



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZONICA

**CENTRO DE POSTGRADOS
MAESTRÍA AGRONOMÍA
MENCIÓN SISTEMAS AGROPECUARIOS
PROYECTO DE INNOVACIÓN**

**EFFECTO DE DOS VARIEDADES DE *Lupinus mutabilis* EN DISTINTAS
DENSIDADES USADAS COMO ABONO VERDE PARA MEJORAR
PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE UN SUELO
DEGRADADO EN SALACHE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE
COTOPAXI.**

AUTORA:

GUADALUPE DE LAS MERCEDES LÓPEZ CASTILLO

DIRECTOR DEL PROYECTO

DR. JAVIER DOMINGUEZ BRITO, PH. D

PUYO – ECUADOR

2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Guadalupe de las Mercedes López Castillo con cédula de identidad 1801902907, declaro ante las autoridades educativas de la Universidad Estatal Amazónica, que el contenido del Proyecto de Innovación titulado: “Efecto de dos variedades de *Lupinus Mutabilis* en distintas densidades usadas como abono verde para mejorar propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo degradado en Salache, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi”, es absolutamente original, auténtico y personal.

En tal virtud y según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente, certifico libremente que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de Investigación y Desarrollo son de exclusiva responsabilidad de la autora; y que los resultados expuestos pertenecen a la Universidad Estatal Amazónica.

Puyo, 14 de agosto de 2020

Guadalupe de las Mercedes López Castillo

C.I.: 1801902907

AVAL

Quien suscribe Javier Domínguez Brito, Director del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Innovación titulado: Efecto de dos variedades de *Lupinus Mutabilis* en distintas densidades usadas como abono verde para mejorar propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo degradado en Salache, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi a cargo de Guadalupe de las Mercedes López Castillo egresada de la segunda cohorte de la Maestría en Agronomía mención Sistemas Agropecuarios de la Universidad Estatal Amazónica.

Certifico haber acompañado el proceso de elaboración del Proyecto de Innovación y considero cumple los lineamientos y orientaciones establecidas en la normativa vigente de la institución por lo que se encuentra listo para ser sustentado.

Por lo antes expuesto se avala el Proyecto de innovación para que sea presentado ante la Dirección de Posgrado como forma de titulación como Magister en Agronomía mención Sistemas Agropecuarios y que dicha instancia considere el mismo a fin de que tramite lo que corresponda.

Para que a si conste, firmo la presente a los 14 días del mes de agosto de 2020.

Atentamente,

Javier Domínguez Brito.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INNOVACION

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Este Proyecto de Innovación fue revisado y aprobado por el siguiente tribunal de sustentación de la Universidad Estatal Amazónica:

Dr. C. Luis Bravo Ph.D.
PPRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dr. David Neill Ph.D.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. C. Carlos Bravo, Ph. D.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

Primeramente, dedico este trabajo a Dios, a mis padres, Bisael Aníbal López y María Esther Castillo, a mis hijos Marcelo, María Mercedes y Edwin Chancusig López, que son las personas más importantes en mi vida, aquellas que siempre han estado junto a mí en cada paso, a quienes amo inmensamente, ellos son los pilares que han hecho de mí una persona de bien y que cada día vaya escalando peldaños en mi vida profesional. Sin el esfuerzo y sacrificio por ellos brindado, no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

Guadalupe de la Mercedes López Castillo

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, ofrezco el más profundo agradecimiento a mis padres, Bisael Aníbal López y María Esther Castillo, a mis hijos Marcelo, María Mercedes y Edwin Chancusig López. A la Universidad Estatal Amazónica (UEA), institución que me ha brindado una de las mejores experiencias personales y académicas en mi formación profesional, gracias por haberme permitido colaborar estrechamente con colegas, profesores, técnicos e investigadores de excelente calidad humana. Gracias a todos mis profesores del programa de maestría, de quienes asimilé lo mejor de sus enseñanzas y su ejemplo. Agradezco de manera muy especial a mi director de trabajo de titulación, Dr. Javier Domínguez Brito Ph.D, a la Mg. Sandra Soria coordinadora de la maestría por el apoyo y amistad brindada, a los miembros del tribunal Dr. C. Luis Bravo Ph.D, Dr. David Neill Ph.D y Dr. C. Carlos Bravo, Ph. D. por su paciencia y apoyo para mejorar el trabajo de investigación.

Guadalupe de la Mercedes López Castillo

RESUMEN EJECUTIVO

RESUMEN EJECUTIVO

El uso de abonos verdes contribuye a la recuperación de la fertilidad del suelo. El Objetivo planteado fue, evaluar el efecto de dos variedades de *Lupinus mutabilis* en distintas densidades usadas como abono verde para mejorar propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo degradado en Salache, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. Se realizó un arreglo bifactorial A x B, con un diseño Bloques Completos al azar DBCA en el cual se determinaron propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo antes y después de establecer los tratamientos, así como parámetros morfológicos asociadas a las variedades. Los resultados sugieren que la mayoría de los mejores parámetros morfológicos como variables agronómicas se obtuvieron para la densidad de siembra de 120 kg/ha, en ambas variedades (Guaranguito e INIAP 450), sin embargo, la biomasa fue mayor con la variedad Guaranguito para la densidad de 105 kg/ha. Independientemente de la variedad y densidad de siembra las características físicas mostraron adecuadas condiciones relacionadas con la densidad aparente y la conductividad hidráulica conductividad saturada, sin embargo, la porosidad total (41,37 %), la porosidad de aireación (4,76) reflejaron valores por debajo de los umbrales que denotan problemas de compactación. El pH inicial fue de 9,86 altamente alcalino en la densidad 90 kg/ha y mejoro levemente a valores de 9,79; en materia orgánica al inicio fue de 1,10%, en la variedad INIAP 450 incremento 1,26%. En características biológicas, el microorganismo patógeno que se encontró en todas las diluciones fue *Fusarium oxysporum* 10^{-3} , 10^{-4} y 10^{-5} . El abono verde no realizó cambios significativos en la terraza por esta razón se sugiere continuar con la aportación de materia orgánica por un periodo más extenso de tiempo.

Palabras claves: Leguminosas, materia orgánica, degradación del suelo.

EXECUTIVE SUMMARY

The use of green manures contributes to the recovery of soil fertility. The proposed objective was to evaluate the effect of two varieties of *Lupinus mutabilis* in different densities used as green manure to improve physical, chemical and biological properties of a degraded soil in Salache, Latacunga canton, Cotopaxi province. A bifactorial arrangement A x B was made, with a randomized Complete Blocks DBCA design in which physical, chemical and biological properties of the soil were determined before and after establishing the treatments, as well as morphological parameters associated with the varieties. The results suggest that the majority of the best morphological parameters as agronomic variables were obtained for the sowing density of 120 kg / ha, in both varieties (Guaranguito and INIAP 450), however, the biomass was higher with the Guaranguito variety for the density of 105 kg / ha. Regardless of the variety and sowing density, the physical characteristics showed adequate conditions related to apparent density and hydraulic conductivity, saturated conductivity, however, total porosity (41.37%), aeration porosity (4.76) reflected values below the thresholds that denote compaction problems. The initial pH was 9.86, highly alkaline in density 90 kg / ha and improved slightly to values of 9.79; in organic matter at the beginning it was 1.10%, in the variety INIAP 450 it increased 1.26%. In biological characteristics, the pathogenic microorganism found in all dilutions was *Fusarium oxysporum* 10-3, 10-4 and 10-5. The green manure did not make significant changes to the terrace, for this reason it is suggested to continue with the contribution of organic matter for a longer period of time.

Keywords: Legumes, organic matter, soil degradation.

ÍNDICDE GENERAL

CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 HIPÓTESIS	3
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 LOS ABONOS VERDES Y SU ACCIÓN EN EL SUELO	6
2.2 EFECTO DEL ABONO VERDE EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO	7
2.2.1 EFECTO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO	7
2.2.2 EFECTO EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO	10
2.2.3 EFECTO EN LAS PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO	12
CAPÍTULO III.....	14
3.1 LOCALIZACIÓN.....	14
El manejo específico del experimento se ejecutó mediante los siguientes pasos:.....	16
3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	16
3.3 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	17
3.3.1. Variables Evaluadas	17
3.3.1.1 Características agronómicas (dos variedades con distintas densidades de siembra)	17
3.3.1.2. Características Físicas	18
3.3.1.3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	18
3.3.4 Características biológicas	19
3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	19
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	19
3.6 Recursos Humanos	20
3.7. MATERIALES	21
CAPÍTULO IV	22
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
4.1. CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS (DOS VARIEDADES CON DISTINTAS DENSIDADES DE SIEMBRA).....	22
4.1.1 PORCENTAJE DE GERMINACIÓN.....	22
4.1.2 CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS MEDIAS DE ALTURA DE PLANTA, DIÁMETRO DE TALLO, NUMERO DE RAMAS, COBERTURA DE PLANTAS, MATERIA VERDE BIOMASA Y NÓDULOS RADICULARES.	22

4.1.3 DIAS A LA FLORACIÓN.....	30
4.1.4 DÍAS A LA DESCOMPOSICIÓN DEL ABONO VERDE	30
4.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	30
4.2.1 CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA	30
4.2.2 DENSIDAD APARENTE (Da Mg*m ³).....	32
4.2.3 POROSIDAD TOTAL (Pt) %	34
4.2.4 POROSIDAD DE AIREACIÓN (Pa) %.....	36
4.2.5 POROSIDAD DE RETENCIÓN (Pr)%.....	38
4.2.6 PORCENTAJE DE ARENA, LIMO Y ARCILLA	40
4.3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	43
4.3.1 pH.....	43
4.3.2 Materia Orgánica	44
4.3.3 AMONIO (NH ₄).....	45
4.3.4 FÓSFORO (P)	46
4.3.5 AZUFRE (S).....	47
4.3.6 POTASIO (K)	48
4.3.7 CALCIO (Ca)	49
4.3.8 MAGNESIO (Mg).....	50
4.3.9 ZINC (Zn).....	51
4.3.10 COBRE (Cu).....	52
4.3.11 HIERRO (Fe).....	53
4.3.12 MANGANESO (Mn)	54
4.3.13 BORO (B).....	55
4.4 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS.	56
4.4.1 ANÁLISIS DE HONGOS PATÓGENOS ENCONTRADOS EN EL SUELO ANTES DE LA SIEMBRA Y DESPUÉS DE LA INCORPORACIÓN DE LOS ABONOS VERDES.....	56
CONCLUSIONES.....	59
RECOMENDACIONES.....	60
REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS	61
ANEXOS.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	14
FIGURA 2. MEDIAS DE ALTURAS DE PLANTAS EN VARIEDADES, DENSIDADES DE SIEMBRA Y DE VARIEDAD POR DENSIDAD.....	23
FIGURA 3. MEDIAS DIÁMETRO DEL TALLO EN VARIEDADES, DENSIDADES DE SIEMBRA Y DE VARIEDAD POR DENSIDAD.....	24
FIGURA 4. NÚMERO DE RAMIFICACIONES EN VARIEDADES, DENSIDADES DE SIEMBRA Y DE VARIEDAD POR DENSIDAD.....	25
FIGURA 5. COBERTURA DE PLANTAS EN VARIEDADES, DENSIDADES DE SIEMBRA Y DE VARIEDAD POR DENSIDAD.....	26
FIGURA 6. MEDIAS MATERIA VERDE EN VARIEDADES, DENSIDADES DE SIEMBRA Y DE VARIEDAD POR DENSIDAD.....	27
FIGURA 7. MEDIAS EN BIOMASA EN VARIEDADES, DENSIDADES DE SIEMBRA Y DE VARIEDAD POR DENSIDAD.	28
FIGURA 8. NÚMERO DE NÓDULOS RADICULARES EN VARIEDADES, DENSIDADES DE SIEMBRA Y DE VARIEDAD POR DENSIDAD.....	29
FIGURA 9. CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA (KSAT, CM H ⁻¹) EN VARIEDADES Y DENSIDADES DE SIEMBRA	31
FIGURA 10. MEDIAS PARA DENSIDAD APARENTE (DA) PARA VARIEDADES Y DENSIDAD DE SIEMBRA	33
FIGURA 11. MEDIAS PARA POROSIDAD TOTAL (PT) % PARA VARIEDADES Y DENSIDAD DE SIEMBRA	35
FIGURA 12. MEDIAS PARA POROSIDAD DE AIREACIÓN (PA) % PARA VARIEDADES Y DENSIDAD DE SIEMBRA	37
FIGURA 13. MEDIAS PARA POROSIDAD DE RETENCIÓN (PR)% PARA VARIEDADES Y DENSIDAD DE SIEMBRA	39
FIGURA 14. MEDIAS PARA PORCENTAJE DE ARENA, LIMO Y ARCILLA DEL SUELO EN VARIEDADES Y DENSIDAD DE SIEMBRA.....	41
FIGURA 15. MEDIAS PARA PH EN VARIEDADES Y DENSIDADES DE SIEMBRA	43
FIGURA 16. MEDIAS PARA MATERIA ORGÁNICA EN VARIEDADES DENSIDADES DE SIEMBRA.....	44
FIGURA 17. MEDIAS PARA NITRÓGENO EN VARIEDADES DENSIDADES DE SIEMBRA	45
FIGURA 18. MEDIAS PARA FÓSFORO EN VARIEDADES DENSIDADES DE SIEMBRA ...	46
FIGURA 19. MEDIAS PARA AZUFRE EN VARIEDADES Y DENSIDADES DE SIEMBRA ..	47
FIGURA 20. MEDIAS PARA POTASIO EN VARIEDADES Y DENSIDADES DE SIEMBRA	48
FIGURA 21. MEDIAS PARA CALCIO EN VARIEDADES Y DENSIDADES DE SIEMBRA ..	49
FIGURA 22. MEDIAS PARA MAGNESIO EN VARIEDADES Y DENSIDADES DE SIEMBRA	50
FIGURA 23. MEDIAS PARA ZN EN VARIEDADES Y DENSIDADES DE SIEMBRA	51
FIGURA 24. MEDIAS PARA CU EN VARIEDADES Y DENSIDADES DE SIEMBRA	52
FIGURA 25. MEDIAS PARA FE EN VARIEDADES Y DENSIDADES DE SIEMBRA	53
FIGURA 26. MEDIAS PARA MN EN VARIEDADES Y DENSIDADES DE SIEMBRA	54
FIGURA 27. MEDIAS PARA B EN VARIEDADES Y DENSIDADES DE SIEMBRA	55
FIGURA 28. COLONIAS DE <i>FUSARIUM OXYSPORUM</i> EN LAS TRES REPETICIONES EN LA INTERACCIÓN VARIEDAD VS DENSIDAD DE SEMILLA	56

FIGURA 29. COLONIAS DE *PENICILLIUM SP.* EN LAS TRES REPETICIONES EN LA INTERACCIÓN VARIEDAD Y DENSIDAD SEMILLA58

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. TRATAMIENTOS DE LA INVESTIGACIÓN	15
TABLA 2. DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN ..	15
TABLA 3. DISEÑO DEL ESQUEMA DEL ADEVA DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
TABLA 4. RECURSOS HUMANOS EN LA INVESTIGACIÓN.....	20
TABLA 5. MATERIALES DE LA INVESTIGACIÓN	21

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. ANÁLISIS DE SUELO INICIAL	68
ANEXO 2. ANÁLISIS DE SUELO FINAL.....	69
ANEXO 3. ANÁLISIS DE SUELO INICIAL. MICROBIOLÓGICO.....	70
ANEXO 4. ANÁLISIS DE SUELO FINAL. MICROBIOLÓGICO	72
ANEXO 5. LAS MEDIAS DE LAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS EN ALTURA DE PLANTA (CM), DIÁMETRO DE TALLO (MM), NÚMERO DE RAMAS (N°), COBERTURA DE PLANTAS (N°), MATERIA VERDE (G), BIOMASA (G) Y NÚMERO DE NÓDULOS RADICULARES (N°).	74
ANEXO 6. MEDIAS PARA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA (KSAT, CM H-1) EN VARIEDADES.....	75
ANEXO 7. MEDIAS PARA DENSIDAD APARENTE (DA) PARA VARIEDADES Y DENSIDADES DE SIEMBRA	75
ANEXO 8. MEDIAS PARA POROSIDAD TOTAL (PT) % PARA VARIEDADES Y DENSIDAD DE SIEMBRA	76
ANEXO 9. MEDIAS PARA POROSIDAD DE AIREACIÓN (PA) % PARA VARIEDADES Y DENSIDAD DE SIEMBRA	76
ANEXO 10. MEDIAS PARA POROSIDAD DE RETENCIÓN (PR)% PARA VARIEDADES Y DENSIDAD DE SIEMBRA	77
ANEXO 11. MEDIAS PARA MATERIA ORGÁNICA (M.O) Y PH DEL SUELO	77
ANEXO 12. MEDIAS PARA NH ₄ , P, S, K, CA Y MG EN VARIEDADES Y DENSIDADES DE SIEMBRA.....	78
ANEXO 13. MEDIAS PARA ZN, CU, FE, MN Y B DEL SUELO EN VARIEDADES Y DENSIDADES DE SIEMBRA	78
ANEXO 14. MEDIAS PARA PORCENTAJE DE ARENA, LIMO Y ARCILLA DEL SUELO EN VARIEDADES Y DENSIDAD DE SIEMBRA.....	79
ANEXO 15. MICROORGANISMOS BENÉFICOS Y PATÓGENOS EN LAS DIFERENTES DILUCIONES EN MICROORGANISMOS AL INICIO DE LA INVESTIGACIÓN.....	79
ANEXO 16. MICROORGANISMOS BENÉFICOS Y PATÓGENOS EN LAS DILUCIONES DE 10 ⁻³ EN LOS TRATAMIENTOS EN ESTUDIO.....	80
ANEXO 17. MICROORGANISMOS BENÉFICOS Y PATÓGENOS EN LAS DILUCIONES DE 10 ⁻⁴	80
ANEXO 18. MICROORGANISMOS BENÉFICOS Y PATÓGENOS EN LAS DILUCIONES DE 10 ⁻⁵	81
ANEXO 19. MICROORGANISMOS BENÉFICOS Y PATÓGENOS EN LAS DIFERENTES DILUCIONES EN MICROORGANISMOS AL FINAL, TESTIGO NO SE CULTIVÓ, EN LA INVESTIGACIÓN.....	81
ANEXO 20. FOTOGRAFÍAS DE LAS ACTIVIDADES DE CAMPO DE LA INVESTIGACIÓN.	82
ANEXO 21. FOTOGRAFÍAS TOMA DE MUESTRA PARA VARIABLES TEXTURALES.....	85

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

El Ecuador se caracteriza por poseer una gran variedad y riqueza de sus recursos naturales, así como por su amplia gama de climas que en distancias cortas posibilitan un potencial agrícola elevado. El agricultor ecuatoriano supo aprovechar estas condiciones favorables y desarrollar una agricultura floreciente que se distingue por una producción de notable diversidad, donde alternan productos tropicales y de clima templado (Noni, 2010).

Sus tierras dedicadas a la agricultura tienden a disminuir; por factores como el deterioro en la calidad de los suelos, diversos fenómenos meteorológicos como sequías e inundaciones y la urbanización de zonas agrícolas. Pla- Sentís (2012), indicó que en América Latina las políticas de desarrollo y de expansión agrícola en las últimas décadas han conducido frecuentemente a la degradación de suelos y tierras, con el subsecuente descenso en la productividad lo que dificulta producir y cubrir los requerimientos de alimentos y fibras para la creciente población mundial, especialmente en países en desarrollo.

También la expansión de la frontera agrícola ha conllevado a la explotación de manera drásticas e insostenible del recurso suelo. Uno de los grandes problemas que aquejan a la humanidad es la destrucción acelerada de los recursos naturales. Dentro de los recursos naturales el suelo es quizá el que ha sufrido el mayor daño por intervención del hombre. Las necesidades de las diversas comunidades en diferentes escalas; local, nacional, regional, nacional y global no solo son de alimento se han convertido en una sostenibilidad débil (Muñoz, 2016).

La degradación o desgastes de los suelos es la causa fundamental por la cual no es posible llegar a programar una agricultura sostenible. La sostenibilidad del suelo debe proceder a cualquier forma de desarrollo económica sostenible. El hombre puede vivir sin industria, pero no subsistir sin el suelo. Los sistemas actuales de manejo de los suelos para agricultura han demostrado ser degradativos, por ello, es necesario desarrollar sistemas de manejo de suelos que dentro de un sistema económicamente productivo contribuyan a desarrollar suelos sostenibles. (Muñoz, 2016).

Por otra parte, los cambios en el uso y manejo de las tierras (deforestaciones, labranza excesiva o inadecuada, quemadas, descenso de la materia orgánica del suelo) que provocan degradación del

suelo, pueden acelerar la emisión de CO₂ a la atmósfera, el principal de los llamados gases de efecto invernadero, con excepción de los tejidos de plantas y animales sin descomponer, la capacidad productiva de un suelo es mediante los análisis químicos y físicos, para conocer la cantidad existente de nutrientes y lo que haría falta para complementar adecuadamente al suelo.

El Ecuador ha sido y continúa siendo afectado por numerosos procesos erosivos; en la actualidad, más o menos el 50% del territorio está afectado por este problema. Aún más la erosión sigue avanzando en perjuicio del país. En algunas zonas de la Sierra, una vez que el suelo arable ha desaparecido, la tierra es abandonada por los campesinos y la erosión prosigue su obra sobre el subsuelo (Noni y Trujillo, 1986).

Se hace necesario, por lo tanto, detener los procesos de degradación y contaminación ambiental, a través de un conjunto de prácticas de manejo y la conservación del suelo y la materia orgánica, que contribuyan a recuperar y mantener la fertilidad del suelo y que, además, estos recursos sean asequibles al agricultor.

Una de las prácticas es la utilización de leguminosas como abono verde, se destaca la incorporación de nitrógeno (N) al suelo, afectada a través de la fijación biológica (Kristense, 2006; Mehari et al., 20015)., ya que constituye un importante componente de los sistemas de cultivo sostenibles, especialmente para mantener la fertilidad del suelo y sobre todo en áreas donde los fertilizantes químicos son costosos o no están disponibles (García, s. f.).

El uso de abonos verdes contribuye a la recuperación de la fertilidad del suelo (Buciene et al., 2003) puede mejorar sus propiedades físicas (Agostini *at al.*, 2003) y controla plagas (Aloyokhin y Atlihan, 2005), malezas (Blackshaw et al., 2001) y nematodos (Guerena, 2006); pero sobre todo incrementa el contenido de materia orgánica que a su vez modifica la capacidad de intercambio catiónico y la disponibilidad de macro y micronutrientes. Otros efectos indirectos son; la formación y estabilización de agregados, el mejoramiento de la infiltración del agua y la aeración (García y Hernández, 2000), así como la disminución diurna en la amplitud de la variación térmica.

Conocemos que el suelo es un recurso natural semi renovable de importancia básica para la vida sobre la tierra, constituyendo fuente de vida de plantas, animales y seres humanos. La producción agrícola y pecuaria dependen de manera indiscutible de la fertilidad del suelo que está representada por el conjunto de características físicas, químicas y biológicas, así como por

el contenido de materia orgánica que determinan la capacidad de éste para sostener el desarrollo de la vegetación Suquilanda (2008).

El Ecuador ha sido y sigue siendo afectado por numerosos procesos erosivos, de tal manera que se puede considerar que la erosión constituye uno de los principales aspectos de degradación de los recursos naturales, especialmente del suelo. Alrededor del 50% del territorio tiene que ver con este problema. La Sierra es el asiento de una erosión, activa a muy activa, generalizada en muchos lugares. Una erosión más localizada, de carácter potencial, pero que se desarrolla con una relativa rapidez en nuestros días, afecta a toda la parte occidental de la Costa y, en menor grado, a los grandes ejes de colonización de la Región Amazónica (De Noni, 1986). Este problema se refleja en la zona donde se realizó la investigación, el suelo degradado no permite que se desarrolle ningún cultivo de la zona, por tal motivo se va a iniciar la recuperación del suelo con la incorporación de abonos verdes en este caso *Lupinus*.

1.1 PROBLEMA

¿La incorporación de dos variedades de *Lupinus mutabilis* como abono verde en distintas densidades de siembra pueden mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas en un suelo degradado dispuesto en terrazas de banco en la localidad de Salache?

1.2 HIPÓTESIS

La aplicación de las dos variedades *Lupinus mutabilis* como abono verde en distintas densidades de siembra mejorará las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de dos variedades de *Lupinus mutabilis* en distintas densidades de siembra usadas como abono verde para mejorar propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo degradado en Salache, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar las características agronómicas de dos variedades de *Lupinus* usadas como abono verde, para tres densidades de siembra en Salache.
- Medir las características físicas, químicas y biológicas del suelo antes y una vez incorporada la biomasa de *Lupinus mutabilis* en Salache.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

Cuando se habla de abonado en verde se hace referencia a la utilización de cultivos específicos o al aprovechamiento de la vegetación espontánea, con la finalidad de ser incorporados al suelo antes de la floración o en floración. Pueden actuar como cultivo principal ocupando una hoja de la rotación, intercalarse entre cultivos principales cuando se dispone de poco tiempo y por no dejar el suelo desnudo; implantarse en las calles entre el arbolado como cultivo intercalado o asociarse con el cultivo principal durante una parte del ciclo de cultivo o durante el ciclo completo (Labrador, 2012).

Cada abono verde, tanto si actúa como cultivo principal como si lo hace como cultivo asociado, tiene unas características específicas definidas por la cantidad y biodegradabilidad de la biomasa producida, su capacidad de fijar nitrógeno, su rapidez de crecimiento, la posible incompatibilidad con el cultivo anterior o siguiente en la rotación, los diferentes requerimientos nutricionales, de pH y texturales, su rusticidad, su capacidad desherbante, etc (Labrador, 2012).

Los cultivos utilizados mayoritariamente como abonos verdes son las leguminosas, las gramíneas y las crucíferas, aunque también es interesante el aprovechamiento de las cubiertas vegetales naturales, pero cuidando incorporarlas en floración (Labrador, 2012).

Las leguminosas son las más empleadas su capacidad para fijar el nitrógeno atmosférico, en favor de los cultivos siguientes. Se emplean principalmente las especies de trébol blanco enano (*Trifolium repens*), trébol violeta (*Trifolium pratense*), veza vellosa (*Vicia villosa*), habas (*Vicia faba*), altramuces (*Lupinus sp.*), meliloto amarillo (*Melilotus officinalis*), serradella (*Ornithopus sativus*), etc.; además de otras leguminosas tradicionales de interés para el sureste español como los yeros (*Vicia ervilia*), las algarrobas (*Vicia monanthos*) y la almorta (*Lathyrus sativum*) (Labrador, 2012).

2.1 LOS ABONOS VERDES Y SU ACCIÓN EN EL SUELO

La posibilidad de recuperar la fertilidad del suelo mediante el uso de abono verde se ha estudiado y discutido en diversos reportes, principalmente de zonas tropicales (Beltrán-Morales et al, 2004, menciona a Thönnissen et al., 2000; Bayer et al., 2001). También mencionan que el efecto inmediato de los sistemas conservacionistas en el suelo es el aumento en el contenido de materia orgánica; sin embargo, la medida en que ello ocurre en las zonas áridas con un régimen de riego no se ha determinado cabalmente. En los trabajos mencionados, se ha demostrado el impacto de los abonos verdes sobre características propias de la fertilidad del suelo, como: la capacidad de intercambio catiónico, la disponibilidad de macro y micronutrientes, la formación y estabilización de agregados, el mejoramiento de la infiltración del agua y la aeración del suelo; específicamente en el caso de las leguminosas, en la incorporación al suelo de nitrógeno, a través de la fijación biológica (Igue, 1984).

Se indica que en el suelo donde se incorporó el abono verde no presentaba limitaciones importantes en el abastecimiento de nutrientes, ni en las propiedades agroquímicas desfavorables. No obstante, la dosis de 12 t/ha (aproximadamente 2.5 t/ha base seca) incorporaron cerca de 43 kg/ha de N, 10 kg/ha de P, 36 kg/ha de Ca y 20 kg/ha de Mg. Estos valores parecen haber sido los responsables del efecto favorable en el crecimiento del forraje. La disminución de la densidad del suelo y su aumento del contenido de MO y N-total parecen haber beneficiado también el comportamiento del forraje. El efecto beneficioso de los abonos verdes en la mejora de las propiedades del suelo y en áreas de arrozales ha sido indicado por Muraoka et al. (2002).

El efecto del abono verde se manifestó también en el segundo corte, a pesar de que en este período los valores de temperatura y precipitaciones fueron menores. Es posible que las mejoras que se encontraron en el suelo cuando se aplicó el abono verde hayan preparado al cultivo para hacer mayor utilización del agua y de los nutrientes. (Crespo, Ruiz y Álvarez, 2011).

2.2 EFECTO DEL ABONO VERDE EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO

2.2.1 EFECTO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

Los abonos verdes influyen directamente en las características físicas de los suelos incluyendo la estructura, capacidad de retención de agua, densidad, velocidad de infiltración y aireación, dependiendo del efecto de la calidad, cantidad y tipo de manejo dado al material adicionado, de los factores climáticos y de las características de los suelos (Beltrán et al., 2006).

