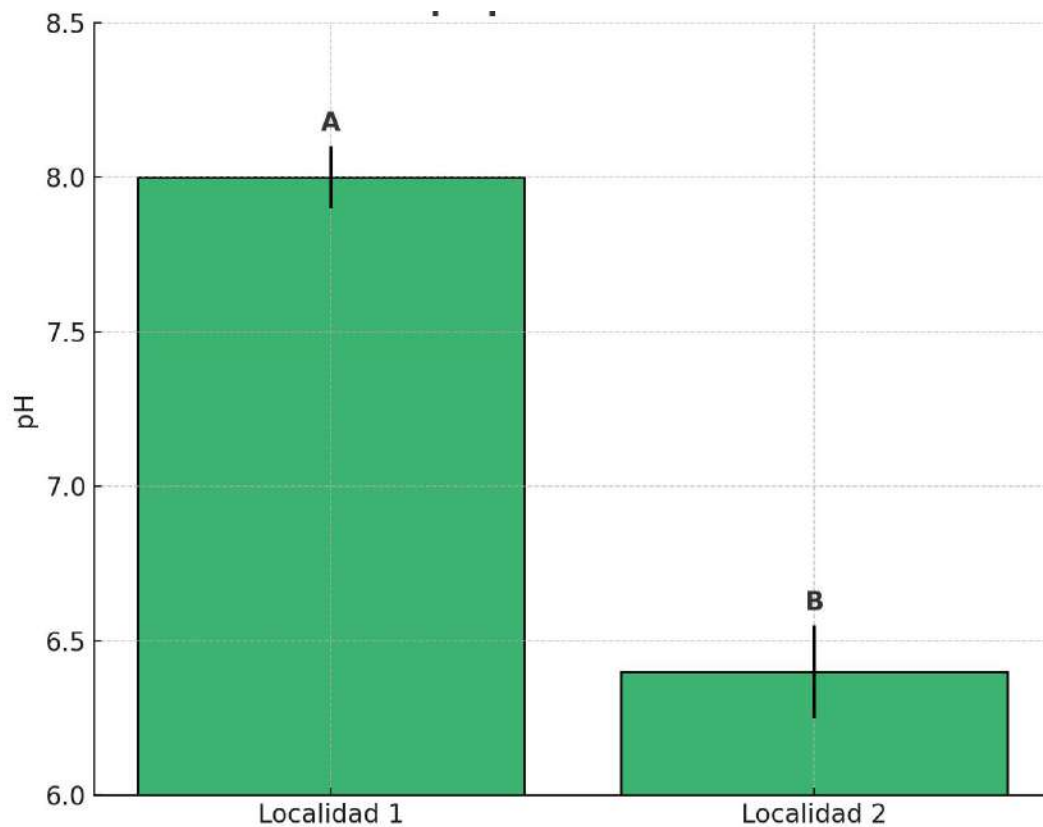
La grafica muestra los valores promedios de porosidad de ambas localidades, clasificando dos grupos estadísticamente diferentes (A Y B), la porosidad en la localidad 1 (valle) es estadísticamente diferentes, según la FAO (2009) se clasifica como muy alta con un valor de >40%, esto refleja mejores condiciones para la filtración de agua y el desarrollo radicular de los cultivos, la porosidad en la localidad 2 (ladera) es menor con un valor de 36% que corresponde a una porosidad alta, pero siempre indica mayor compactación y menor capacidad de almacenamiento de agua



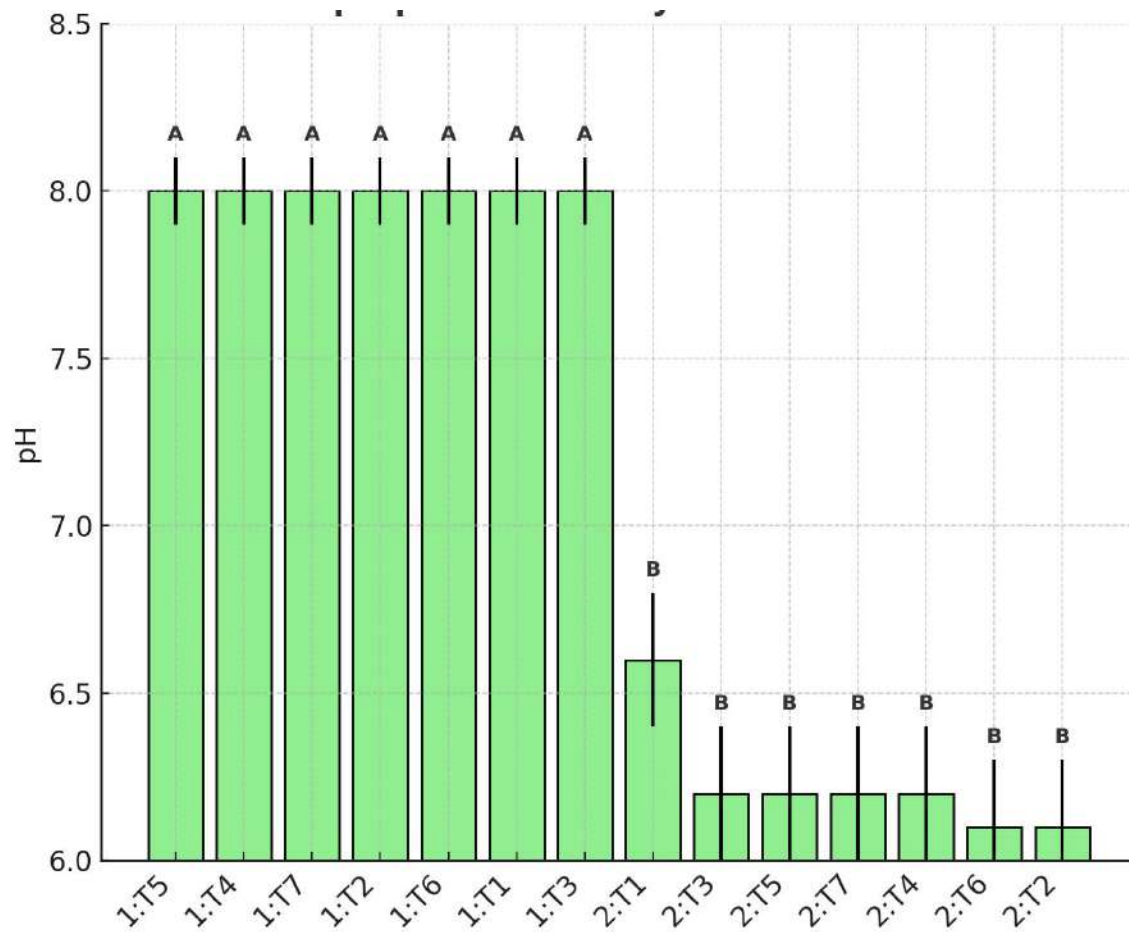
Esta gráfica presenta la porosidad en los distintos tratamientos establecidos en ambas localidades con valores que van desde 32% hasta los 48% se rigen de dos características diferentes de grupos (A y B) donde el grupo A se representa como muy alta y el grupo B como alta, el grupo A favorece la porosidad ya que a mayor porosidad mayor retención de agua, el grupo B refleja mayor compactación, lo que podría estar relacionado con erosión en el área de ladera, lo que deja en evidencia que tanto la topografía, las condiciones del suelo afectan su calidad y productividad.

