

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE
LEONARDITA EN LA PRIMERA ETAPA DE
CRECIMIENTO DE UNA PLANTACIÓN
DE *Caesalpinia spinosa* TARA EN
HUARAL**

Presentado por:

Teresa Beatriz Medina Méndez

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO FORESTAL

Lima - Perú

2016

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para calificar la sustentación del Trabajo de Tesis, presentado por la ex-alumnade la Facultad de Ciencias Forestales, Bach. TERESA BEATRIZ MEDINA MÉNDEZ, intitulado “EFECTO DE LA APLICACIÓN DE LEONARDITA EN LA PRIMERA ETAPA DE CRECIMIENTO DE UNA PLANTACIÓN DE CAESALPINIA SPINOSA TARA EN HUARAL ”.

Oídas las respuestas a las observaciones formuladas, lo declaramos:

.....

con el calificativo de

En consecuencia queda en condición de ser considerada APTA y recibir el título de INGENIERO FORESTAL.

La Molina, 15 de diciembre del 2015

Dr.Carlos Reynel Rodríguez
Presidente

Dr.Julio Cesar Alegre Orihuela
Miembro

Ing.Rosa María Hermoza Espezúa
Miembro

Dra.María Isabel Manta Nolasco
Asesor

DEDICATORIA

A mis padres Pedro Medina Romero y María Teresa Méndez

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento:

A Dios porque de El viene todo lo bueno, por darme fe, paciencia y perseverancia en todo este tiempo.

Y Él me ha dicho: Te basta mi gracia, pues mi poder se perfecciona en la debilidad. Por tanto, muy gustosamente me gloriaré más bien en mis debilidades, para que el poder de Cristo more en mí. (2 Corintios 12:9)

A mis padres Pedro Medina Romero y María Teresa Méndez por su apoyo constante en todo momento, por su preocupación en que terminé esta investigación, por sus consejos y por alegrarse en cada logro que tengo.

A mis hermanos, Pati a la que quiero mucho por darme ánimo en todo momento y por estar muy pendiente de mí aunque ella este en el extranjero, a mi hermano Martín por su apoyo y su ejemplo como profesional a mi hermano Carlos quien fue el que más me alentó a culminar la tesis, siempre pendiente en cada paso que daba, por sus buenos consejos hasta el último momento, por sus palabras de aliento y cariño.

A mi asesora la Doctora Maria Isabel Manta por el tiempo que dedico a guiarme y por aportar de su amplio conocimiento en mejorar este trabajo, al Doctor Julio Alegre por su apoyo para que se logre una buena investigación, por sus recomendaciones y sugerencias, por la amabilidad de prestarme sus equipos y el laboratorio para que la investigación sea de mayor calidad.

A la profesora Rose por ser un ejemplo como profesional, por su exigencia en hacer las correcciones necesarias, por su tiempo y sus recomendaciones.

A mis amigas de la iglesia Alianza Cristiana y Misionera de Miraflores Dorcas Rengifo y Maria Jesús Clement por estar pendientes en que acabe la tesis.

A mi amiga Claudia Chiong a quien quiero mucho y con quien pasamos juntas todo este proceso de titulación.

Al Señor Juan Lee por ser de gran apoyo en la realización de la tesis y también al señor Ivan Kovacevic quienes fueron los que propiciaron y financiaron este trabajo.

A la ingeniera Dionisia Campos por ser quien me apoyo en el trabajo en campo y por sus sugerencias.

RESUMEN

El estudio consistió en la aplicación de un abono orgánico Leonardita de marca comercial AgroLig en una plantación de *Caesalpinia spinosata* para producción de vainas, con el objetivo de contribuir a mejorar la primera etapa de crecimiento y posterior rendimiento de tainos de las plantaciones de tara en la comunidad de Pumahuaca Distrito de Huaral. Se evaluó el efecto de este en una parcela con un diseño de bloques completamente al azar, con 3 bloques, 3 repeticiones y 3 tratamientos, en un área de 144 m² usando en todo el área un sistema de riego por goteo, los tratamientos aplicados fueron, el tratamiento T1 con 30 gr de Leonardita, el tratamiento T 2 con 45 gr de Leonardita y el T3 sin aplicación de Leonardita. Se efectuaron evaluaciones en un periodo de 6 meses, realizando una al mes, estas consistieron en evaluar el crecimiento y vigor de las plantas, además de la cantidad de sustancias húmicas en el suelo. Se pudo observar que no existieron diferencias significativas en el crecimiento y vigor de las plantas en las condiciones en que se ejecutó la investigación, lo mismo ocurrió con la cantidad de sustancias húmicas en el suelo al final del periodo de evaluación. En relación a las sustancias húmicas su efecto requiere un plazo mayor a los seis meses y es importante destacar su papel en la captura de carbono del suelo.

Palabras claves: Plantaciones; crecimiento; vigor; abonos y suelo

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. Introducción	1
II. Revisión de Literatura	5
1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ESPECIE <i>Caesalpinia spinosa</i> tara	5
1.1. Clasificación taxonómica	5
1.2. Descripción de la especie forestal	6
1.3. Distribución de la especie	6
1.4. Propagación.....	8
1.5. Establecimiento de plantaciones de tara	9
1.5.1. Diseño de plantación.....	9
1.5.2. Distanciamiento de la plantación	10
1.5.3. Apertura de hoyos.....	11
1.5.4. Época de plantación.....	11
1.5.5. Calidad de la planta para la agroindustria	11
1.5.6. Manejo silvicultural	12
1.6. Requerimiento hídrico	12
1.6.1. Riego por goteo.....	14
1.7. SUELO	14
1.8. PLAGAS INSECTILES Y ENFERMEDADES	15
1.9. USOS	16
1.10. PRODUCCIÓN E IMPORTANCIA ECONÓMICA	17
1.11. REQUERIMIENTO DE NUTRIENTES DE LA ESPECIE.....	18
1.11.1. MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO	20
LOS ÁCIDOS HÚMICOS EN LA AGRICULTURA	29
III. Materiales y Métodos	35
1. ÁREA DE ESTUDIO	35
1.1. CLIMA	36
1.2. SUELO	37
1.3. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO	38
1.4. MATERIAL EXPERIMENTAL	39
1.5. EQUIPOS.....	39
1.6. HERRAMIENTAS.....	40
1.7. METODOLOGÍA.....	41
1.7.1. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	41
1.7.2. TRATAMIENTOS APLICADOS	42
1.7.3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	42
1.7.4. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LEONARDITA EN EL CRECIMIENTO Y VIGOR DE LAS PLANTAS.....	43
1.7.5. CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DEL SUELO.....	45
IV. Resultados y discusión	49
1. EFECTO DE LA LEONARDITA EN EL CRECIMIENTO INICIAL DE LA TARA	49
1.1. SOBREVIVENCIA.....	49
1.2. CRECIMIENTO DE LAS PLANTA.....	49
1.3. VIGOR.....	51
1.3.1. DENSIDAD APARENTE	53
1.3.2. POROSIDAD	55
1.4. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO	56

1.5.	SUSTANCIAS HÚMICAS	57
1.5.1.	ACIDOS HÚMICOS.....	59
1.5.2.	ÁCIDOS FÚLVICOS.....	61
1.5.3.	HUMINAS	62
1.6.	PH.....	63
V.	Conclusiones.....	65
VI.	Recomendaciones	67
VII.	Referencias bibliográficas	69
VIII.	Anexos	75

Índice de tablas

	Página
TABLA 1: ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE, DONDE SE ENCUENTRA LA TARA.....	8
TABLA 2: CARACTERÍSTICAS DE LOS FRUTOS Y SEMILLAS DE LA TARA.....	9
TABLA 3: CULTIVO DE TARA PARA UN SUELO ARENOSO DE COSTA CON SISTEMA DE MULCGHING	13
TABLA 4: EFICIENCIA EN LA APLICACIÓN DE AGUA EN LOS DIVERSOS SISTEMAS DE RIEGO.....	13
TABLA 5: ENFERMEDADES MÁS FRECUENTES DE LA TARA Y SUS CONSECUENCIAS	16
TABLA 6: PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN ESTANDAR PARA LA TARA (<i>CAESALPINIA SPINOSA</i>) DOSIS DE APLICACIÓN DE ELEMENTOS PUROS (GR/ÁRBOL).....	19
TABLA 7: HOJA TÉCNICA DE LA LEONARDITA MARCA "AGROLIG"	32
TABLA 8: CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA PROVINCIA DE HUARAL.....	36
TABLA 9: GRADOS DE VIGOR DE LOS LATIZALES.....	44
TABLA 10: ALTURA PROMEDIO DE <i>CAESALPINIA SPINOSA</i> "TARA" LOS PRIMEROS SEIS MESES DE INSTALACIÓN.	50
TABLA 11: PRUEBA DE TUKEY, PARA DETERMINAR LA DIFERENCIA DE ALTURAS ENTRE TRATAMIENTOS.....	51
TABLA 12: VIGOR PROMEDIO DE <i>CAESALPINIA SPINOSA</i> "TARA" LOS PRIMEROS SEIS MESES DE INSTALACIÓN.	52
TABLA 13: PRUEBA DE TUKEY, PARA DETERMINAR LA DIFERENCIA DEL VIGOR ENTRE TRATAMIENTOS.....	52
TABLA 14: COMPARACIÓN ENTRE LA DENSIDAD APARENTE PROMEDIO DE LOS TRES TRATAMIENTOS REALIZADOS.	53
TABLA 15: POROSIDAD PROMEDIO DE LOS TRES TRATAMIENTOS REALIZADOS.....	55

Índice de figuras

	Página
FIGURA 1: FRACCIONAMIENTO DE LAS SUSTANCIAS HÚMICAS EN FUNCIÓN DE LA SOLUBILIDAD A DIFERENTES PH.....	22
FIGURA 2: EFECTOS VARIABLES DE LAS SUSTANCIAS HÚMICAS	25
FIGURA 3: MAPA DE UBICACIÓN DEL SECTOR PUMAHUACA	35
FIGURA 4: CLIMATOGRAMA DE HUARAL	36
FIGURA 5: PARCELA DE ESTABLECIMIENTO	38
FIGURA 6: DISTRIBUCIÓN DE PARCELAS EXPERIMENTALES CON 3 BLOQUES (REPETICIONES) Y 3 TRATAMIENTOS POR BLOQUE...	41
FIGURA 7: APLICACIÓN DE LEONARDITA AL SUELO	42
FIGURA 8: LEONARDITA MARCA COMERCIAL AGROLIG (GRANULAR)	43
FIGURA 9: ESCALA GRÁFICA DEL VIGOR EN LAS PLANTAS DE <i>CAESALPINIA SPINOSA</i> "TARA"	44
FIGURA 10: ALTURA DE PLANTAS DE <i>CAESALPINIA SPINOSA</i> "TARA" LUEGO DE LA APLICACIÓN TRATAMIENTOS A LOS SEIS PRIMEROS MESES DE CRECIMIENTO.	50
FIGURA 11: VIGOR DE PLANTAS DE <i>CAESALPINIA SPINOSA</i> "TARA" LUEGO DE LA APLICACIÓN TRATAMIENTOS A LOS SEIS PRIMEROS MESES DE CRECIMIENTO	52
FIGURA 12: DENSIDAD APARENTE DEL SUELO	54
FIGURA 13: POROSIDAD EN EL SUELO CON LA APLICACIÓN DE LOS TRES TRATAMIENTOS	55
FIGURA 14: CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO EN EL SUELO A LOS SEIS MESES EN TRES DIFERENTES TRATAMIENTOS.....	56
FIGURA 15: SUSTANCIAS HÚMICAS ENCONTRADAS EN EL SUELO AL INICIO DE LA PLANTACIÓN.....	57
FIGURA 16: SUSTANCIAS HÚMICAS DESPUÉS DE SEIS MESES DE EVALUACIÓN.....	59
FIGURA 17: PORCENTAJE DE ÁCIDOS HÚMICOS EN EL SUELO LOS PRIMEROS SEIS MESES DE CRECIMIENTO.....	60
FIGURA 18: PORCENTAJE DE ÁCIDOS FÚLVICOS EN EL SUELO LOS PRIMEROS SEIS MESES DE CRECIMIENTO.....	61
FIGURA 19: PORCENTAJE DE HUMINAS EN EL SUELO LOS PRIMEROS SEIS MESES DE CRECIMIENTO	62
FIGURA 20: EL PH DEL SUELO ANTES Y DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE LEONARDITA	63