Los residuos vegetales con bajos niveles de N tienen efectos directos sobre las propiedades físicas del suelo. En California según Álvarez et al. (1995), se demostró que cuando la cebada se incorporó en un estado avanzado, la concentración de N disminuyó de 2,7 % a 1,2 % mientras que la tasa de infiltración aumentó en 60 %. En un suelo más permeable, los residuos de un cultivo de maíz (0,7 % de N) incrementó la infiltración el doble comparado con el cultivo de cobertura de caupi (2,5 % de N). Así mismo después de tres temporadas de cultivos de cobertura con pastos de Sudan (1,3 % de N), alterando con cultivos de alto rendimiento durante los inviernos, los resultados mostraron un 45 % de incremento en la infiltración, comparados con el barbecho mientras que el mejoramiento con cultivo de cobertura de sesbania en el primer y tercer año (2,9 % de N) no mostró diferencia alguna.

García (1997), al estudiar el efecto de la incorporación de los abonos verdes y tamo del trigo encontró un aumento del 10 % en el contenido de materia orgánica y de la estabilidad de los agregados del suelo.

Las gramíneas se han destacado por la eficiencia en la formación de agregados, a través de la acción directa e indirecta de las raíces; es por ello por lo que uno de los métodos más adecuados para mejorar la estructura de un suelo es mediante la mezcla de las gramíneas con vigoroso sistema radical en constante renovación y una leguminosa que acelere la descomposición de los residuos vegetales García (1997). Con esta mezcla se incrementa la relación C: N del material añadido y se reduce los índices de descomposición, lográndose incrementar rápidamente la materia orgánica del suelo.

Según este mismo autor los resultados encontrados en China mostraron un incremento de la materia orgánica activa del suelo al 17 % del complejo orgánico mineral a 52 % y los ácidos húmicos en 6,1 % con la incorporación de los abonos verdes. Así mismo se observaron incrementos de la MO en 1,68 % cuando se incorporó abonos verdes cuatro años en forma continua y en 2,14 % cuando se incorporó abonos verdes por nueve años consecutivos, sin embargo, las parcelas testigo demostraron solo 1,21% de incremento. Por otra parte, la densidad aparente disminuyó en 0,07 g/cm³ cuando el abono verde fue aplicado en el primer año, en 0,12 g/cm³ en el segundo año y 0,14 g/cm³ en el tercer año. La porosidad incrementó en 2,43, 4,97 y 8 % respectivamente y los agregados estables o menores de 0,25 mm se incrementaron a 6,84, 14,85 y 18,96 % comparativamente.

Proebsting, citado por Malavolta (1989) en un estudio realizado durante 25 años consideró que la acción de los microorganismos sobre la MO funcionó como cimiento de las partículas del suelo, lo que llevó a la formación de agregados.

Por otra parte, en estudios realizados por Igue et al. (1984), se comprobó que un abono verde como cobertura vegetal es un factor importante en la conservación del agua en los suelos, en la mejoría de la infiltración y el drenaje de los arcillosos y en la disminución de la evaporación, permitiendo una mayor penetración del sistema radicular, así como un mayor aprovechamiento del volumen de agua.

En experimentos realizados en Jiangsu en la República Popular China, Lizhi (1991), citado por García 1997), refiere que, durante el crecimiento de las plantas como abono verde, la evaporación de la superficie del suelo se redujo de 1,09 a 0,65 mm día⁻¹, la humedad se incrementó de 0,94 a 4,8 % y los indicadores de desalinización fueron de 67,8 a 82,3 %.

Otros trabajos han demostrado que existen leguminosas que actúan como subsoladores biológicos ya que presentan raíces poderosas capaces de romper las capas profundas del suelo, como, por ejemplo, *Lupinus albus*, *Cajanus cajan*, las crotalarias y la *Leucaena leucocephala* (Da Costa, 1991).

La conductividad hidráulica saturada es una variable de mucha importancia para determinar la capacidad que tiene el suelo de receptor el agua, y dar soluciones a problemas que se relacionan con el drenaje, riego, y conservación; teniendo una estrecha relación con la porosidad (Barbecho y Calle, 2012; Chirinos y Mattiazzo, 2004). Al analizar este parámetro asociado a la

permeabilidad del suelo se registran valores altos en los usos de pasto con y sin árboles por encima del límite crítico de $0,5 \text{ cm h}^{-1}$, señalado por Pla (2010). Dicho comportamiento está relacionado con la condición textural y estructural que favorece la penetración y movimiento de agua en el perfil del suelo (Bravo et al., 2017a).

La densidad aparente del suelo es una variable de gran significado agrícola ya que tiene influencia en la penetración de raíces y normalmente es usado como indicador de la compactación de los suelos (Bravo et al., 2004). Se ha señalado que una adecuada D_a contribuye a mejorar la circulación de agua y aire, por lo tanto, mientras mayor sea la D_a menor será la porosidad (Rubio-Gutiérrez, 2010). En Densidad aparente el límite crítico es de $1,2 \text{ Mg m}^{-3}$ señalado para suelos arcillosos según Pla (2010)., también Salamanca y Sadeghian (2006) determinaron que en suelos de textura fina la D_a esta entre 1 a $1,2 \text{ Mg m}^{-3}$ debido al incremento de materia orgánica y los espacios porosos provocando una disminución de D_a .

La porosidad total estudiada en investigaciones demuestra que la porosidad del suelo es de gran importancia ya que contribuye a servicios ambientales como la recepción, almacenamiento y transporte de agua lo cual es de gran contribución para la absorción de nutrientes en las plantas (González Barrios et al., 2012).

La porosidad de retención es la capacidad que tiene el suelo para poder retener el agua en las profundidades durante periodos prolongados, por la existencia de los macro y micro poros (Gutiérrez-Castorena et al., 2011). Los análisis de P_r indican mayor proporción de la distribución total de poros con valores altos en las profundidades, concordando con el límite crítico que establece Pla (2010) no debe ser menor del 25% y a la vez con Bravo et al. (2017b); quienes mencionan que la alta retención junto a la adecuada macro porosidad permite el flujo y la retención, minimizando el volumen de agua que potencialmente puede generar problemas de erosión.

2.2.2 EFECTO EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

Los principales efectos químicos esperados con la utilización de los abonos verdes son, los siguientes (Da Acosta 1991):

- Aumento del contenido de MO del suelo a lo largo de los años, por la adición de la fitomasa.
- Mayor disponibilidad de nutrientes principalmente del Nitrógeno, a través de su adición al suelo mediante la fijación biológica.
- Disminución del lavado de nutrientes
- Incremento de la capacidad de reciclaje, absorción y reincorporación de los nutrientes que al ser lavados o lixiviados se encuentran en las capas más profundas del suelo y que no pueden ser aprovechados por los cultivos con sistema radical superficial.
- Elevación del pH del suelo y una consecuente disminución de la acidez
- Ayuda en la formación de ácidos orgánicos fundamentales en el proceso de solubilización de minerales del suelo.
- Disminución del contenido de aluminio
- Movilización de formas estables de P y K, convirtiéndolos en formas asimilables para las plantas actuando como biofertilizantes fosfóricos y potásicos.
- Reducción de la acumulación de sales en la superficie del suelo y creación de condiciones favorables para el desarrollo de las cosechas en suelos salinos-alcalinos

Se ha realizado numerosos trabajos que corroboran lo anteriormente planteado: en Australia se condujo un experimento por Álvarez *et al.* (1995) en donde utilizó el caupi intercalado en el maíz y se obtuvo como resultado que el 59,5% del N de toda la biomasa aérea provino del suelo, el 3,3% del fertilizante y un 37,3% de la fijación atmosférica.

Otros trabajos demostraron que al intercalar soya o *Vigna spp* en el cultivo de maíz era equivalente adicionar al suelo 80Kg de N ha⁻¹, además de que se produjo un incremento en el porcentaje de proteína en los granos de maíz. En Brasil fueron conducidos dos estudios durante tres años consecutivos por Smyth *et al.* (1991) para determinar el valor de la sustitución de la fertilización nitrogenada y la influencia de las leguminosas, comprobando que el principal valor de la sustitución fue de 74Kg ha⁻¹ para la mucuna (*Stizolobium aterrimum*) y 26 Kg ha⁻¹ por

indigofera (*Indigofera tinetoria*) y caupi. En las condiciones de California, Álvarez et al. (1995) informaron que la veza lanuda proporciono al maíz el equivalente de 225 kg ha⁻¹ de N (Da Costa, 1991). También en Filipinas fueron evaluadas ocho especies de leguminosas como sustitutas de la fertilización nitrogenada, obteniendo como resultado que en dos años la sesbania y la crotalaria acumularon cantidades de N superiores a las requeridas por el cultivo de arroz, además de aumentar el C orgánico del suelo y el N total (Meelu, 1992).

De acuerdo a García (1997), los abonos verdes incorporados en suelos ligeramente salinos, redujeron el contenido de sales en la capa superficial en 30%, en suelos medianamente salinos el contenido de sales se redujo al 67 % y los suelos fuertemente salinos dicha reducción fue del 25 %.

Los procesos de mineralización del nitrógeno son determinantes para la disponibilidad del elemento en los ecosistemas terrestres (Nourbakhsh y Alinejadian, 2006) mencionado por Gutiérrez y Rincón 2012, dados principalmente por la deaminación y degradación de materia orgánica, de modo que responden a la cantidad y tipo de enmiendas orgánicas. Se ha demostrado (Forana et al., 2011) mencionado por Gutiérrez y Rincón 2012, que existen efectos vegetales sobre la composición de las múltiples fracciones de materia orgánica, que pueden tener una importante influencia sobre la biodegradabilidad y biodisponibilidad del carbono y nitrógeno, dichos efectos están relacionados con la dinámica del N de los detritos radiculares y la composición funcional vegetal, que a su vez tienen influencia sobre las tasas netas de mineralización. Se conoce que la asimilación microbiana (inmovilización) es un proceso crítico que controla la disponibilidad de N para las plantas (Forana et al., 2011) mencionado por Gutiérrez y Rincón 2012, que junto con la relación C: N en plantas y suelo, son variables claves que afectan las tasas de mineralización. Se ha observado (Okano et al., 2004) mencionado por Gutiérrez y Rincón 2012, relación entre las tasas de mineralización encontradas y los contenidos de materia orgánica, y recientemente se ha propuesto (Kader et al., 2010) mencionado por Gutiérrez y Rincón 2012, que la evaluación de las diferentes fracciones de materia orgánica se puede utilizar para predecir el comportamiento de las tasas netas de mineralización de nitrógeno (Gutiérrez y Rincón, 2012).

Las fosfatasas extracelulares que se requieren para la mineralización/hidrólisis de los ésteres orgánicos de P, las producen microorganismos (*Bacillus subtilis*, *Nostoc* sp., *Caulobacter*

crescentus, *Pseudomonas aeruginosa*, *Sinorhizobium meliloti*, *Mesorhizobium loti*, *Corynebacterium glutamicum*) y plantas. La determinación de su actividad en el suelo se utiliza como indicador del potencial de mineralización de fósforo orgánico y de actividad biológica (Acosta y Tabatabai, 2000) mencionado por Gutiérrez y Rincón 2012. La aplicación de materia orgánica incrementa tanto la actividad fosfatasa como el contenido de fósforo microbiano (Pmic), que a su vez contribuye al incremento de P disponible. Se encontró (Sakurai et al., 2008) mencionado por Gutiérrez y Rincón 2012, una mayor actividad de fosfatasa alcalina y diversidad de genes que codifican esta actividad, en comunidades bacterianas de suelos agrícolas, utilizando técnicas PCR cuantitativa y DGGE, así como un mayor contenido de fósforo microbiano (Pmic) y de P disponible, en respuesta a la adición de enmiendas orgánicas frente a una fertilización química; resultados que indican que la actividad y biomasa microbiana poseen un papel fundamental en la mineralización de este elemento, especialmente en la rizosfera. Se puede decir que bajo un esquema que favorezca las asociaciones microbianas para incrementar la eficiencia en la disponibilidad del P para las plantas, éstas son beneficiosas desde el punto de vista económico y ambiental para el desarrollo de sistemas agrícolas (Gutiérrez y Rincón, 2012).

2.2.3 EFECTO EN LAS PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO

Las plantas utilizadas como abono verde benefician la actividad biológica debido a que aportan un material orgánico para el suelo, determinante en la actividad de los microorganismos, constituyendo una fuente de energía para el desarrollo de estos.

Cuando un suelo es manejado y preparado logrando su cobertura total, las oscilaciones térmicas serán menores y por tanto habrá un mayor desarrollo de los microorganismos y un aumento del número de nódulos por planta; además, al existir una mayor concentración de residuos en la superficie existirá una mayor disponibilidad de fósforo en las primeras capas del suelo favoreciendo la acción de las bacterias fijadoras de N (Da Costa, 1991). Lo anterior se demostró en experimentos conducidos por García (1997), el cual refiere que la incorporación de los abonos verdes, la población de bacterias fijadoras de N fue de $2,36 \times 10^4$ /g de suelo y sólo $0,2 \times 10^4$ en las parcelas testigo, en tanto que la intensidad respiratoria se presentó en el intervalo

de 33, 41 mg/100/g/día a 25,22 mg/100/día y la capacidad de nitrificación fue de 21,77 a 17,5 %.

Resultados obtenidos en la India mostraron que la soya y el garbanzo intercalados en el cultivo de maíz durante dos años incrementaron sustancialmente la población de bacterias activas en la rizosfera del maíz, lo cual produjo un aumento en el rendimiento de este entre 5 a 20% (García, 1997).

De acuerdo con Meelu (1992), los abonos verdes como la *Crotalaria paulina*, *Crotalaria juncea* y *Stizolobium aterrimum* aumentaron la colonización de hongos micorrizicos arbusculares en el sistema radical del trigo. Lo anterior se debe según los autores a que las leguminosas son hospederas de hongos micorrizicos arbusculares, pudiendo alterar o potenciar el inóculo de dichos hongos y favorecer la colonización de cultivos en sucesión.

En general los abonos verdes contribuyen a mantener el equilibrio biológico del suelo protegiendo la micro y macrovida del mismo.

Las plantas usadas como abono verde, aun antes de su manejo como tal, influyen sobre la actividad biológica del suelo por el atenuante efecto físico sobre la variación de la temperatura y el mantenimiento de condiciones adecuadas de humedad del suelo (Derpsch et al., 1985).

Después del manejo de la biomasa, la presencia del material orgánico es el factor que más influye en la actividad y en la población de microorganismos, ya que la MO es fuente de energía para los organismos del suelo. Por esta razón, cuando mayor sea la producción de biomasa de los abonos verdes, mayor será la población macro y microbiana del suelo.

Según Almeida (1985), las operaciones de preparación del suelo provocan la disminución de gran parte de sus constituyentes orgánicos, imponiendo condiciones de elevadas temperaturas y situaciones alternas de secado y humedecimiento, que afectan a los organismos del suelo con mayor o menor grado de intensidad.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODO

3.1 LOCALIZACIÓN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el barrio Salache de la parroquia Eloy Alfaro del cantón Latacunga, provincia Cotopaxi (Figura 1). El área de estudio se encuentra localizada geográficamente en una longitud de $00^{\circ}57'53.3''S$ y latitud de $078^{\circ}38'19.06''O$, con una altitud de 2 921msnm. Las condiciones ambientales del lugar de la investigación en Precipitación fueron de 400 mm anuales, temperatura de $10^{\circ}C$, el clima templado frio, humedad 74% y un suelo franco arenoso (INAMI, 2017).

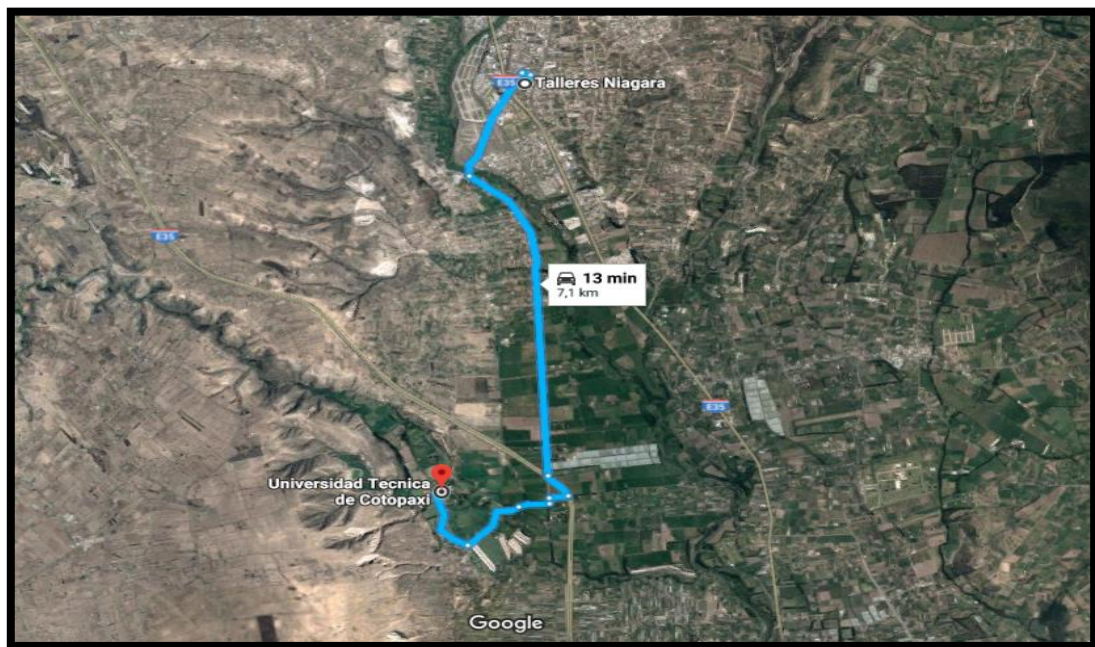


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio.

Los tratamientos que se utilizaron en el ensayo fueron codificados tal como se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos de la investigación

TRATAMIENTOS	CODIFICACIÓN	FACTOR B	FACTOR C
T1	V1d1	INIAP 450	90 kg/ha
T2	V1d2	INIAP 450	105 kg/ha
T3	V1d3	INIAP 450	120 kg/ha
T4	V2d1	Guaranguito	90 kg/ha
T5	V2d2	Guaranguito	105 kg/ha
T6	V2d3	Guaranguito	120 kg/ha

V: Variedad; d: densidad de siembra

Fuente: autor 2020

Tabla 2. Descripción de la Unidad experimental de la investigación

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Área total del ensayo:	302,5 m ²
Largo de la parcela:	6m
Ancho de la parcela:	2,5 m
Peso total de semillas por parcela d1, d2 y d3:	134,8 g; 157,3 g y 179,7 g/parcela (15 m ²)
Número total de semillas por parcela d1, d2 y d3:	447,513 y 599 semillas/parcela (15 m ²)
Camino tratamiento	0,50 x 2,50 x 22 = 27,5 m ²
Camino por Repeticiones	1 x 2,50 x 4= 10,0 m ²

El manejo específico del experimento se ejecutó mediante los siguientes pasos:

- Para el análisis de suelo, se tomaron varias submuestras, cubriendo toda el área de cada terraza, se realizó una mezcla y se tomó 0,45 kg de suelo, se envió al laboratorio de Suelos del INIAP
- En base al análisis de suelo se realizó la aplicación de humus de lombriz tomando como base 30 t/ha.
- Establecimiento del ensayo, este proyecto se realizó con las dos variedades de *Lupinus*: variedad INIAP-450 andino y guaranguito, con tres dosis, se realizó la distribución según los tratamientos, en base al cuadro 2.
- La siembra se realizó en base a los tratamientos.
- Las labores culturales se realizaron de acuerdo con las fases fenológicas del cultivo hasta la floración.
- Controles fitosanitarios según el monitoreo diario, se realizó el control en base al umbral económico.
- La incorporación de *Lupinus* se realizó cuando tuvo el 50% de plantas florecidas, se cortó con ayuda de un machete y la incorporación con un azadón, se realizó riego cada dos días.
- El análisis de suelo químico, biológico y de textura se realizó cuando estuvo descompuesto el abono verde (3 meses) de cada uno de los tratamientos.

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Descriptiva.

Se efectuó para describir todos sus componentes principales de una realidad en la investigación ya que con la misma se describe el por qué, el lugar, cómo y cuándo se realizó la investigación, al igual que la discusión de resultados.

Experimental

La investigación fue experimental ya que, mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, y las variables de estudio, dentro del experimento se manejó la variable experimental. Se aplicó un diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones dentro del experimento.

3.3 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método acorde a esta investigación es el cuantitativo donde que al investigador le permitieron probar o refutar una hipótesis planteada. Luego de la recolección de datos, se realizó el análisis estadístico, se llegó a una respuesta global y a discutir los mismos.

3.3.1. Variables Evaluadas

3.3.1.1 Características agronómicas (dos variedades con distintas densidades de siembra)

Las características agronómicas evaluadas fueron las siguientes según Sarango 2018:

- **Porcentaje de germinación** los datos se tomaron a los quince días después de la siembra de las dos variedades de *Lupinus mutabilis* con distintas densidades, se contabilizó la semilla de chocho sembrados y los germinados, mediante una regla de tres se calculó el porcentaje de germinación.
- **Altura de planta**, este dato se evaluó antes de la incorporación de la biomasa de las dos variedades de chocho al suelo, se midieron desde el cuello de la planta hasta la yema terminal del tallo principal con la ayuda de un flexómetro, de diez plantas al azar como parcela neta.
- **Diámetro de tallo**, se midió desde el cuello a 20 centímetros, con ayuda del pie de rey se tomó el diámetro, antes de la incorporación de la biomasa al suelo, de diez plantas al azar como parcela neta.
- **Número de ramificaciones**, antes de la aplicación al suelo se contabilizaron las ramificaciones de las plantas, del tallo principal se contó las ramas secundarias, de diez plantas al azar como parcela neta.
- **Días a la floración**, se contó los días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas se encontraron florecidas.

- **Cobertura del suelo**, con la ayuda de un cuadrante de un metro se contó el número de plantas que se encuentran y se realizó el porcentaje de cubrimiento.
- **Días a la descomposición del abono verde**, una vez incorporado al suelo las dos variedades de chocho con distintas densidades se contaron los días que trascurrieron hasta su descomposición.
- **Peso de biomasa**, se tomó la muestra de un metro cuadrado de la parcela y se procedió a pesar, antes de la incorporación de la biomasa.
- **Numero de nódulos**, antes de pesar también se contabilizaron los nódulos que tenía cada planta.

3.3.1.2. Características Físicas

Para la determinación de parámetros físicos del suelo se tomaron muestras no alteradas con cilindros de 5 cm de altura x 5 cm de diámetro recolectados con una toma muestra tipo Uhland, en las cuales se mido las siguientes variables: a) densidad aparente (D_a) usando el método del cilindro, b) conductividad hidráulica saturada (K_{sat}) mediante el método de carga variable (Pla, 2010)., c) distribución de tamaño de poros Pt: porosidad total), d) porosidad de aireación (P_a : poros de radio >15 μm), e) porosidad de retención usando la mesa de tensión o saturación u a un potencial mátrico de $-10KPa$ (Blake y Hartge, 1986).

3.3.1.3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Mediante un análisis de suelos se determinó la ppm y meq/100ml de N, P, S, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn y B, pH y materia orgánica; el pH relación Suelo: agua /1:2,5 fue medido por potenciometría (McLean, 1965); Materia orgánica fue medido por la metodología Dicromato de potasio; S, B fue medido por la metodología Fosfato de calcio; B fue medido por la metodología Curcumina; P, K, Ca, Mg , Cu, Fe, Mn y Zn fue medido por la metodología Olsen modificado (Bertsh, 1995).

3.3.4 Características biológicas

- **Microrganismos del suelo**

Se lo realizó antes de implementar la investigación y al final cuando la biomasa se haya descompuesto, la metodología es PDA – CMA-EMA; en donde PDA (papa dextrosa agar) es el medio de cultivo para hongos, CMA Corn meal agar, EMA extracto de malta agar se expresa en ** Número de colonias por gramo de suelo, se evaluó por el método de digestión húmeda de Walkley y Black (Nelson y Sommers, 1982).

3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El sitio donde se realizó la investigación fue una montaña (ladera de montaña sin intervención antropogénica) de 14% de pendiente en donde se desarrollaban arbustos como el sigse (*Cortadaria nítida*) y las orquídeas (**Orchidaceae**) del lugar; malas hierbas se encontraban los milines o conocidos como lolium (*Lolium rigidum Gaudin*), como parte del convenio con el GAD provincial de Cotopaxi, el MAG y la universidad Técnica de Cotopaxi, se construyó las terrazas de banco en donde se planteó esta investigación para recuperar el suelo. Una vez listo la terraza se procedió a trazar las parcelas para cada uno de los tratamientos (Tabla 1).

3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Diseño experimental

Se realizó un arreglo bifactorial A x B, implementando un Diseño Bloques Completos al Azar DBCA, dispuestos en el campo en franjas por forma del sitio experimental (terrazas de banco), el factor A las variedades de *Lupinus* (INIAP 450 y Guaranguito), factor B densidades de siembra (90, 105 y 1209 kg/ha), con seis tratamientos y tres repeticiones, siendo un total de 18 unidades experimentales que fueron evaluados durante el trayecto de la investigación. Se empleó el modelo matemático del análisis de varianza (ADEVA), utilizando el paquete estadístico Statgraphics Centurion XVI. Se aplicaron las pruebas de significación TUKEY al 5% para las fuentes de variación en donde se encontrará significación o alta significación estadística (Sokal y Rohlf, 1997), presentado en el siguiente esquema:

Tabla 3. Diseño del esquema del ADEVA de la investigación

Fuente de variación	GL	
Total		17
Repeticiones	r-1	2
Tratamientos	t-1	5
Factor A		1
Factor B		2
Factor A x B		2
Error experimental	(r-1)(t-1)	10

Fuente: autor 2020

3.6 Recursos Humanos

El equipo colaborador se detalla en la tabla 4.

Tabla 4. Recursos Humanos en la investigación

RECURSOS HUMANOS		
Nombre y Apellido	Profesión	Cargo
Javier Domínguez Brito	PhD	Tutor del proyecto de grado
Guadalupe López Castillo	Estudiante	Autor de la Investigación
Luis Bravo	PhD	Presidente del Tribunal
Davis Neill	PhD	Miembro del Tribunal
Carlos Bravo	PhD	Miembro del Tribunal

Fuente: autor 2020

3.7. MATERIALES

A continuación, se detalla los materiales empleados para el desarrollo en el presente proyecto
Tabla 5.

Tabla 5. Materiales de la investigación

MATERIALES	
CAMPO	Pala
	Carretilla
	Fundas de plástico y de papel
	Balanza
	Azadón
	Tijera
	Papel aluminio
	Cilindros
Insumos	Semilla Chocho INIAP 450
	Semilla Chocho Guaranguito

Fuente: autor 2020

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

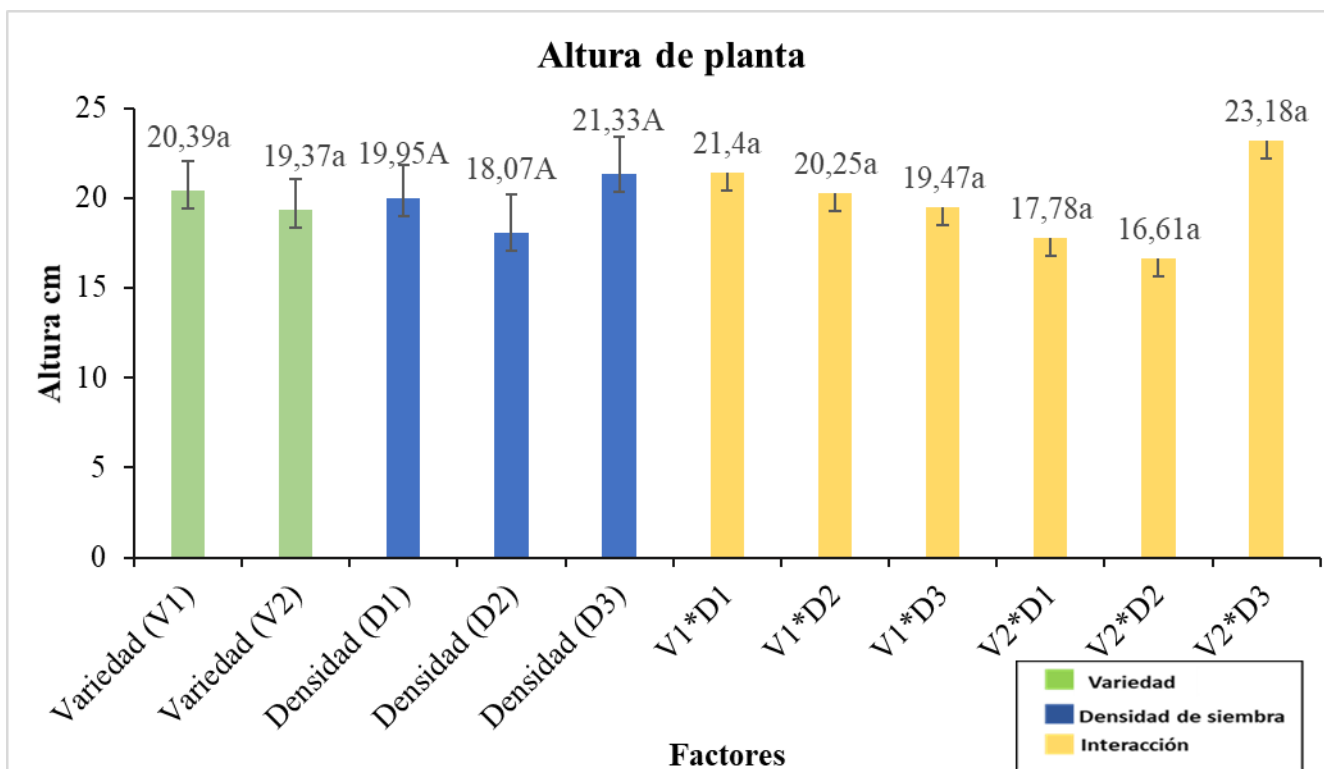
4.1. CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS (DOS VARIETADES CON DISTINTAS DENSIDADES DE SIEMBRA)

4.1.1 PORCENTAJE DE GERMINACIÓN

En porcentaje de germinación las dos variedades germinaron el 100%, se evaluó a los 15 días después de la siembra, según Caicedo y Peralta en el 2010 manifiestan que para garantizar el establecimiento de un buen cultivo, se recomienda el uso de semilla certificada o seleccionada de buena calidad, la semilla de las dos variedades de chocho INIAP 450 y Guaranguito, que fueron utilizadas fue del proyecto del Banco de Germoplasma de Granos Andinos de Universidad Técnica de Cotopaxi y previo al uso también se realizó el porcentaje de germinación en laboratorio, lo que garantizó la germinación; en la etapa de germinación la semilla no requiere de nutrientes del suelo, solo humedad para la germinación, por esta razón el porcentaje de germinación fue un 100%.