6.1.12 pH del suelo

Par analizar el pH presente en los suelos de ambas localidades de la investigación se utilizó el método del potenciómetro que se realiza colocando una suspensión de suelo y agua destilada en contacto con un electrodo de vidrio muy sensible a la concentración de iones de hidrogeno.



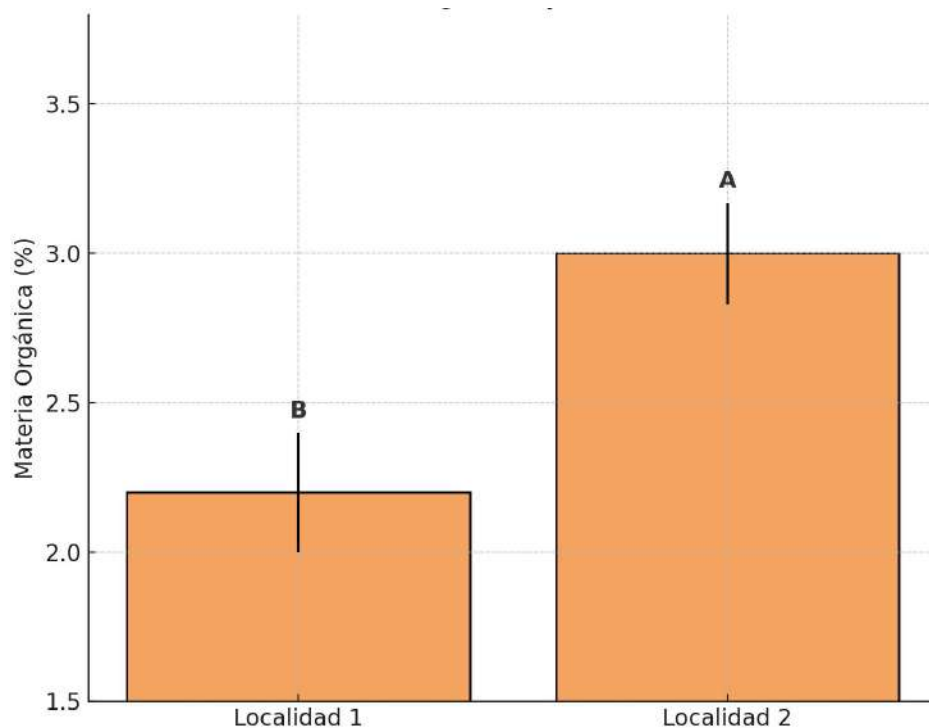
En esta gráfica nos presenta los valores medios de pH ambas localidades en la localidad 1 (valle) los valores de pH se ubican alrededor de 8.0 siendo clasificados en el grupo A, en la localidad 2 (ladera) los valores se estiman en 6.5 formando el grupo B, esto indica diferencias estadísticamente significativas entre ambas localidades, donde LC1 presenta un pH más alcalino y LC2 un pH más cercano a la neutralidad.



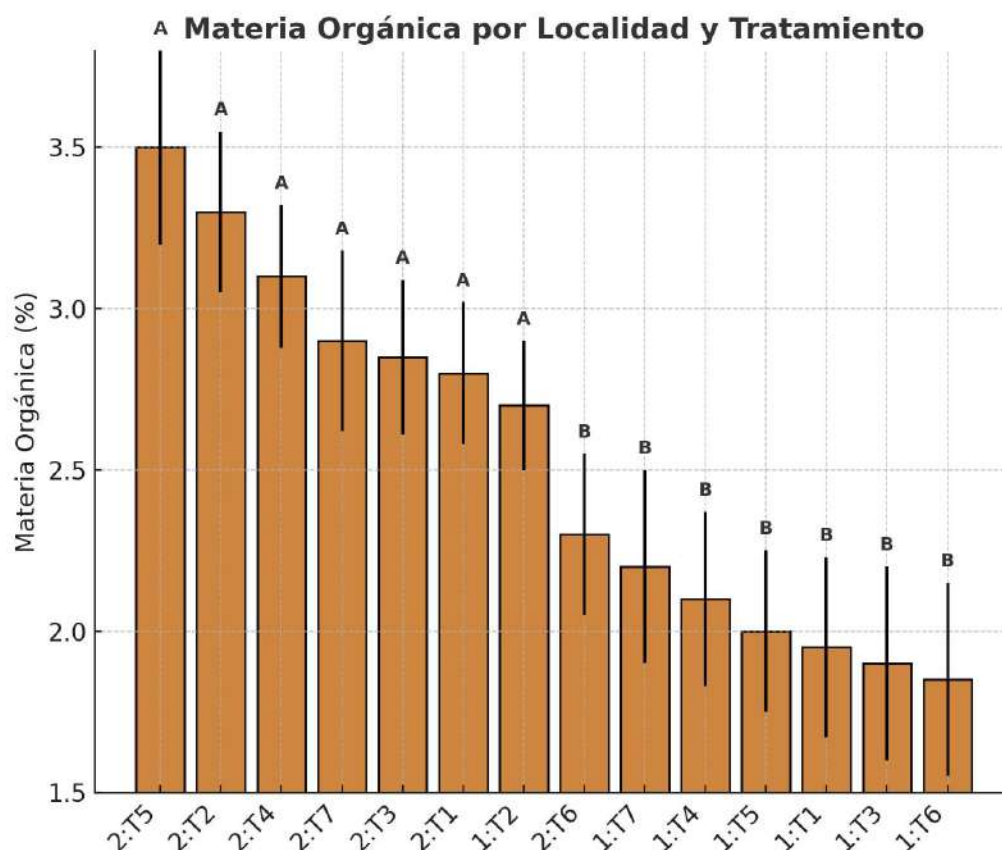
Se dividen los tratamientos en grupos homogéneos maximizando las diferencias entre grupos y minimizando la variabilidad dentro de cada grupo, el grupo A (LC1 valle) representa valores altos en pH con poca variación entre replicas, por lo que se considera estadísticamente más homogénea y con tendencia a la alcalinidad, el grupo B (LC2 ladera) agrupa valores mas bajos de pH, mostrando que en la ladera hay mayor variabilidad y tendencia la neutralidad, la localidad 1 puede estar influenciada por acumulación de carbonatos y menor lixiviación, lo que se convierte común en zonas de valle donde el drenaje es limitado.