Índice de anexos

	Página
ANEXO 1 HOJA TÉCNICA AGRO -LIG	75
ANEXO 2 EVALUACIONES MENSUALES DE LA ALTURA DE PLANTAS	76
ANEXO 3 EVALUACIÓN MENSUAL DEL VIGOR DE LAS PLANTAS	77
ANEXO 4 DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE Y POROSIDAD.....	78
ANEXO 5 DOSIS PARA LA APLICACIÓN DE AGRO – LIG AL SUELO.....	80
ANEXO 6 ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN DEL SUELO.....	81
ANEXO 7 ANÁLISIS DE SUSTANCIAS HÚMICAS.....	82
ANEXO 8 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE ALTURA DE LAS PLANTAS HASTA LOS 6 MESES DE EVALUACIÓN	82
ANEXO 9 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE VIGOR EN LAS PLANTAS HASTA LOS 6 MESES DE EVALUACIÓN	84
ANEXO 10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ÁCIDO FÚLVICO EN EL SUELO	87
ANEXO 11 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE HUMINAS EN EL SUELO	90
ANEXO 12 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA POROSIDAD EN EL SUELO	92
ANEXO 13 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA DENSIDAD APARENTE EN EL SUELO	94
ANEXO 14 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO	96
ANEXO 15 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA EVALUACIÓN DE PH EN EL SUELO	98

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe una creciente demanda por productos que contribuyan a procesos industriales más amigables con el ambiente, las vainas de tara *Caesalpinia spinosa* que producen taninos es una alternativa al uso de insumos químicos que se vienen utilizando en la industria de la curtiembre a nivel internacional.

Específicamente, la tara en polvo, es un insumo de curtiembre vegetal alternativo al curtido sintético. Se ubica en una posición expectante debido a las oportunidades en el mercado europeo por la restricción a los insumos sintéticos y también por la escasez de su oferta en los mercados internacionales (Herrera y Santos, 2009).

Bustamante (2009) indica que el Perú es el mayor productor de tara en el mundo, con el 80 % de la producción mundial. La mayor producción proviene de plantas silvestres, es decir, la producción en el Perú es básicamente de bosques naturales y en algunas zonas en parcelas agroforestales. En este sentido el país de los Andes que tiene mayor área con bosques de tara, seguido muy lejos por Bolivia, Ecuador, Chile y Colombia, es el Perú.

Debido a la demanda del mercado, existe la necesidad de establecer plantaciones forestales de tara en zonas ecológicas donde la especie prospera, por los beneficios no solo económicos sino también ambientales y sociales. La tara viene siendo cultivada en el Perú principalmente en los departamentos de Cajamarca, Ayacucho, La Libertad, Huancavelica, Apurímac, Ancash y Huánuco.

Un aspecto importante para mejorar la producción de tara es el establecimiento de plantaciones y la oportuna aplicación de tratamientos silviculturales que debe recibir la plantación, como es la aplicación de abonos, podas de formación evaluación sanitaria, etc.

Dentro de las demandas ecológicas de la especie para la producción de taninos, uno de los factores de mayor importancia en el crecimiento y desarrollo de la planta, para la posterior producción de vainas, es la provisión de agua y la existencia de un suelo forestal no perturbado.

Actualmente, los cultivos agrícolas están asociados a la aplicación de productos químicos como fertilizantes, pesticidas y fungicidas así como al cambio de uso del suelo forestal, con cuyo efecto acumulado y global contribuye a la liberación de carbono incidiendo en el cambio climático. Para mejorar el cultivo forestal, es decir, la producción de madera y de otros productos diferentes de la madera, Manta (2008) propone el uso de abonos orgánicos, especialmente en suelos de protección y en los suelos forestales degradados por actividades agropecuarias.

El abonamiento en cultivos forestales se puede realizar empleando diferentes tipos de fertilizantes como los artificiales y orgánicos o la combinación de estos. Sin embargo y debido al incremento en la rentabilidad de productos finales, en cuya producción solo se hayan empleado abonos orgánicos, y por la notable insostenibilidad económica y ecológica de emplear abonos artificiales han generado un creciente interés por utilizar abonos orgánicos. (BIOFÁBRICA, 2012; Aguirre, et. al.2009, ANFE, s.f.)

Un adecuado abonamiento en las plantas de tara asegura que se puedan expresar cambios cuantificables en su desarrollo entre los que se puede mencionar; incremento de vigor, acelerar el crecimiento de las plantas, acelerar el inicio de producción de vainas y en consecuencia las plantas presentarán buenos rendimientos expresados en el incremento del volumen y calidad de vainas. (Solid OPD, 2010; Villanueva, 2007)

Debido a experiencias pasadas en la aplicación de fertilizantes orgánicos en plantaciones forestales realizadas en Oxapampa en diversas especies de Pino y por la efectividad recomendada en el mejoramiento de las características del suelo, existió gran interés en el estudio de abonos orgánicos especialmente de la Leonardita procedente de Dakota del Norte, Estados Unidos.

La Leonardita es una sustancia húmica que posee moléculas complejas, que se obtienen por la descomposición de la materia orgánica y son muy asimilables para la nutrición de diversos cultivos. AgroLig es el nombre comercial de la Leonardita natural americana utilizada en esta investigación y cuyos beneficios recomendados fueron de rehabilitación de suelos agrícolas, bajos en fertilidad y materia orgánica: incremento en la disponibilidad de nutrientes en la planta, contribución al incremento del crecimiento y calidad de las plantas, entre otras.

Por ello es importante comprobar los beneficios que la Leonardita pueda brindar a los cultivos forestales en diversas zonas del país.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto el objetivo de la presente investigación fue Contribuir a mejorar la primera etapa de crecimiento y posterior rendimiento de taninos de las plantaciones de *Caesalpinia Spinosa* “Tara” en la comunidad de Pumahuaca Distrito de Huaral, a través de la aplicación de Leonardita en el suelo. Para ello se determinó el crecimiento y vigor de las plantas de *Caesalpinia Spinosa* a los seis meses de la aplicación de Leonardita en un suelo de protección ubicado en la costa. Así mismo, se determinó el contenido de sustancias húmicas en el suelo a los seis meses de incorporación de Leonardita.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ESPECIE *CAESALPINIA SPINOSA* TARA

1.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Se ubica taxonómicamente según Lapeyre et al., (1998) en:

Reino: Plantae

Sub-división: Angiosperma

Clase: Dicotiledoneas

Familia: Leguminosaceae

Sub-Familia: Fabaceae

Género: *Caesalpinia*

Nombre científico: *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze

Sinónimos: *Caesalpineia pectinata cavanilles* (Reynel, et al.2006)

Caesalpineia tinctoria (HBK)

Ponciana spinosa Molina

Tara spinosa (Molina) Britt el Rose

Nombres comunes: Perú: “Tara”, “taya”, “tanino”

Ecuador: “vinillo”, “guarango”

Bolivia, Chile y Venezuela: “Tara”

Colombia: “Divi divi de la tierra fría”, “huarango”,

“cuica”, “serrano”, “Tara”

Europa: “Acacia amarilla”, “Dividivi de los Andes”

1.2. DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE FORESTAL

La *Caesalpinia spinosata* es un árbol de porte pequeño, generalmente de 3 a 4 metros de alto, y un tamaño máximo en su edad madura de 12 metros, con DAP de 20 a 40 cm. Tiene tendencia a ramificar desde la base, pero también forma fustes únicos y rectos. La forma de la copa es irregular, aparasolada y poco densa, con ramas ascendentes y espinosas repartidas irregularmente. El árbol tiene una corteza gris agrietada de color marrón, provisto de agujijones triangulares gruesos y cortos cuando maduro. Las hojas son compuestas, bipinnadas, alternas y dispuestas en espiral con folíolos opuestos de 6 a 8 pares (Marquina, 2008).

Su inflorescencia está dispuesta en racimos de 8 -12 cm de longitud. Las flores son hermafroditas, zigomorfas, cáliz tubular, corola con 5 pétalos libres, amarillos. Los frutos son legumbres rojizas, oblongas, ligeramente comprimidas de 6 – 11 cm de longitud, indehiscentes, con el mesocarpo arenoso, esponjoso, y de 9 a 12 semilla reniformes, de color marrón pardo, con la superficie lustrosa, dura y con uno de los lados más grande, el embrión en la concavidad (Reynel, et al., 2006).

Además tiene carácter xerófito por ser caducifolio, tener folíolos pequeños de cutícula gruesa, cubiertos de una sustancia serosa y con mecanismos de control estomático; poseer raíces pivotantes con una relación altura de planta: raíz de 1:1,5 hasta 1:2 y probablemente a la presencia de algunas estructuras de conservación de la humedad del suelo, generalmente por los mecanismos de simbiosis (Flores, et al., 2005).

1.3. DISTRIBUCIÓN DE LA ESPECIE

La tara es una planta originaria del Perú y se distribuye entre los 4° y 32° de latitud sur desde zonas áridas de Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia llegando hasta el norte de Chile (Flores, et al.; 2005)

En el Perú se encuentra en casi toda la Costa, desde Piura hasta Tacna, así como en algunos departamentos de la Sierra. Actualmente se encuentra registrada en Amazonas, Ancash, Arequipa, Ayacucho, Apurímac, Cajamarca, Cuzco, Huánuco, Huancavelica, Ica, Junín, Lima, La Libertad, Madre de Dios, Moquegua, Piura y Tacna (Bustamante, 2009).

En la vertiente del Pacífico se halla en los flancos occidentales, valles, laderas, riveras de los ríos y lomas entre los 800 y 2800 msnm; mientras que en los valles interandinos de la cuenca del Atlántico, se le encuentra entre los 1600 y 2800 msnm; llegando en algunos casos, como en los valles de Apurímac, hasta los 3150 msnm (REDFOR, 1996).