4.1.2 CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS MEDIAS DE ALTURA DE PLANTA, DIÁMETRO DE TALLO, NUMERO DE RAMAS, COBERTURA DE PLANTAS, MATERIA VERDE BIOMASA Y NÓDULOS RADICULARES.

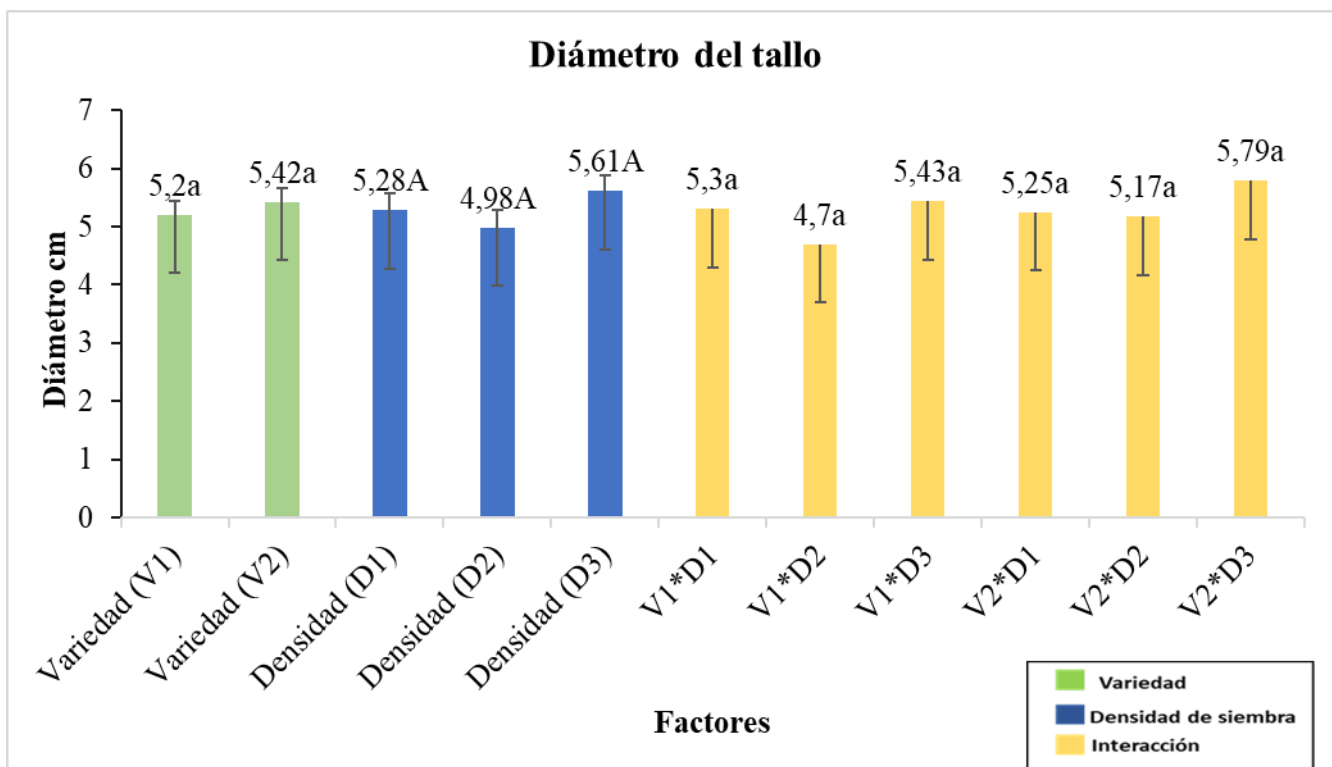
En la Anexo 5 se puede observar las medias de las variables agronómicas, que fueron tomadas al momento de incorporación del abono verde según los tratamientos. En p-valor no existen significación estadística ($p \leq 0.05$), en las Figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8; se grafican los resultados de cada característica agronómica que se evaluó durante la investigación.



Fuente: autor 2020

Figura 2. Medias de Alturas de Plantas en Variedades, densidades de siembra y de Variedad por Densidad.

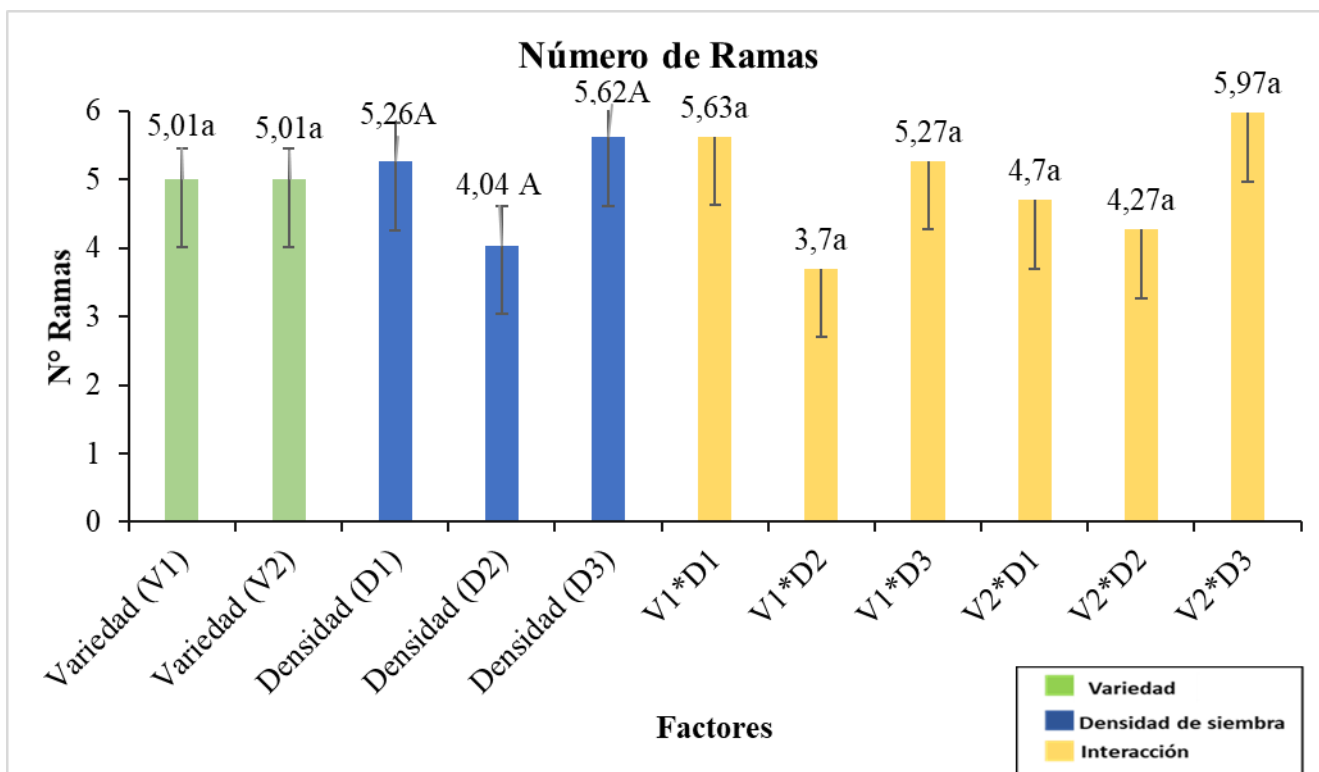
En la figura 2 se representa gráficamente las media de altura de las plantas antes de la incorporación de la biomasa vegetal, el INIAP 450 con 120 kg/ha tuvo 23,18 cm, muy seguido de Guaranguito con 90 kg/ha con 21,4 cm., el desarrollo no fue óptimo, esto se debe a que según Peralta et al., 2012, menciona que el chocho tanto INIAP 450 y Guaranguito necesitan para su buen desarrollo un pH de 5,5 a 7 y suelos franco-arenosos y arenosos con buen drenaje, la altura de planta puede alcanzar de 90 a 185 cm; en el análisis de suelo realizado antes de la siembra se tuvo en la terraza un pH de 9,86 alcalino y una clase textural franca (Anexo 1 análisis de suelo inicial). Las raíces de lupino pueden tener problemas para atravesar estratos de suelo compactado, cuando hay compactación el agua de lluvia no se infiltra en profundidad y permanece superficialmente. Tanto la planta como las bacterias fijadoras de nitrógeno alojadas en los nódulos de las raíces sufren con el exceso de agua (Mera, 2010).



Fuente: autor 2020

Figura 3. Medias Diámetro del tallo en Variedades, Densidades de siembra y de Variedad por Densidad.

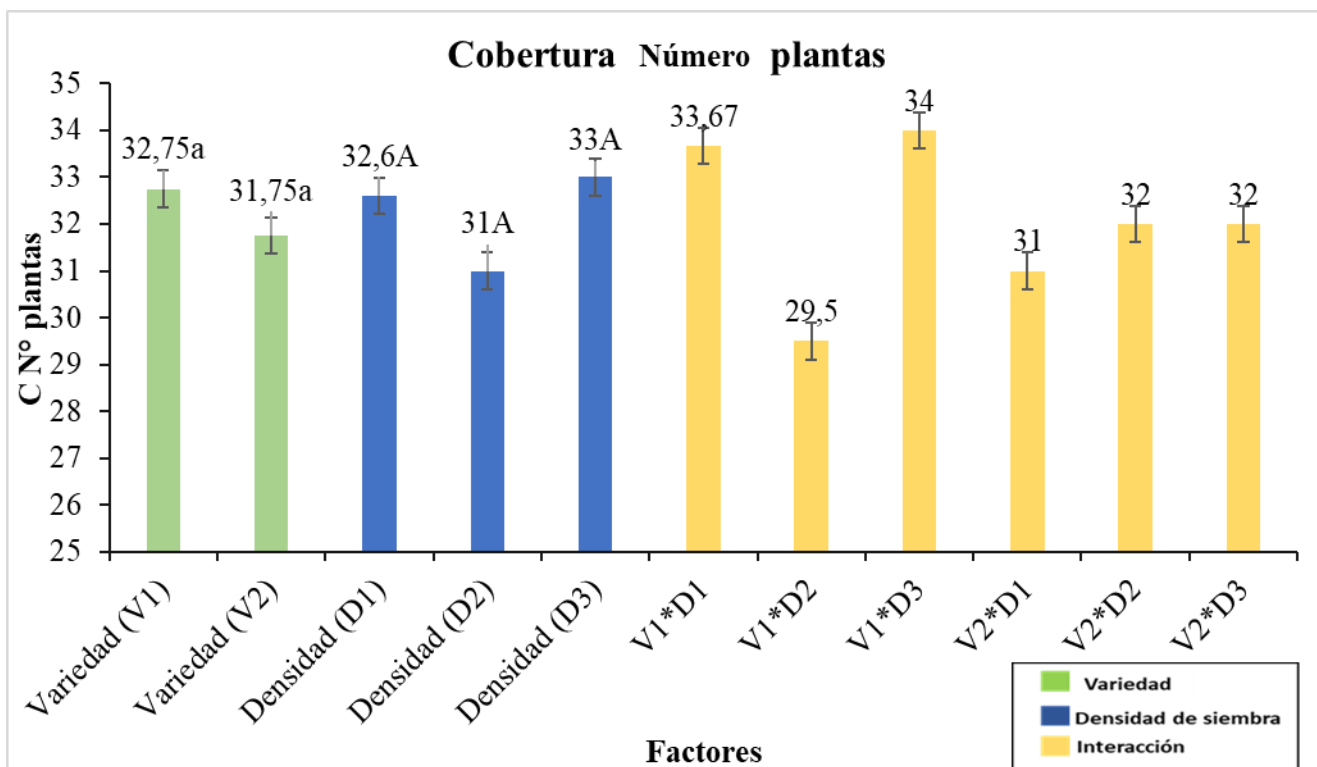
En la Figura 3, se presentan gráficamente las medias de los diámetros de tallos de los diferentes tratamientos, las mejores medias fueron el INIAP 450 con 120 kg/ha tubo 5,79 mm., muy seguido de Guaranguito con 120 kg/ha con 5,43mm. Como se mencionó en la variable de altura de planta el desarrollo del chocho no fue óptimo.



Fuente: autor 2020

Figura 4. Número de ramificaciones en Variedades, Densidades de siembra y de Variedad por Densidad.

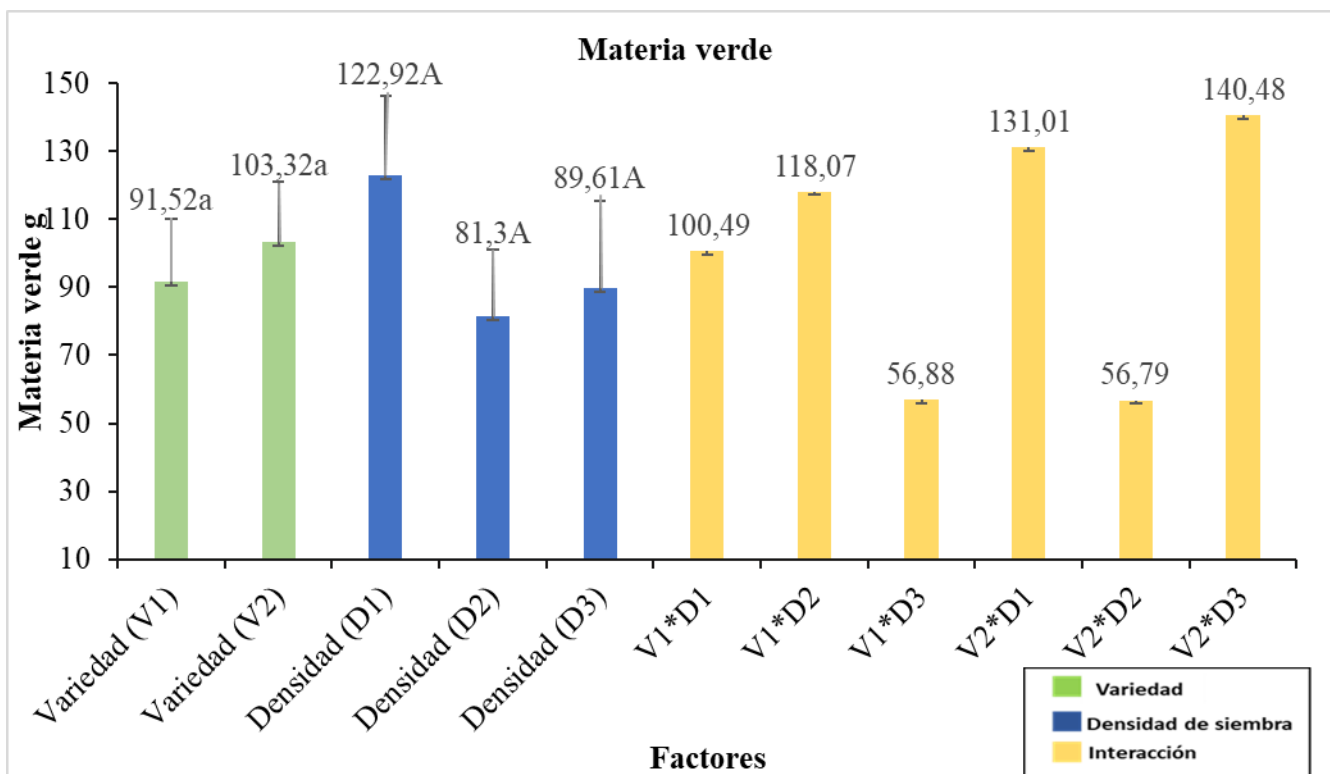
En la Figura 4, se presenta gráficamente las medias de número de ramas de los diferentes tratamientos, las mejores medias fueron el INIAP 450 con 120 kg/ha tubo 5,97 ramas, muy seguido de Guaranguito con 90 kg/ha con 5,63 ramas. Como se mencionó en la variable de altura de planta y diámetro de tallo, el chocho no tuvo las condiciones adecuadas para su desarrollo, según lo mencionó Peralta et al., 2012.



Fuente: autor 2020

Figura 5. Cobertura de Plantas en Variedades, Densidades de siembra y de Variedad por Densidad.

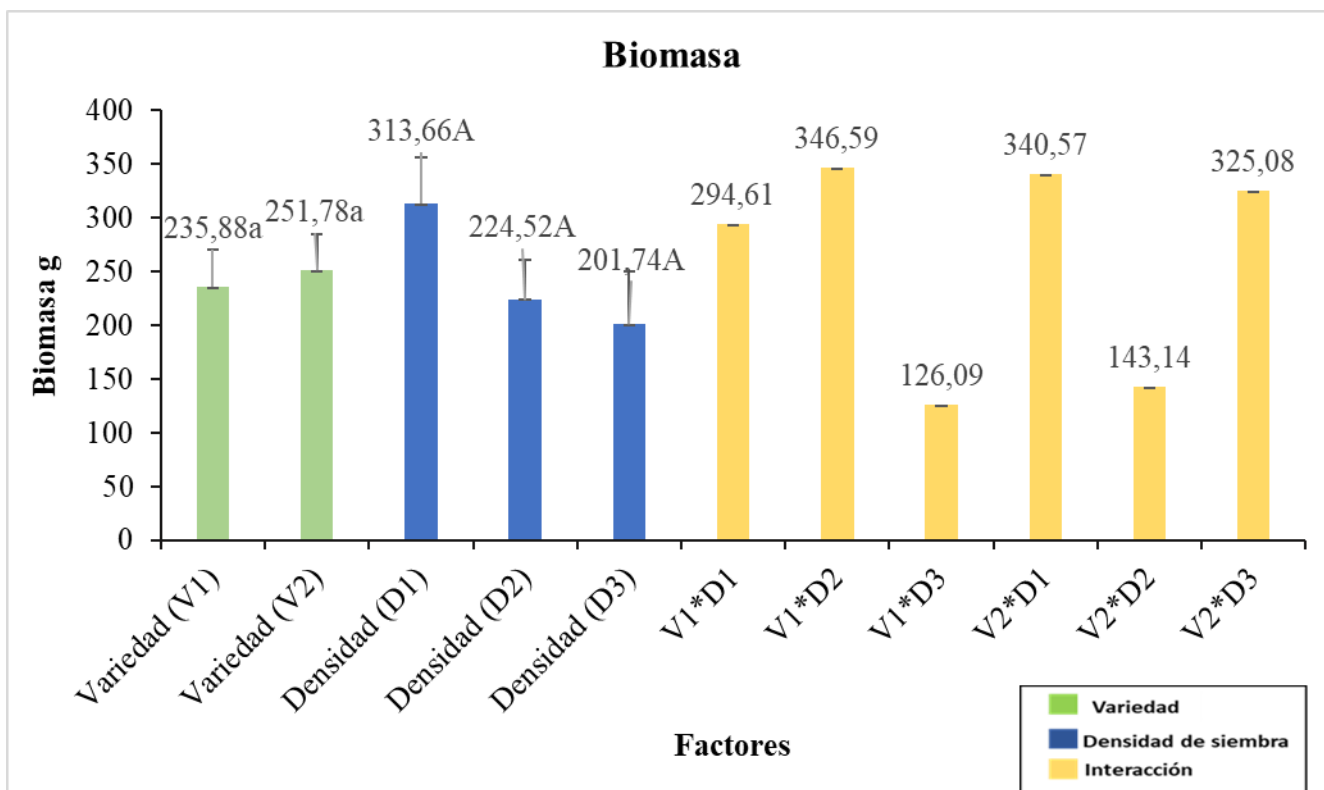
En la Figura 5, se representa gráficamente la cobertura en número de plantas de los diferentes tratamientos, las mejores medias fueron la variedad Guaranguito con las densidades de siembra de 120 y 90 kg/ha tuvieron un mejor promedio con: 34 y 33,67 plantas por metro cuadrado. La variedad Guaranguito es una buena alternativa para agricultura de conservación y como abono verde según menciona Peralta et al., 2010.



Fuente: autor 2020

Figura 6. Medias Materia Verde en Variedades, Densidades de siembra y de Variedad por Densidad.

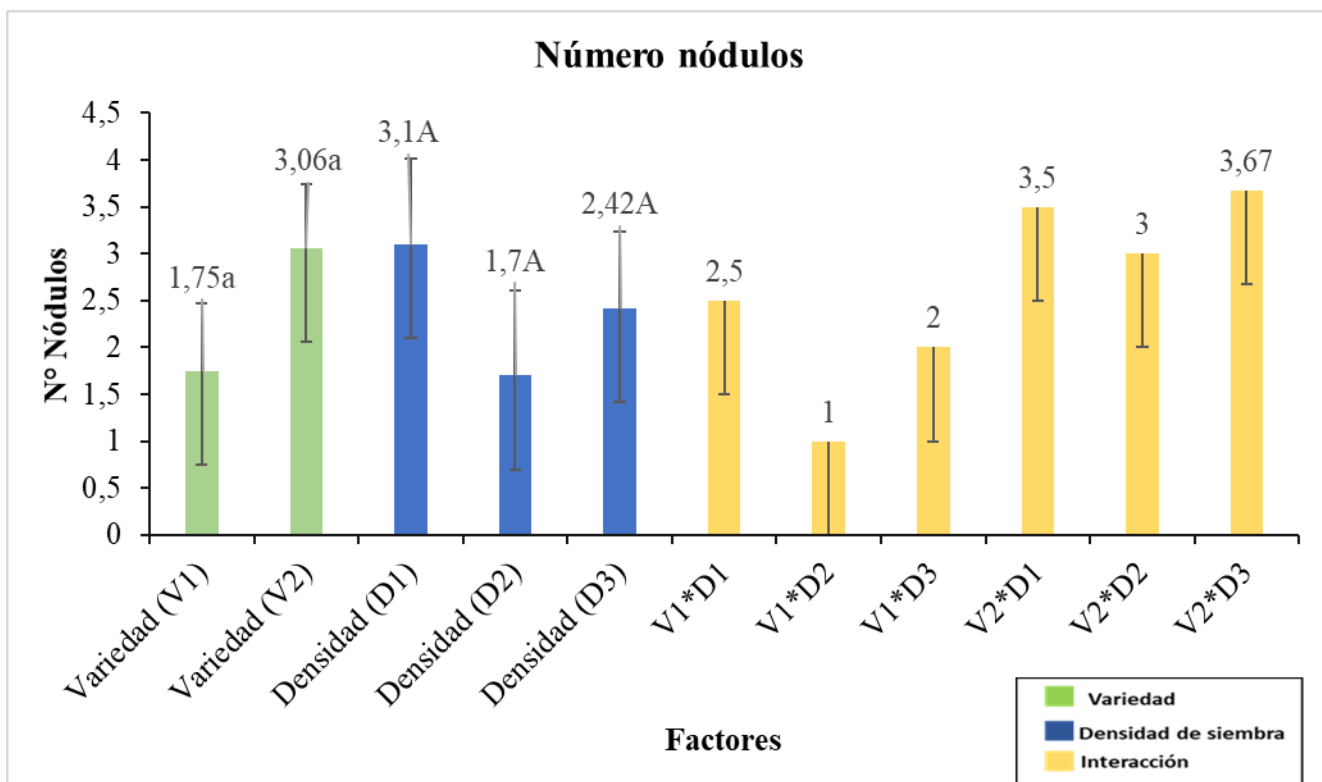
En la Figura 6, se representa gráficamente las medias de la materia verde de los diferentes tratamientos, los resultados fueron que la variedad INIAP 450 con las densidades de siembra de 120 kg/ha tuvo un promedio de 140,48 g de materia verde muy seguido de la variedad INIAP 450 con una densidad de 90 kg/ha. Esta variable se pesó antes de la incorporación de la materia verde al suelo en la parcela neta.



Fuente: autor 2020

Figura 7. Medias en Biomasa en Variedades, Densidades de siembra y de Variedad por Densidad.

En la Figura 7, se representa gráficamente las medias de la biomasa de los diferentes tratamientos, los resultados fueron que la variedad Guaranguito con la densidad de siembra 105 kg/ha tuvo un promedio de 346,59g de Biomasa muy seguido de la variedad INIAP 450 con la densidad de siembra 90 kg/ha con un a promedio de 345,57 g de Biomasa. Peralta et al., 2010, menciona que la variedad Guaranguito es la mejor para conservar un suelo, se comporta mejor en suelos erosionados por tal motivo presenta el mejor peso en biomasa.



Fuente: autor 2020

Figura 8. Número de Nódulos Radiculares en Variedades, Densidades de siembra y de Variedad por Densidad.

En la Figura 8, la media alta es la variedad INIAP 450 con una densidad de 120 kg/ha con 3,67 nódulos, El número de nódulos varía de acuerdo con el tipo de sustrato; así se tiene que en los plantones crecidos en el suelo de bosque provenientes de rodales de "tornillo" el número de nódulos fue mayor, porque encuentran en este suelo las mejores propiedades físicas, químicas, biológicas y posiblemente tengan cepas nativas de Rhizobium. Las propiedades de este suelo facilitan el libre acceso del aire para la actividad de los rhizobios y permite la máxima nodulación de las plantas para la viabilidad de los rhizobios (Oliver, 2017). En el análisis de suelo inicial el pH fue 9,89, suelo franco y un contenido de materia orgánica de 1,10 bajo, los nódulos radiculares no se desarrollaron por las condiciones desfavorables en la terraza. Los rhizobios crecen a una temperatura de 0-50°C, en un pH comprendido entre 5,5 y 7,5 y que la fijación biológica de nitrógeno se desarrolle normalmente en suelos fértiles (Oliver, 2017).

4.1.3 DIAS A LA FLORACIÓN.

En esta variable en estudio no se realizó el análisis de varianza ya que hubo homogeneidad en la floración, la aplicación del abono verde se realizó a los 100 días.