6.1.13 Materia Orgánica

Para determinar la materia orgánica de ambos sitios se utilizó el método de se utilizó la metodología de Walker Black tenemos la gráfica de análisis de la materia orgánica de ambos sitios, para la estimación de la presencia de materia orgánica al inicio y al final de la investigación



En esta gráfica observamos los valores de media de los niveles de materia orgánica de cada una de las localidades, separando a las localidades en dos grupos que evidencia diferencias estadísticas significativas, considerando que la localidad 1 es una área de valle y la localidad 2 es una área de ladera tomando en cuenta la referencia de los niveles de clasificación de FIGUEROA (1999) que define <3% niveles bajos normales, 3-4% niveles normales, 4-5% niveles normales altos, 5-6% altos, la LC1 (valle) se observa un valor promedio de materia orgánica 2% clasificado como bajo, registrando que en la LC2 tiene un valor promedio de 3.2% ubicándose en un nivel normal, contemplando que los suelos de la LC1 (valle) presentan menor contenido de materia orgánica por mayor laboreo agrícola e intensificación de uso, mientras la LC2 (ladera) han conservado mejor la fracción orgánica gracias a menor mecanización y mayor cobertura natural.

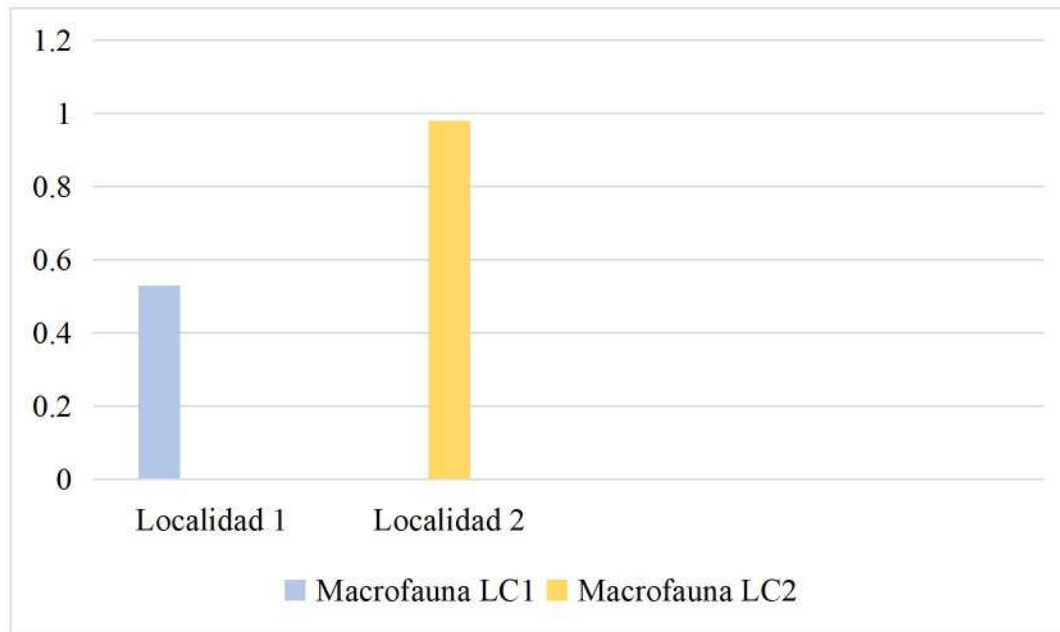


En la gráfica contemplamos que los tratamientos se agrupan en dos grupos, estimando una diferencia estadísticamente significativa dejando los tratamientos de la LC2 (ladera) en el grupo A con un valor medio, en contrario los tratamientos de la LC1 (valle) representándose en el grupo B con una categoría baja, la separación estadística deja en descubierto la reacción de cada localidad ante la variable debido a que deja en descubierto dos rangos diferenciados entre ambas localidades indicando que la pendiente y menor uso intensivo favorecen la conservación de la fracción orgánica

6.1.14 Macrofauna

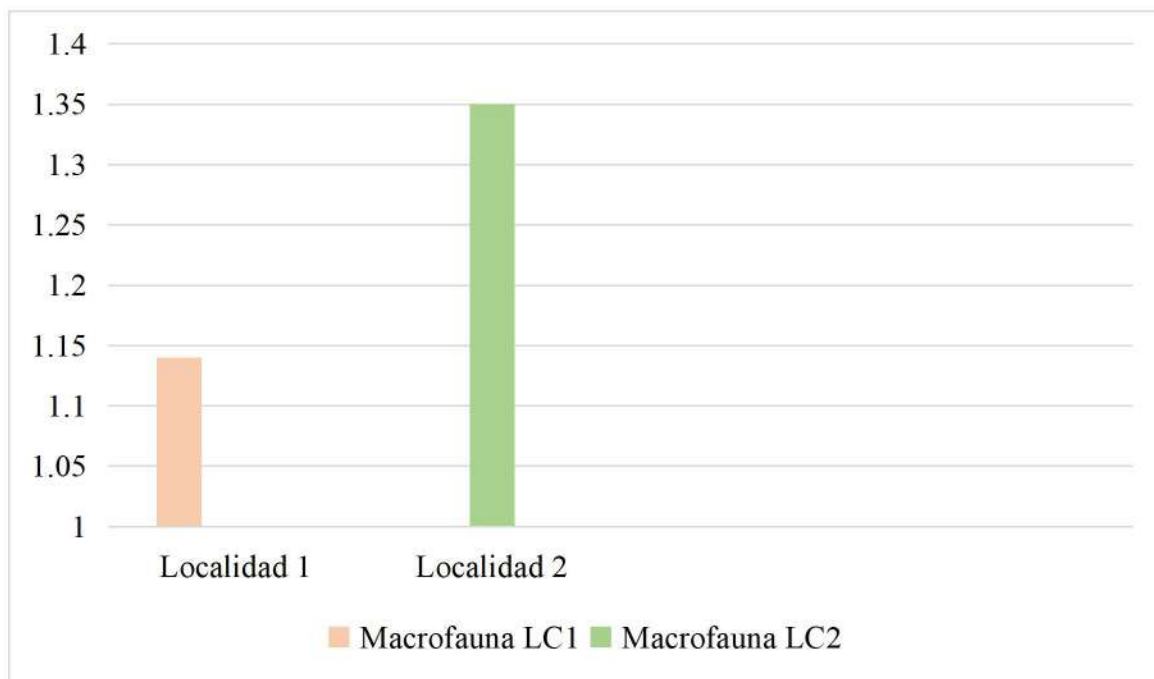
Para la determinación de la macrofauna en cada uno de los sitios se utilizó el índice de Shannon, al inicio y al final de la investigación, lo que ayudo a mostrar si los índices de macrofauna aumentaron o disminuyeron a lo largo de la investigación.

Figura al inicio de la investigación sobre los índices de macrofauna de ambos sitios



En esta grafica se presentan los índices de macrofauna en la cual la localidad 1 (UNAG) la cual presenta un valor cercano a 0.5, lo que indica una diversidad relativamente baja de macrofauna. Esto puede interpretarse como un ambiente con menor variedad de especies debido a las practicas que se han realizado a lo largo de los años, las siembras constantes, la localidad (El Coyote) muestra un valor cercano a 1, lo que refleja una mayor diversidad en comparación con la localidad 1, aunque el valor aun no es alto en términos absolutos, si evidencia un mejor balance de especies en este sitio debido a que es un terreno el cual no se ha utilizado para sembrar. El análisis de Shannon muestra que la localidad 2 (El coyote) presenta el doble de diversidad de macrofauna.