Ecología de la especie

La tara es una especie que se adapta a climas áridos y semiáridos. Por ser un cultivo rústico puede desarrollarse en una amplia gama de suelos aunque reporta mejores rendimientos en suelos de textura franco, franco – arcillosa y franco arenosa. (Villanueva, 2007)

La tara es considerada también como plástica, debido a que se le encuentra en un amplio rango de climas y tipos de suelos. Es frecuente encontrarla en suelos lateríticos muy erosionados. No tolera suelos alcalinos ni soporta heladas (Reynel et al., citado por Flores, et al. 2005).

Las principales variables climáticas son:

- Temperatura: Varía entre los 12°C y los 18°C pudiendo aceptar hasta 20°C. En los valles interandinos la promedio es de 16°C.
- Precipitación: Para su desarrollo óptimo requiere de lugares con una precipitación de 400 a 600mm, también se encuentra en zonas de 200 a 750mm de promedio anual.
- Luz o radiación solar: La intensidad, calidad, duración e interceptación de la luz (que está en función de la cantidad del área foliar y la duración del despliegue del área foliar) son determinantes en el crecimiento y productividad de los árboles de tara, todo esto como consecuencia de una mayor eficiencia de la fotosíntesis. (Villanueva, 2007)

De acuerdo a la clasificación de L. Holdridge (1971), la tara se ubica en las siguientes Zonas de Vida:

Tabla 1: Zonas de vida de Holdridge, donde se encuentra la tara

<i>Zonas de vida Holdridge</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Precipitación</i>	<i>Biotemperatura °C</i>
Estepa spinosa_ Montano Bajo Tropical	ee-MBT	250-500	12 a 18
Bosque seco - Montano Bajo Tropical	bs-MBT	500-700	12 a 18
Matorral Desértico- Montano Bajo Tropical	md-MBT	200-250	13 a 18
Monte espinoso- Pre Montano Tropical	me-PT	350-500	18 a 20
Matorral Desértico- Montano Tropical	md-MT	200-250	18 a 21

FUENTE: Flores et al, 2005

La tara se encuentra ocupando el estrato matorral arbustivo en donde se asocia con especies como: Palillo (*Capparis prisca*), sauce (*Salix humboldtiana*), molle (*Schinus molle*), puya (*Puya sp.*), acacia (*Acacia sp.*), algunas Poaceae y gran diversidad de especies de los géneros *Alliandra*, *Rubus*, *Croton*, entre otras. La época de floración es de septiembre a enero prolongándose en otras zonas hasta marzo, dependiendo del lugar donde crece. La cosecha del fruto inicia en Enero, extendiéndose hasta agosto, según el comienzo y término de las floraciones (Pretell et al, 1985).

1.4. PROPAGACIÓN

La regeneración natural se ve favorecida durante la época de lluvias por la caída y descomposición de las vainas bajo la protección de las copas, las cuales, libera la semilla que van a germinar dando origen a brinzales, los mismos que son atacados por hormigas cortadoras o áfidos o consumidos principalmente por ganado caprino. Bajo protección y con un pastoreo planificado, la regeneración puede construir una alternativa importante para restaurar poblaciones naturales de las especie (Flores et al, 2005).

La propagación de plántulas se realiza normalmente por semilla botánica y las características de la germinación, las semillas y los frutos se describen en la siguiente Tabla 2.

Tabla 2: Características de los frutos y semillas de la tara

<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>VALORES</i>
FRUTOS	
Largo promedio	9 cm
Peso promedio	2,3 gr
SEMILLAS	
Promedio/fruto	9 a 12
Peso	160 gr/1000 semillas
Viabilidad	dos años
N° Kg	6, 000 aprox.
Poder germinativo	80 - 90%
Energía germinativa	Buena
GERMINACIÓN	
Inicio	8 - 12 días (escarificada)
Fin 20 días	
Tipo	Epígea

FUENTE: Reynel, et al, (1990) cit. REDFOR, (1996)

1.5. ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES DE TARA

Consideraciones antes de la plantación:

Los aspectos más importantes que se deben tener en cuenta para su establecimiento de plantaciones de tara son: Suelo, temperatura, humedad y elección del ecotipo adecuado para los fines, sea de producción de polvo o goma de tara.

1.5.1. DISEÑO DE PLANTACIÓN

Los sistemas de plantación para un uso intensivo del área, busca un mayor número de árboles por hectárea con la finalidad de obtener la máxima productividad, para lograr ello deben optimizarse, el índice de área de la hoja, interceptación de la energía radiante, fotosíntesis neta y cantidad de yemas de fructificación por área superficial del suelo (Villanueva, 2007).

1.5.2. DISTANCIAMIENTO DE LA PLANTACIÓN

El distanciamiento adecuado está influenciado por el comportamiento del desarrollo de la copa del árbol, así como también de la técnica de la poda y en base a ello se ha determinado:

- 1) Como cultivo con fines de protección y conservación de laderas, la tara debe emplearse 1.4 x 1.4 determinando una población arbórea de 5.102 unidades/ha.
- 2) En ambientes secos y marginales el distanciamiento a emplearse será de 5x5.
- 3) En suelos de valles interandinos para la producción comercial de tara el distanciamiento que se empleará será de 3.5 x 3.5 (determinando una población de árboles de 816 unidades/ha) esta densidad está relacionada con la profundidad del perfil del suelo.
- 4) Para costa, la densidad empleada es 3 x 4, 3.5 x 5 y 4 x 4 en función de las características del suelo y la tecnología a emplear.

El distanciamiento puede variar en base a las características del terreno, como la pendiente y humedad, (REDFOR, 1996) recomendándose lo siguiente:

- 1) En terrenos ligeramente ondulados: 1,100 plantas por/ha, con distanciamiento de 3 x 3 m utilizando el sistema de tres bolillos.
- 2) En lugares planos: se preparan hoyos distanciados cada 4 metros, aunque el distanciamiento recomendable es de 3.5 x 5m, siendo necesario 625 y 571 plantas por ha. Para el primer y segundo caso.
- 3) En casos de protección de laderas: Puede incrementarse la densidad a más de 2,500 plantas por/ha, es decir a un distanciamiento de 2 x 2 m.
- 4) En lugares húmedos: De 3 x 3 m, requiriéndose 1, 100 plantas por ha.
- 5) En lugares secos y marginales: El distanciamiento deberá ser de 5 x 5 m, con 400 plantas por ha.
- 6) En linderos de chacras: con un distanciamiento de 5 metros, entre planta y planta.

1.5.3. APERTURA DE HOYOS

Los hoyos son de 40 x 40 x 40 cm, teniendo en cuenta que debe invertirse la ubicación de las capas de tierra, de acuerdo al procedimiento siguiente:

- Al momento de la apertura, los 10 primeros centímetros de suelo (a) se colocarán a un lado del hoyo.
- La siguiente capa de 30 cm (b), se colocará al otro lado del hoyo.
- Luego para iniciar la plantación, se procede a colocar el suelo superficial (a) al fondo del hoyo y posteriormente se aplica el suelo (b) hasta la mitad. Seguidamente se coloca el plantón y se concluye la plantación.

1.5.4. ÉPOCA DE PLANTACIÓN

Según el calendario forestal, la siembra de tara en Ayacucho debe darse en los meses de Diciembre, Enero y Febrero, estando supeditada a la presencia de lluvias (Ocaña, 1996).

En el caso de cultivos de tara con sistemas de riego, la siembra puede darse en cualquier época del año según Bailetti, et al (2004).

1.5.5. CALIDAD DE LA PLANTA PARA LA AGROINDUSTRIA

Villanueva (2007) indica que se debe tener en cuenta:

- 1) Elegir plantas provenientes de laboratorios obtenidos por clonación de viveros certificados.
- 2) Estado sanitario óptimo
- 3) Plantas de tara de 10 a 15 cm de altura (tamaño que se logra de 4 o 5 meses de acuerdo al medio ambiente) que hayan pasado por un estrés hídrico o lo que se denomina una etapa de endurecimiento para estar listo para el trasplante a su nuevo medioambiente.

- 4) Las plantas deben provenir de lotes muestreados que aseguren un sistema radical bien conformado sin nudos bajo el cuello y sin doblez en el fondo y los costados del contenedor de bolsas.

1.5.6. MANEJO SILVICULTURAL

Para mejorar el desarrollo de las plantaciones, se deben realizar diferentes actividades o técnicas silviculturales, las mismas que varían de acuerdo a las condiciones del clima, suelo e incluso de las condiciones sociales.

1.6. REQUERIMIENTO HÍDRICO

En campos con una manejo intensivo con el uso de sistema presurizado, como el goteo, las necesidades son aproximadamente de 300 – 2100 metros cúbicos ha/año, pero este volumen se reajustará en función de las condiciones agrometeorológicas y la tecnología a emplear en el predio agrícola. (Villanueva, 2007)

Normalmente las plantaciones de tara son de secano, En régimen de secano la tara se desarrolla entre 200 a 750 mm de precipitación anual. Pero expresa un mejor desarrollo entre 500 a 750 mm, sin embargo es recomendable realizar mensualmente un riego en la época seca, por un lapso de 4 a 6 meses del año y por inundación (gravedad) en las plantaciones con riego; mientras que en los “terrenos eriazos o secos se entierra junto a cada planta a una profundidad de 5 a 10 cm. un envase de plástico con capacidad de 3 litros, haciendo un pequeño agujero por la base, se mantendrá el suelo húmedo por un máximo de 7 días. “Las Plantaciones de la tara necesitan riegos permanentes para su establecimiento y producción, observando en los trabajos experimentales y de campo, que, las plantaciones con riegos regulares cada 10 días, tienen producción casi todo el año” (Díaz 2010) .

Villanueva (2007), indica que el sistema de riego por gravedad se adapta muy bien para este cultivo, ya que la raíz de la tara por su naturaleza pivotante, presenta una raíz principal que se desarrolla de 2 a 4m de profundidad.

Respecto a la necesidad de riego, la Asociación Tecnológica y Desarrollo (1994) señala que la especie necesita riegos permanentes para su establecimiento y producción, habiéndose observado en los trabajos experimentales y de campo, que plantaciones con riegos regulares cada 10 días, producen casi todo el año. La Tabla N° 3 está basada en una densidad de 625 plantas por hectárea.

Tabla 3: Cultivo de tara para un suelo arenoso de Costa con Sistema de Mulching

AÑO	Riego (Lt/planta)	ha/día	Riego (Lt/ha/mes)	ha/mes	Riego (m3/ha/año)
1	10	6,25	25,000	25	300
2	15	9,375	37,500	37.5	450
3	20	12,500	50,000	50	600
4	30	18,750	75,000	75	900
5	40	25,000	100,000	100	1,200
6	50	31,250	125,000	125	1,500
7	60	37,500	150,000	150	1,800
8	65	40,625	162,500	162.5	1,950
9	67	41,875	167,500	167.5	2,010
10	70	43,750	175,000	175	2,100

FUENTE: Villanueva (2007)

Existen otros sistemas de riegos más eficientes para la producción de plantaciones de tara, se define como eficiencia de aplicación del agua en un sistema de riego a la proporción entre la cantidad de agua almacenada en la zona del sistema radical (disponible para la planta) y la cantidad de agua aplicada por el sistema de riego. En la tabla se presenta las eficiencias de aplicación para diferentes sistemas de riego, en donde se puede apreciar que la mayor eficiencia se da para el sistema de riego por goteo el cual fue usado en esta investigación.