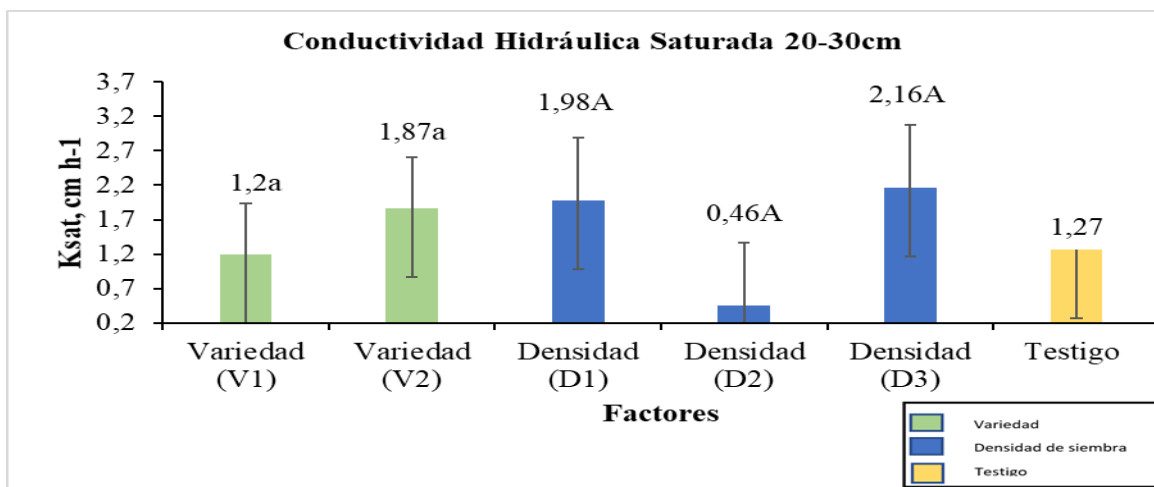
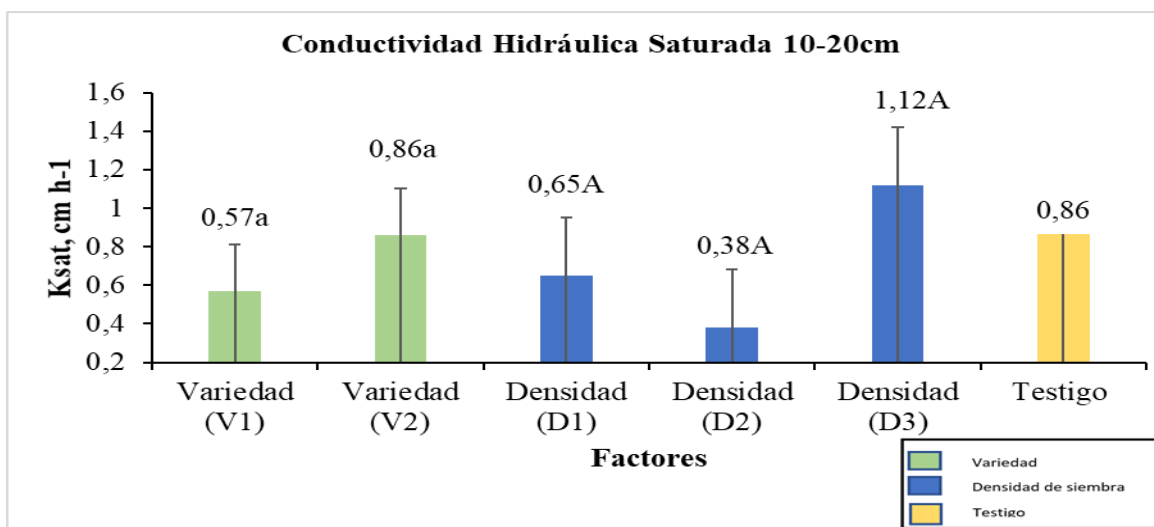
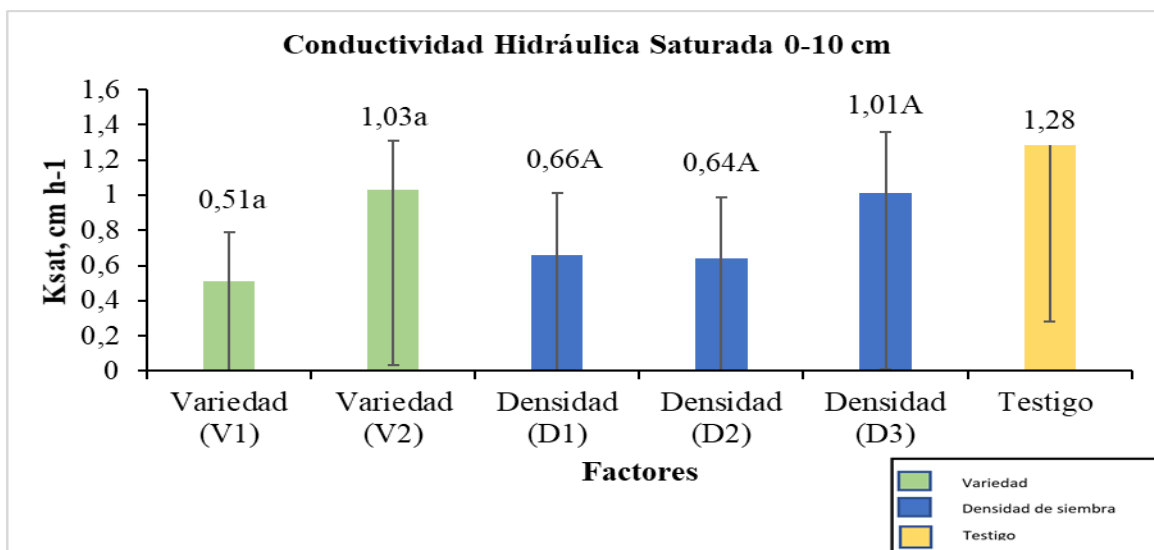
4.1.4 DÍAS A LA DESCOMPOSICIÓN DEL ABONO VERDE

Los días a la descomposición fueron de 90 días, también se tubo homogeneidad, una vez incorpora la biomasa al suelo se regó cada dos días y cada mes se iba aflojando el suelo para ver el estado de la descomposición, a los tres meses toda la biomasa se había descompuesto en todos los tratamientos y repeticiones. Se procedió inmediatamente a recoger las muestras para realizar análisis de suelo (químicos y biológicos) y análisis textural.

4.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

4.2.1 CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA

La conductividad hidráulica saturada, para esta variable en estudio no se tiene significancia estadística ($p \leq 0.05$), para variedades, densidad, los análisis se realizaron a profundidades de 0-10 cm, 10-20cm y 20-30 cm, para análisis de datos se realiza el cuadro de medias (Anexo 6), y en la Figura 9 se observa los resultados.



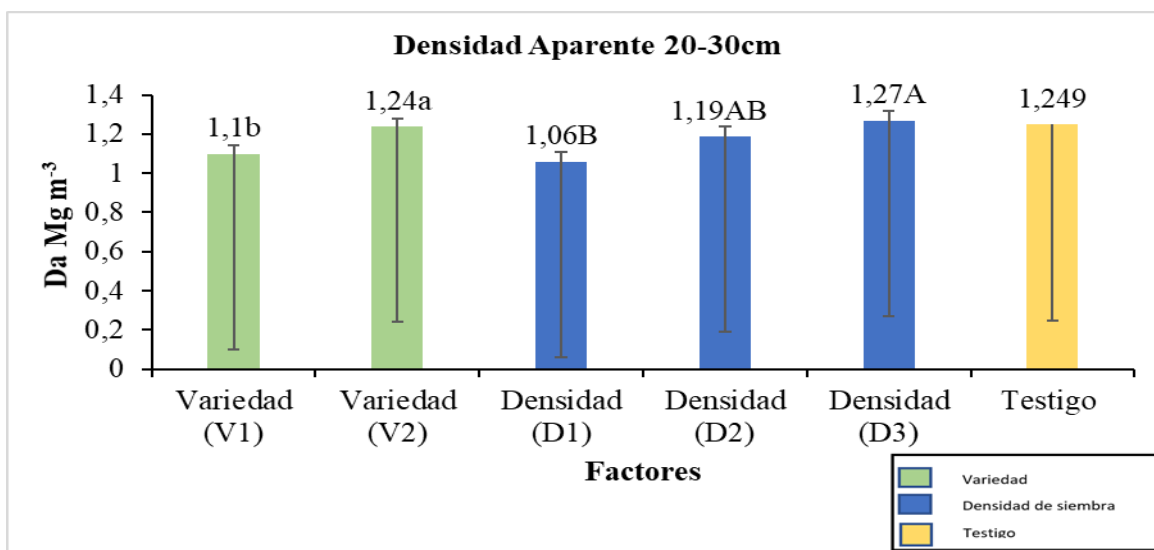
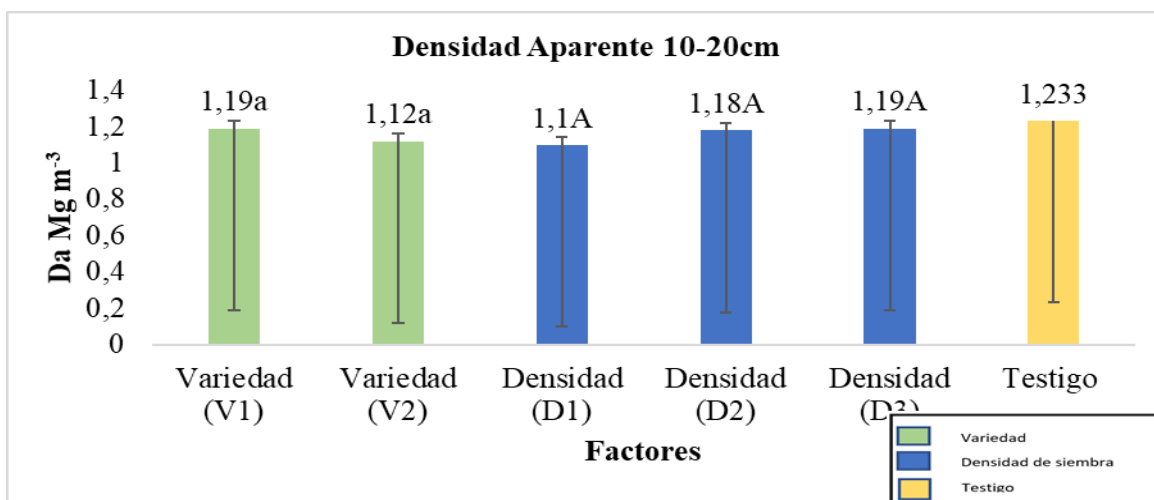
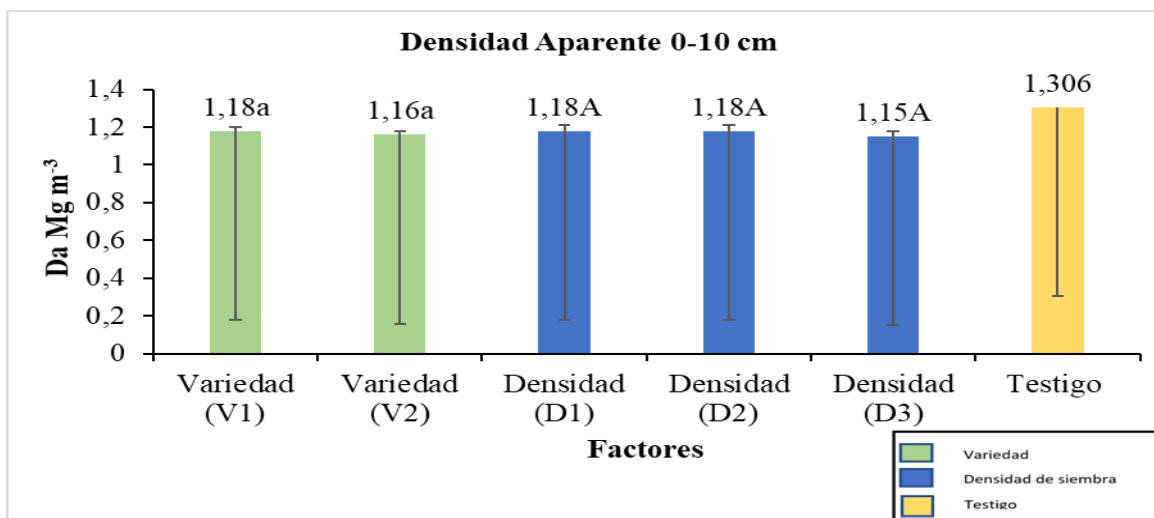
Fuente: autor 2020

Figura 9. Conductividad hidráulica saturada (K_{sat} , $cm\ h^{-1}$) en Variedades y Densidades de Siembra

En la Figura 9 se representa gráficamente las medias de conductividad hidráulica los resultados fueron que la variedad Guaranguito con $0,51 \text{ cm h}^{-1}$, y la variedad INIAP 450 con $1,03 \text{ cm h}^{-1}$, de 0-10cm; $0,57$ y $0,86 \text{ cm h}^{-1}$ de 10-20 cm y $1,2$ y $1,87 \text{ cm h}^{-1}$ de 20-30 cm, en el testigo $1,28 \text{ cm h}^{-1}$ de 0-10cm; $0,86 \text{ cm h}^{-1}$ de 10-20cm y $1,27 \text{ cm h}^{-1}$ de 20-30 cm en el testigo $1,28 \text{ cm h}^{-1}$ de 0-10cm, $0,86 \text{ cm h}^{-1}$ de 10-20cm y $1,27 \text{ cm h}^{-1}$ de 20-30cm. El límite crítico es de $0,5 \text{ cm h}^{-1}$ valores reportados por Pla 2010, todos estos valores están sobre el límite crítico. También estos valores están relacionados con la condición textural y estructural que favorece la penetración y movimiento de agua en el perfil del suelo (Bravo et al., 2017a). Si bien, en variedades y en densidad de siembra tenemos valores mayores al límite crítico, pero en suelos con una mejor textura y estructura y un alto contenido de materia orgánica se puede tener valores altos, por ejemplo, en el bosque ($51,95 \text{ cm h}^{-1}$) en comparación con los menores valores correspondientes a los usos de Chakra A, ganadería A y ganadería B ($2,81 \text{ cm h}^{-1}$) (Goyes, 2018).

4.2.2 DENSIDAD APARENTE ($\text{Da Mg} \cdot \text{m}^3$)

Para esta variable en estudio no se tienen significancia estadística ($p \leq 0.05$), para variedades, densidad, los análisis se realizaron a profundidades de 0-10 cm, 10-20cm y 20-30 cm, en la última profundidad hubo significancia estadística para variedades y densidades de siembra, para análisis de datos se realiza el cuadro de medias (Anexo 7), y en la Figura 10 se observa los resultados.



Fuente: autor 2020

Figura 10. Medias para Densidad Aparente (Da) para Variedades y Densidad de Siembra

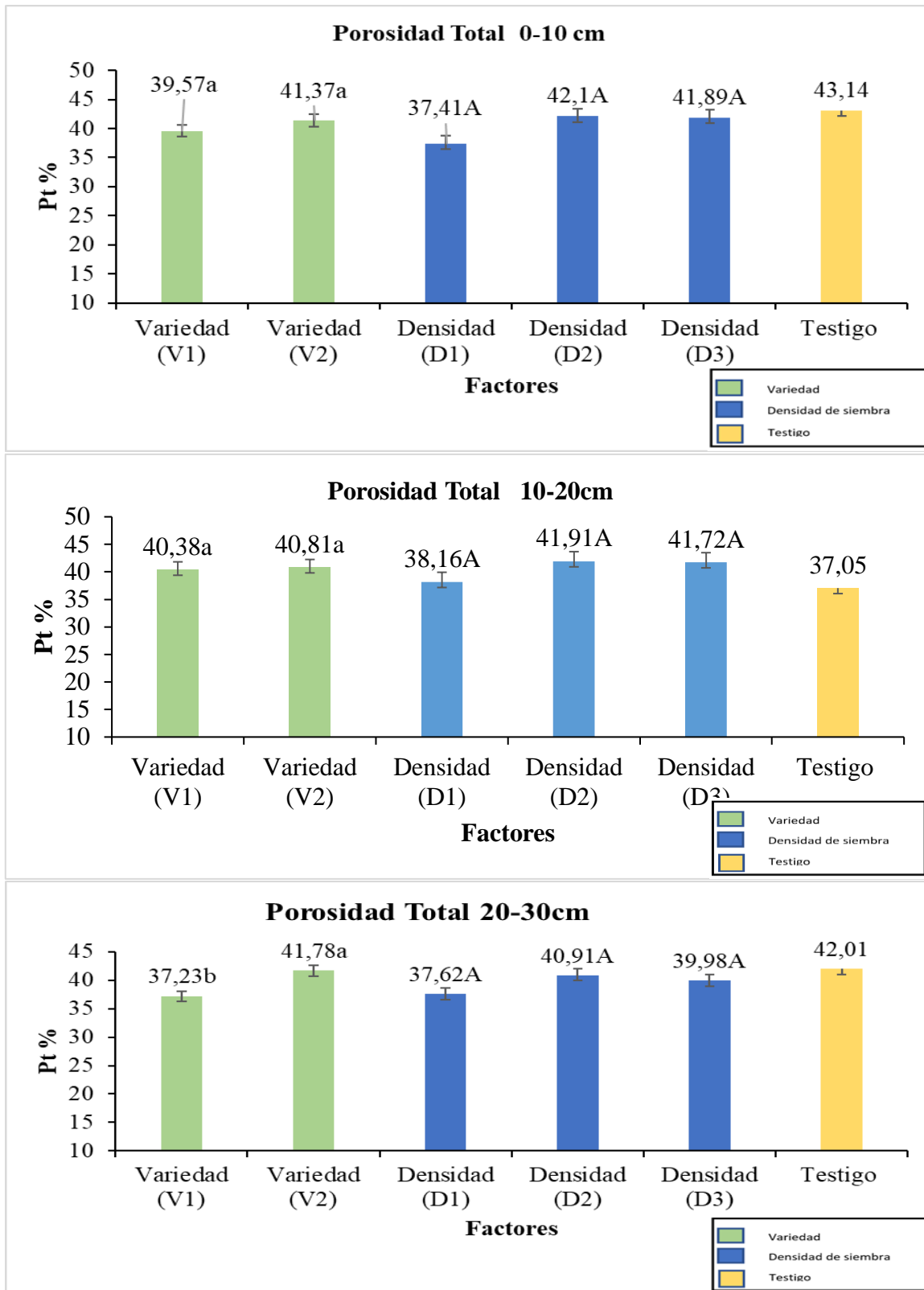
Los resultados obtenidos en la variedad Guaranguito en la profundidad de 0-10cm fue 1,18 Mg m⁻³; 10-20 cm fue de 1,19 Mg m⁻³ y de 20-30 cm la variedad INIAP 450 fue 1,24 Mg m⁻³ en el rango A y Guaranguito 1,1 Mg m⁻³ en el rango B, en la densidad de 120 kg/ha en el rango A con 1,27 Mg m⁻³ y testigo 1,3 Mg m⁻³ de 0-10 cm, 1,2 Mg m⁻³ de 10-20 y 20-30 cm. Los valores obtenidos están por debajo y un mínimo de alto del límite crítico de 1,2 Mg m⁻³ señalado para suelos arcillosos según Pla (2010)., también Salamanca y Sadeghian (2006) determinaron que en suelos de textura fina la Da esta entre 1 a 1,2 Mg m⁻³ debido al incremento de materia orgánica y los espacios porosos provocando una disminución de Da. Los valores obtenidos están por el límite crítico y si la densidad aumentara menor seria la porosidad.

En condiciones amazónicas para el horizonte superficial en usos de la tierra con cacao agroforestal bajo sistema tipo Chakra (0,63 Mg m⁻³) y bosque secundario (0,56 Mg m⁻³) de Pastaza y Napo, donde el sistema de Chakra mostró una mayor Da incluso superior a los sistemas ganaderos (Bravo et al., 2017b). En este sentido, el uso de la tierra con bosque mantiene la menor Da debido a sus mejores condiciones de conservación y contenidos de MO que favorecen una mejor condición estructural y menor compactación del suelo (Siqueira, 2017).

Relacionando los resultados obtenidos en la investigación versus resultados con agricultura constante y con alto contenido de materia orgánica la Da es menor, por lo tanto, es necesario seguir incorporando materia orgánica en la terraza para que las raíces de las especies vegetales se desarrollen sin ninguna dificultad.

4.2.3 POROSIDAD TOTAL (Pt) %

Para esta variable en estudio no se tienen significancia estadística ($p \leq 0.05$), para variedades, densidad, los análisis se realizaron a profundidades de 0-10 cm, 10-20cm y 20-30 cm, en la última profundidad se tubo significancia estadística en variedades, para análisis de datos se realizó el cuadro de medias (Anexo 8), y en la Figura 11 se observa los resultados.



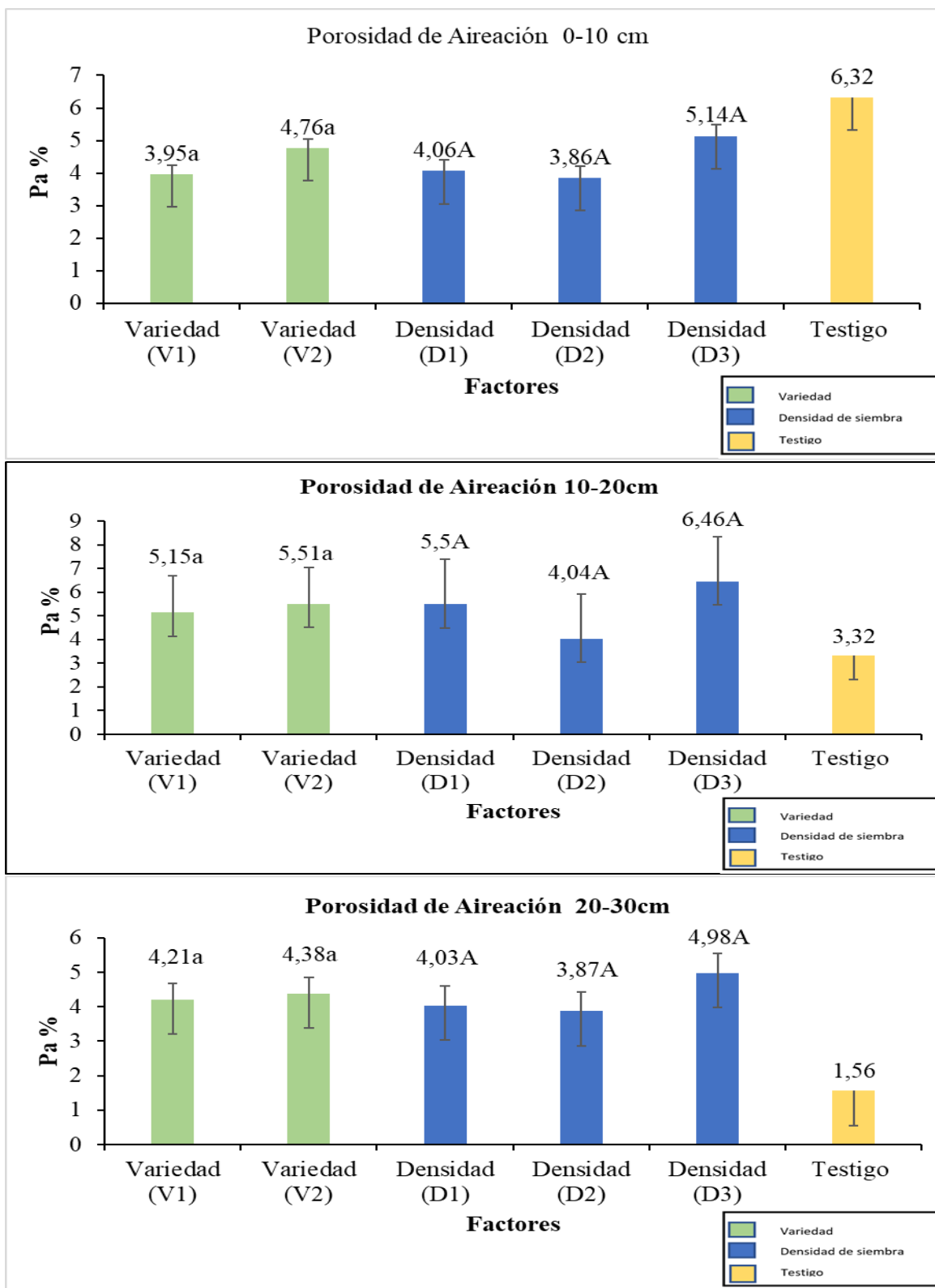
Fuente: autor 2020

Figura 11. Medias para Porosidad total (Pt) % para Variedades y Densidad de Siembra

Los resultados en la variedad INIAP 450 fue de 0-10 cm 41,37 %; 10-20cm fue de 40,81% y de 20-30 cm 41,78%, en la profundidad de 20- 30 cm se presentó significancia estadística en variedades en donde la variedad INISAP 450 se encuentra en el rango a con 41,78% y Guaranguito en el rango b con 37,23% y testigo con 43,14% de 0-10 cm, 37,05% de 10-20 cm y 42,02% de 20-30 cm, los valores son menores al 60% en todas las profundidades (Figura 11), con una deficiente fracción del volumen total representada por los poros de retención (Pr) y valores críticos de macro poros (Pa), lo cual les confiere a estos suelos una baja capacidad de retención de humedad (Huera, 2019). Los valores de Pt están relacionados con las variaciones en la Da, lo que indica la alta correlación de estas variables (Shaver et al., 2002). Cabe resaltar que, en usos de la tierra con antecedentes agrícolas de varios años en los que se han aplicado enmiendas frecuentes al suelo y labores mecánicas, también mejora la porosidad edáfica (Franco, 2014; Mantovanelli et al., 2015). Los resultados obtenidos están relacionado a nuestro suelo ya que fue el primer cultivo después de construir la terraza de banco y la primera aplicación de biomasa.

4.2.4 POROSIDAD DE AIREACIÓN (Pa) %

Para esta variable en estudio no se tienen significancia estadística ($p \leq 0.05$), para variedades, densidad, los análisis se realizaron a profundidades de 0-10 cm, 10-20cm y 20-30 cm, para análisis de datos se realiza el cuadro de medias (Anexo 9), y en la Figura 12 se observa los resultados.



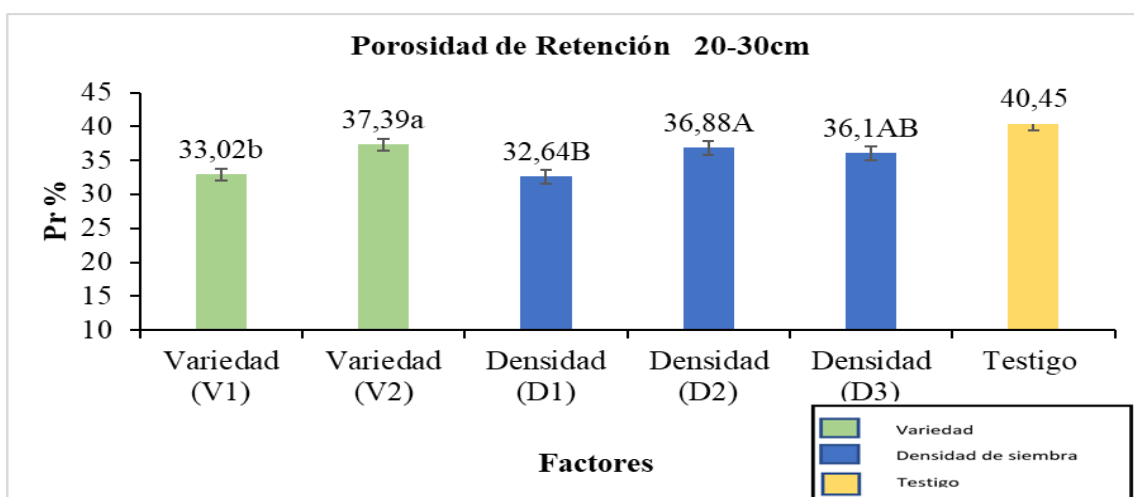
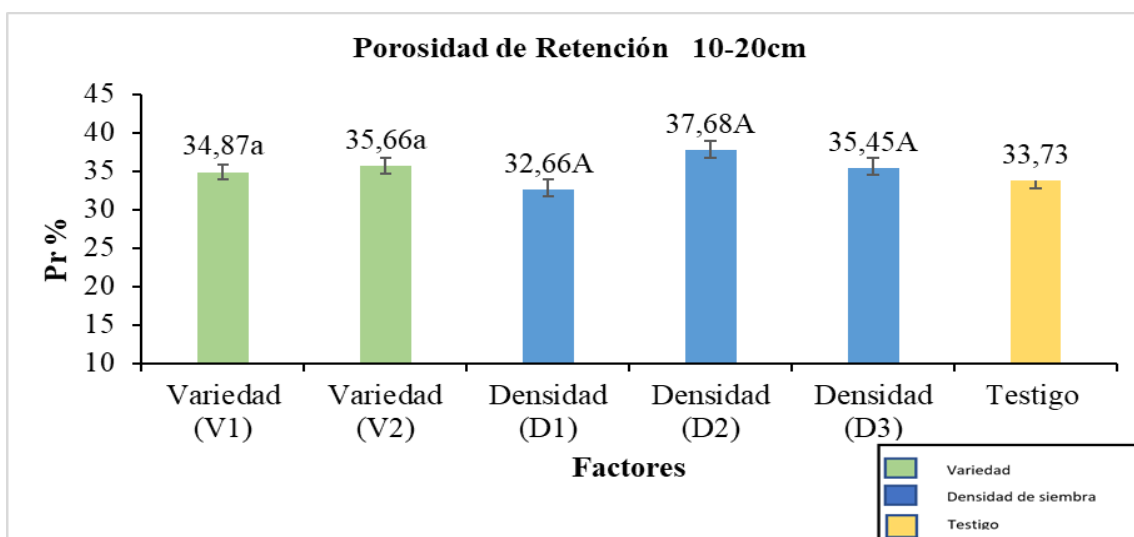
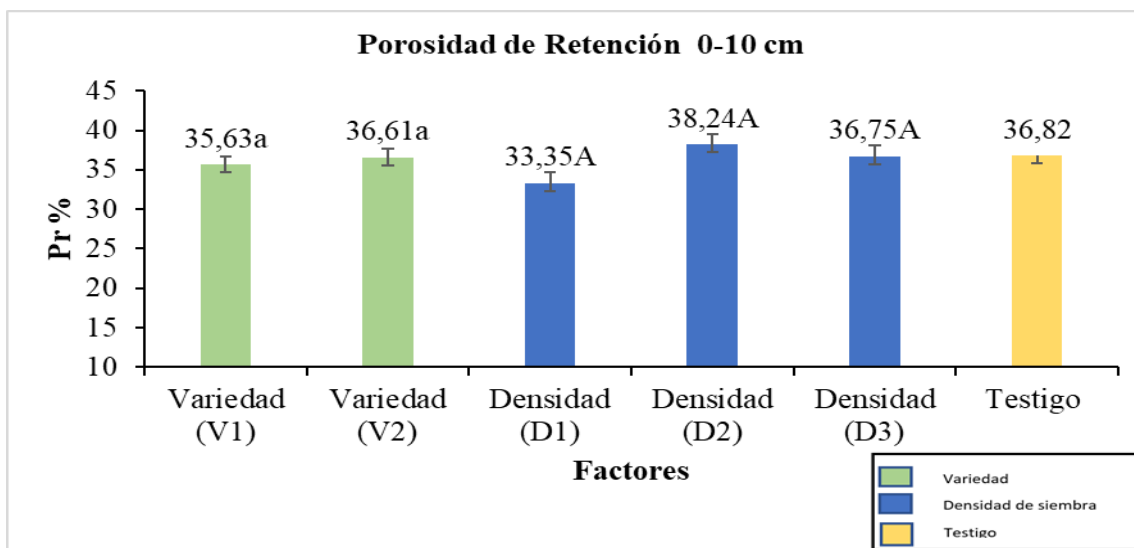
Fuente: autor 2020

Figura 12. Medias para Porosidad de aireación (Pa) % para Variedades y Densidad de Siembra

Los valores de 0-10 cm en la variedad INIAP 450 fue de 4,76 de 10-20 cm de 5,51 y de 20-30 cm de 4,30, la variedad Guaranguito no difiere mucho en estos resultados, en testigo 6,32% de 0-10 cm, 3,32% de 10-20 cm y 1,56% de 20-30 cm. Valores que están por debajo del umbral de 10% que establece Pla (2010) (Figura 12). Estos datos afectan la velocidad de infiltración y de aireación, el cuál influye en el potencial de desarrollo de las raíces (Huera Lucero 2019). Reiterando que, en base al manejo de suelos, se considera que los valores de Pa inferiores al nivel crítico de 10% pueden ocasionar limitaciones en el flujo de aire, agua, actividad biológica, penetración (Bravo et al., 2017b), crecimiento y respiración de raíces en el suelo (Goyes, 2018). Estos resultados corroboran lo analizado conductividad hidráulica que son valores cercanos al límite crítico, en densidad aparente es igual al comparar con suelos con actividad constante y alto contenido de materia orgánica y en porosidad total esta por debajo del 60% por lo tanto poseen un deficientes poros de aireación.