Figura al final de la investigación sobre los índices de macrofauna de ambos sitios



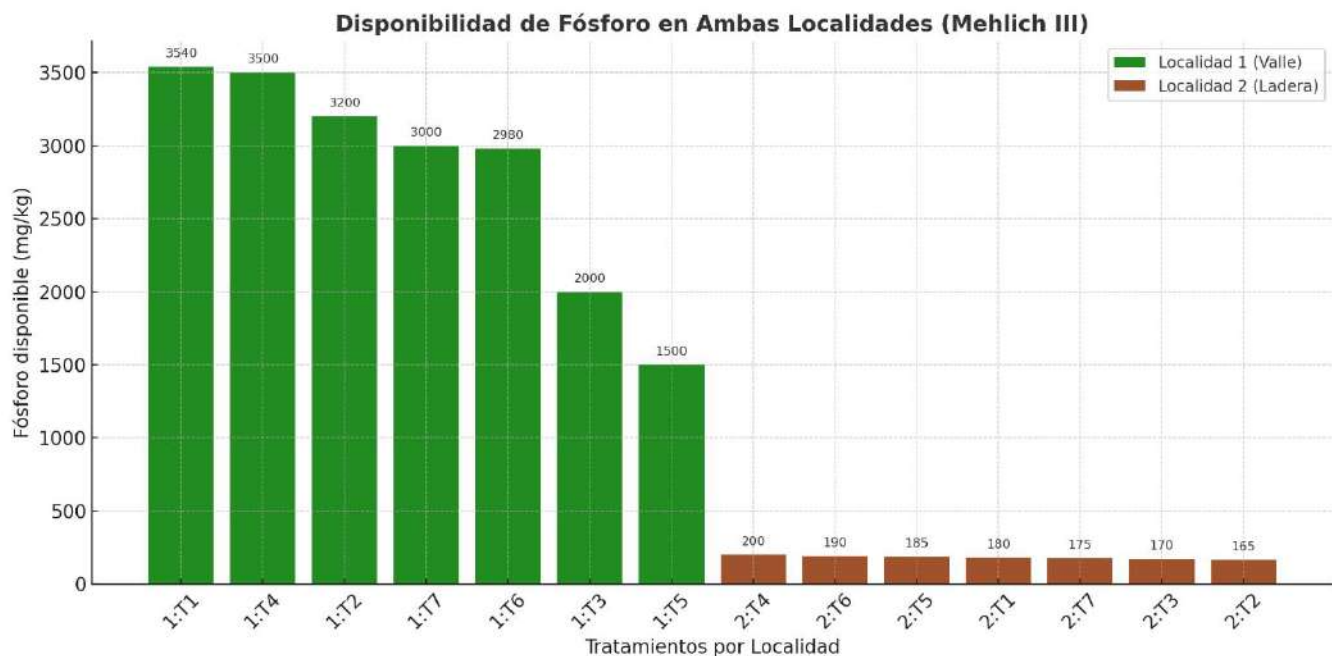
La figura muestra los índices de diversidad de macrofauna al final de la investigación en las dos localidades evaluadas, mostrando los índices de Shannon correspondientes después de la implementación de los cultivos, en la localidad 1 (UNAG) el valor estimado fue de 1.14 de abundancia, mientras que en la localidad (El Coyote) se alcanzaron valores de 1.35 de abundancia indicando un aumento en la diversidad de organismos en ambas localidades en comparación al inicio de la investigación.

En comparación con los valores iniciales (0.05 en LC1 y 1.0 en LC2), se observa un incremento significativo en la diversidad de organismos, sugiriendo que la presencia de los cultivos favoreció la recuperación y estableciendo un incremento de comunidades edáficas más diversas

6.1.15 Disponibilidad de nutrientes

Par a la variable de disponibilidad de nutrientes en el suelo, se evaluaron los nutrientes de fosforo, magnesio y calcio se utilizó el método de Mehlich III

6.1.15.1 Fosforo



Este grafico evidencia los valores de fósforo más altos en la localidad 1 (UNAG) en todos los tratamientos, con concentraciones que oscilan entre 1,500 y 3540 mg/kg. Esto refleja una mayor disponibilidad de nutrientes, posiblemente relacionada con la mayor retención de fertilizantes y menor lixiviación en suelos de valle. La localidad 2 (El coyote) los valores son significativamente mas bajos entre 165 y 200 mg/kg lo que evidencia perdidas de nutrientes por escorrentía y erosión debido a la pendiente, estadísticamente existe una diferencia clara entre localidades, indicando que la topografía influye directamente en la retención y disponibilidad de fosforo, el método Mehlich III permite observar esta variabilidad al extraer el fosforo en ambas condiciones