Tabla 4: Eficiencia en la aplicación de agua en los diversos sistemas de riego

Tipo de riego

Eficiencia

Riego por surcos	0,5 – 0,7
Riego por fajas	0,6 – 0,75
Riego por inundación	0,6 – 0,8
Riego por aspersion	0,65 – 0,85
Riego por goteo	0,75 – 0,9

FUENTE: Yague (2003)

1.6.1. RIEGO POR GOTEO

El riego por goteo es un conjunto de métodos que humedecen una parte del suelo. Su principal característica es el aporte de pequeños caudales y pequeñas dosis de agua y fertilizantes, muy localmente en las zonas de las raíces de los cultivos por medio de dispositivos de distribución tales como goteros, boquillas, tubos porosos, etc.

El riego por goteo es un sistema que mantiene el agua en la zona radicular en las condiciones de utilización más favorables a la planta, aplicando el agua gota a gota. El agua es conducida por medio de conductos cerrados desde el punto de toma hasta la misma planta, a la que se aplica por medio de dispositivos que se conocen como goteros o emisores. (Medina, citado por Camacuari 2010)

El riego por goteo se puede aplicar eficientemente en los tres tipos de suelo: Arenoso (ligero), Limoso (mediano) y Arcilloso (pesado). En los suelos arenosos, el goteo tiene una de las ventajas más sobresalientes, por la aplicación lenta pero frecuente del agua, lo que evita en gran manera la pérdida por percolación.

1.7. SUELO

Villanueva (2007) indica que la tara es un cultivo muy rústico, por tanto puede desarrollarse en una amplia gama de suelos, aunque reporta los mejores rendimientos en suelos de textura franco, franco – arcillosa y franco arenosa, las evaluaciones realizadas en el sistema radical de la tara da como respuesta una profundidad efectiva que va desde 0,7 m hasta 1,70 m dependiendo la textura del suelo. La tara tiene la peculiaridad de que su raíz profundiza y busca rápidamente la napa freática, es por ello que este cultivo logra su desarrollo en zonas áridas.

Se ha observado que este cultivo nativo se desarrolla desde un suelos con pH 5,0 a 12,0 pero logrando mejores rendimientos con pH de 7,0 – 9,0, esta característica es muy importante al establecer campos comerciales.

La naturaleza de su sistema radical adaptado para condiciones de estrés hídrico hace que este no se desarrolle bien en suelos muy húmedos.

1.8. PLAGAS INSECTILES Y ENFERMEDADES

A. Plagas insectiles

Son ocasionadas por insectos y ácaros que pertenecen a las órdenes: Lepidóptero, Homóptera, Díptera, Hymenóptera, Hemíptero, Ortóptero y Acarina.

- a) Orden Lepidóptero: son polillas que ocasionan daños, sus larvas comen las hojas y los brotes; se tiene a la familia de Noctuidae o “Cote”, que atacan a la medula del tallo y al follaje, los agricultores la llaman gusano cortador-masticador.
- b) En el orden de la Homóptera: se tiene a los pulgones o áfidos, insectos que atacan a las hojas, flores, vainas verdes y al tallo; particularmente, a los brotes más tiernos, succionando la savia, lo que ocasiona la caída de yemas y frutos pequeños. Los que más atacan son los siguientes: el *Aphis craccivora*, cuyo ataque es la causa más frecuente de la baja producción de vainas, estos insectos producen una sustancia azucarada, donde se desarrolla el hongo denominado “fumagina” que limita la capacidad de fotosíntesis de las hojas, produciendo un encurvamiento de las vainas y un encrespamiento de las hojas, debilitando de esta manera a toda la planta. Los productores denominan a estos insectos como “piojera”, “pulgón chupador”, “mosquilla”, “mosquitos”, “pulgón negro”, etc. Se tiene a la familia de los Aleurodidae, a la que pertenece la mosca blanca: insecto picador y chupador que generalmente se ubica en el envés de la hoja de la tara, produciendo secreciones melosas.
- c) Orden Díptera: Familia Agromicidae, la mosca minadora deposita las queresas o larvas que ataca a las hojas y frutos, efectuando surcos similares a las galerías de las minas. Se tienen a las siguientes especies: *Pinnaspis sp*, queresa blanca chiquita y alargada que ataca a las vainas, *Coccus hesperidum* que se caracteriza por ser pequeña, ataca solo a las vainas y la *Icerva purchasi* que es la más grande, ataca a los tallos y ramas. Ambas especies afectan a la producción óptima.
- d) Orden de la Himenóptera: son hormigas del genero *Atta sp.* de color plumizo, negras y rojizas, atacan a las hojas, tallos pequeños, flores y vainas.

- e) Orden Hemíptero: llamados chinches; son insectos que pican las hojas y producen el encogimiento de éstas al consumir la savia.
- f) Orden Ortóptero: son langostas que no aparecen en forma frecuente, pero también atacan a la planta de la tara.
- g) Orden Acarina: el ácaro más frecuente es el *Tetranychus Urticae*, que produce una mancha blanquecina en la parte superior de la hoja, llegando a secar y produciéndose la defoliación.

B. Enfermedades.- Las enfermedades más frecuentes son las fungosas y en menor grado las virósicas, no evidenciándose la presencia de nematodos. Se reportan como enfermedades virósicas, el enrollamiento o deformación de las hojas, mosaicos, ampolladuras, incluye necrosis.

Tabla 5: Enfermedades más frecuentes de la tara y sus consecuencias

<i>Enfermedad</i>	<i>Atacan a</i>	<i>Consecuencia</i>
Fumagina	Hojas y tallos donde existe miel producida por los áfidos	Mancha negra, como brea, llamada también "melaza negra"
Oidium	Hojas, vainas y tallos	Cubre con un polvo blanco a toda la planta
Rizoctonia sp.	Plantas tiernas y cubre todo el tallo	Produce la chupadera, hongo de color ferroso
Botryosphaeria sp.	Tallo y ramas con ennegrecimiento	Al final seca la planta
Phytophthora sp (rancha)	Vainas y Hojas	Aspecto de quemado
Taphyna sp. (cloaca)	Hojas y Frutos	Encrespamiento y deformación

FUENTE: www.geocities.com

1.9. USOS

- La madera es de buena calidad y se emplea en carpintería y construcción, en la construcción de la chaquitacla (herramienta tradicional agrícola), y como leña.
- Una modalidad tradicional en el uso de este árbol es como cerco vivo alrededor de la vivienda y del predio agrícola. Esta práctica, aparte de los productos directamente obtenibles del árbol, permite la protección al cultivo ante las inclemencias del fuerte

clima andino, el viento y las heladas. También contribuye a la protección de los suelos ante la erosión.

- La capacidad de producción de rebrotes del tocón una vez que el tronco ha sido cosechado también es relativamente alta y puede alcanzar unos 4 kg por tocón por año, lo cual extrapolado a la dimensión de un cerco perimétrico de tamaño promedio de la zona equivale a más de 1 000 kg de producción anual de rebrotes o biomasa combustible (Reynel y León, 1990).
- Los frutos son fuente de taninos por excelencia; se extraen por hervido simple y se emplean para la curtiembre de cueros. Las vainas tienen un 50% a 60% de contenido de tanino. La producción se inicia a los 3 años y alcanza 30 kg a 40 kg de frutos por árbol por año.
- De los frutos se extrae un tinte de color amarillo a gris, empleado para el teñido de textiles, principalmente de algodón y lana.
- La especie tiene propiedades medicinales. Con los frutos se prepara una infusión que se emplea para cicatrizar úlceras. También se usa para hacer gárgaras y aliviar la amigdalitis e infecciones bucales. (ECOBONA,2009)

1.10. PRODUCCIÓN E IMPORTANCIA ECONÓMICA

La producción de frutos de tara se inicia desde el tercer año; sin embargo, algunas referencias indican que a partir del segundo año se presenta una producción de 20g de fruto/planta (Barriga, 1994).

La producción de frutos de tara aumenta mientras avanza los años, aproximadamente a los 8 años con 10 kg por plantas año. Sin embargo, la producción entre árboles es variable y fluctúa entre 25 a 100 Kg/planta/año. Los meses de producción y productividad varían de acuerdo a la zona. (REDFOR, 1996).

Los Departamentos de mayor producción son Cajamarca, La Libertad, Lambayeque, Huánuco, Ayacucho y Apurímac.

Para el año 2006, los 5 principales importadores de tara fueron: Italia que importa el 15% del total, Argentina con el 14%, Brasil 12.4%, Estados Unidos 8% y Alemania el 7%. El total exportado para el año mencionado fue US\$ 21, 22 millones (PROMPERU, 2007).

Para el año 2012 la tara en vaina alcanzo la mayor demanda entre los productos diferentes de la madera con una demanda de 38 326 199 Kg (MINAG, 2012).

1.11. REQUERIMIENTO DE NUTRIENTES DE LA ESPECIE

Villanueva (2007) indica que la aplicación de nutrientes durante el establecimiento de plántones acelera el desarrollo de los mismos e incrementa la supervivencia al ser instalados en campo definitivo, debido al incremento del vigor.

Solid OPD (2010), indica que el abonamiento de inicio o fondo se realiza al momento de la instalación de la plantación, este consiste en la incorporación de abono orgánico descompuesto (compost), que se mezcla con la primera capa de tierra. Se recomienda emplear tres palas de abono descompuesto o compost por plantón instalado.

Por otra parte, una vez instalados los plántones de tara en campo, Mancero (2009), recomienda aplicar mínimo dos kilogramos de guano de corral descompuesto, compost o rastrojo de cosecha, o dos puñados de humus de lombriz por plantón. Inmediatamente después de la materia orgánica se coloca una mezcla de fertilizantes que consista en; 100 gramos de fósforo (equivalente a 220 gramos de fosfato diamónico); 100 gr de potasio (equivalente a 167 gramos de cloruro de potasio) o de las fuentes comerciales que existan en cada zona por plantón.

Al primer año de plantada la recomendación mínima es de 10 kg de materia orgánica descompuesta (guano de corral + humus de lombriz); 100 g de nitrógeno (equivalentes a 170 g de urea); 300 g de fósforo (equivalentes a 650 g de fosfato diamónico) y 200 g de potasio (equivalente a 400 g de cloruro de potasio); una mejor formulación se obtendrá de los análisis del suelo (Mancero, 2009)

Una buena práctica es hacer una remoción superficial del suelo bajo toda el área de la copa del árbol. Se debe considerar una fertilización con NPK, en menor porcentaje de nitrógeno porque la tara lo fija con bacterias nitrificantes; la fertilización debe ser partida al inicio de la temporada de lluvias y a la mitad de la temporada de lluvias. (Mancero, 2009)

Cuando las plantas se encuentran en secano se recomienda abonar al inicio de las lluvias. La cantidad puede ser entre 15 a 20 kg de compost y cuatro a seis kg de guano de la isla por año, con tendencia de incrementar la cantidad de acuerdo a la fertilidad del suelo, edad y la producción de las plantas (Solid OPD 2010).

Cuando la planta tenga mayor edad en algunas plantaciones con escaso contenido de nutrientes y en suelos marginales se aplica N – P – K (36 – 92- 60 g/planta) con 200 g de Fosfato diamónico y 100 g de cloruro de potasio, distribuido en cuatro hoyos alrededor de la planta, y se añade mínimo 10 kg de materia orgánica descompuesta compost/planta/campaña (dos campañas al año). (Mancero, 2009).