4.2.5 POROSIDAD DE RETENCIÓN (Pr)%

Para esta variable en estudio no se tienen significancia estadística ($p \leq 0.05$), para variedades, densidad, los análisis se realizaron a profundidades de 0-10 cm, 10-20cm y tenemos significancia estadística para variedades y densidades de siembra en 20-30 cm, para análisis de datos se realiza el cuadro de medias (Anexo 10), y en la Figura 13 se observa los resultados.



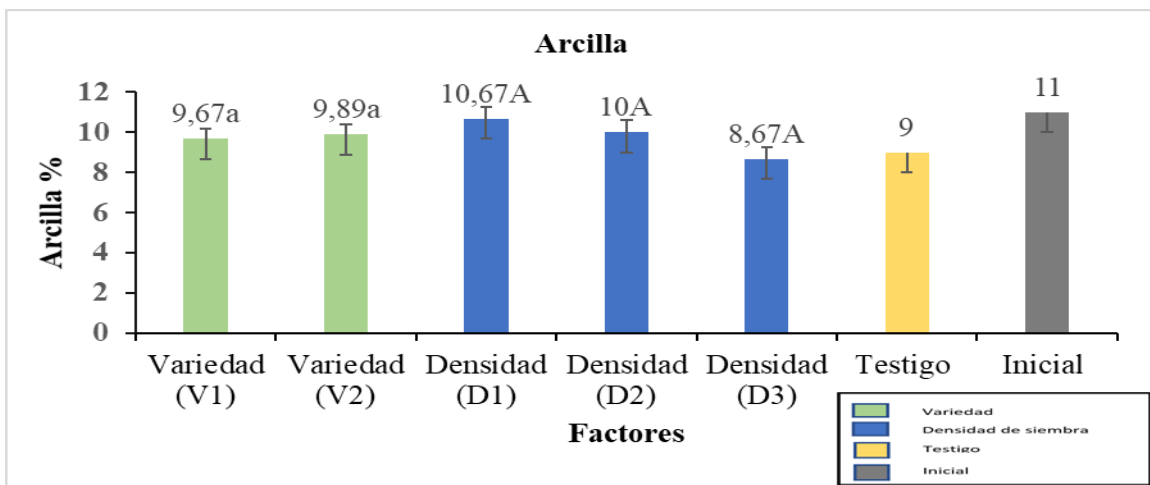
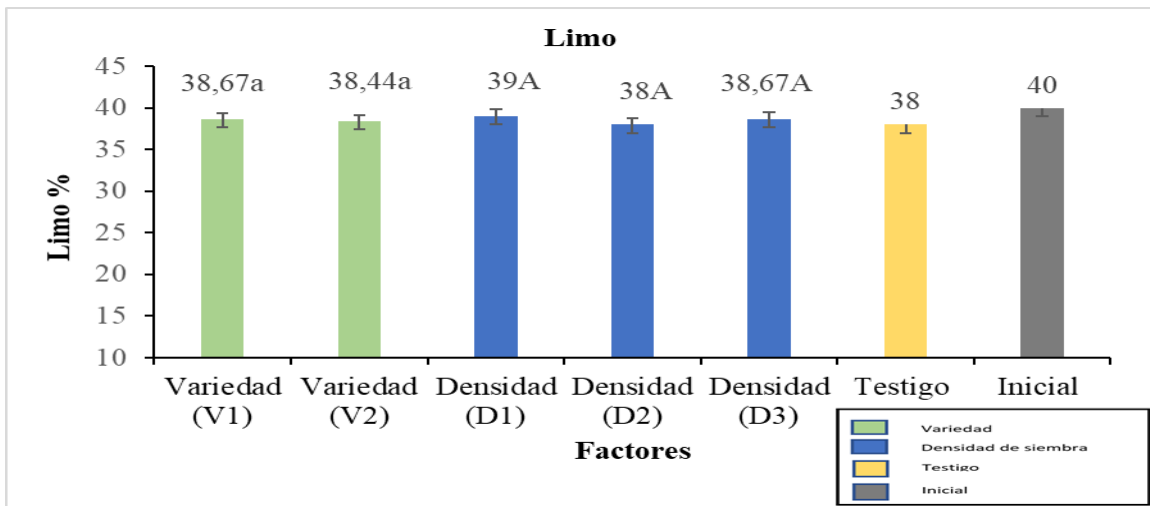
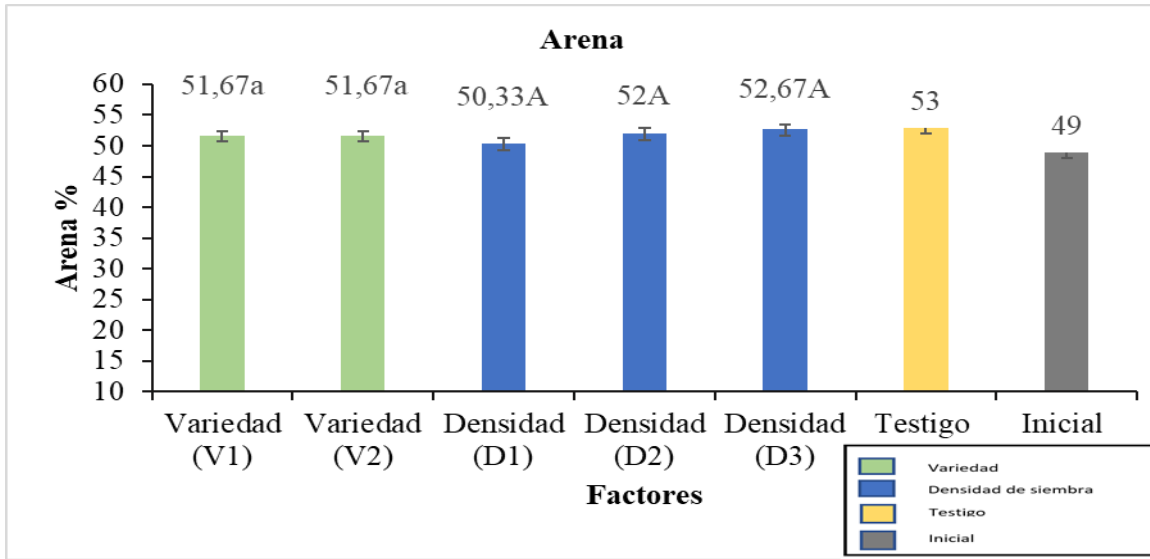
Fuente: autor 2020

Figura 13. Medias para Porosidad de retención (Pr)% para Variedades y Densidad de Siembra

Los resultados de 0-10 cm fue de 36,61% de 10-20 cm de 35,66% y de 20-30cm es de 37,39% rango a en la variedad INIAP 450 y Guaranguito 33,02% en rango b; en densidades el rango A fue 105 kg/ha y el último rango en 90kg/ha, en el testigo 36,82% de 0-10cm, 33,73% de 10-20cm y 40,45 de 20-30cm. Los análisis de Pr indican mayor proporción de la distribución total de poros con valores altos en las profundidades, concordando con el límite crítico que establece Pla (2010) no debe ser menor del 25%. En otras investigaciones mencionan que Pr entre los usos de la tierra de 0-10 cm de profundidad para las tres zonas evaluadas. En Boayacu, la mayor Pr fue hallada en los usos de ganadería A y B (78%), y el menor valor perteneció a los usos de bosque y Chakra 26 C (65%). Para Simón Bolívar, la mayor Pr se obtuvo en el uso de pasto con árboles B (80%), no obstante, el menor valor de la variable fue reportado en el bosque (68%). Al mismo tiempo, en el caso de Llandia, la mayor Pr se encontró en los usos de Papa China C y Caña de Azúcar C (77%), a la vez que la menor Pr fue registrada en el uso de Papa China B (65%). Por lo tanto, por los resultados obtenidos el suelo posee una buena retención de humedad en las capas inferiores, pero se acerca al límite crítico por tal motivo no hay movimiento en el suelo según resultados de los parámetros texturales analizados.

4.2.6 PORCENTAJE DE ARENA, LIMO Y ARCILLA

En el análisis de varianza se observa que para variedades y densidades no existe significación estadística ($p \leq 0.05$), por esta razón se realizó el cuadro de medias para poder analizar los resultados (Anexo14), se gráfica en la Figura 14.



Fuente: autor 2020

Figura 14. Medias para Porcentaje de Arena, Limo y Arcilla del suelo en Variedades y Densidad de siembra

En el análisis inicial se tuvo 49% de Arena, 40% Limo y 11 de Arcilla, luego de la investigación en el análisis nos arroja que el porcentaje de Arena aumenta a 51, 67% en las dos variedades, en Limo baja con 38,44% y 38,67% en INIAP 450 y Guaranguito, en cuanto a la Arcilla baja con 9,89% y 9,67% en INIAP 450 y Guaranguito respectivamente. En testigo 53% Arena, 38% Limo y 9% de Arcilla.

Estudios de fraccionamiento físico de la materia orgánica del suelo (MOS) muestran que la mayor parte del C está asociado a las partículas de arcilla y limo, y que suelos arenosos poseen una concentración de C hasta siete veces superior en sus partículas de arcilla y limo que suelos arcillosos (Christensen, 1992; Matus, 1994). Una hipótesis simple para explicar estos resultados la propuso Hassink *et al.* (1997): las fracciones de arcilla y limo en suelos arenosos se encuentran más libres, mientras que en suelos arcillosos forman densos paquetes de agregados. Por lo tanto, la superficie específica disponible para retener MOS es muy superior en suelos arenosos que en suelos arcillosos.

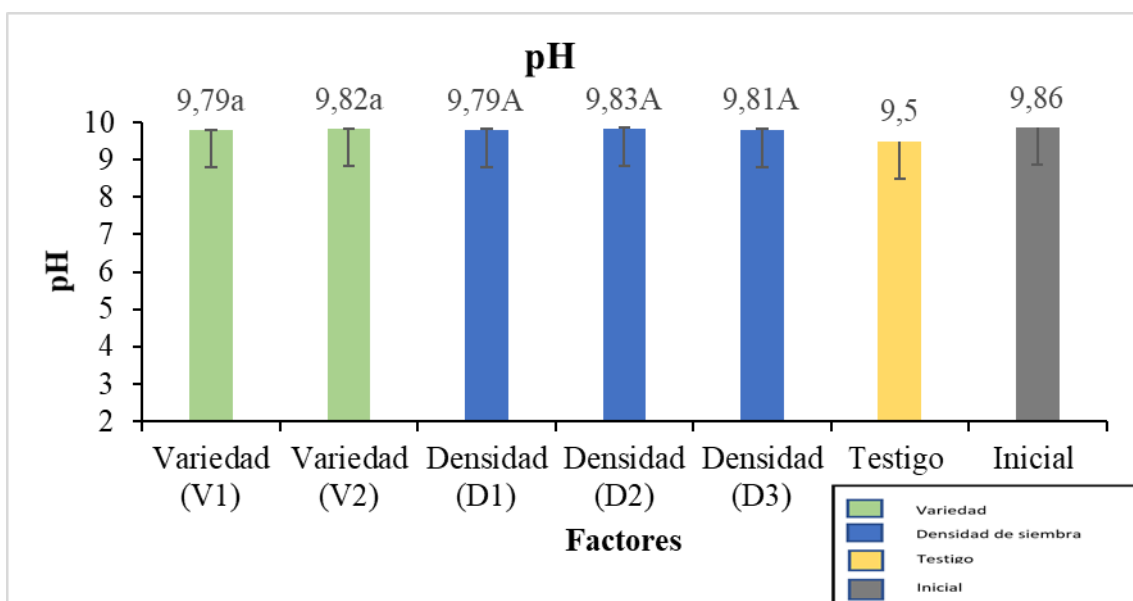
La alcalinización, o sodicidad del suelo, se define como el exceso de sodio intercambiable en el suelo. A medida que su concentración incrementa en el suelo empieza a reemplazar otros cationes. Los suelos sódicos se frecuentan en regiones áridas y semiáridas y se encuentran muchas veces inestables con propiedades físicas y químicas muy pobres. Debido a ello el suelo se encuentra impermeable disminuyendo la infiltración, percolación, infiltración del agua por el suelo y por último el crecimiento de las plantas. (Propiedades Químicas | Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, s. f.).

Las propiedades físicas del suelo no fueron influenciadas por los abonos verdes, evidenciando que la mayor influencia de la técnica de los abonos verdes a corto plazo es la protección y conservación de la humedad del suelo. No son esperables cambios en la física del suelo producto de un solo ciclo de cultivo con abonos verdes. Demostraron que algunas propiedades físicas del suelo como la humedad, microporosidad, microporosidad y porosidad total no fueron influenciadas por los sistemas de manejo del suelo, caracterizados por cultivos sucesivos (Da Costa-Melo, 2018).

4.3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

4.3.1 pH

En el análisis de varianza se observa que para variedades y densidades de siembra no existen significación estadística ($p \leq 0.05$), por esta razón se realizó el cuadro de medias para poder analizar los resultados (Anexo 11) y se grafica en la Figura 15.



Fuente: autor 2020

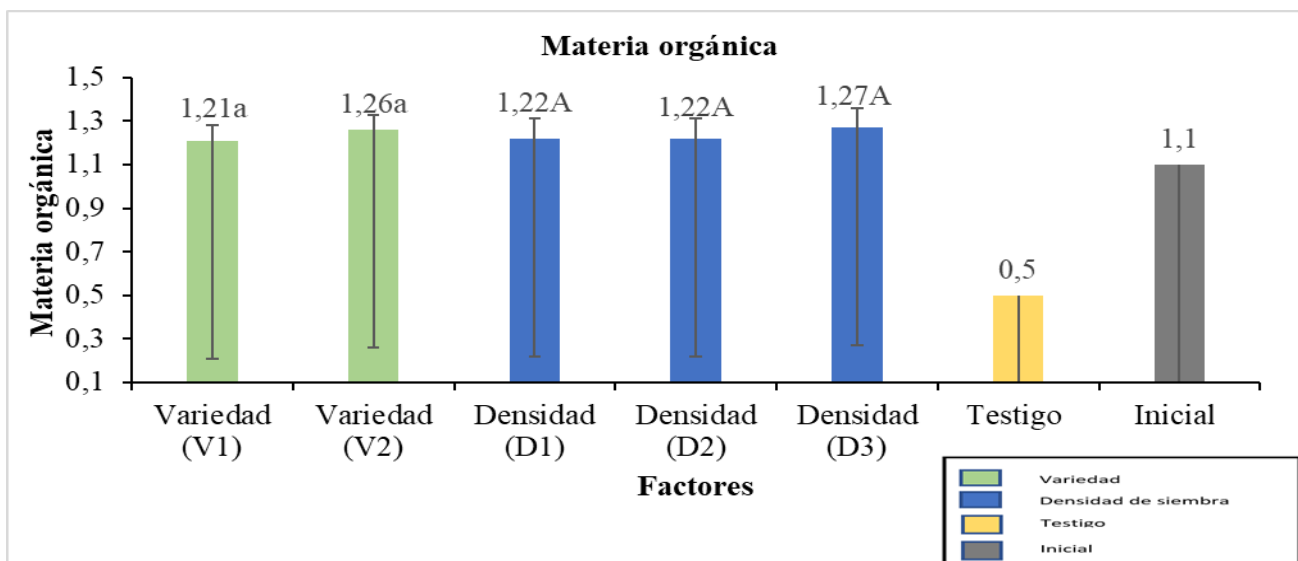
Figura 15. Medias para pH en Variedades y Densidades de siembra

El pH inicial fue de 9,86 y se observa que en las dosis tenemos una disminución de algunas décimas de pH, más en 90 kg/ha con 9,79. Esto ratifica en los resultados agronómicos en la Figura 7 de Biomasa en donde Guaranguito con la densidad de siembra de 90 kg/ha tuvo un promedio de 313,66g este tratamiento fue el que mayor aporte en biomasa al suelo, ratificando que el aporte de materia orgánica baja el pH del suelo.

La descomposición de la materia orgánica tiene una reacción ácida, por esta razón nos sirve para bajar el pH del suelo en este caso el abono verde. La dosis para bajar una unidad de pH es de 4 gramos por litro de agua cuando se utilizar fertilizantes sintéticos, aunque depende de factores como la textura del suelo. (AGROLOGÍA, 2012). Lo que se atribuye la disminución de pH luego de la investigación, se tienen que seguir aportando materia orgánica.

4.3.2 Materia Orgánica

En el análisis de varianza se observa que para variedades y densidades de siembra no existen significación estadística ($p \leq 0.05$); por esta razón se realizó el cuadro de medias para poder analizar los resultados (Anexo 11) y se grafica en la Figura 16.



Fuente: autor 2020

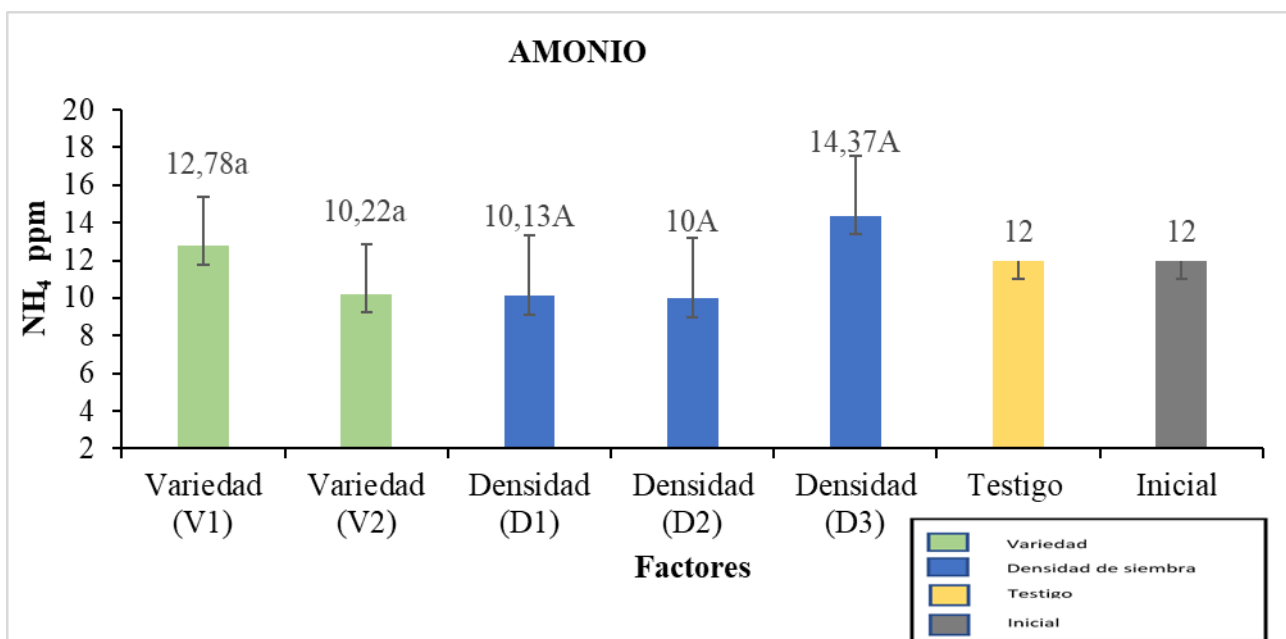
Figura 16. Medias para Materia orgánica en variedades Densidades de siembra

La materia orgánica antes de la investigación fue de 1,10% que es baja, pero observamos que en las dos variedades ha subido en especial INIAP 450 con 1,26% y la densidad de 120 kg/ha 1,27% aunque sigue siendo baja, pero vemos que tenemos un aporte con la investigación. En la materia orgánica del suelo se distingue una fracción lábil, disponible como fuente energética, que mantiene las características químicas de su material de origen (hidratos de carbono, ligninas, proteínas, taninos, ácidos grasos), y una fracción húmica, más estable, constituida por ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y huminas (Galantini, 2002; Aguilera, 2000).

La MO es la suma de todo material orgánico de origen vegetal y animal que se encuentra en la superficie del suelo y se descompone por acción de los microorganismos para ser aprovechado, permitiendo mejorar muchas propiedades químicas, físicas y microbiológicas del suelo que favorecen el crecimiento de plantas y la actividad biológica hasta los 30 cm profundidad (Díaz, 2016).

4.3.3 AMONIO (NH₄)

En el análisis de varianza de este macroelemento se observa que para variedades y densidad de siembra no existen significación estadística ($p \leq 0.05$), por esta razón se realizó el cuadro de medias para poder analizar los resultados (Anexo 12). Gráficamente se observa en la Figura 17.



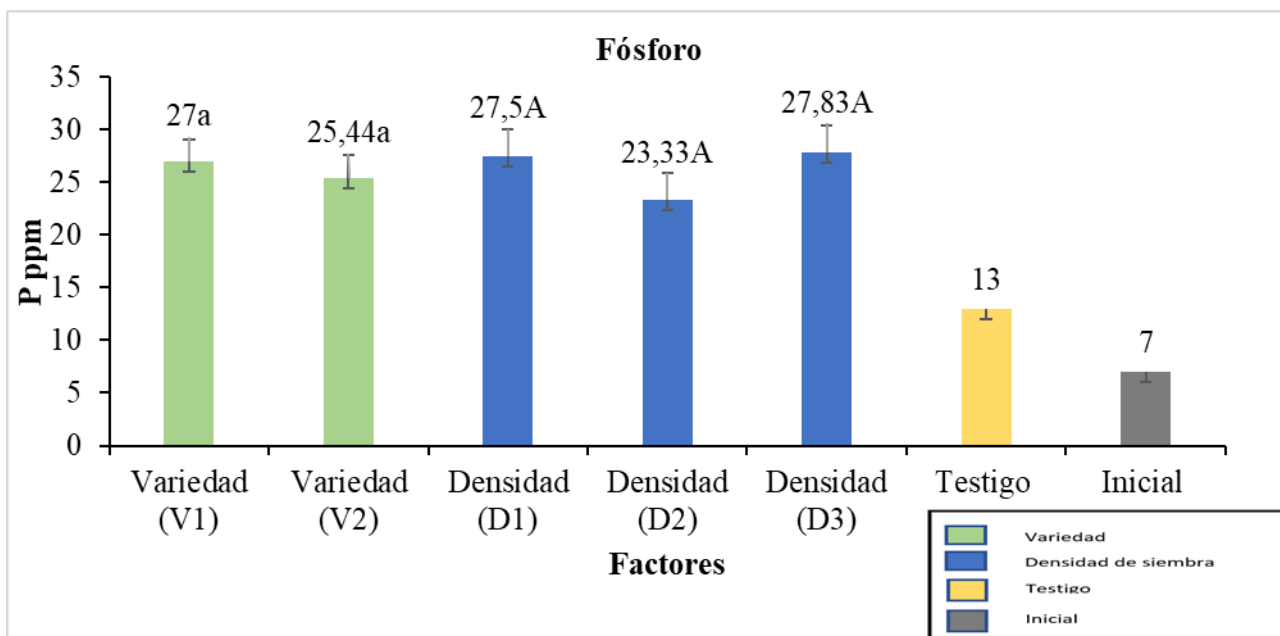
Fuente: autor 2020

Figura 17. Medias para nitrógeno en Variedades Densidades de siembra

En el análisis inicial de N fue de 12 ppm bajo una vez que se incorporó la biomasa en la variedad Guaranguito tuvo 12,78 ppm y la densidad de 120 kg/ha fue de 14,37 ppm, graficado en la Figura 17, Los procesos de mineralización del nitrógeno son determinantes para la disponibilidad del elemento en los ecosistemas terrestres (Gutiérrez y Rincón, 2012), dados principalmente por la deaminación y degradación de materia orgánica, de modo que responden a la cantidad y tipo de enmiendas orgánicas. Se ha demostrado (Gutiérrez y Rincón, 2012), que existen efectos vegetales sobre la composición de las múltiples fracciones de materia orgánica, que pueden tener una importante influencia sobre la biodegradabilidad y biodisponibilidad del carbono y nitrógeno, dichos efectos están relacionados con la dinámica del N de los detritos radiculares y la composición funcional vegetal, que a su vez tienen influencia sobre las tasas netas de mineralización (Gutiérrez y Rincón, 2012).

4.3.4 FÓSFORO (P)

En el análisis de varianza de este macroelemento se observa que para variedades y densidad de siembra no existen significación estadística ($p \leq 0.05$), por esta razón se realizó el cuadro de medias para poder analizar los resultados (Anexo 12), se gráfica en la Figura 18.