6.1.15.2 Magnesio

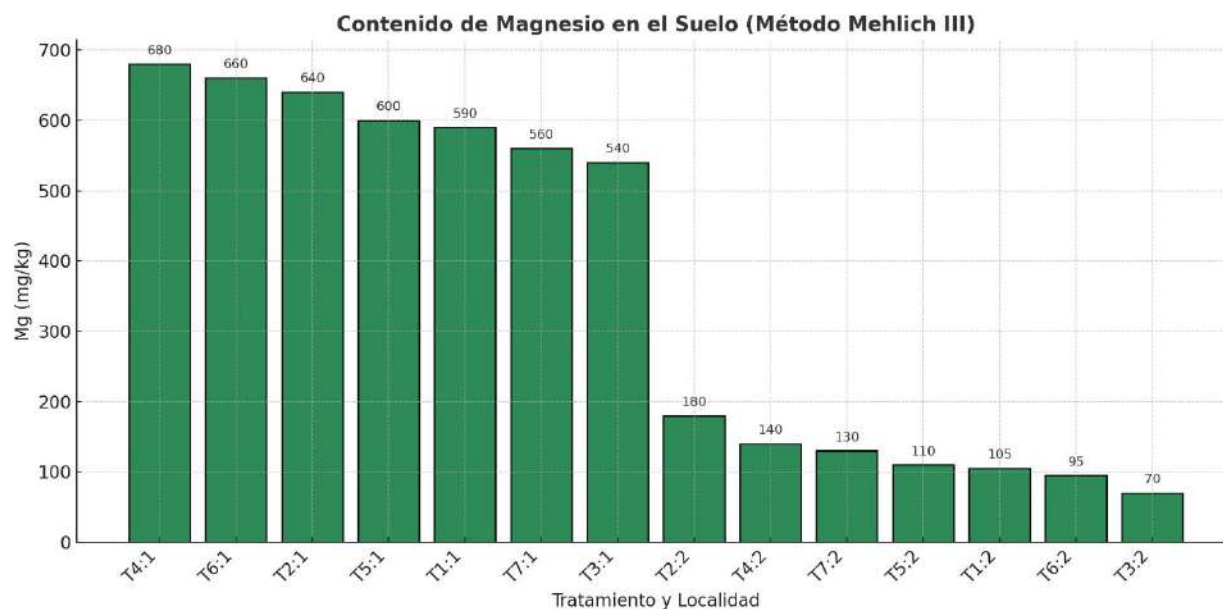
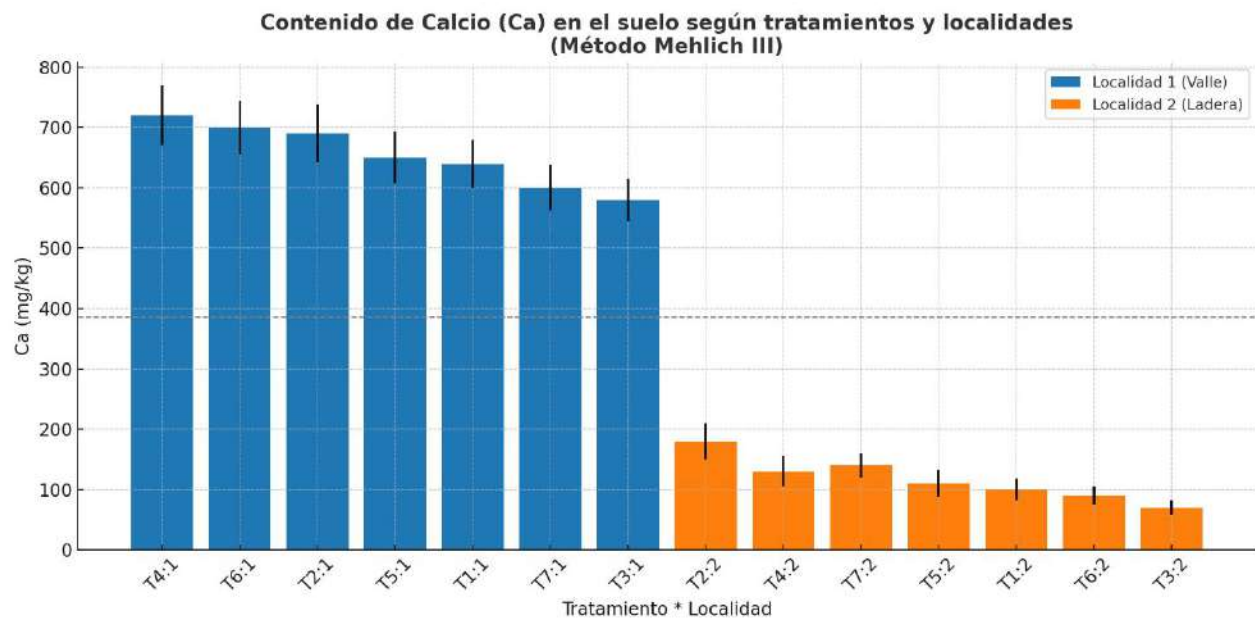


FIGURA.

Respecto a los resultados observados en la gráfica donde se muestran diferencias claras entre la localidad 1 (Valle UNAG) y la localidad 2 (Ladera El Coyote). En la localidad 1 (UNAG) se constato que presenta los datos más altos de Mg en todos los tratamientos, lo que refleja mejores condiciones de fertilidad y disponibilidad de nutrientes, el promedio general se mantiene elevado, indicando que los suelos de valle retienen mejor los cationes debido a menor erosión.

La localidad 2 (El Coyote) presenta niveles de Mg mas bajos destacando que procesos como la lixiviación y erosión son mas intensos, esto coincide con la pendiente de la zona que limita la retención de nutrientes.

6.1.15.3 Calcio



Los resultados expuestos muestran diferencias significativas entre las localidades, en la localidad 1 (Valle UNAG) los valores de calcio (Ca) fueron consistentemente mas altos, superando los 550mg/kg en todos los valores de calcio en todos los tratamientos con un máximo de 720mg/kg, poniendo un contraste con la localidad 2 (Ladera El Coyote) presentando concentraciones mucho menores con valores entre 70 y 180 mg/kg presentando un contenido reducido de Ca disponible.

El método Mehlich III permitió detectar estas posibles diferencias, evidenciando que la condición edáfica del valle favorece una mayor disponibilidad de Ca, lo que hace pensar que posiblemente por una mejor retención de nutrientes.

VII. CONCLUSIONES

- Los suelos de áreas planas mostraron los mejores resultados en las variables a evaluar debido a sus características a diferencia de los suelos de ladera, ya que, al ser suelos más profundos, con mejores condiciones de humedad y un pH ideal, los cultivos establecidos tuvieron un mejor desarrollo en cuanto altura, producción de biomasa y una extensa cobertura. a diferencia de la zona de ladera donde los cultivos encontraron limitantes debido a las condiciones del suelo.
- En la investigación se observó que en cada localidad había un cultivo el cual presentaba una mayor adaptabilidad, en la localidad 1 Parcela UNAG ambas especies de mucunas (Mucuna Negra y Mucuna Gris) contando la especie de Gandul presentaron un mejor rendimiento sus etapas de desarrollo teniendo buenas respuestas ante las variables de altura, nodulación, biomasa y cobertura. En la localidad 2 El Coyote la Mucuna Gris fue la que presento una mejor adaptabilidad y respuesta ante las limitantes del suelo y el desarrollo en sus etapas.
- En medida del desarrollo investigativo se comparó la rapidez de cobertura de cada leguminosa en ambas localidades siendo en la localidad 1 la parcela UNAG ambas especies de mucuna (Mucuna Negra y Mucuna Gris) las que obtuvieron una mejor respuesta con un 98% de cobertura al suelo, en cambio de la localidad 2 que únicamente la canavalia la que presenta una mejor cobertura con 20% en el suelo.
- La macrofauna presente en la localidad 1 La parcela UNAG al inicio de la investigación se presentó en un punto medio llegando a incrementar con en el crecimiento de las leguminosas, en la localidad 2 El Coyote la macrofauna al inicio de la investigación se presentó en un punto incremento a un punto medio con las leguminosas.

VIII. RECOMENDACIONES

- Para los siguientes puntos de investigación para tener un mejor control de la misma lo mejor sería centrarla en una sola localidad, tomando cada variable anteriormente observada, pero aumentando el área de investigación y asociando las leguminosas con diferentes cultivos.
- En lo observado de la investigación un punto importante es estimar las especies que mejor se adaptan a ambas zonas e incorporarlas más trabajándolas con maíz para ver su reacción ante el asocio con otro cultivo.