Los requerimientos anuales por árbol de los tres primeros elementos principales; nitrógeno, potasio y fósforo superan los 90, 90, y 75 g/árbol respectivamente, a partir del cuarto año de cultivo, en el cual alcanza su nivel óptimo de producción. (Villanueva, 2007)

**Tabla 6: Programa de Fertilización Estandar para la Tara (*Caesalpinia spinosa*)
Dosis de Aplicación de Elementos Puros (gr/árbol)**

AÑO	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Magnesio
1	30	20	35	10
2	50	40	55	15
3	70	55	60	20
4	90	75	90	25
5	120	90	110	30
6	150	110	120	35
7	180	140	150	45
8	210	180	190	60
9	250	220	230	75
10	290	250	260	90

FUENTE: Villanueva (2007)

Villanueva (2007) menciona como principales elementos secundarios importantes para el cultivo de tara a: Magnesio, Calcio, Boro y Azufre.

1.11.1. MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO

El término materia orgánica del suelo (MOS), se refiere al conjunto de sustancias orgánicas que contienen carbón. Química y físicamente, consiste en una mezcla de residuos de plantas y animales en varios estados de descomposición, sustancias sintetizadas microbiológica y/o químicamente, de productos desmenuzados, de cuerpos vivos y muertos de microorganismos y pequeños animales que permanecen descompuestos (Schnitzar y Schulten, 1995; Schnitzer, 2000).

Brady Weil (2008) indican que la materia orgánica del suelo es una compleja y variada mixtura de sustancias orgánicas que presentan un alto contenido de carbono lo que la hace la principal fuente de energía para los microorganismos del suelo y sin ella la actividad bioquímica sería prácticamente nula.

Fuentes de materia orgánica

El aporte de materia orgánica al suelo se puede obtener a partir de muy diversas materias primas:

- Residuos de cosechas y restos vegetales en general
- Estiércol
- Abonos verdes
- Compost
- Turba
- Sustancias húmicas

En general cualquier material orgánico suficientemente estabilizado mediante un proceso de compostaje o extracción y libre de elementos fitotóxicos puede utilizarse como fuente de materia orgánica.

CLASIFICACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA

Acorde con la definición hallada en la Biblioteca de la Agricultura (1997) según su naturaleza química la materia orgánica se puede clasificar de acuerdo a su estado de descomposición desde el momento que queda incorporada al suelo hasta su completa mineralización en 3 estados:

a. Materia orgánica fresca

Es aquella que acaba de incorporarse al suelo y su proceso de descomposición está en sus inicios (Biblioteca de la Agricultura, 1997)

b. Humus

Son productos orgánicos de naturaleza coloidal que provienen de la descomposición de los restos vegetales y de la síntesis que resulta de la actividad de los microorganismos en el suelo. Representa del 10% al 15% de la materia orgánica del suelo (Biblioteca de la Agricultura, 1997).

c. Sustancias húmicas

Las sustancias húmicas son los principios activos de la materia orgánica de origen vegetal, animal y mineral, en otras palabras es la esencia activa de toda materia orgánica con alto contenido de cadenas carbonadas. Constituyen grupos heterogéneos que no están definidos por una composición determinada, sino que se establece en base a su comportamiento frente a determinados reactivos, según sean solubles o precipiten. (Baquerizo, 2000).

Químicamente se clasifican tomando como base la solubilidad en álcalis y ácidos ; así aparecen tres grupos según Scheffer y Ulrich: Ácidos húmicos, Ácidos fúlvicos y huminas. (Ver Figura 1)

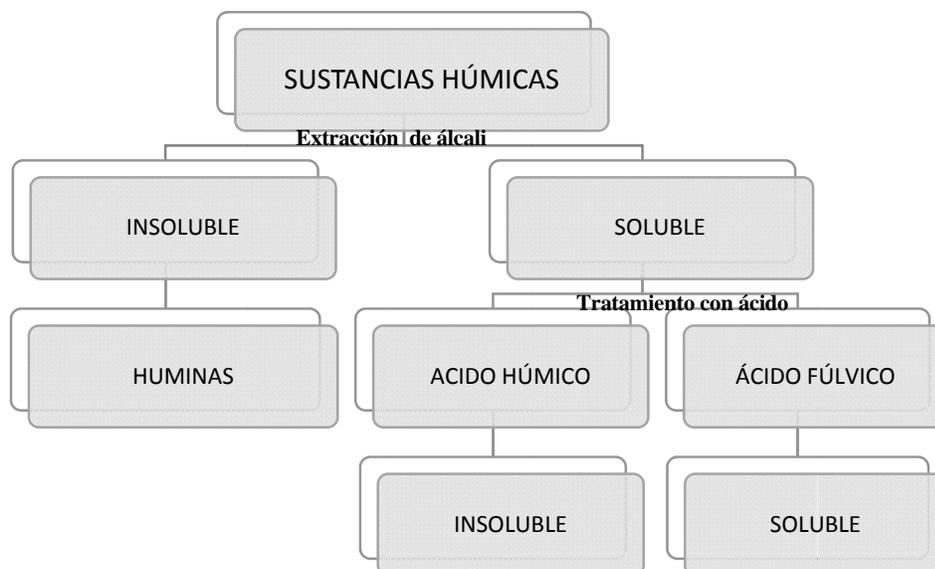


Figura 1: Fraccionamiento de las Sustancias Húmicas en función de la solubilidad a diferentes pH

FUENTE: Stevenson, 1994

Las sustancias húmicas son consideradas como los constituyentes más importantes de la materia orgánica del suelo, porque ellas influyen directa o indirectamente sobre la fertilidad de este, al ejercer numerosas funciones que el son específicas, entre las que se destaca la formación de agregados estables (Swift, 1991).

c.1. CONSTITUCIÓN DE LAS SUSTANCIAS HÚMICAS

A su vez, las sustancias húmicas están constituidas por tres fracciones en función de su solubilidad en agua con el pH (Aiken te al ; 1985; Stevenson 1994)

Ácidos Húmicos: Se encuentran en el suelo en mayor cantidad que los demás compuestos húmicos. Es insoluble a los ácidos y alcohol, y tiene un peso molecular de intermedio a elevado. Está compuesto por finísimas láminas planas unidas entre sí, formando un material reticular esponjoso, estas láminas permiten mayor retención de agua y nutrientes. (Crovetto, 1999)

Cepeda (1992) menciona que en los procesos del suelo tiene un valor considerable el hecho de que las moléculas de ácidos húmicos no sean compactas, sino que al poseer una estructura esponjosa, con multitud de poros internos, determinan de forma significativa, la capacidad de retención de agua y las propiedades de absorción de los ácidos húmicos.

Los ácidos húmicos son el principal factor en la génesis del suelo, en la formación de una buena estructura y una mayor disponibilidad de ciertos nutrientes para las plantas. También es importante en la degradación de los agroquímicos en el perfil del suelo (Crovetto, 1999).

Los ácidos húmicos influyen en la fertilidad del suelo por su efecto en el aumento de su capacidad de intercambio catiónico y su habilidad para retener agua, resultando en un crecimiento excepcional de la planta por el incremento de la absorción de nutrientes. (Biofix, citado por Castro 2014)

Es conveniente mencionar que la importancia de las sustancias húmicas en la fertilidad del suelo, radica en que promueven la conversión de un número de elementos en forma disponible para las plantas. Los ácidos húmicos también actúan en la conversión del Hierro en formas disponibles, protegiendo a las plantas de la clorosis aun en presencia de un alto contenido de Fósforo, (Senn y Kingman citado por Castro, 2014).

Además los ácidos húmicos en el suelo incrementan la disponibilidad de fósforo y nitrógeno desbloqueando los fosfatos insolubles formados y disminuyendo el proceso de desnitrificación (Boletín técnico Humiplex, 1995).

Ácidos Fúlvicos: Los ácidos fúlvicos constituyen una serie de compuestos sólidos o semisólidos, amorfos, de color amarillento y naturaleza coloidal, fácilmente dispersables en agua y no precipitables por los ácidos. (Lora citado por Estévez 2006).

Son de peso molecular y capacidad de intercambio catiónico relativamente bajos. En el suelo forman complejos estables con hierro, zinc, calcio, magnesio, manganeso y cobre, presentando propiedades reductoras. (Fassbender y Bornenmisza, citado por Sarabia 1998).

Por ser de menor peso molecular es menos resistente a la biodegradación, por consiguiente su permanencia en el suelo es baja (Crovetto, 1999).

Las sustancias húmicas absorbidas se acumulan en las células epidérmicas de las raíces de las plantas y una pequeña parte es transportada a la parte aérea, siendo los ácidos fúlvicos los que se transportan con mayor facilidad y en mayor cantidad a los tallos. Furh et al, (1967) citado por Sarabia (1998).

Huminas: Estas sustancias son las de mayor peso molecular, de color más oscuro, insolubles en medios alcalinos y ácidos y las más resistentes a ataque microbianos (Brady y Weil, 2008).

Es la fracción más resistente en el suelo ya que es insoluble a los agentes degradantes siendo de alto peso molecular. Este es un compuesto húmico con gran estabilidad en el suelo (Crovetto, 1999).

Todas estas sustancias húmicas son relativamente estables en el suelo. La vida promedio (tiempo requerido para destruir la mitad de la cantidad de una sustancia) de los ácidos fúlvicos puede ser de 10 a 50 años, mientras que la vida media de los ácidos húmicos se mide en siglos (Brady y Weil, 2008).

Extracción de sustancias húmicas

La principal fuente para la fabricación de las sustancias húmicas en el mundo es la Leonardita. Que es una forma mineralizada de carbón de origen lignítico, de esta se extraen los ácidos húmicos y fúlvicos de mayor calidad (Calderón, 1994). La Leonardita puede utilizarse igualmente en forma sólida, especialmente para correcciones de suelos carentes de materia orgánica, salinos o con pH básico dando resultado en cultivos hortícolas, invernaderos y frutales. Otra fuente importante para la fabricación de sustancias húmicas comerciales son las turbas, humus, compost y suelos.

Los productos procedentes de Leonardita y turbas presentan conductividades eléctricas y pH muy elevados debido al empleo de bases fuertes en su proceso de extracción, aunque este hecho no influye en su uso posterior, ya que las dosis son muy bajas. (Ramos, 2000).