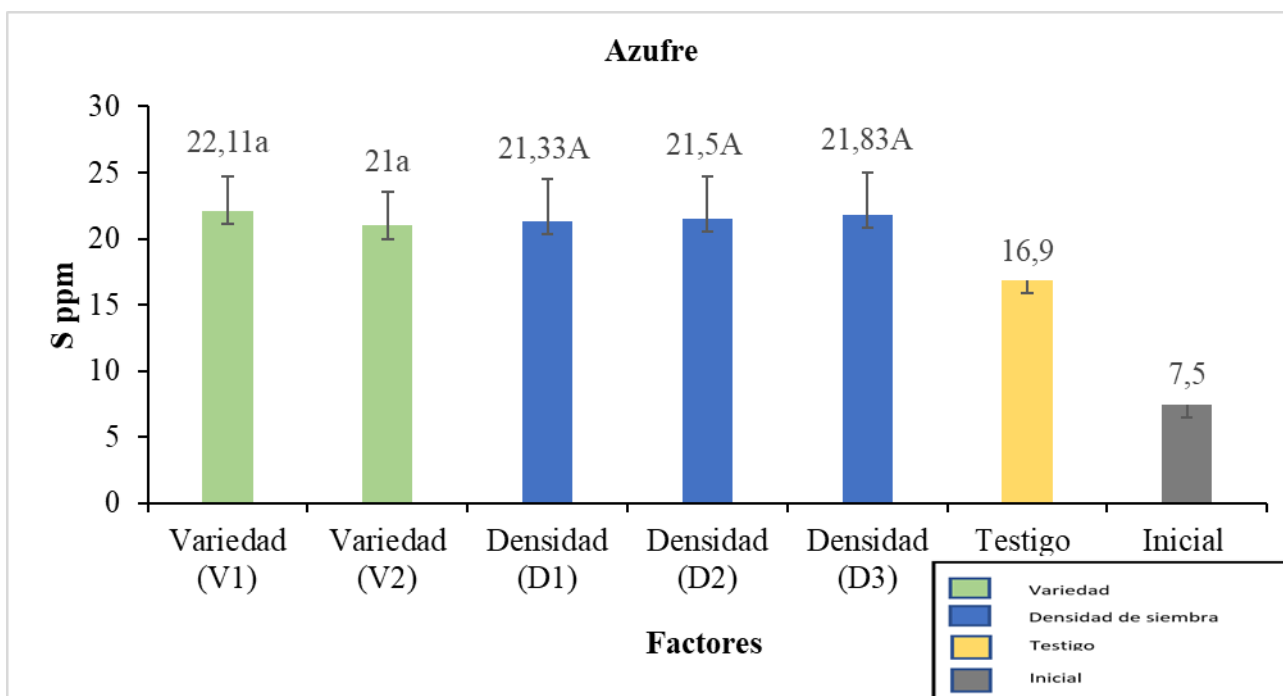
Fuente: autor 2020

Figura 18. Medias para fósforo en Variedades Densidades de siembra

En el análisis inicial se tubo 7 ppm de fósforo, luego de la descomposición de la biomasa en la variedad Guaranguito fue de 27 ppm y en la densidad 120 kg/ha fue de 27,83 ppm, graficado en la Figura 18. En el P cuando se aplica materia orgánica incrementa tanto la actividad fosfatasa como el contenido de fósforo microbiano, que a su vez contribuye al incremento de P disponible. Se encontró (Gutiérrez y Rincón, 2012), una mayor actividad de fosfatasa alcalina y diversidad de genes que codifican esta actividad, en comunidades bacterianas de suelos agrícolas (Gutiérrez y Rincón, 2012).

4.3.5 AZUFRE (S).

En el análisis de varianza de este macroelemento se observa que para variedades y densidad de siembra no existen significación estadística ($p \leq 0.05$), por esta razón se realizó el cuadro de medias para poder analizar los resultados (Anexo 12), se gráfica en la Figura 19.



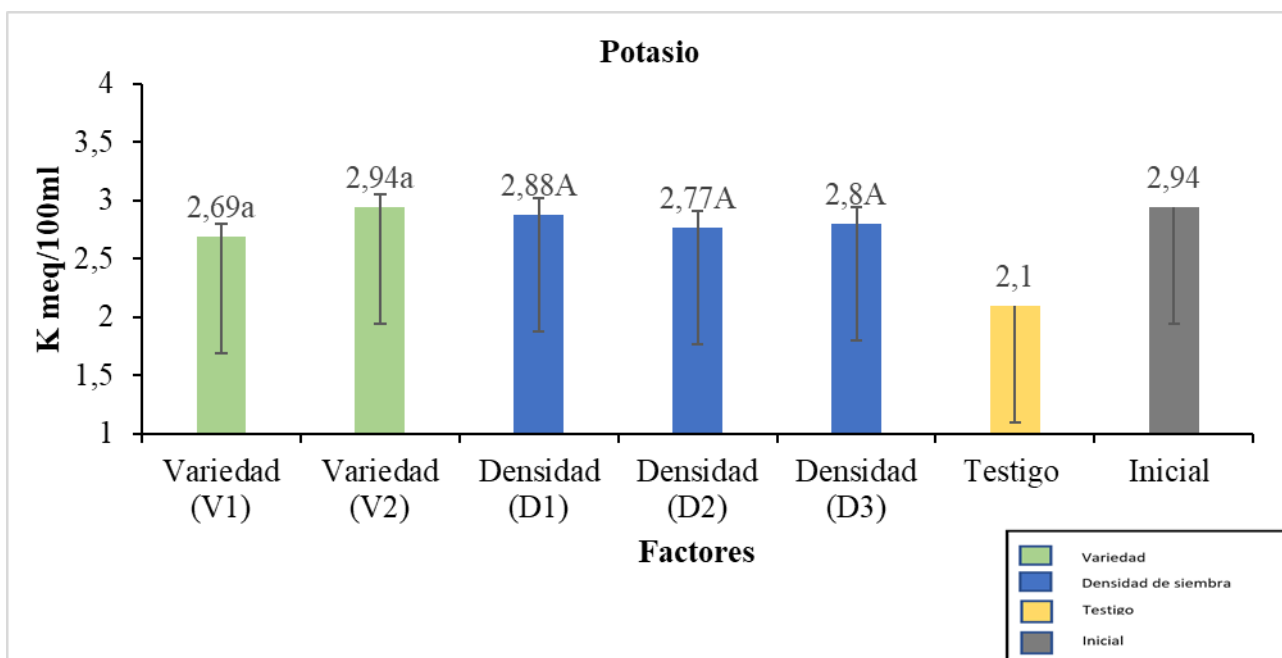
Fuente: autor 2020

Figura 19. Medias para azufre en Variedades y Densidades de Siembra

En el análisis inicial fue de 7,5 ppm de S luego de la descomposición de la biomasa de *Lupinus* la mejor media es de la variedad Guaranguito con 21,33 ppm y la densidad tres 120kg/ha con 21,83 ppm. La disponibilidad de S en el suelo en niveles no limitantes para el desarrollo de los cultivos mejora la eficiencia de uso de N aplicado como fertilizante (Alfaro et al., 2006), porque por cada 14 partes de nitrógeno (N) empleadas en la formación de aminoácidos, se requiere de una parte de S (Alfaro et al., 2006). La absorción de S y fósforo (P) también se encuentra íntimamente relacionada, de manera tal que la deficiencia de uno de estos elementos limita el aporte del suelo y la absorción del otro (Alfaro et al., 2006). Por lo mencionado, el otro cultivo que se siembre en la parcela de ensayo se tendrá disponibilidad de N y P.

4.3.6 POTASIO (K)

En el análisis de varianza de este catión de intercambio se observa que para variedades y densidad de siembra no existen significación estadística ($p \leq 0.05$), por esta razón se realizó el cuadro de medias para poder analizar los resultados (Anexo 12), se gráfica en la Figura 20.



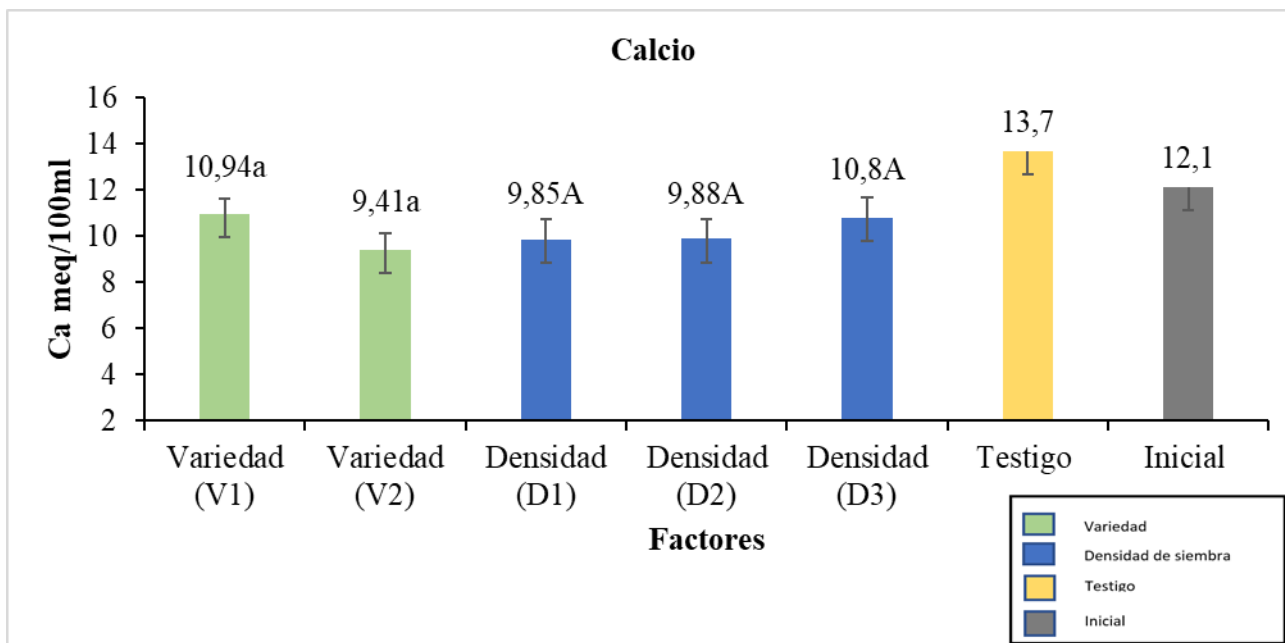
Fuente: autor 2020

Figura 20. Medias para potasio en Variedades y Densidades de Siembra

El análisis inicial del K que es un catión de intercambio fue de 2,94 meq/100ml que fue alto y como se observa en la gráfica 20 el comportamiento es igual o ligeramente menor en las variedades y densidades, en la figura 20 se observa que el nivel de calcio de este suelo alcalino fue alto, por tal motivo se puede reducir la absorción de potasio y magnesio (Alfaro et al., 2006).

4.3.7 CALCIO (Ca)

En el análisis de varianza de este catión de intercambio se observa que para variedades y densidad de siembra no existen significación estadística ($p \leq 0.05$), por esta razón se realizó el cuadro de medias para poder analizar los resultados (Anexo 12), se gráfica en la Figura 21.



Fuente: autor 2020

Figura 21. Medias para calcio en Variedades y Densidades de Siembra

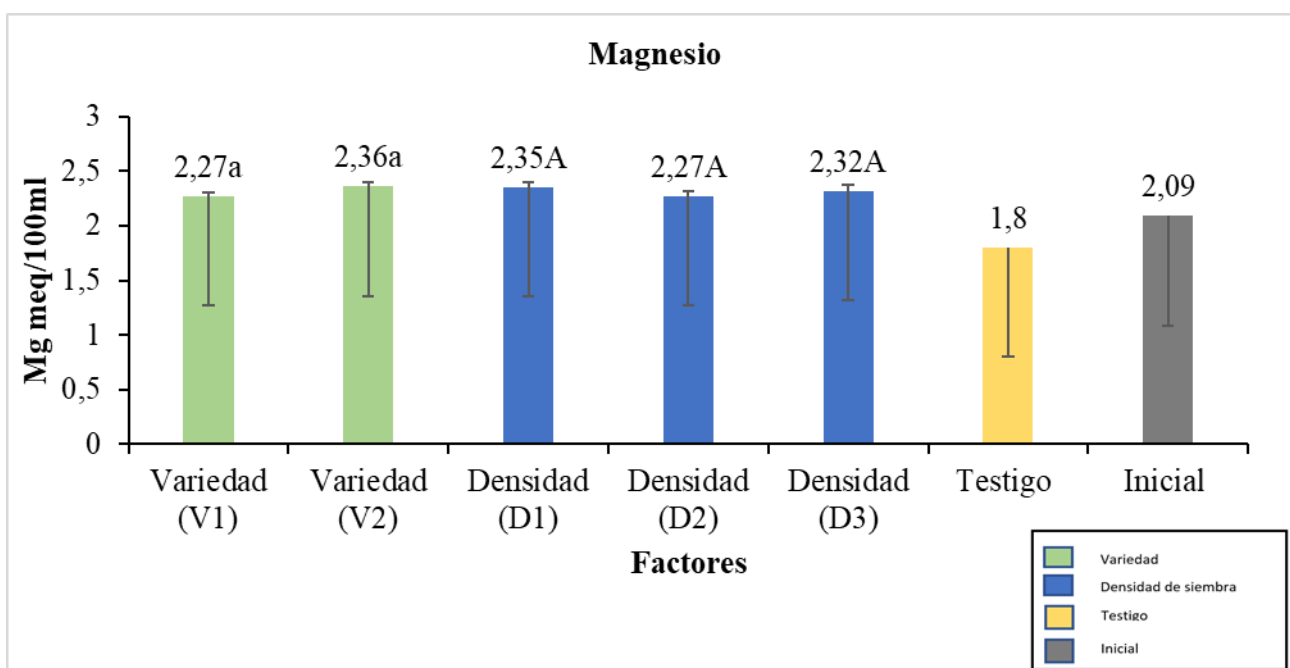
En el análisis de varianza de este catión de intercambio se observa que para variedades y densidad de siembra no existen significación estadística ($p \leq 0.05$), se tiene un coeficiente de 21,01 en Ca; por esta razón se realizó el cuadro de medias para poder analizar los resultados (Anexo 12), se gráfica en la Figura 21.

En el análisis inicial en Ca fue de 12,1 que es considerado alto, luego de la descomposición de la biomasa la mejor media fue en la variedad Guaranguito con 10.94 meq/100ml y en densidad de 120 kg/ha con 10,8 meq/100ml. El principal inconveniente de estos suelos alcalinos es que u presentan un alto contenido de carbonato de cálcico, el cual va a impedir que la planta pueda absorber buena parte de los nutrientes del suelo. En consecuencia, si tenemos un suelo básico, por mucho fósforo que este tenga de forma natural, o por mucho hierro (sulfato de hierro) que apliquemos, la planta presentará carencias de fosforo y de hierro, puesto que estos elementos a

pesar de estar en el suelo se encuentran retenidos por el calcio, formando un compuesto insoluble que la planta no puede asimilar (Agrología, 2012). El pH actual del suelo oscila entre 9,82 a 9,5, sigue siendo alcalino por tal motivo los nutrientes que se encuentran en el suelo no estarán aptos para la planta.

4.3.8 MAGNESIO (Mg)

En el análisis de varianza de este catión de intercambio se observa que para variedades y densidad de siembra no existen significación estadística ($p \leq 0.05$), por esta razón se realizó el cuadro de medias para poder analizar los resultados (Anexo 12), se gráfica en la Figura 22.



Fuente: autor 2020

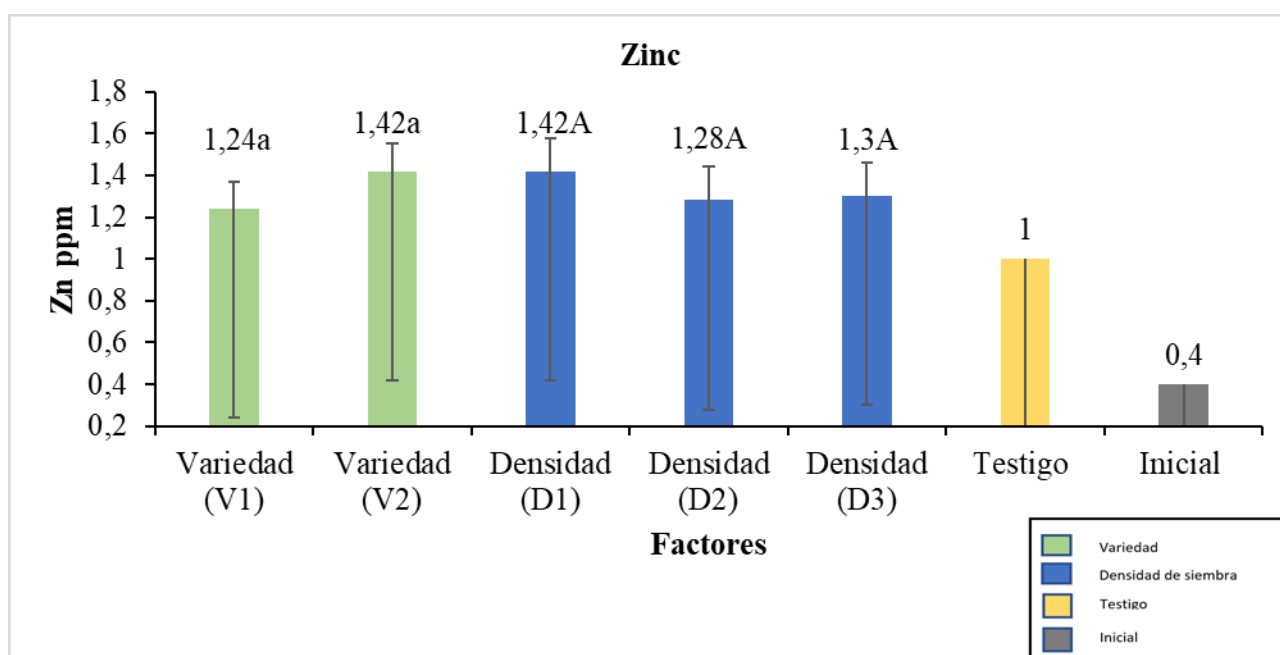
Figura 22. Medias para Magnesio en Variedades y Densidades de Siembra

En el análisis inicial en Ca fue de 2,09 que es considerado alto, luego de la descomposición de la biomasa la mejor media fue en la variedad INIAP 450 con 2,36 meq/100ml y en densidad de 90 kg/ha con 10,8 meq/100ml, siguen siendo altos. El Mg se localiza dentro de los minerales arcillosos del suelo o esta asociado con el intercambio de cationes en la superficie de la arcilla

(Mikkelsen, 2010), en la investigación tenemos un alto contenido de calcio lo cual reduce la absorción de este mineral, aunque lo tengamos alto.

4.3.9 ZINC (Zn)

En el análisis de varianza para Zn observa que, para variedades, densidad de siembra no existe significación estadística ($p \leq 0.05$), por esta razón se realizó el cuadro de medias para poder analizar los resultados (Anexo 13), se grafica en la Figura 23.



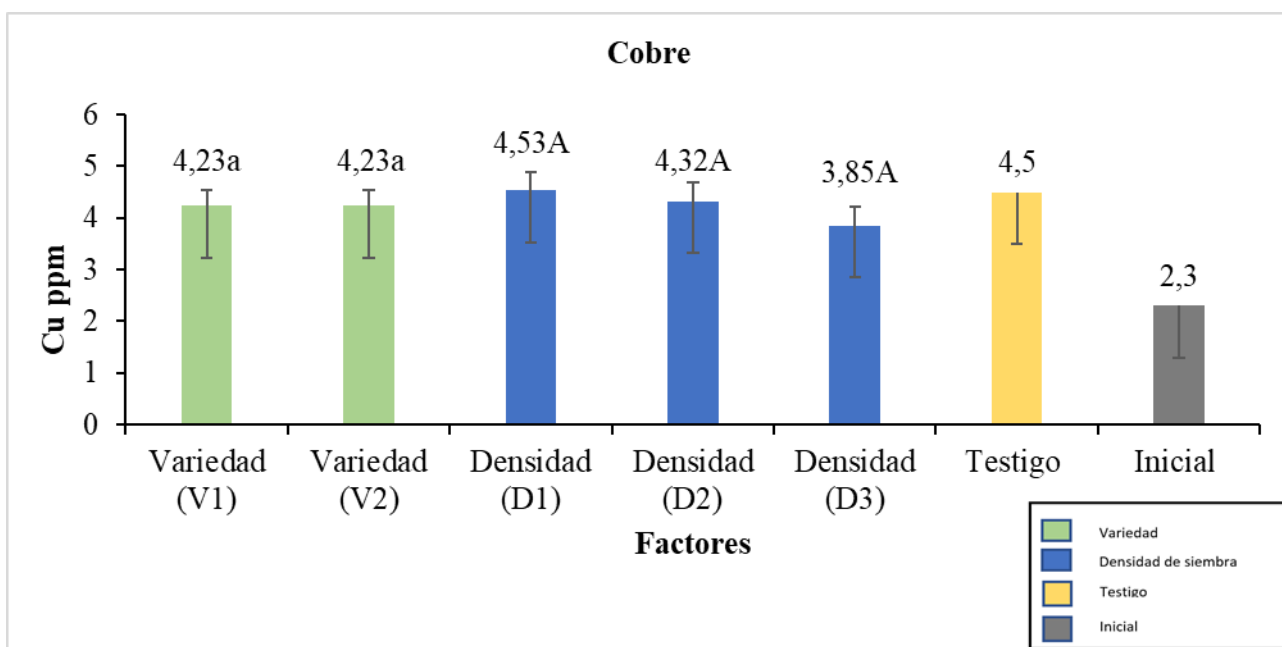
Fuente: autor 2020

Figura 23. Medias para Zn en Variedades y Densidades de Siembra

En el análisis inicial se obtuvieron de Zn 0,4 que fue Bajo, luego de la investigación en la variedad Guaranguito fue de 1,42 ppm también en la densidad de 90 kg/ha, siguen siendo bajos. Los suelos alcalinos también poseen reducida solubilidad de nutrientes vegetales, particularmente de macronutrientes como fósforo (P), nitrógeno (N), azufre (S) y potasio (K) y de micronutrientes como zinc (Zn), cobre (Cu), manganeso (Mn) y molibdeno (Mo). (Perdomo, 2019). En este caso tanto por el contenido de ppm de Zn es bajo y es un suelo alcalino este micronutriente no se encuentra disponible en el suelo.

4.3.10 COBRE (Cu)

En el análisis de varianza para Cu se observa que para variedades y densidad de siembra no existen significación estadística ($p \leq 0.05$), por esta razón se realizó el cuadro de medias para poder analizar los resultados (Anexo 13), se grafica en la Figura 24.



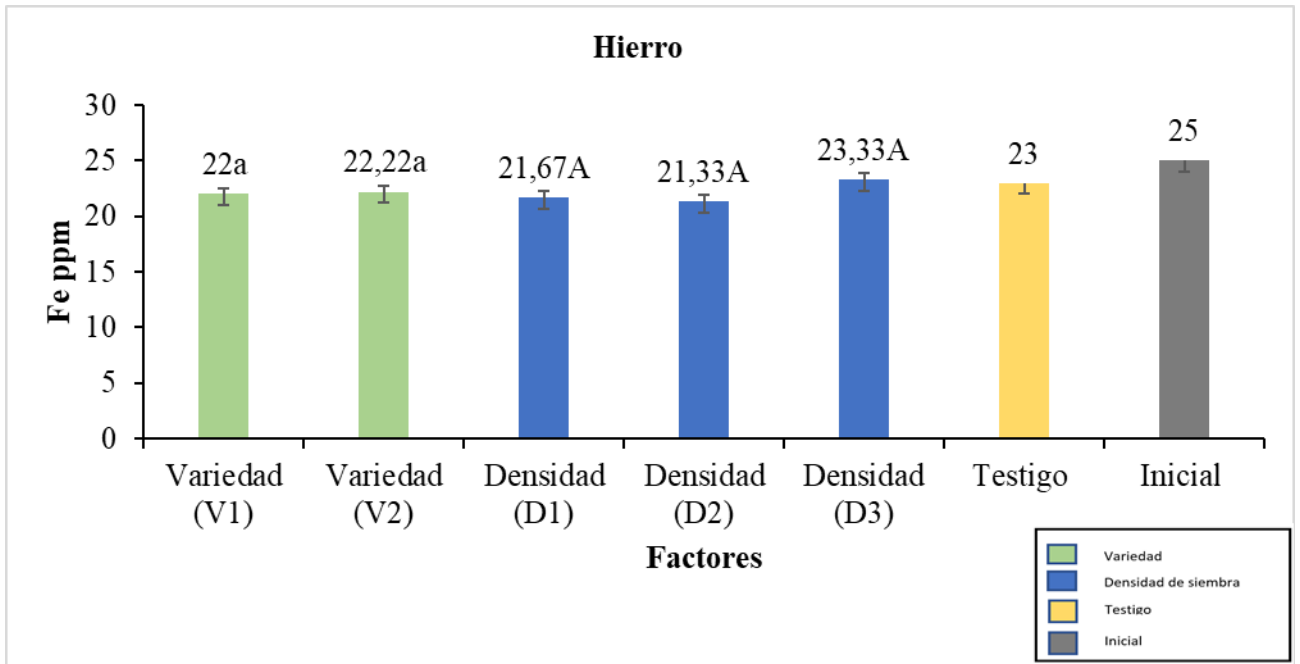
Fuente: autor 2020

Figura 24. Medias para Cu en Variedades y Densidades de Siembra

En el análisis inicial se obtuvo para Cu 2,3 ppm que fue Medio, una vez descompuesta la biomasa las Variedades Guaranguita e INIAP 450 tuvieron 4,23 ppm que fue alto y la densidad 90 kg/ha fue de 4,53 alto. Los suelos alcalinos también poseen reducida solubilidad de nutrientes vegetales, particularmente de macronutrientes como fósforo (P), nitrógeno (N), azufre (S) y potasio (K) y de micronutrientes como zinc (Zn), cobre (Cu), manganeso (Mn) y molibdeno (Mo), (Perdomo, 2019). El contenido en el suelo de este micronutriente es alto, pero no se encuentra disponible para la absorción ya que el suelo es alcalino.

4.3.11 HIERRO (Fe)

En el análisis de varianza para Fe se observa que para variedades y densidad no existen significación estadística ($p \leq 0.05$), por esta razón se realizó el cuadro de medias para poder analizar los resultados (Anexo 13), se grafica en la Figura 25.



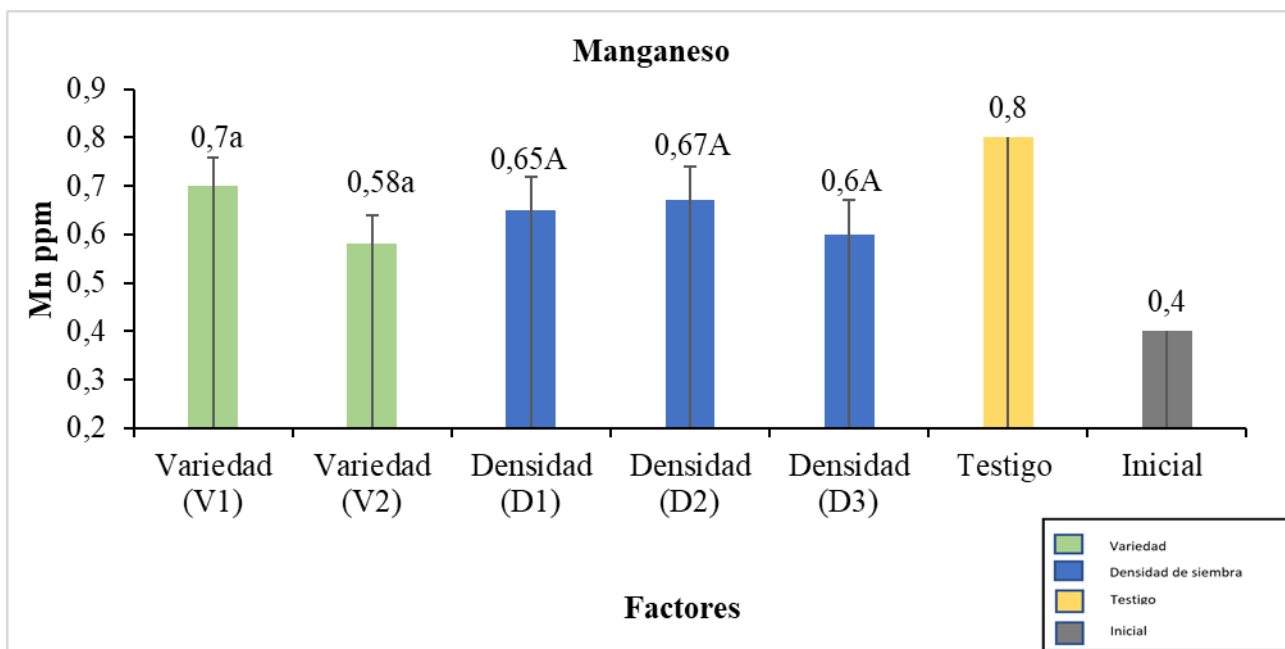
Fuente: autor 2020

Figura 25. Medias para Fe en Variedades y Densidades de Siembra

En el análisis inicial fue para Fe 25 ppm que fue medio, una vez descompuesta la biomasa la variedad INIAP 450 tuvo 22,22 ppm y la densidad 120 kg/ha tuvo 23,33 ppm, como se observa en la figura 25 el Fe ha disminuido, pero sigue siendo un microelemento con contenido medio en el suelo. El hierro bajo condiciones anaerobiosis, los microorganismos pueden utilizar los óxidos de Fe^{3+} como aceptores finales de electrones para realizar la descomposición oxidativa de la materia orgánica, lo que da lugar a la reducción de Fe^{3+} a Fe^{2+} , que generalmente es más soluble y facilita la solubilidad de los óxidos (Juárez, 2010). Con este análisis se tiene claro por qué ha disminuido la ppm Fe luego de la investigación.

4.3.12 MANGANESO (Mn)

En el análisis de varianza para Mn se observa que para variedades y densidad de siembra no existen significación estadística ($p \leq 0.05$), por esta razón se realizó el cuadro de medias para poder analizar los resultados (Anexo 13), se grafica en la Figura 26.