BIBLIOGRAFÍAS

- Abraham Raúl Pérez Domínguez; Yessica Torrero Garza. (2002). *Ciencias Agrícolas - Fosforo*.
- Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez Cuba Ruiz Espinoza, U., Higinio, F., Labrador, M., La Paz, C., Morales, B., Viruliche, D., & Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez La Habana, U. (2007). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16, 90–94.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93216318>
- Agrometodos. (2021). *El Calcio En Los Cultivos Agrícolas*.
- Agrovitara. (2020). *La gran importancia del nitrógeno en las plantas*.
<https://www.agrovitra.com/media/2022/12/Importancia-del-Nitrogeno-en-las-plantas-Fernanda-Habit.pdf>
- ANACAFE. (2022). *Analab incrementa la eficiencia en sus análisis incorporando la metodología Mehlich III*.
- Andrés, A., Soria, I., Escuela, G., Panamericana, A., & Honduras, Z. (2015). *Lineamientos técnicos para una ley de conservación de suelos para la República de Honduras*.
- Angel, L., Polo, T., & Arroyo, E. (2016). *MACRONUTRIENTES Y MICRONUTRIENTES*.
https://www.academia.edu/40050646/MACRONUTRIENTES_Y_MICRONUTRIENTES_en_las_plantas_fisiolog%C3%ADa_vegetal
- Apolo-Apolo, O. E., Pérez-Ruiz, M., Martínez-Guanter, J., & Egea, G. (2020). A mixed data-based deep neural network to estimate leaf area index in wheat breeding trials. *Agronomy*, 10(2).
<https://doi.org/10.3390/agronomy10020175>
- BARREZUETA-UNDA, S., CERVANTES-ALAVA, A., ULLAURI-ESPINOZA, M., BARRERA-LEON, J., & CONDOY-GOROTIZA, A. (2020). EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE IGNICIÓN PARA DETERMINAR MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS DE LA PROVINCIA EL ORO-ECUADOR. *FAVE Sección Ciencias Agrarias*, 19(2), 25–36.
<https://doi.org/10.14409/fa.v19i2.9747>
- Beckett, C. (2004). *Dolichos lablab: Una leguminosa que alimenta a personas, a animales y al suelo*.
<http://edn.link/aztmjj>
- Bizzozero Federico. (2018). *ABONOS VERDES PARA LA SUSTENTABILIDAD EN PREDIOS FAMILIARES*.
https://www.centroecologico.org.br/cartilhas/2019/Abonos_Verdes_y_Fertilizantes_Perenes.pdf
- Bobadilla-Ballesteros, L., corrección, R., & Chávez-Vergara, E. (2020). *MANUAL DE EVALUACIÓN DE SUELOS ÉNFASIS EN MEMORIA EDÁFICA, MATERIA ORGÁNICA E HIDROEDAFOLOGÍA BIODIVERSIDAD*.
<https://www.smcsmx.org/files/concurso/2020/Manual3CMES2020.pdf>

- Burbano-Orjuela, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), 117–124. <https://doi.org/10.22267/rcia.163302.58>
- Calderón, C. (2018). Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento de Meta. 2017. <http://www.scielo.org.co/pdf/rori/v22n2/0121-3709-rori-22-02-00141.pdf>
- Carrasco, J. (n.d.). *PRACTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS*. Retrieved September 11, 2024, from <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/dedc0750-d5f9-4e29-ab5c-1073ff2e4038/content>
- Castro-Rincón, E., Mojica-Rodríguez, J. E., Corulla-Fornaguera, J. E., & Lascano-Aguilar, C. E. (2018). Abonos verdes de leguminosas: integración en sistemas agrícolas y ganaderas del trópico. *Agronomía Mesoamericana*, 29(3), 711. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i3.31612>
- Centeno García Leonardo. (2006). *Uso de Abonos Verdes en Cultivos Agrícolas*. <https://repositorio.una.edu.ni/2415/1/RENFO4G216.pdf>
- Cerna Castillo, C. (2005). *UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA TRABAJO DE DIPLOMA SELECCIÓN Y CALIBRACIÓN DE INDICADORES LOCALES Y TÉCNICO PARA EVALUAR LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS LADERAS, EN LA MICROCUENCA CUSCAMÁ EL TUMA-LA DALIA MATAGALPA, 2005*. <https://repositorio.una.edu.ni/1094/1/tnp35c352.pdf>
- Cherlinka Vasyi. (2024). Fertilizantes Orgánicos: Tipos Y Ventajas De Su Uso. *EOS DATA ANALYTICS*. <https://eos.com/es/blog/fertilizantes-organicos/>
- Contexto Ganadero. (2017). *Importancia del intercambio cationico* .
- Conú Leydi. (2014). *DETERMINACIÓN DE TEXTURA POR EL MÉTODO DE BOUYOUCOS*. https://www.academia.edu/9677695/DETERMINACION%20DE%20TEXTURA_POR_EL_METODO_DE_BOUYOUCOS
- ECHO Community. (2022). *ECHO FICHA DE INFORMACIÓN SOBRE PLANTAS FRIJOL GANDUL*. <https://www.echocommunity.org/es/resources/81d5fd86-74e7-41c9-af1e-a8da7a265bd2.pdf>
- ECO-HONDURAS, U. (2015). *CONTAMINACIÓN EN HONDURAS*. <https://ecohonduras2015.wixsite.com/ecohonduras/contaminacion>
- edición Traducido adaptado al castellano por Ronald Vargas Rojas Proyecto FAO-SWALIM, C., & Mayor de San Simón, K.-U. (2009a). *Guía para la descripción de suelos*.
- edición Traducido adaptado al castellano por Ronald Vargas Rojas Proyecto FAO-SWALIM, C., & Mayor de San Simón, K.-U. (2009b). *Guía para la descripción de suelos*.
- Evelin Rivera. (2018). *pH como factor de crecimiento en plantas*. <https://core.ac.uk/download/pdf/234019718.pdf>
- FAO. (1969). *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma, 1969 PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO No AT 2.b3U*. <https://www.fao.org/4/ar884s/ar884s.pdf>

FAO. (2009). *Guía para la descripción de suelos*.
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/b54d0348-dfce-413c-bd5d-142b3a14a049/content>

FAO. (2019). *CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO POR EL MÉTODO DE WALKLEY-BLACK*.
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3e255ff1-5a67-4d60-af9d-a3a37cb16a1f/content>

Fao. (2019). *LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO: UNA REALIDAD OCULTA*.
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/7d70ca8d-7503-4839-8d6b-8250e9add8ac/content>

FAO. (2024a). *Conservación del Suelo*. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-management/conservacion-del-suelo/es/>

FAO. (2024b). *Portal de Suelos de la FAO, propiedades biológicas*. 2024. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-biologicas/es/>

Fassbender, H. W. B. E. I. I. de C. para la A. (IICA). (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
<https://repositorio.iica.int/handle/11324/6801>

Felipe, J., & Izquierdo, M. (2016). *CARACTERIZACIÓN QUÍMICA, FÍSICA Y BIOLÓGICA DE SUELOS DE LA GRANJA AGROECOLÓGICA UNIMINUTO VILLAVICENCIO*.
https://repository.uniminuto.edu/server/api/core/bitstreams/924f8a2b-31f6-4fdc-99ec-33704a5bd8c9/content?authentication-token=eyJhbGciOiJIUzI1NiJ9.eyJlaWQiOiIwNmMzYjQ1ZS1mNWl5LTQ1ZWVhYjY5OC01ZTg2YzI3MGVhNTYiLCJzYiI6IjE0cmF1dGhbnR5Y2F0aW9uTWV0aG9kIjoicGFzc3dvcmQILCJleHAiOiE3Mjk4NDQxODh9.hf5Nty929Tqj9kvqxKj8SGw6oDIqmZNY_n0_qDEGG4s