Efectos de las sustancias húmicas

Numerosos autores han descrito los efectos directos e indirectos sobre el desarrollo vegetal que ejercen las sustancias húmicas, siendo considerados efectos indirectos aquellos que actúan sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas que determinan la fertilidad de los suelos y efectos directos a los que actúan sobre el vegetal en diferentes procesos fisiológicos-bioquímicos que estimulan su crecimiento y la toma de nutrientes. Sin embargo, a menudo los resultados obtenidos por estas investigaciones difieren entre (Figura 2), debido a que los efectos que ejercen las sustancias húmicas pueden variar en función: del origen, contenido en grupos funcionales y concentración de las sustancias húmicas, así como de la especie vegetal, edad y estado nutricional de la misma (Albuzio et al., 1986)

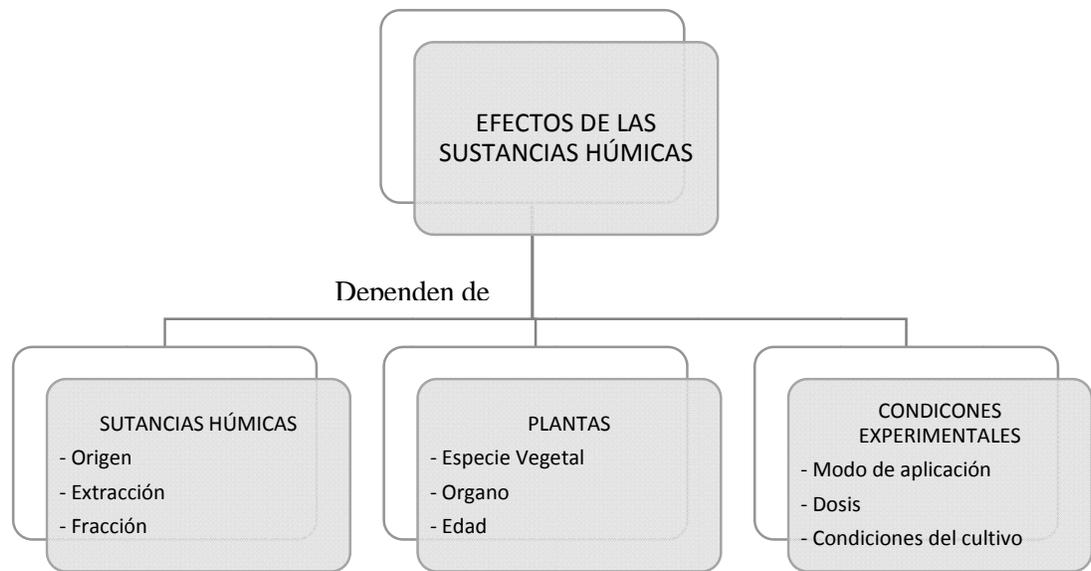


Figura 2: Efectos variables de las Sustancias Húmicas

FUENTE: Oliver, 2009

Para que las sustancias húmicas puedan ejercer sus efectos directos sobre el vegetal, deben ser absorbidas por las plantas. Los resultados obtenidos usando sustancias húmicas marcadas han permitido observar que tanto los ácidos húmicos como los fúlvicos se pueden incorporar al material vegetal, sin embargo, los ácidos húmicos se suelen acumular en las

raíces donde actúan principalmente y sólo una pequeña fracción se transporta a la parte aérea, mientras que los ácidos fúlvicos al tratarse de moléculas de menor peso molecular, son absorbidos más activamente por las plantas y su transporte a la parte aérea es mayor.

Efectos de las sustancias húmicas sobre el suelo

Las sustancias húmicas inciden indirectamente en el desarrollo de las plantas, al modificar las propiedades que determinan la fertilidad del suelo cuando se aportan en grandes cantidades.

Siendo sus principales efectos sobre el suelo:

ESTRUCTURA

La estructura del suelo es una propiedad importante porque que la disposición de las partículas minerales del suelo van a determinar el movimiento del agua, transferencia de calor, aireación, densidad de volumen y porosidad.

- Formación de agregados

Cuando el suelo esta flocculado, las fuerzas de repulsión están suprimidas y la fuerza de atracción cohesiva atrae las partículas. Cuando las partículas se hallan en este estado de atracción, agentes de cementación actúan y los mantienen en este estado, formando así los agregados. En este sentido la materia orgánica actúa como un magnífico agente cementante. Forsythe (1965) ; Broadbent (1953) citado por Alegre (1977).

La materia orgánica es un excelente agente agregante entre las partículas primarias que no poseen carga eléctrica, tales como el limo y la arena. Además, incrementa las fuerzas de enlace desarrolladas por arcilla.

De acuerdo a experiencias realizadas, la materia orgánica contribuiría a formar principalmente agregados grandes. Gross (1971) citado por Alegre (1977).

Ha sido demostrado que existe una alta correlación entre el porcentaje de agregados mayores de 0.5 mm y el porcentaje de M.O.

- Estabilidad de los agregados

El incremento del porcentaje de agregados debe ir acompañado con un aumento de la estabilidad de estos agregados, para que los haga más resistentes a la acción degradante del agua.

La materia orgánica actúa esponjando los suelos compactos, por la fijación del humus en la arcilla mediante iones Ca, de ello resulta un aumento de la porosidad y de la estabilidad estructural. Gross (1971) citado por Alegre (1977)

La floculación y la estabilidad de las suspensiones son procesos importantes en los suelos agrícolas por la formación de agregados estables. Después de la floculación debe ocurrir algún proceso de estabilización o cementación para fijar los agregados, ya que las partículas floculadas, sin estabilización se mantienen unidas con poca energía y fácilmente se vuelven a dispersar. (Sampat citado por Alegre 1977)

Facilitan la formación de agregados estables de elevada porosidad, aumentando la capacidad de retención de agua y la buena aireación, proporcionando así, un medio más idóneo para el crecimiento de las plantas. Stevenson (1994), Canarutto et al (1996), Piccolo y Moagwu (1997).

A su vez, las sustancias húmicas proporcionan una coloración oscura al suelo que facilita su calentamiento, hecho que estimula el crecimiento y producción de las plantas. (Gallardo ,1980 y Stevenson 1994)

- Efecto sobre la porosidad

La formación de agregados grandes, al añadir M.O. al suelo, tiende a su vez a incrementar la porosidad total del suelo, en especial la macroporosidad. Como consecuencia de ello se mejora la aireación y la permeabilidad al agua. (Baver, citado por Alegre (1977).

- Efecto sobre la capacidad de almacenamiento de agua

Esta característica no es sólo importante del punto de vista economía en agua del suelo en agua del suelo, sino que ella está también ligada a la resistencia del suelo al arrastre de sus partículas por acción de la escorrentía. (Blair, citado por Alegre 1977)

- Aumento de la capacidad tampón o buffer

También evitan los cambios bruscos de pH del suelo, debido a que poseen gran número de grupos funcionales hidroxilo y carboxilo que pueden sufrir procesos de disociación – asociación, manteniendo unas condiciones de reactividad óptimas para la vida en los suelos. (Stevenson, 1994 ; Baron et al. 1995)

- Contribución a la capacidad de intercambio catiónico del suelo (CIC) del suelo

Mejoran la fertilidad del suelo al contribuir en la CIC ya que retienen nutrientes (Fe^{3+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Mg^{2+} , K^{+}) en formas fácilmente disponibles para las plantas, pero que evitan sus pérdidas por lavado. Las sustancias húmicas adsorben preferentemente cationes polivalentes frente a los monovalentes y para iones de igual valencia se adsorben primero los menos hidratados. (Stevenson, 1994)

INCREMENTO DE LA POBLACIÓN MICROBIANA

Las sustancias húmicas proporcionan carbono a los microorganismos del suelo, hecho que permite incrementar la población microbiana y su actividad enzimática (Murzakow, 1988; Lizarazo, 2001), dando lugar a un mayor aporte de nutrientes a las plantas, al favorecerse los procesos de mineralización y humificación de la materia orgánica, la fijación biológica del nitrógeno y la reducción del Fe (III) al actuar como catalizadores químicos en su reducción biológica por las bacterias anaeróbicas (Lovley et al., 1998).

EFFECTOS SOBRE LA PLANTA

Las sustancias húmicas absorbidas se acumulan en las células epidérmicas de las raíces de las plantas y una pequeña parte es transportada a la parte aérea, siendo los ácidos fúlvicos

los que se transportan con mayor facilidad y en mayor cantidad a los tallos (Furth et al.; citado por Sarabia 1998).

Al principio hay una rápida absorción en la superficie radicular, pero después hay una lenta penetración, seguida de una fase de lenta absorción de las fracciones de bajo peso molecular (Vaughan et al.; Citado por Sarabia 1998).

Existen diferentes mecanismos de acción de los ácidos húmicos en las plantas (Stoller, citado por Sarabia 1998)

- Estimula directamente la germinación y el desarrollo radicular
- Estimula la actividad bacteriana del suelo
- Regula la transferencia de los nutrientes
- Estimula los procesos de absorción de nutrientes

LOS ÁCIDOS HÚMICOS EN LA AGRICULTURA

López (2011), realizó una serie de experimentos teniendo como principal objetivo determinar los beneficios y desventajas del uso de las sustancias húmicas (como mejorador de la capacidad de intercambio catiónico del suelo) y su efecto en la nutrición y calidad de las cosechas en hortalizas. Llegando a la conclusión de que las sustancias húmicas presentan las siguientes ventajas: Posibilidad de reducción de los niveles de uso de los fertilizantes inorgánicos dependiendo del grado de fertilidad del suelo y las exigencias del cultivo, reducción de los niveles de aplicación de las enmiendas orgánicas hasta un 50% y uso ilimitado en todos los cultivos, favorece el crecimiento y desarrollo de los cultivos y mejora la calidad e incrementa los rendimientos de las cosechas. Las desventajas halladas fueron: Costo elevado, algunos cultivos requieren de altas dosis y existe el peligro de contaminación de los suelos.

Davila (2009) aplicó fertilizantes orgánicos e inorgánicos una plantación de *Pinus fecunumaii* en Oxapampa, entre estos se aplicaron sustancias húmicas, en esa investigación

se indicó que el efecto en la estructura del suelo es un proceso lento y en un período de 12 meses se tuvieron mejores resultados y estos fueron significativos comparados con la evaluación a los 6, 8 y 10 meses, sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos aplicados y el tratamiento control.

Mendoza (2004), en el cultivo de brócoli cv. Legacy. Menciona que el uso de ácidos húmicos y bioestimulantes no incrementó en forma significativa los rendimientos, elevando los costos de producción. El índice de rentabilidad más alto se obtiene con el tratamiento testigo, siendo este de 161.83%, seguido por el ácido húmico Mol con 156.02% para justificar el uso de estos productos es necesario tomar en cuenta beneficios adicionales en la calidad del producto cosechado, como el contenido de ácido ascórbico.

Sarabia (1998), en el cultivo de esparrago cv. "UC 157", determinó que la aplicación de bioestimulantes, ácidos húmicos o reguladores de crecimiento no influyo significativamente en el rendimiento total, en las condiciones del experimento los tratamientos "Moll", "Agrispon" y Tigr". Fueron el ácido húmico, bioestimulantes y regulador de crecimiento, respectivamente con los mayores rendimientos.

Calderón (1994), experimentó el uso de ácidos húmicos combinados con diferentes niveles de fertilización nitrogenada en el cultivo de tomate. Encontró diferencias significativas variables, de la altura de planta con ácidos húmicos con una aplicación de 160 kg/ha N. mientras que el mismo tratamiento alcanzó un incremento de 18.6% frente al testigo que no recibió aplicación de ácido húmico.

Shimabukuro (1996), utilizando ácidos húmicos y abonos foliares no encontró incrementos significativos en el rendimiento o calidad del cultivo de vainita cv. "bush lake" y para las condiciones del experimento no se justificó económicamente su uso.

Manrique (1997), indica que en el cultivo de cebolla dulce cv. “grano 438” no se encontraron diferencias en los rendimientos luego de la aplicación de diferentes ácidos húmicos agregados foliarmente, aunque si se encontraron efectos sobre la materia seca.