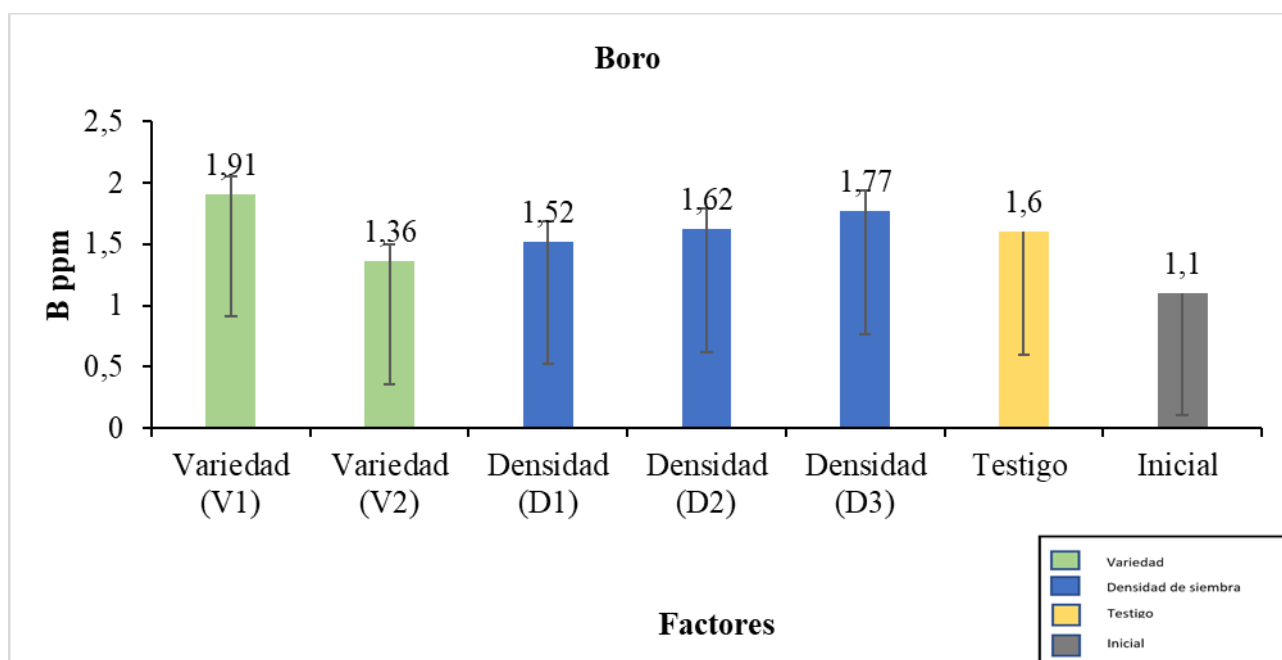
Fuente: autor 2020

Figura 26. Medias para Mn en Variedades y Densidades de Siembra

En el análisis inicial se obtuvo de Mn 0,4 que fue bajo. Luego de la investigación en la variedad Guaranguito tuvo 0,7 ppm y en la densidad 105 kg/ha fue de 0,67 que sigo siendo un contenido bajo en el suelo. Los suelos alcalinos también poseen reducida solubilidad de nutrientes vegetales, particularmente de macronutrientes como fósforo (P), nitrógeno (N), azufre (S) y potasio (K) y de micronutrientes como zinc (Zn), cobre (Cu), manganeso (Mn) y molibdeno (Mo). (Perdomo, 2019).

4.3.13 BORO (B)

Análisis de varianza para B, se observa que para variedades y densidad de siembra no existen significación estadística ($p \leq 0.05$), por esta razón se realizó el cuadro de medias para poder analizar los resultados (Anexo 13), se gráfica en la Figura 27.



Fuente: autor 2020

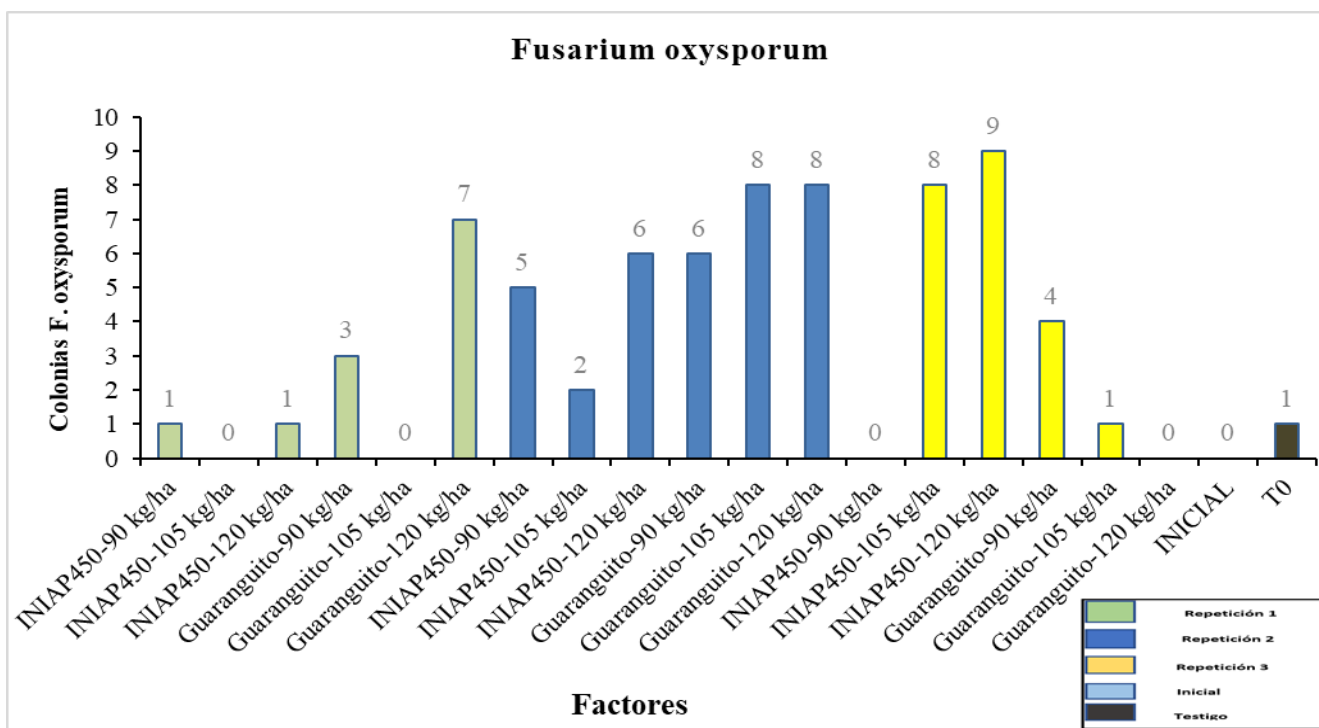
Figura 27. Medias para B en Variedades y Densidades de Siembra

En el análisis inicial se obtuvo de B 1,10 ppm que fue Medio. Luego de la investigación en variedad Guaranguito fue de 1,91 ppm y en la densidad 120 kg/ha fue de 1,77 teniendo un contenido medio en el suelo. A pH menor a 7, domina la forma H_3BO_3 , a medida que el pH supera el valor de 7, la concentración de $B(OH)_4^-$ aumenta. Este anión es adsorbido por arcillas e hidróxidos de Fe y Al, con mayor fuerza a medida que aumenta el pH, hasta encontrar un máximo de adsorción a pH 9, por esta razón, la disponibilidad del boro disminuye con la elevación del pH. (Infoagro, 2016). Es por ello por lo que el contenido de boro aumenta en el suelo.

4.4 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS.

El contenido de microorganismos del suelo fue realizado mediante el análisis de suelo antes de la siembra de *Lupinus mubilis* y luego de que el abono verde se descompuso en el suelo. A continuación, se establece una tabla de los microorganismos patógenos y benéficos encontrados en el suelo, luego se realizará un análisis de la presencia de los mismo en la interacción variedad y densidad en las tres repeticiones. A estos microorganismos los podemos encontrar en diferentes Unidades de colonias (UFC**/g suelo), y cada hongo se ha encontrado con diferentes diluciones 10^{-3} , 10^{-4} y 10^{-5} ; por lo expresado la metodología aplicada no permite ningún tipo de comparación ya que no se pueden estandarizar diluciones y peor aún las especies identificadas, por tal motivo realizó una descripción general de la situación de los tratamientos y la comparación con datos iniciales de las colonias más grandes. Los datos se encuentran en Anexos 15, 16, 17, 18 y 19 y se grafica en la figura 28 y 29

4.4.1 ANÁLISIS DE HONGOS PATÓGENOS ENCONTRADOS EN EL SUELO ANTES DE LA SIEMBRA Y DESPUÉS DE LA INCORPORACIÓN DE LOS ABONOS VERDES



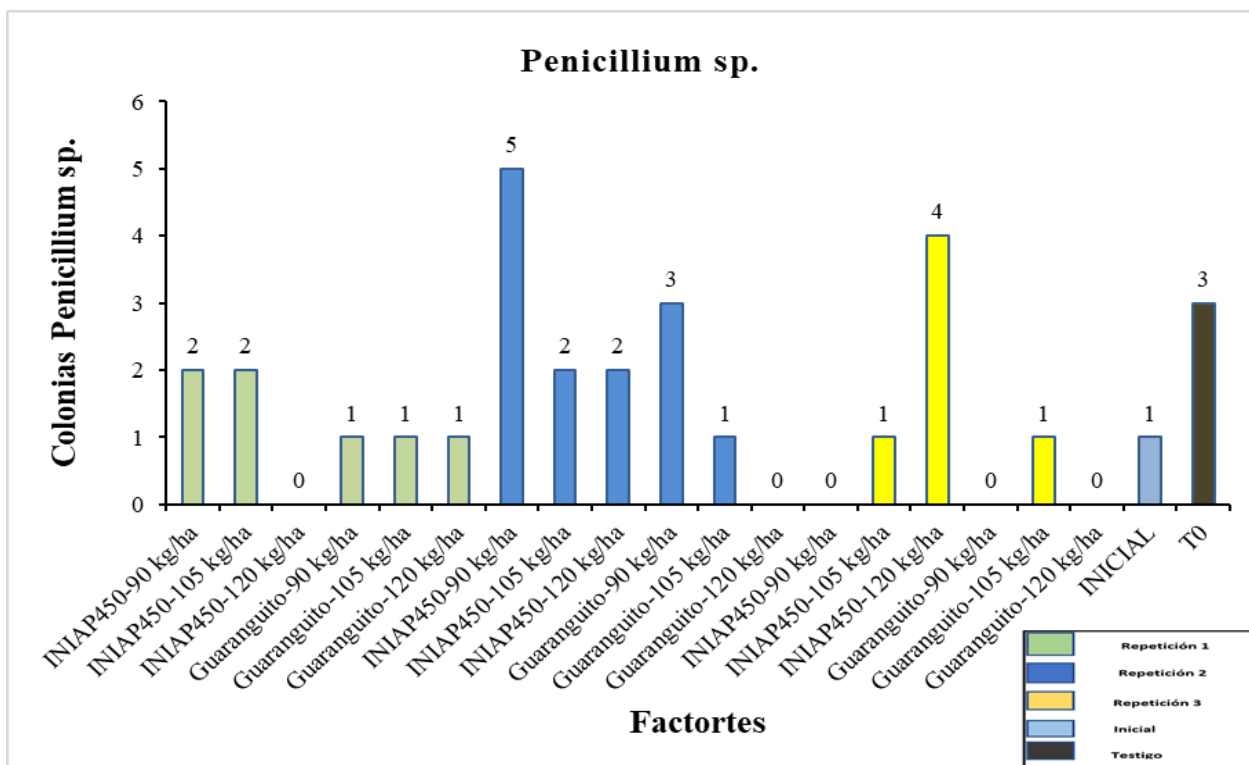
Fuente: autor 2020

Figura 28. Colonias de *Fusarium oxysporum* en las tres repeticiones en la interacción Variedad vs Densidad de Semilla

Fusarium es un patógeno facultativo con alta capacidad de sobrevivir en materia orgánica y que a la vez tiene la capacidad de atacar la planta cuando esta sufre algún tipo de desbalance (Michielse y Rep 2009) mencionado por Retana et al. 2018, también menciona que este hongo tiene la capacidad de sobrevivir por largos periodos en el suelo, debido a sus estructuras de resistencia denominadas clamidosporas (Retana et al., 2018), en la figura 18, en la variedad INIAP 450 con 120 kg/ha se encontró 9×10^{-3} UFC**/g suelo (número de colonias por gramo por suelo) y 8×10^{-3} UFC**/g suelo (número de colonias por gramo por suelo) en la repetición tres, en la variedad Guaranguito con una densidad de 105 y 120 kg/ha se encontró 8×10^{-3} UFC**/g suelo (número de colonias por gramo por suelo).

El hongo también sobrevive en el suelo, como saprófito o en restos vegetales, donde se mantiene viable hasta 10 años (Kant et al. 2011). Mencionado por Snyder y Hansen, 2017, con este análisis se mencionará que el hongo se pudo transmitir por medio del material de semilla.

En la investigación, Comunidad de hongos filamentosos en suelos del Agroecosistema de K'iphak'iphani, Comunidad Choquenaira-Viacha, mencionan que el efecto del tipo de uso del suelo en la comparación de medias Duncan al 5 % de significancia para la variable de respuesta UFC's, por el efecto del tipo de uso del suelo muestran diferencias estadísticas entre tratamientos, en primer lugar, las UFC's forman tres grupos, el cual los Suelos con Cultivos presentan mayor UFC's con 7.96×10^{-4} y forma el primer grupo. El segundo grupo forma los Suelos en Descanso y Suelos Naturales que son similares estadísticamente con 6.6×10^{-4} y 5.97×10^{-4} UFC's. El Suelo sin cobertura presenta menor cantidad de UFC con 5.66×10^{-4} (Fernando et al. 2017). Corroborando este comportamiento lo que demuestra en la figura 53 en donde en análisis inicial y el testigo tiene 0 y 1×10^{-3} UFC**/g suelo (número de colonias por gramo por suelo) respectivamente.



Fuente: autor 2020

Figura 29. Colonias de *Penicillium sp.* en las tres repeticiones en la interacción Variedad y Densidad Semilla

En el estudio Identificación Morfológica y Molecular de *Penicillium oxalicum* Causante de Pudrición de Tallos y Frutos de Tomate cuyo autor fue Allende Molar et al., 2013; se utilizaron características morfológicas y moleculares y se complementan y confirman la identificación de la especie de *Penicillium* involucrada en la enfermedad en tallos y frutos de tomate. Es un hongo fitopatógeno que se encontraba en el suelo antes y después de la investigación, en algunos casos como se puede ver en la figura 19 la presencia de *Penicillium sp.* en el análisis inicial fue de 1×10^{-3} UFC**/g suelo y en INIAP 450 con una densidad de 90 kg/ha se encontró 5×10^{-3} UFC**/g suelo, Se debió a las variables agronómicas en estudio por ejemplo el INIAP 450 con una densidad de 120 kg/ha en la variable materia verde la mejor media se obtuvo 140,48 g esto permitió que el proceso de descomposición haya más temperatura y por ende la muerte de los hongos en el suelo.

CONCLUSIONES

- En el lugar de investigación no se observaron diferencias entre variedades y densidades de siembra en los factores agronómicos en estudio; altura de planta, diámetro del tallo, ramificaciones, nódulos radiculares, materia verde, cobertura número de plantas y en Biomasa en verde. La variedad Guaranguito fue la que más aportó en Biomasa para ser incorporada al suelo.
- Una vez incorporado la biomasa al suelo se determinaron las características físicas, químicas y biológicas del suelo, en las dos variedades y densidades de siembra no se observaron diferencias, las mismas que no fueron influenciadas por los abonos verdes, ya que fue un práctica de corto plazo, si bien es cierto en los parámetros físicos existen datos por encima o debajo de los límites críticos presentando limitaciones, en los parámetros químicos habido un incremento con el aporte de la biomasa pero el pH del suelo sigue siendo alcalinos, los minerales no se encuentran disponibles y en las características biológicas antes de la investigación encontramos microorganismos patógenos, en el análisis final además de microorganismos patógenos también microorganismos benéficos.

RECOMENDACIONES

- Continuar con las investigaciones ya que la recuperación de un suelo es un proceso muy largo y solo así se podrá obtener cambios más notorios en el suelo.
- Para la recuperación de suelos recomiendo realizar una rotación de cultivos con manejo sustentable de suelos.
- Establecer los parámetros de evaluación agronómicos, físicas, químicas y biológicas para obtener información del proceso de recuperación y conservación de suelos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agostini, F., E. Sparvoli y De Siena C. 2003. Improving the physical properties of soil From the Biancana Badlands, Tuscany, Italy, by the use of amendment materials. *Soil Use and Management* 19:270-272.
- Aloyokhin, A. y R. Atildan. 2005. Reduced fitness of the Colorado potato beetle (Coleoptera:Chysomelidae) on potato grown in manure-amended soil. *Environ. Entomol.* 34(4):963-968
- Almeida, F., E. Sparvoli y De Seina C. 2003. Improving the physical properties of soil from the Biancana Badlands, Tuscany, Italy, by the use of amendment materials. *Soil Use and Management* 19:270-272.
- Álvarez, M., García M. y Trejo E. 1995. Los abonos verdes: Una alternativa natural y económica para la agricultura. *Cultivos tropicales* 16(3):9-24. Cuba
- Agostini, F., E. Sparvoli y De Siena C. 2003. Improving the physical properties of soil From the Biancana Badlands, Tuscany, Italy, by the use of amendment materials. *Soil Use and Management* 19:270-272.
- Aguilera, S. M. (2000). Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos. Simposio Proyecto Ley Protección de suelo. Boletín N° 14. Valdivia, Chile. P 77-85.
- Aloyokhin, A. y R. Atildan. 2005. Reduced fitness of the Colorado potato beetle (Coleoptera:Chysomelidae) on potato grown in manure-amended soil. *Environ. Entomol.* 34(4):963-968
- Almeida, F., E. Sparvoli y De Seina C. 2003. Improving the physical properties of soil from the Biancana Badlands, Tuscany, Italy, by the use of amendment materials. *Soil Use and Management* 19:270-272.
- Álvarez, M., García M. y Trejo E. 1995. Los abonos verdes: Una alternativa natural y económica para la agricultura. *Cultivos tropicales* 16(3):9-24. Cuba
- Allende Molar, Raúl, Paola Alejandra Picos Muñoz, Isidro Márquez Zequera, José Armando Carrillo Fasío, Raymundo Saúl García Estrada, y Josefina León Félix. 2013. «Identificación Morfológica y Molecular de *Penicillium oxalicum* Causante de Pudrición de Tallos y Frutos de Tomate». *Revista mexicana de fitopatología* 31 (1): 13-19.
- Barbecho, J. y Calle, j. (2012). Caracterización de la conductividad hidráulica de los suelos de la subcuenca de río Tarqui

- Beltrán-Morales, F. A., García-Hernández, J. L., Valdez-Cepeda, R. D., Murillo-Amador, B., Troyo-Diéguez, E., Larrinaga-Mayoral, J. Á., & Beltrán-Morales, L. F. (2006). Efecto de sistemas de labranza e incorporación de abono verde (*lablab purpureus* L) sobre la respiración edáfica en un yermosol háplico. *Interciencia*, 31(3), 226-230.
- Bertsh, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. 1 ed. San José, Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 157p.
- BIOGROWEB. 2018. «Qué fechas y especies elegir para abonos verdes». Biogroweb (blog). 24 de enero de 2018. <https://biogroweb.com/fertilizacion/abonos-verdes/que-fechas-y-especies-elegir-para-abonos-verdes/>.
- Blackshaw, R.E., J.R. Moyer, R.C. Doram y A.L. Boswell. 2001. Yellow sweetclover, green manure and its residues effectively suppress weeds during fallow. *Weed Science* 49:406-413.
- Blake, G., y Hartge, K. (1986). Bulk Density. En, A. Klute (Ed.), *Methods of soil analysis*. Part 1 (p. 363-375).
- Bravo, C., Lozano, Z., Hernandez, R. M., Piñango, L. y Moreno, B. (2004). Efecto de Diferentes especies de cobertura sobre las propiedades físicas de un suelo de sabana con siembra directa de maíz. *Bioooooagro*, 16(3):163-172.
- Bravo, C., Torres, B., Alemán, R., Changoluisa, D., Marín, H., Freile, J.... Navarrete, H. (2017 a). Indicadores de calidad física y carbono orgánico en suelos de la región Amazónica Ecuatoriana bajo diferentes usos de la tierra. Paper presented at the Simposio Internacional sobre manejo sostenible de tierras y seguridad alimentaria-Ecuador.
- Bravo, C., Ramirez, A., Marín, H., Torres, B., Alemán, R., Torres, R., Navarrete, H. y Changoluisa, D. (2017 b). Factores asociados a la fertilidad del suelo en diferente uso de suelo de la Región Amazónica Ecuatoriana. Volumen 18 N°11.
- Buciené, A., A. Slepeliene, D. Simanskaire y B. Butkute. 2003. Changes in soil properties under high-and low-input cropping systems in Lithuania. *Soil use and management* vol 19:291-297.
- Caicedo V., Carlos, Angel Murillo I., José Pinzón Z., Eduardo Peralta I., y Marco Rivera M. 2010. «INIAP-450 Andino: Variedad de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) », octubre.

<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2584>.

- Chirinos, I. y Mattiozzo, M. (2004). Variación de la conductividad hidráulica en suelos Saturados en función de la concentración de sodio presente en residuo agroindustria. Revista de la Facultad de Agronomía, 21 (1), 1-11.
- Crespo, G., Ruiz T. E. y Álvarez J. 2011. Efecto del abono verde de Tithonia (T. diversifolia) en el establecimiento y producción de forraje de P. purpureum vc. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 1, 2011. 79-85 Aniversario Cuba CT-169
- Christensen, B. T. 1985. Carbon and nitrogen in particle-size fractions isolated from Danish arable soils by ultrasonic dispersion and gravity-sedimentation. Acta Agriculturae Scandinavica 35: 175-187.
- Da Costa, M.B. 1991. Adubação verde no sul do Brasil. Río de Janeiro, Brasil. 350 P
- Da Costa-Melo, S. Nimi-Kassoma, J. Quesada-Roldán G. Dantas, Da Silva, A. Donega, A y Santos-Dias, C. T. (2018). Abonos verdes en el rendimiento del perejil y la fertilidad del suelo en Piracicaba, Brasil. Brasil. Revista Colombiana de ciencias hortícolas-Vol. 12-Nº1. – pp. 183-191.
- De NONI G., TRUJILLO G. 1986. La erosión actual y potencial en Ecuador: Localización, manifestaciones y causas. Nº6. Ecuador 98p.
- Derpsch, R, Sidiras, N. y Heinzmann, F.X. 1985. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. Pesq. Agropec. Bras. Brasília,20(7):761-73.
- Diaz, A. (2016). Impacto ambiental del cambio de uso de suelo sobre los parámetros Edáficos en la reserva de Biosfera Sumaco, Provincia de Napo (tesis Pregrado) Universidad Estatal, Pastaza.
- Fernando, Pacasa-Quisbert, Loza-Murguía Manuel Gregorio, Bonifacio-Flores Alejandro, VINO-NINA Lourdes, y Serrano-Canaviri Teófilo. 2017. «Comunidad de hongos filamentosos en suelos del Agroecosistema de K'iphak'iphani, Comunidad Choquenaira-Viacha Filamentous soil fungi communities on K'iphak'iphani agroecosystems, Choquenaira-Viacha Municipality» 8 (1): 24.
- Franco, I., (2014). Expansão da cana-de-açúcar na microrregião sudoeste de Goiás: análise espacial das mudanças do uso e cobertura do solo nos anos de 2001, 2006 e 2011. Boletim Goiano de Geografia, 34(3), 481-499.

- Galantini, J. A. (2002). Contenido y calidad de las fracciones orgánicas del suelo bajo Rotaciones con trigo en la región semiárida pampeana. INTA, Argentina. RIA, 30, 125-146.
- García-Hernández, J.L., E TRoyo Diéguez y B. Murillo Amador. Apuntes de la labranza y Conservación. 2000. Publicación para la Transferencia y divulgación N°3. Centro de Investigación Biológicas del Nor este S.C. 56 pp.
- García R. M. 1997. Contribución al estudio y utilización de los abonos verdes en cultivos económicos desarrollados sobre suelos Ferralíticos rojos en las condiciones de Cuba. Tesis de doctorado. Instituto Superior de Ciencias Agrícolas de la Habana. Cuba
- García, Margarita. s. f. «LOS ABONOS VERDES: UNA ALTERNATIVA PARA LA ECONOMIA DEL NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE LA PAPA. II. EFECTO DE LA INTERACCIÓN ABONO VERDE-DOSIS DE NITRÓGENO», 8.
- González, Yolanda, J. Reino, y Odalys Toral. 2011. «Calidad de las semillas de accesiones de leguminosas colectadas en la región oriental de Cuba (Nota técnica) ». Pastos y Forrajes 34 (1): 29-35.
- González-Barrios, J. L., González -Cervantes, G. y Chávez- Ramírez, E. (2012). Porosidad del suelo en tres superficies típicas de la cuenca del río Nazas. Tecnología y ciencias de agua, 3(1), 21-32.
- Goyes, F. R. (2018). Cambio de uso de la tierra y fertilidad edáfica en la zona alta de la cuenca del río Napo. Puyo-Ecuador. 108 p.
- Gutiérrez, F. A. A., & Rincón, L. E. C. (2012). Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 14(1), 285-295.
- Gutiérrez-Castorena, M. D. C., Hernández-Escobar, J., Ortiz – Solorio, C. A., Anicua-Sánchez, R. y Hernpandez-Lara, M. E. (2011). Relación porosidad-retención de humedad en mezclas de sustratos y su efecto sobre variables respuestas de plántulas de lechuga. *Revistas Chapingo. Serie horticultura*, 17, 183-196.
- Hassink, J. 1997. The capacity of soils to preserve organic C and N by their association with clay and silt particles. *Plant and Soil* 191:77-87.
- Infoagro. 2016. El boro en el suelo. (2016, diciembre 14). *Revista Infoagro México*. <https://mexico.infoagro.com/el-boro-en-el-suelo/>
- Igue, K. 1984. Dinámica da materia organica e seus efeitos na propriedade do solo.

- Pp232-267. In: Adubo verde no Brasil. Fundacao Cargill. Campinas SP. Brasil.
- Kristensen, K. T. 20016. Root growth and nitrogen upptake of carrot, early cabbage, onion and lettuce following a range of green manures. *Soil use and management*. 22:29-38.
- Kumar SRS y Rao KVB. 2012. Biological nitrogen fixation: A Review. *International Journal of Advanced Life Sciences*. Vol. (1):1-6. Fecha de consulta 14/04/2015 en: https://www.academia.edu/2230130/Biological_Nitrogen_Fixation_A_Review
- Lonasco, Haydee Danitza Limachi. 2018. «EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA DE TRES MUNICIPIOS CIRCUNDANTES AL LAGO TITICACA», 127.
- Malavolta, E. 1989. Nutricao mineral, calagem, genssagen e edubacao dos citrus. Asociacao Brasileira para pesquisa du potassa e do fosfato. Brasil
- McLean, E. (1965). Aluminium. En, C. Black (Ed.), *Methods of soil analysis*. Agronomy No. 9. Part II (pp. 978-998). Madison, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy.
- Mantovanelli, B., Silva, D., Campos, M., Gomes, R., Soares, M., y Santos, L. (2015). Avaliação dos atributos do solo sob diferentes usos na região de Humaitá, Amazonas. *Revista de Ciencias Agrarias*, 58(2), 122-130.
- Martín, Gloria M., y Ramón Rivera. 2015. «Influencia de la inoculación micorrízica en los abonos verdes. Efecto sobre el cultivo principal. Estudio de caso: el maíz». *Cultivos Tropicales* 36: 34-50.
- Matus, F.J. and Rodriguez, J. 1994. A simple model for estimating the contribution of nitrogen mineralization to the nitrogen supply of crops from a stabilized pool of soil organic matter and recent organic input. *Plant and Soil* 162: 259-271.
- Mehari. A., F.A. Mrema y M. Weih. 2005. The suitability of *Acacia tortilis* as an alternative tree manure crop to *Leucaena leucocephala* in sub-Saharan Africa. *Afr. J. Ecol.* 43:162-165.
- Mera K., Mario. García D. Juan Carlos. Alcalde R. José Miguel. 2010. Establecimiento del Lupino. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40482.pdf>.
- Methods of Analysis*. En: MR Carter (ed.) *Canadian Society of Soil Science*. Lewis Publishers. pp. 637-652.