Figueroa, B. (1999). *Metodología de análisis de suelos del laboratorio de la fundación hondureña de investigación agrícola (FHIA)*. <https://catalogosiidca.csuca.org/Record/UNAG.74#description>

Garcilazo Fernando Morales. (2024, January 8). *Dólicos, qué son y cómo contribuyen a una agricultura sustentable*. La Información Fue Generada a Partir de Ensayos y Vitriñas 2018-2020 a Través de La Red de Colaboradores. <https://www.cimmyt.org/es/noticias/dolicos-que-son-y-como-contribuyen-a-una-agricultura-sustentable/>

Gerardo, J., & Illescas, L. (2017). *Contaminación de los suelos agrícolas provocados por el uso de los agroquímicos en la parroquia de San Joaquín*.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14712/1/UPS-CT007228.pdf>

Gisbert Blanquer, nombre, Manuel, J., & Ramón, M. (2016). *LA TEXTURA DE UN SUELO*.
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7775/Textura.pdf>

Gloria Elizabeth Arévalo, J. M. S.-A. I. G.-M. (2022, November 20). Estudio del contenido materia orgánica por dos métodos analíticos en suelos de Honduras. *Revista de Ciencias Ambientales*.
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ambientales/article/view/17723/26520>

- Grisel. (2014). *MANUAL PRÁCTICO SOBRE LA MACROFAUNA EDÁFICA COMO INDICADOR BIOLÓGICO DE LA CALIDAD DEL SUELO, SEGÚN RESULTADOS EN CUBA.*
- Hernán, P. :, & Orjuela, B. (2010). *EL SUELO AL SERVICIO DE LA SOCIEDAD Y SU ROL EN EL CONTEXTO DE LOS CAMBIOS GLOBALES: Vol. XI* (Issue 2). <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rtend/article/view/548>
- Hernández A. (2016). *EL CAMBIO CLIMÁTICO EN HONDURAS.*
<https://www.unicef.org/honduras/media/501/file/El-Cambio-clim%C3%A1tico-en-Honduras-estudio-2016.pdf>
- Hernández Fonseca Juan Carlos. (2004). *Mucuna*. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-0776.pdf>
- Hernández, V., & Adán, R. (n.d.). *Evaluación de cuatro leguminosas como cultivos de cobertura en Zamorano, Honduras.*
- Herrera, J., Martínez, A., Gonzáles, I., & Lima, L. (2006). *CONDICIONES DE FERTILIDAD DE SUELO EN ZONAS PRODUCTORAS DE GRANOS BASICOS DE HONDURAS Y RECOMENDACIONES DE FERTILIZACION.*
http://www.fhia.org.hn/descargas/Laboratorio_Quimico_Agricola/Condiciones_de_fert_suelos_honduras.pdf
- Ignacio del Rey. (2021). *Índice de Shannon – La biodiversidad del suelo*. <https://www.tiloom.com/indice-de-shannon-biodiversidad-del-suelo/>
- Izquierdo Bautista, J., & Arévalo Hernández, J. J. (2021). Determinación del carbono orgánico por el método químico y por calcinación. *Ingeniería y Región*, 26, 20–28. <https://doi.org/10.25054/22161325.2527>
- Jamioy Diego David. (2018). Efecto de la aplicación de abonos verdes en el crecimiento y el rendimiento del *Phaseolus vulgaris*. *Revista Scielo* . https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242018000200127
- Jason Karl. (2024). *Estimation Method*. <https://Learn.LandscapeToolbox.Org/Course/Vegetation-Measurement-and-Monitoring/Lessons/10-2-Harvest-and-Estimation-Methods/>.
- Kirkby, E. A. and V. R. (2007). Micronutrientes en la Fisiología. *The International Fertilizer Society, P. O. Box, York, YO32 5YS, United Kingdom.*
- Kleinn, C. | S. C. | C. L. | G. R. | P. P. (Ed.). (2000). *BIBLIOGRAFÍA COMENTADA CAMBIOS EN LA COBERTURA FORESTAL EN HONDURAS*. <https://www.fao.org/4/ac768s/AC768S00.htm#TOC>
- L. Rucks; García; A. Kaplán; Ponce de León; M. Hill. (2004). *Propiedades Físicas del Suelo*.
<https://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>
- La República, U. DE, & Agr Rucks Ing Agr F García Ing Agr A Kaplán Ing Agr J Ponce de León Ing Agr M Hill, I. L. (2004). *FACULTAD DE AGRONOMÍA Propiedades Físicas del Suelo.*
- Labrador, J., & Ciencias Biológicas, D. (2008). *MANEJO DEL SUELO EN LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS DE PRODUCCIÓN ECOLÓGICA*. <http://www.agroecologia.net>
- Lezama Tenorio Pedro. (2006). *Método de Evaluación Rápida de Invasividad (MERI) para especies exóticas en México*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/221056/Mucuna_pruriens_utilis_final.pdf

- Lezmes Gustavo. (2015). *Porosidad, análisis pretofísicos*. <https://www.academia.edu/23518332/Porosidad>
- Lima, L. (2011). *GUÍA SOBRE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS Segunda edición*.
- Luis Alonso González, A. R. & A. F. (2016). El gandul (*Cajanus cajan* (L.) Mill sp.) una excelente alternativa para Sistemas Agrosilvopastoriles. *Universidad Estatal a Distancia, Escuela de Ciencias Exactas y Naturales*.
file:///C:/Users/Dell%20Inspiron/Downloads/Gand%C3%BAI.pdf
- Luis González-Barrios, J., González-Cervantes, G., & Chávez-Ramírez, E. (2012). *Porosidad del suelo en tres superficies típicas de la cuenca alta del río Nazas: Vol. III* (Issue 1).
<https://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v3n1/v3n1a2.pdf>
- Martín, G. M., Rivera, R., Arias, L., & Rentería, M. (2009). Efecto de la Canavalia ensiformis y micorrizas arbusculares en el cultivo del maíz. In *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* (Vol. 43, Issue 2).
<https://www.redalyc.org/pdf/1930/193015425017.pdf>
- Medina Claudia; Mantilla Gina. (2018, November 19). *Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta*.
<https://www.redalyc.org/journal/896/89660465002/html/>
- Mikkelsen Robert. (2010). *Fuentes de magnesio*.
- Moreno Ramón, nombre, hecmora, H., Blanquer, prvupvesGisbert, & Manuel, J. (2010). *EL COLOR DEL SUELO*.
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8008/Color%20del%20suelo.pdf>
- Osmara Renté Martí, P. P. R. Y. C. V. M. C. R. M. C. N. García. (2020). Canavalia ensiformis (L): en propiedades químicas de un suelo fluvisol diferenciado. *Revista Científica Del Amazonas*.
<https://revistadelamazonas.info/index.php/amazonas/article/view/39/47>
- Osorio, N. W. (2012). pH DEL SUELO Y DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES. In *Manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal* (Vol. 1, Issue 4).
<https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/pH-del-suelo-y-nutrientes.pdf>
- Palma Ferrero Manuel José. (2011). *DOSSIER FERTILIZACIÓN ORGÁNICA*.
https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Agri/Agri_2011_944_622_626.pdf
- Paredes Carlos. (2008). *Conservación de Suelos y Agroecología*.
<https://aprendizaje.mec.edu.py/aprendizaje/system/content/c171493/600%20-%20Ciencias%20aplicadas,%20Tecnologia/640%20-%20Economia%20domestica%20y%20vida%20familiar/Conservacion%20de%20suelos.pdf>
- Portal Frutícola. (2018). *El poder de los micronutrientes en la nutrición vegetal*.
<https://www.portalfruticola.com/noticias/2018/10/12/el-poder-de-los-micronutrientes-en-la-nutricion-vegetal/>
- Portillo Ropero Sandra. (2020). *Erosión eólica: definición, tipos y ejemplos*. 12..02.2020.
<https://www.ecologiaverde.com/erosion-eolica-definicion-tipos-y-ejemplos-2566.html>
- Puerto Rodríguez, del, Tamayo, S., & Estrada, P. (2014). *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. 52(3).
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223240764010>