DESCRIPCIÓN DE LEONARDITA MARCA COMERCIAL AGRO LIG

Proviene de lagunas formadas en el proceso de carbonización de los bosques tropicales del hemisferio norte, ocurrido hace 300 millones de años esas lagunas al secarse en el tiempo formaron lo que se conoce como ácidos húmicos y se denominaron Leonardita ya que dichas minas fueron descubiertas por el Dr. Leonard en 1940.

AGROLIG es Leonardita natural americana proveniente de Gascoyne, Dakota del Norte, es ampliamente reconocida por mejorar las características y condiciones del suelo e incrementar las cosechas.

AGROLIG es muy eficaz especialmente en suelos bajos en fertilidad y materia orgánica, y suelos alcalinos. AGROLIG puede incorporarse fácilmente en el suelo. El uso frecuente de AGROLIG mejora la estructura del suelo e incrementa el contenido de materia orgánica.

Características Únicas de AgroLig (Amcol Bioag, 2013):

- Certificado por OMRI como Materia Orgánica Certificada al ser procesado sin químicos perjudiciales durante su producción
- Producida con Leonardita americana de Amcol en Gascoyne, Dakota del Norte, EE.UU. reconocida como los mayores depósitos del mundo en calidad y volumen
- Mantiene concentraciones naturales de sus Ácidos Húmicos, Fúlvicos
- Calidad reconocida mundialmente y consistente desde 1958

Así mismo algunos de sus beneficios que se indican en son (Amcol Bioag, 2013):

- Rehabilita suelos bajos en fertilidad, materia orgánica, alcalinos y salinos
- Mejora las condiciones de suelo por largo periodos de producción

- Incrementa la obtención y traslocación de nutrientes hacia la planta
- Contribuye a producir plantas fuertes y más saludables
- Mejora la calidad de los cultivos, frutos y sus cosechas
- Asegura un mejor retorno al agricultor en sus cosechas

Tabla 7: Hoja técnica de la leonardita marca “AGROLIG”

Composición Química	65% mínimo de Ácidos Húmicos en base seca.	
Composición de Elementos	Nitrógeno Total (N)	0,5 – 1,5%
	Fosforo disponible (P ₂ O ₅)	0,01 – 0,05%
	Potasio soluble (K ₂ O)	0,1 – 0,5%
	Hierro (Fe ₂ O ₃)	0,5 – 1,5%
	MgO	1,5 – 3,0%
	CaO	1,0 – 5,0%
	Azufre total (S)	1,5 – 3,0%
	Boro (B)	0,01 – 0,05%
	Manganeso (Mn)	0,01 – 0,05%
	Potasio (K)	0,05 – 0,1%
	Carbón Orgánico Total (C)	25 – 45%
	pH 3,5 – 5,0 al 5% de sólidos	

FUENTE: www.amcolbioag.com

EXPERIENCIAS EN LA APLICACIÓN DE LEONARDITA MARCA AGRO -LIG (Amcol Bioag, 2013)

Un estudio de 1988 realizado en el Estado de Carolina del Norte con plántulas de tomate que eran de cultivo en invernadero se observó que tenían limitada disponibilidad de nutrientes, luego de la aplicación de ácidos húmicos se muestran aumentos significativos de nutrientes.

Un informe testimonial de ensayos en campo el período 1991-2003 en Alemania muestra un aumento significativo en el cultivo de remolacha y el azúcar derivado de la remolacha

azucarera al utilizar ácidos húmicos foliares. (Resumen Informe de Lances Link, Incorporated, Suiza.

Un informe testimonial ensayos de campo en la remolacha azucarera en Siria en 1998 muestra un aumento significativo en el cultivo de remolacha y el azúcar derivados de la remolacha azucarera al utilizar ácidos húmicos foliares.

Un informe testimonial en 6 ensayos de ensilaje de maíz en Alemania en 2009/2010 muestra aumentos significativos en la cantidad de maíz. (Resumen Informe de Lances Link, Incorporated, Suiza)

Un trabajo de investigación del Centro de Investigación de Lituania para la Agricultura y Forestal titulado, "La eficacia biológica de la materia orgánica sobre el rendimiento de la Papa". El artículo presenta un análisis estadístico que muestra los efectos positivos significativos en el rendimiento, contenido de almidón y proteínas en la papa, luego de la aplicación de ácidos húmicos foliares.

Un informe testimonial en invernadero Tomates cultivadas en Grecia. El informe muestra una comparación del aumento de rendimiento significativo alcanzado por el tratamiento con Ácidos húmicos foliares vs. tratamiento estándar de los agricultores. (Blackjak Trial, Marathonas, Grecia, marzo-julio 2010)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

1. ÁREA DE ESTUDIO

Esta investigación se realizó en la plantación del Grupo “Trebol” S.A.C., ubicado en el Sector Pumahuaca en el Distrito de Aucallama, Provincia de Huaral – Lima, Perú.

Ubicación política

Departamento	:	Lima
Provincia	:	Huaral
Distritos	:	Aucallama
Sector	:	Pumahuaca
Asociación	:	Grupo “Trébol” S.A.C

Ubicación geográfica

El Sector Pumahuaca se encuentra en una altitud de 0 a 24 msnm, con una Latitud Sur de 10°51'28" a 10°56'34" y a una Longitud Oeste de 77°41'30" a 77°40'00" sobre el meridiano de Greenwich. Los límites del distrito son: Por el Norte con el Río Huaura Por el Sur con el distrito de Huaral, por el Oeste con la ciudad de Huacho y por el Este con el distrito de Sayán. Como se puede ver en la Figura N° 3

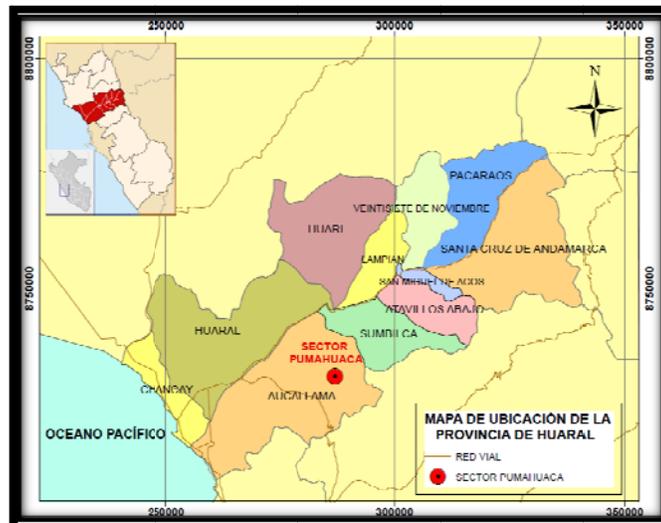


Figura 3: Mapa de ubicación del Sector Pumahuaca

FUENTE: Elaboración propia

1.1. CLIMA

Huaral es conocido por tener un clima de desierto y tiene posee los siguientes valores promedios anuales.

Tabla 8: Características climáticas de la Provincia de Huaral

Provincia	Huaral
Distrito	Huaral
Temperatura	19 °C
Humedad relativa	86%
Evaporación	2,8 mm
Horas de Sol	Horas
Precipitación	1,2 mm
Vientos	6 km/h

FUENTE: INIA (Estación experimental agraria Donoso)

Climatograma Huaral

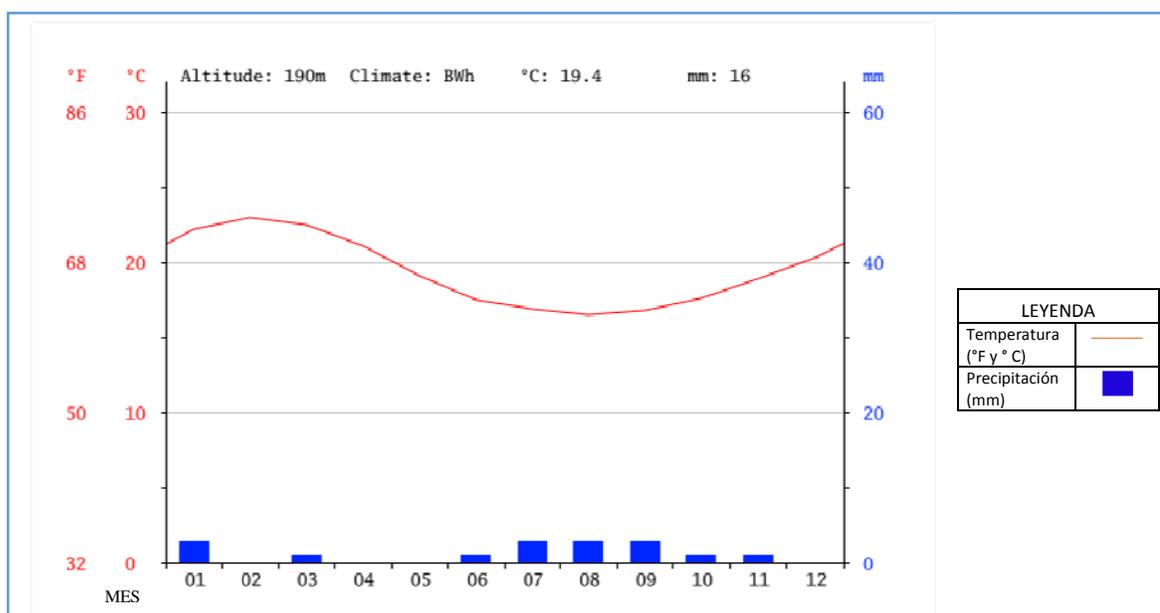


Figura 4: Climatograma de Huaral

FUENTE: Climate date.org

En la figura N° 3 se puede apreciar que la evaporación es mayor a la precipitación, esto es característico de los climas áridos. El mes de mayor temperatura se da en el mes de Febrero y el mes más frío es Agosto con una temperatura de 16° C.

1.2. SUELO

En el Valle de Huaral los suelos son diversos. En la zona baja, entre 100 y 300 msnm, se encuentran suelos de textura franco arenosa, muy fértiles, con ligeros problemas de salinidad pero pobres en materia orgánica. Presentan una capa arable de 40 cm, a comparación de otras zonas. Los ubicados entre 1000 a 2500 msnm son suelos muy pobres, de bajo contenido de materia orgánica, con capa arable de 15 cm, pedregosos y constantemente tienen problemas de erosión debido al mal manejo del riego(Hilario , 2011).

De acuerdo a la capacidad de uso mayor de los suelos (Ley N° 27308) estos son suelos de protección.

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO DEL SECTOR PUMAHUACA

Se realizó un muestreo al azar y estas fueron procesadas en el Laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Ver (Anexo 7)

Se pudo observar que el suelo del Sector Pumahuaca es ligeramente salino con una CE (es) de 2,11 .El análisis mecánico de las fracciones minerales indica una clase textural entre Arena Franca y Franca Arenosa, lo cual tipifica a este suelo con una moderada capacidad de retención de humedad y un drenaje alto. Es un suelo con baja cantidad de M. O. reduciendo la cantidad de Fósforo disponible es bajo y de Potasio disponible en el suelo es moderado, también presenta una baja Capacidad de Intercambio Catiónico.