- Mikkelsen, R. 2010. Soil and Fertilizer Magnesium. *Better Crops* 94(2):26-28.
- Muñoz, David Alejandro. 2016. Diagnóstico de la degradación de los suelos en cultivos de arroz riego intermitente y secano bajo el sistema de labranza tradicional aplicado, en los llanos del Casanare. Colombia. 134 p.
- Muraoka, T., Ambrosano, E. J., Zapata, F., Bortoletto, N. & Martins, A.L.M. 2002. Eficiencia de abonos verdes (crotalaria y mucuna) y urea, aplicados solos o conjuntamente, como fuentes de N para el cultivo de arroz. *Terra* 20:17
- Nelson, D., y Sommers, L. (1982). Total carbon, organic carbon, and organic matter. En, A. Page (Ed.), *Methods of soil analysis. Part 2* (p. 539-580).
- Oliver Cortez, Jonhy Cesar. 2017. Producción de biomasa de haba (visa faba L.) para abono verde bajo tres densidades de plantación en el Centro experimental Cota Cota. *Revista de la carrera de Ingeniería Agronómica-UMSA. Apathapi* 3(1): 30-49. ISSN:2519.9382.
- Peralta I., Eduardo, Marco Rivera M., Angel Murillo I., Nelson Mazón, y Carlos Monar B. 2010. «INIAP-451 Guaranguito: Nueva variedad de chocho para la provincia Bolívar», julio. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/330>.
- Peralta I., Eduardo, Marco Rivera M., Angel Murillo I., Nelson Mazón, y Carlos Monar B. 2012. «Manual Agrícola de granos andinos », noviembre. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/330>.
- Pla, I. (2010). Medición y evaluación de propiedades físicas de los suelos. Dificultades y errores más frecuentes. I-Propiedades mecánicas. *Suelos Ecuatoriales*, 40(2), 75-93.
- Retana, K., Ramírez-Coché, J. A., Castro, O., & Blanco-Meneses, M. (2018). Caracterización morfológica y molecular de *Fusarium oxysporum* F. SP. Apii asociado a la marchitez del apio en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 42(1). <https://doi.org/10.15517/rac.v42i1.32199>
- Rubio-Gutiérrez, A. (2010). La densidad aparente en suelos forestales del parque nacional los alcornocales. Universidad de Sevilla. Sevilla. España
- Salamanca, A. y Sadeghian, S. (2006). La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetalera de colombiana. *Cenicafé* 56(4):381-397.
- Sarango T., S. E. (2018). Evaluación del comportamiento de dos variedades (andino y guaranguito) de chocho (*Lupinus mutabilis sweet*) a cuatro densidades de siembra en el sector salache bajo “CAREN”, parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga, provincia

- Cotopaxi. Lzatacunga. Ecuador. Universidad Técnica de Cotopaxi. 79p.
- Shaver, T., Peterson, G., Ahuja, L., Westfall, D., Sherrod, L., y Dunn, G. (2002). Surface soil physical properties after twelve years of dryland no-till management. *Soil Science Society of America Journal*, 66(4), 1296-1303.
- Siqueira, C. (2017). Atributos do solo e estoques de carbono em sistemas agroflorestais na restauração de áreas degradadas. (Tesis de maestría). Instituto Agronômico, Campinas, Brasil.
- Snyder, W. C., & Hansen, H. N. (2017). MANEJO INTEGRADO DE LA MARCHITEZ VASCULAR DEL. 12.
- Sokal, R., y Rohlf, F. (1997). *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research*. 3d. ed. New York, USA: Freeman and Company.
- Tovar, Ing José Miño. s. f. «ANA LUCIA CHASI CAISAGUANO HIPATIA MARCELA MUSO DEFAZ», 128.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo inicial

	ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693	
---	---	---

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO Nombre : Guadalupe Lopez Dirección : Latacunga Ciudad : Teléfono : Fax :	DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : UTC Provincia : Cotopaxi Cantón : Latacunga Parroquia : Salache Ubicación :	PARA USO DEL LABORATORIO Cultivo Actual : Chocho Fecha de Muestreo : 25/04/2019 Fecha de Ingreso : 26/07/2019 Fecha de Salida : 23/07/2019
--	--	---

N° Muest. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm			meq/100ml			ppm				
			NH4	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
111491	Terraza 1	9,86 AI	12,00 B	7,00 B	7,50 B	2,94 A	12,60 A	2,09 A	0,4 B	2,3 M	25,0 M	0,4 B	1,10 M
111492	Terraza 2	10,01 AI	4,00 B	5,90 B	6,40 B	3,78 A	12,57 A	1,89 M	0,5 B	3,0 M	30,0 M	0,7 B	0,90 B

INTERPRETACION		
pH	Elementos	
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo
LAc = Liger. Acido	LAI = Lige. Alcalino	M = Medio
PN = Prac. Neutro	AI = Alcalino	A = Alto
RC = Requieren Cal		T = Tóxico (Boro)

METODOLOGIA USADA		
pH = Suelo: agua (1:2,5)	P K Ca Mg	- Olsen Modificado
S, B = Fosfato de Calcio	Cu Fe Mn Zn	- Olsen Modificado
	B	- Curcumina


RESPONSABLE LABORATORIO


LABORATORISTA

	ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693	
---	---	---

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO Nombre : Guadalupe Lopez Dirección : Latacunga Ciudad : Teléfono : Fax :	DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : UTC Provincia : Cotopaxi Cantón : Latacunga Parroquia : Salache Ubicación :	PARA USO DEL LABORATORIO Cultivo Actual : Chocho Fecha de Muestreo : 25/04/2019 Fecha de Ingreso : 26/07/2019 Fecha de Salida : 23/07/2019
--	--	---

N° Muest. Laborat.	meq/100ml			dS/m	C.E.		M.O.		Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	%	ppm	Textura (%)			Clase Textural	
	Al+H	AI	Na		C.E.	M.O.	Mg	K							K	Σ Bases	NTot		Cl
111491								1,10 B	6,03	0,71	5,00	17,63				49	40	11	Franco
111492								1,00 B	6,65	0,50	3,83	18,24				49	40	11	Franco

INTERPRETACION			
Al+H, AI y Na	C.E.		M.O. y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio
T = Tóxico			A = Alto

ABREVIATURAS	
C.E.	= Conductividad Eléctrica
M.O.	= Materia Orgánica
RAS	= Relación de Adsorción de Sodio

METODOLOGIA USADA	
C.E.	= Pasta Saturada
M.O.	= Dicromato de Potasio
Al+H	= Titulación NaOH


RESPONSABLE LABORATORIO


LABORATORISTA

Anexo 2. Análisis de suelo Final


 INIAP <small>INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS</small>	ESTACION EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS Km. 14 1/2 Panamericana Sur, Apdo. 17-01-340 Quito- Ecuador Telf.: 690-691/92/93 Fax: 690-693	
--	---	---

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO Nombre : ANDRÉS CRUZ Dirección : LATACUNGA Ciudad : Teléfono : 0984519333 Fax :	DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : SALACHE Provincia : COTOPAXI Cantón : LATACUNGA Parroquia : SALACHE Ubicación :	PARA USO DEL LABORATORIO Cultivo Actual : Fecha de Muestreo : 17/02/2020 Fecha de Ingreso : 17/02/2020 Fecha de Salida : 05/03/2020
---	--	--

N° Muest. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm			meq/100ml			ppm				
			NH ₄	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
20-0678	R1-VID1	9,88 AI	6,90 B	30,00 A	17,00 M	2,70 A	8,70 A	2,20 A	1,6 B	3,7 M	20,0 M	0,6 B	0,70 M
20-0679	R1-VID2	9,97 AI	4,20 B	16,00 M	11,00 M	2,80 A	8,70 A	2,10 A	1,4 B	4,0 M	21,0 M	0,7 B	0,60 B
20-0680	R1-VID3	9,91 AI	17,00 B	29,00 A	11,00 M	3,00 A	8,90 A	2,30 A	2,0 M	4,5 A	25,0 M	0,6 B	0,90 B
20-0681	R1-V2D1	9,86 AI	9,50 B	35,00 A	15,00 M	3,10 A	8,50 A	2,40 A	1,8 B	4,1 A	23,0 M	0,5 B	1,00 M
20-0682	R1-V2D2	10,05 AI	9,50 B	26,00 A	24,00 A	2,80 A	8,90 A	2,00 M	0,8 B	3,4 M	22,0 M	0,8 B	0,60 B
20-0683	R1-V2D3	9,85 AI	22,00 B	20,00 M	12,00 M	2,60 A	9,00 A	2,10 A	1,1 B	2,7 M	23,0 M	0,5 B	0,50 B
20-0684	R2-V1D1	9,82 AI	4,20 B	25,00 A	13,00 M	3,40 A	8,40 A	2,30 A	1,1 B	4,5 A	21,0 M	0,6 B	1,00 M
20-0685	R2-V1D2	9,88 AI	4,20 B	28,00 A	30,00 A	3,10 A	8,50 A	2,30 A	2,5 M	3,8 M	20,0 M	0,7 B	1,10 M
20-0686	R2-V1D3	9,89 AI	10,00 B	32,00 A	26,00 A	3,50 A	8,40 A	2,50 A	1,4 B	3,5 M	25,0 M	0,5 B	1,20 M
20-0687	R2-V2D1	9,76 AI	13,00 B	27,00 A	22,00 A	2,60 A	8,80 A	2,30 A	1,9 B	4,7 A	23,0 M	0,8 B	1,60 M
20-0688	R2-V2D2	9,74 AI	24,00 B	26,00 A	27,00 A	2,40 A	8,50 A	2,10 A	1,2 B	5,7 A	22,0 M	0,5 B	2,30 A
20-0689	R2-V2D3	9,83 AI	20,00 B	27,00 A	32,00 A	2,40 A	8,20 A	1,90 M	1,4 B	5,4 A	24,0 M	0,9 B	2,20 A
20-0690	R3-V1D1	9,76 AI	23,00 B	24,00 A	39,00 A	2,60 A	8,50 A	2,30 A	1,0 B	5,3 A	23,0 M	0,6 B	1,80 M
20-0691	R3-V1D2	9,64 AI	9,50 B	24,00 A	19,00 M	2,90 A	8,60 A	2,60 A	0,8 B	5,2 A	22,0 M	0,4 B	2,50 A
20-0692	R3-V1D3	9,66 AI	13,00 B	21,00 A	23,00 A	2,50 A	16,00 A	2,60 A	1,0 B	3,6 M	23,0 M	0,5 B	2,40 A
20-0693	R3-V2D1	9,66 AI	4,20 B	24,00 A	22,00 A	2,90 A	16,20 A	2,60 A	1,1 B	4,9 A	20,0 M	0,8 B	3,00 A
20-0694	R3-V2D2	9,70 AI	8,60 B	20,00 M	18,00 M	2,60 A	16,10 A	2,50 A	1,0 B	3,8 M	21,0 M	0,9 B	2,60 A
20-0695	R3-V2D3	9,70 AI	4,20 B	38,00 A	27,00 A	2,80 A	14,30 A	2,50 A	0,9 B	3,4 M	20,0 M	0,6 B	3,40 A
20-0696	TO	9,50 AI	12,00 B	13,00 M	16,90 M	2,10 A	13,70 A	1,80 M	1,0 B	4,5 A	23,0 M	0,8 B	1,60 M


RESPONSABLE LABORATORIO


 DPTO. MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
 ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
 Panamericana Sur Km. 1
 Quito Ecuador
 Telefax 2690-694


LABORATORISTA

Anexo 3. Análisis de suelo inicial. Microbiológico

INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
DEPARTAMENTO NACIONAL DE PROTECCIÓN VEGETAL

CATEGORIA	N°
M	081

DATOS DE INGRESO DE LA MUESTRA				
N° Muestras	Tipo de análisis	Fecha de ingreso de muestra	N° Proforma	
1	(M) Micológico-suelo	20-06-2019	PV-189	
	(B) Bacteriológico			
	(V) Viroológico	Fecha pago de Factura	N° Factura	
	(NS) Nematológico (suelos)	05-07-2019	000638	
	(NR) Nematológico (raíces)	Recibido por: Ma. Luisa Insusti		
	(C) Calidad de P. Biológicos			
DATOS DEL REMITENTE				
Nombre del remitente	Guadalupe López			
Empresa	Universidad Técnica de Cotopaxi			
RUC/CI	1801902907			
Dirección	Latacunga			
Teléfonos	0984519333			
E-mail	guadalupe.lopez@utc.edu.ec			
CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO				
Cultivo:	Variedad:	Edad:		
Estado de desarrollo				
Sistema del cultivo	Monocultivo:	Asociado:		
Rotación				
Localización			Cultivo anterior:	
DESCRIPCIÓN DE LA ENFERMEDAD				
Partes de la planta afectadas				
Intensidad del ataque				
Distribución de la enfermedad				
Posible causa de la enfermedad				
Síntomas:				
PRODUCTOS COMERCIALES APLICADOS EN LOS 15 ÚLTIMOS DÍAS				
Plaguicidas	Herbicidas	Fertilizantes	Biofertilizantes	Otros
Observaciones: Análisis de una muestra de suelo para identificación de hongos.				



RESULTADOS M081

Muestra analizada	Metodología y/o medio de cultivo	Tipo análisis	Dilución	Resultados del análisis	
				Organismo a identificar	UFC**/g suelo
Suelo	PDA-CMA-EMA *	Hongos	10 ⁻³	<i>Penicillium</i> sp.	1
Terraza 1				<i>Metarhizium</i> sp.	1
				<i>Fusarium</i> sp.	2
			<i>Verticillium</i> sp.	18	
			<i>Phialophora</i> sp.	99	
			<i>Paecilomyces</i> sp.	1	
			10 ⁻⁴	<i>Phialophora</i> sp.	9
<i>Fusarium</i> sp.				1	
<i>Verticillium</i> sp.				0	
10 ⁻⁵	<i>Phialophora</i> sp.	2			
<p>* Medios de cultivo para hongos: FDA = Fope dextrosa agar. CMA= Carn meal agar. EMA=Extracto de malta agar. ** Número de colonias por gramo de suelo.</p> <p>Observaciones: Hay especies de <i>Verticillium</i> que pueden ser patógenas sin embargo hay otras que son controladores biológicos o saprofitas. <i>Metarhizium</i> sp y <i>Paecilomyces</i> sp son agentes de biocontrol. <i>Fusarium</i> es un género muy extenso, hay especies que pueden ser patógenas o saprofitas. <i>Penicillium</i> sp y <i>Phialophora</i> sp se encuentran formando parte de la microbiota del suelo.</p>					
<p>DRA. MARIA LUISA INSUASTI A. RESP. DPTO. PROTECCION VEGETAL</p>			<p>DRA. PAULINA CABEZAS P. LABORATORISTA FITOPATOLOGIA</p>		

Anexo 4. Análisis de suelo final. Microbiológico

INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
DEPARTAMENTO NACIONAL DE PROTECCIÓN VEGETAL

CATEGORIA	N°
M	35

DATOS DE INGRESO DE LA MUESTRA				
N° Muestras	Tipo de análisis	Fecha de ingreso de muestra	N° Proforma	
1	(M) Micológico-suelo	09-02-2020	PV-255	
	(B) Bacteriológico			
	(V) Viroológico	Fecha pago de Factura	N° Factura	
	(NS) Nematológico (suelos)	19-02-2020	007947	
	(NR) Nematológico (raíces)	Recibido por: Ma. Luisa Insuasti		
	(C) Calidad de P. Biológicos			
DATOS DEL REMITENTE				
Nombre del remitente	Universidad Técnica de Cotopaxi			
Empresa				
RUC/CI	0560001270001			
Dirección	Av Simón Rodríguez - Latacunga			
Teléfonos	0995285743			
E-mail	guadalupe.lopez@utc.edu.ec contratacion publica@utc.edu.ec			
CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO				
Cultivo:	Variedad:	Edad:		
Estado de desarrollo				
Sistema del cultivo	Monocultivo:	Asociado:		
Rotación				
Localización			Cultivo anterior:	
DESCRIPCIÓN DE LA ENFERMEDAD				
Partes de la planta afectadas				
Intensidad del ataque				
Distribución de la enfermedad				
Posible causa de la enfermedad				
Síntomas:				
PRODUCTOS COMERCIALES APLICADOS EN LOS 15 ÚLTIMOS DÍAS				
Plaguicidas	Herbicidas	Fertilizantes	Biofertilizantes	Otros
Observaciones: Análisis de una muestra de suelo para identificación de hongos.				



RÉSULTADOS M081

Muestra analizada	Metodología y/o medio de cultivo	Tipo análisis	Dilución	Resultados del análisis	
				Organismo a identificar	UFC**/g suelo
Suelo	PDA-CMA-EMA *	Hongos	10 ⁻³	<i>Penicillium</i> sp.	1
Terraza]				<i>Metarhizium</i> sp.	1
				<i>Fusarium</i> sp.	2
				<i>Verticillium</i> sp.	18
				<i>Phialophora</i> sp.	99
<i>Paecilomyces</i> sp.				1	
10 ⁻⁴			<i>Phialophora</i> sp.	9	
			<i>Fusarium</i> sp.	1	
			<i>Verticillium</i> sp.	0	
			10 ⁻⁵	<i>Phialophora</i> sp.	2

* Medios de cultivo para hongos: PDA = Papa dextrosa agar, CMA= Corn meal agar, EMA=Extracto de malto agar.
** Número de colonias por gramo de suelo.

Observaciones:

Hay especies de *Verticillium* que pueden ser patógenas sin embargo hay otras que son controladores biológicos o saprofitas. *Metarhizium* sp y *Paecilomyces* sp son agentes de biocontrol. *Fusarium* es un género muy extenso, hay especies que pueden ser patógenas o saprofitas. *Penicillium* sp y *Phialophora* sp se encuentran formando parte de la microbiota del suelo.

DRA. MARIA LUISA INSUASTI A.
RESP. DPTO. PROTECCION VEGETAL

DRA. PAULINA CABEZAS P.
LABORATORISTA FITOPATOLOGÍA

Anexo 5. Las medias de las características agronómicas en altura de planta (cm), diámetro de tallo (mm), número de ramas (N°), cobertura de plantas (N°), materia verde (g), biomasa (g) y número de nódulos radiculares (N°).

Tratamientos	Altura de planta (cm)	Diámetro (mm)	Número ramas N°	Cobertura de plantas N°	Materia verde (g)	Biomasa (g)	Número de nódulos radiculares N°
Variedad (V1)	20,39 a	5,42 a	5,01 a	32,75 a	91,52 a	235,88 a	1,75 a
Variedad (V2)	19,37 a	5,20 a	5,01 a	31,75 a	103,32 a	251,78 a	3,06 a
p-valor	0,6735	0,5312	0,9999	0,7678	0,8328	0,9654	63,61
Densidad (D1)	19,95 a	5,28 a	5,26 a	32,6 a	122,92 a	313,66 a	3,1 a
Densidad (D2)	18,07 a	4,98 a	4,04 a	31 a	81,3 a	224,52 a	1,7 a
Densidad (D3)	21,33 a	5,61 a	5,62 a	33 a	89,61 a	201,74 a	2,42 a
p-valor	0,5074	0,4061	0,1593	0,8817	0,3973	0,2027	0,5417
V1*D1	21,40 a	5,30 a	5,63 a	33,67 a	100,49 a	294,61 a	2,5 a
V1*D2	20,25 a	4,70 a	3,70 a	29,5 a	118,07 a	346,59 a	1 a
V1*D3	19,47 a	5,43 a	5,27 a	34 a	56,88 a	126,09 a	2 a
V2*D1	17,78 a	5,25 a	4,70 a	31 a	131,01 a	340,57 a	3,5 a
V2*D2	16,61 a	5,17 a	4,27 a	32 a	56,79 a	143,14 a	3 a
V2*D3	23,18 a	5,79 a	5,97 a	32 a	140,48 a	325,08 a	3,67 a
p-valor	0,357	0,9569	0,484	1,7664	0,1749	0,0533	0,7705

Fuente: autor 2020

Anexo 6. Medias para Conductividad hidráulica saturada (Ksat, cm h⁻¹) en Variedades

Conductividad hidráulica saturada (Ksat, cm h⁻¹)			
	0-10 cm	10-20cm	20-30cm
Variedad (V1)	0,51a	0,57a	1,2a
Variedad (V2)	1,03a	0,86a	1,87a
p-valor	0,2321	0,4158	0,534
Densidad (D1)	0,66a	0,65a	1,98a
Densidad (D2)	0,64a	0,38a	0,46a
Densidad (D3)	1,01a	1,12a	2,16a
p-valor	0,7009	0,2536	0,385
Testigo	1,28	0,86	1,27

Fuente: autor 2020

Anexo 7. Medias para Densidad Aparente (Da) para Variedades y Densidades de Siembra

Densidad Aparente (Da) Mg m⁻³			
	0-10 cm	10-20cm	20-30cm
Variedad (V1)	1,18a	1,19a	1,1b
Variedad (V2)	1,16a	1,12a	1,24a
p-valor	0,6821	0,2012	0,0287
Densidad (D1)	1,18a	1,1a	1,06b
Densidad (D2)	1,16a	1,18a	1,19ab
Densidad (D3)	1,18a	1,19a	1,27a
p-valor	0,6985	0,3079	0,0253
Testigo	1,306	1,233	1,249

Fuente: autor 2020

Anexo 8. Medias para Porosidad total (Pt) % para Variedades y Densidad de Siembra

	Porosidad Total (Pt) %		
	0-10 cm	10-20cm	20-30cm
Variedad (V1)	39, 57a	40, 38a	37,23b
Variedad (V2)	41, 37a	40, 81a	41, 78a
p-valor	0,2669	0,8365	0,0047
Densidad (D1)	37, 41a	38, 16a	37, 62a
Densidad (D2)	42, 1a	41, 91a	40, 91a
Densidad (D3)	41, 89a	41, 72a	39, 98a
p-valor	0,0525	0,2819	0,1402
Testigo	43,14	37,05	42,01

Fuente: autor 2020

Anexo 9. Medias para Porosidad de aireación (Pa) % para Variedades y Densidad de Siembra

	Porosidad de Aireación (Pa) %		
	0-10 cm	10-20cm	20-30cm
Variedad (V1)	3, 95a	5, 15a	4, 21a
Variedad (V2)	4, 76a	5, 51a	4, 38a
p-valor	0,7952	0,0669	0,8715
Densidad (D1)	4,06a	5, 5a	4,03a
Densidad (D2)	3, 86a	4,04a	3, 87a
Densidad (D3)	5, 14a	6, 46a	4, 98a
p-valor	0,3683	0,0533	0,6723
Testigo	6,32	3,32	1,56

Fuente: autor 2020

Anexo 10. Medias para Porosidad de retención (Pr)% para Variedades y Densidad de Siembra

	Porosidad de Retención (Pr)%		
	0-10 cm	10-20cm	20-30cm
Variedad (V1)	35, 63a	34, 87a	33,02b
Variedad (V2)	36, 61a	35, 66a	37, 39a
p-valor	0,541	0,5823	0,0026
Densidad (D1)	33, 35a	32,66	32,64b
Densidad (D2)	38, 24a	37, 68a	36,88ab
Densidad (D3)	36, 75a	35, 45a	36, 1a
p-valor	0,0705	0,0439	0,023
Testigo	36,82	33,73	40,45

Fuente: autor 2020

Anexo 11. Medias para Materia Orgánica (M.O) y pH del suelo

	M.O	pH
Variedad (V1)	1, 21a	9, 79a
Variedad (V2)	1, 26a	9, 82a
p-valor	0,6761	0,3886
Densidad (D1)	1, 22a	9, 79a
Densidad (D2)	1, 22a	9, 83a
Densidad (D3)	1, 27a	9, 81a
p-valor	0,902	0,6075
Testigo	0,5	9,5
Inicial	1,1	9,86

Fuente: autor 2020

Anexo 12. Medias para NH₄, P, S, K, Ca y Mg en Variedades y Densidades de Siembra

	N (ppm)	P (ppm)	S (ppm)	K (meq/100ml)	Ca (meq/100ml)	Mg (meq/100ml)
Variedad (V1)	12, 78a	27a	22, 11a	2, 69a	10, 94a	2, 27a
Variedad (V2)	10, 22a	25, 44a	21a	2, 94a	9, 41a	2, 36a
p-valor	0,5051	0,6117	0,7679	0,1348	0,1592	0,1735
Densidad (D1)	10, 13a	27, 5a	21, 33a	2, 88a	9, 85a	2, 35a
Densidad (D2)	10a	23, 33a	21, 5a	2, 77a	9, 88a	2, 27a
Densidad (D3)	14, 37a	27, 83a	21, 83a	2, 8a	10, 8a	2, 32a
p-valor	0,5665	0,4186	0,7679	0,8257	0,6924	0,5488
Testigo	12	13	16,9	2,1	13,7	1,8
Inicial	12	7	7,5	2,94	12,1	2,09

Fuente: autor 2020

Anexo 13. Medias para Zn, Cu, Fe, Mn y B del suelo en Variedades y Densidades de Siembra

	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	B (ppm)
Variedad (V1)	1, 24a	4, 23a	22a	0, 7a	1, 91a
Variedad (V2)	1, 42a	4, 23a	22, 22a	0, 58a	1, 36a
p-valor	0,3567	0,9999	0,7529	0,1603	0,016
Densidad (D1)	1, 42a	4, 53a	21, 67a	0, 65a	1, 52a
Densidad (D2)	1, 28a	4, 32a	21, 33a	0, 67a	1, 62a
Densidad (D3)	1, 3a	3, 85a	23, 33a	0, 6a	1, 77a
p-valor	0,8157	0,4281	0,082	0,7857	0,5811
Testigo	1	4,5	23	0,8	1,6
Inicial	0,4	2,3	25	0,4	1,1

Fuente: autor 2020

Anexo 14. Medias para Porcentaje de Arena, Limo y Arcilla del suelo en Variedades y Densidad de siembra

	ARENA	LIMO	ARCILLA
Variedad (V1)	51,67	38,67	9,67
Variedad (V2)	51,67	38,44	9,89
p-valor	0,9999	0,8143	0,751
Densidad (D1)	50,33	39	10,67
Densidad (D2)	52	38	10
Densidad (D3)	52,67	38,67	8,67
p-valor	0,19	0,6762	0,0966
Testigo Inicial	53	38	9
	49	40	11

Fuente: autor 2020

Anexo 15. Microorganismos Benéficos y Patógenos en las diferentes diluciones en microorganismos al inicio de la investigación.

MICROORGANISMOS BENÉFICOS MICROORGANISMOS PATÓGENOS

<i>Penicillium sp.</i> 10 ⁻³	<i>Paecilomyces sp.</i> 10 ⁻³
<i>Metarhizium sp.</i> 10 ⁻³	<i>Phialophora sp.</i> 10 ⁻⁴
<i>Fusarium sp.</i> 10 ⁻³	<i>Fusarium sp.</i> 10 ⁻⁴
<i>Verticillium sp.</i> 10 ⁻³	<i>Verticillium sp.</i> 10 ⁻⁴
<i>Phialophora sp.</i> 10 ⁻³	<i>Phialophora sp.</i> 10 ⁻⁵

Fuente: autor 2020

Anexo 16. Microorganismos Benéficos y Patógenos en las diluciones de 10⁻³ en los tratamientos en estudio

MICROORGANISMOS BENÉFICOS	MICRORGANISMOS PATÓGENOS	
<i>Paecilomyces sp.</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Verticillium sp.</i>
<i>Gliocladium sp</i>	<i>Penicillium sp.</i>	<i>Pyrenochaeta sp.</i>
<i>Trichoderma sp</i>	<i>Aspergillus spp.</i>	<i>Phialophora sp.</i>
	<i>Cladosporiun sp.</i>	<i>Mortierella sp</i>
	<i>Metarhizium sp.</i>	<i>Papulaspora sp.</i>
	<i>Fusarium sp.</i>	<i>Mucor sp</i>

Fuente: autor 2020

Anexo 17. Microorganismos Benéficos y Patógenos en las diluciones de 10⁻⁴

MICROORGANISMOS BENÉFICOS	MICRORGANISMOS PATÓGENOS	
<i>Gliocladium sp</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>	<i>Geotrichum sp.</i>
<i>Paecilomyces sp.</i>	<i>Phialophora sp.</i>	<i>Cephalosporium sp.</i>
	<i>Fusarium sp.</i>	<i>Ulocladium sp.</i>
	<i>Penicillium sp.</i>	<i>Anternaria sp.</i>
	<i>Acremonium sp.</i>	<i>Aspergillus spp.</i>
	<i>Cladosporiun sp.</i>	<i>Verticillium sp.</i>

Fuente: autor 2020

Anexo 18. Microorganismos Benéficos y Patógenos en las diluciones de 10^{-5}

MICROORGANISMOS BENÉFICOS	MICROORGANISMOS PATÓGENOS
<i>Fusarium oxysporum</i>	

Fuente: autor 2020

Anexo 19. Microorganismos Benéficos y Patógenos en las diferentes diluciones en microorganismos al final, testigo no se cultivó, en la investigación

MICROORGANISMOS BENÉFICOS	MICROORGANISMOS PATÓGENOS
<i>Paecilomyces sp.</i> 10^{-3}	<i>Fusarium oxysporum</i> 10^{-3} <i>Papulaspora sp.</i> 10^{-3}
	<i>Penicillium sp.</i> 10^{-3} <i>Fusarium oxysporum</i> 10^{-4}
	<i>Verticillium sp.</i> 10^{-3} <i>Anternaria sp.</i> 10^{-4}

Fuente: autor 2020

Anexo 20. Fotografías de las actividades de campo de la Investigación.

Material de siembra y siembra



Variable Cobertura del suelo



Número de nódulos



Altura de planta



Incorporación del *Lupinus mutabilis*





Anexo 21. Fotografías toma de muestra para variables texturales