- Rafael, M., Raymundo ZAMORA-NATERA, D., & Francisco, J. (2018). Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Comparative study of tree green manures in biomass production and in some soil properties. In *Diciembre* (Vol. 4). www.ecorfan.org/spain
- Rammakrishna Bommat. (2021). *Las medidas de prevención y mitigación para el control de la erosión del suelo*. <https://naturapanama.org/wp-content/uploads/2023/09/Folleto-6-Conservacion-de-suelos-.pdf>
- Rivera, J. R. (1996). *CAPITULO VI APORTES DE LOS ABONOS VERDES USADOS EN LA AGRICULTURA ORGANICA COMO COBERTURA COLOMBIA, FEBRERO 1996*. <https://www.comerciojustohonduras.org/wp-content/uploads/2014/12/Abonos-verdes-covertura-Jairo-Restrepo.pdf>
- Rivera, R. P. (1993). *REPÚBLICA DE HONDURAS SECRETARÍA DE RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE LEY GENERAL DEL AMBIENTE*. https://portalunico.iaip.gob.hn/portal/ver_documento.php?uid=NTk1NjM4OTM0NzYzNDg3MTI0NjE5ODcyMzQy
- Rivero Herrada, M. P. Z. P. M. G. F. R. R. M. L. W. de B. F. E. P. (2016). ABONOS VERDES Y SU INFLUENCIA EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L), EN CONDICIONES AGROECOLOGICAS. *Biotechnia, Universidad de Sonora*, 18(1), 59–64. <https://www.redalyc.org/pdf/6729/672971110007.pdf>
- Rojas, A. Y., & Herrera, E. J. (n.d.). *DETERMINACIÓN DE TEXTURA POR EL MÉTODO DE BOUYUCOS MÉTODO DEL HIDRÓMETRO ESTANDARIZADO SEGÚN NORMA ASTM-152H*.
- Rubén Brito Mijares Gabriel Enrique Sarmiento Hernández Zamorano, J. (2012). *Propuesta para la actualización del mapa de suelos de Honduras como base para diagnóstico de uso de suelo y contenido de carbón orgánico*. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/bd853c2d-410e-4662-a428-defd784a483b/content>
- Rubio, A. M., & Sevilla, G. (2010). *LA DENSIDAD APARENTE EN SUELOS FORESTALES DEL PARQUE NATURAL LOS ALCORNOCALES*. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/57951/1/La%20densidad%20aparente%20en%20suelos%20forestales%20.pdf>
- Ruiz, N. (2011). *ANALIZADORES ELECTROQUÍMICOS PARA MEDIR EL pH DEL AGUA EN PROCESOS INDUSTRIALES*. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0785_EA.pdf
- Salamanca Jiménez, A., Siavosh, ;, & Khalajabadi, S. (2005). *LA DENSIDAD APARENTE Y SU RELACIÓN CON OTRAS PROPIEDADES EN SUELOS DE LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA*. <file:///C:/Users/Dell%20Inspiron/Downloads/anteproyecto/La%20densidad%20aparente%20y%20su%20relacion%20con%20otras%20propiedades.pdf>
- Salas Gutiérrez Nel. (2014). *Informe de Color Del Suelo*. <https://es.scribd.com/doc/240478324/Informe-de-Color-Del-Suelo>
- Saskatchewan Agriculture. (2025). *Assessing Nodulation & Nitrogen Fixation*. <https://saskpulse.com/resources/assessing-nodulation-nitrogen-fixation/?download-pdf>

- Sierra Daniela Zavala, O. R. J. C. E. R. H. F. (2018). Potencial de cinco especies de leguminosas como abonos verdes en la zona altiplano de San Luis Potosí, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 20. file:///C:/Users/Dell%20Inspiron/Downloads/dalia,+Maquetador,+20Art4059Esp-17.pdf
- Triana, S., Xavier Rousseau, G., Rocha da Piedade, A., Celentano, D., Luís Corrêa Zelarayán, M., & Braun, H. (2014). Soil Macrofauna as Indicator of Riparian Forests Degradation in the Eastern Brazilian Amazonia. *Rev. Fac. Agron*, 114(1), 49–60.
- U.N.P.L. (2019). “POROSIDAD Y AIREACIÓN DENSIDAD REAL Y APARENTE” [Video recording].
- Vasyl Cherlinka. (2021). *Conservación Del Suelo: Cómo Manejarla E Implementarla*. 29-12-2021. <https://eos.com/es/blog/conservacion-del-suelo/#:text=El%20concepto%20de%20conservaci%C3%B3n%20del%20suelo%20hace%20referencia%20a%20un,plazo%2C%20pensando%20en%20el%20futuro.>
- Vasyl Cherlinka. (2022). *Erosión Del Suelo: Tipos, Cómo Evitarla Y Controlarla*. 19.10.2022. <https://eos.com/es/blog/erosion-del-suelo/>
- Vincent Michel (Agroscope, S. A. G. (Vermigrand, A. y M. S. (PHPetersen, A. (2020). ABONOS VERDES Y CUBIERTAS VEGETALES: VENTAJAS Y DESVENTAJAS. *Best 4 Soil*. https://orgprints.org/id/eprint/43486/7/43486_Best4Soil_Green-manures-and-cover-crops-advantages-disadvantages_ES.pdf
- Zeleny David. (2021). *Un método rápido para cuantificar la estructura de parches de vegetación a pequeña escala para complementar los estudios cuadrangulares convencionales*. Vegsciblog. Org.

ANEXOS