1.3. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

En los meses de Octubre y Noviembre del año 2012 en el Sector Pumahuaca ubicado en el distrito de Aucallama, se estableció aproximadamente unas 30 has de cultivo de tara para producción de taninos.

El diseño de la plantación de tara se realizó con el método de 3 bolillos por tratarse de un terreno con algunas zonas de pendiente, el sistema de riego utilizado fue de riego por goteo, con una frecuencia de 10 minutos diarios.

Toda la plantación recibió el manejo forestal adecuado, como el lavado del suelo previo a la instalación de plantones para la eliminación de sales cercanas al perfil radicular, aplicación de fertilizantes, las podas de formación necesarias para el crecimiento adecuado de las plantas, etc.

Para la ejecución de esta investigación se establecieron plantones de tara en una parcela de 144 m², el distanciamiento entre plantas fue de 3m x 3m, con un total de 27 plantas.



Figura 5: Parcela de establecimiento

FUENTE: Elaboración propia

1.4. MATERIAL EXPERIMENTAL

Inicialmente se realizó un ensayo con 90 plantas de *Caesalpinia spinosa* “tara” sin un diseño muestral y se les aplicó 3 tratamientos con el abono orgánico Leonardita, sin embargo posteriormente se decidió realizar un diseño de bloques completos al azar para evitar la variabilidad del suelo y obtener muestras más homogéneas.

Finalmente se trabajó con las 27 plantas de *Caesalpinia spinosa* tara.

Los plantones de tara fueron adquiridos en un Vivero Forestal ubicado en Cieneguilla, cumpliendo con las condiciones mínimas que debe requerir un plantón: 30 cm de altura, buen estado fitosanitario y de buen vigor.

Es importante mencionar que la procedencia de las semillas utilizadas por el Vivero Forestal pasaba bajo un control riguroso y por lo tanto producían plantones de calidad.

El abono orgánico utilizado fue:

Leonardite de la marca comercial AGROLIG está compuesto de ácido húmico y ácido fúlvico, importado de Dakota del Norte, Estados Unidos. AGROLIG es ampliamente reconocida por mejorar las características y condiciones del suelo e incrementar las cosechas. AGROLIG es muy eficaz especialmente en suelos bajos en fertilidad y materia orgánica, y suelos alcalinos. AGROLIG puede incorporarse fácilmente en el suelo. El uso frecuente de AGROLIG mejora la estructura del suelo e incrementa el contenido de materia orgánica. (Amciol Biog, 2013)

La aplicación promedio de la Leonardita es de 100 a 150 Kg/Ha dependiendo de la calidad del suelo y el tipo de cultivo. Se puede aplicar con otros productos abonos orgánicos, inorgánicos, fungicidas, pesticidas, etc.

1.5. EQUIPOS

- Cilindros de 100 cm³ para medir densidad aparente
- Horno de secado de suelo

- Cámara fotográfica
- Balanza analítica

1.6. HERRAMIENTAS

- Libreta de Campo
- Wincha
- Leonardita marca Agro – lig
- Pala
- Formatos de evaluación
- Carteles para identificación
- Bolsas de papel y de plástico
- Costal
- Bandejas de aluminio

1.7. METODOLOGÍA

1.7.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental consistió en la Distribución de Bloques completamente al azar con 3 bloques (repeticiones) y 3 tratamientos por bloque, teniendo un total de 9 parcelas experimentales.(Figura 6)

El diseño de Distribución de Bloques completamente al azar se realizó para evitar un efecto de la variabilidad edáfica y como consecuencia tener unidades experimentales lo más homogéneas posibles.

Se instalaron 27 plantones de tara a un distanciamiento de 3 x 3 m en un área de 144 m², teniendo un total de 9 plantas por tratamiento, con 3 plantas por bloque.

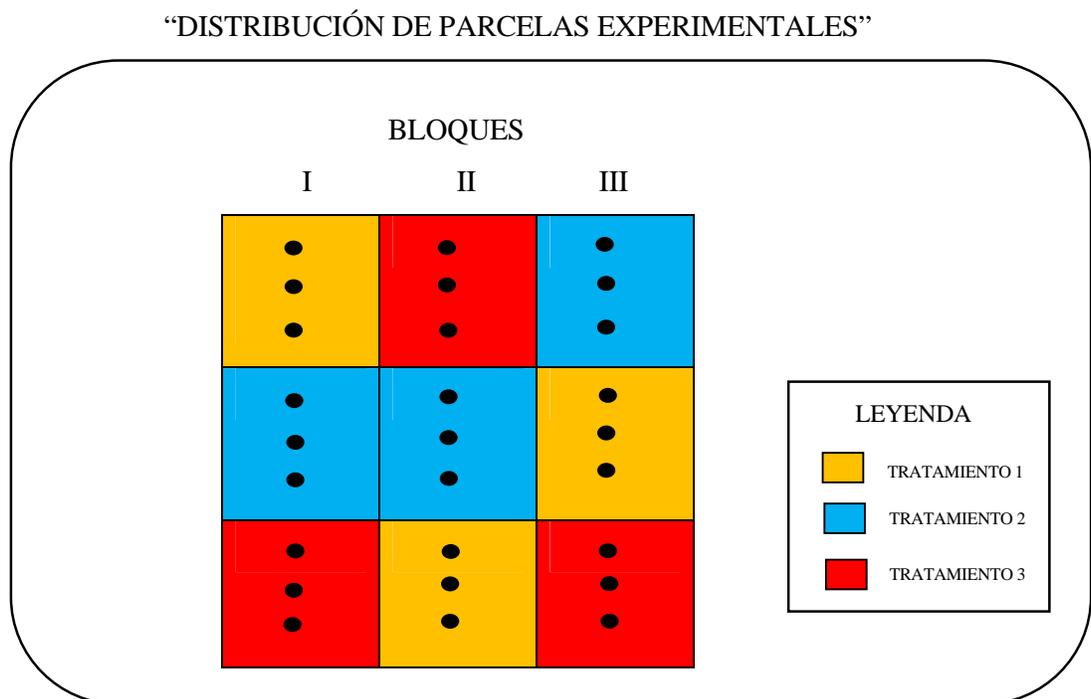


Figura 6: Distribución de parcelas experimentales con 3 bloques (repeticiones) y 3 tratamientos por bloque

FUENTE: Elaboración propia

1.7.2. TRATAMIENTOS APLICADOS

La Leonardita se agregó al suelo de manera directa a unos 20 cm de profundidad del suelo en forma de media luna, la incorporación de la Leonardita se realizó a una distancia 10cm de las raíces. (Figura 7)



Figura 7: Aplicación de Leonardita al suelo

FUENTE: Elaboración propia

1.7.3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

- TRATAMIENTO T1

Aplicación directa de Leonardita al suelo de 30 gramos/planta

- TRATAMIENTO T2

Aplicación directa de Leonardita al suelo 45 gramos/planta

- TRATAMIENTO T3

El tratamiento tres sirvió como testigo, se instalaron las plantas sin ninguna aplicación.



Figura 8: Leonardita marca comercial AGROLIG (granular)

FUENTE: Elaboración propia

1.7.4. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LEONARDITA EN EL CRECIMIENTO Y VIGOR DE LAS PLANTAS

Las evaluaciones fueron mensuales y se realizaron en un periodo de seis meses comprendidos entre Setiembre y Febrero del siguiente año.

ALTURA TOTAL

Se efectuó la medición de altura de los latizales de la planta de tara, desde la base del suelo hasta el punto más alto y posteriormente se clasificaron según el rango de crecimiento.

VIGOR

El vigor en la planta se determinó de acuerdo a la adaptación de la metodología de Synnot, citado por Manta (1998, 2015) escala gráfica de vigor en las plantas de *Caesalpinia Spinosa* “tara” (Figura 9).

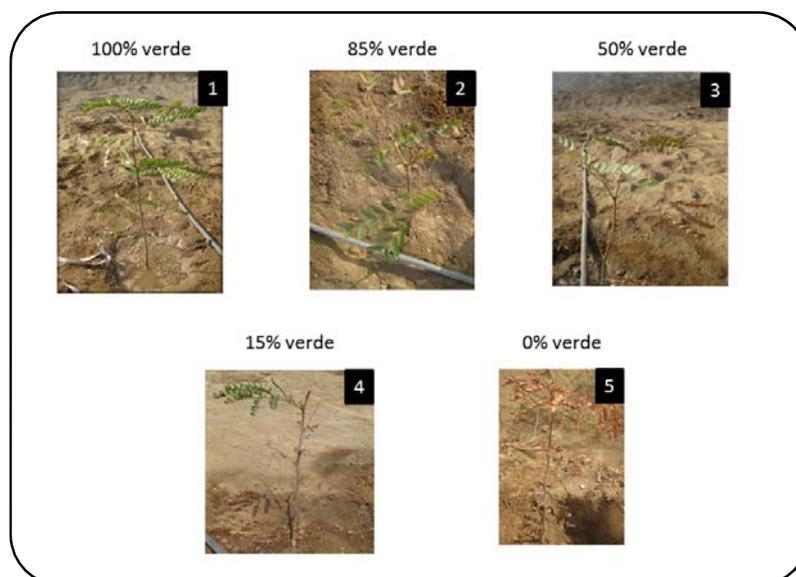


Figura 9: Escala gráfica del vigor en las plantas de *Caesalpinia Spinosa* “tara”

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 9: Grados de vigor de los latizales

Grados de Vigor	Valores	Descripción cualitativa
1	100% verde	Posee todas sus hojas y estas presentan un color verde y vigorosas
2	75% verde - 25% seco	¾ partes de la planta poseen hojas
3	50% verde - 50% seco	Poseen la mitad de sus hojas vivas y de color verde
4	25% verde - 75% seco	Solamente ¼ parte de las plantas poseen hojas vivas y verdes
5	100% seco	No posee ninguna hoja viva y verde

FUENTE: Elaboración propia

1.7.5. CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DEL SUELO

a. CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL SUELO

Dado que la materia orgánica contribuye a mejorar las propiedades físicas del suelo se procedió a evaluar dicho efecto. La caracterización física del suelo se realizó luego de 6 meses de la aplicación de Leonardita.

Para evitar el efecto de la variabilidad edáfica se limitó el número de unidades experimentales y se procedió a bloquearlas para que sean los más homogéneos posibles

El análisis físico del suelo comprendió:

- a) Densidad Aparente (Cilindros de 100 cm³)
- b) Porosidad (calculado con la densidad aparente y densidad real)

La textura del suelo por el método de sedimentación de Bouyoucus

b. EVALUACIÓN DE LA DENSIDAD APARENTE Y POROSIDAD DEL SUELO

La evaluación de densidad aparente y porosidad consistió en realizar una calicata hasta los 30 cm de profundidad y se colocó el cilindro de 100 cm en uno de los lados a la profundidad de 20 cm para retirar una muestra no disturbada, posteriormente se retiró el cilindro, se enrasó con un cuchillo para obtener el volumen correspondiente y se tapa con un tapón de plástico, finalmente se retira el suelo y se coloca en una bolsa de papel codificado.

Posteriormente las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Suelos, colocadas en bandejas de aluminio y pesadas en una balanza analítica para determinar el peso de suelo húmedo. Inmediatamente las muestras fueron llevadas a un horno de secado a una temperatura de 105 °C durante 24 horas y finalmente se pesó cada muestra seca.

Con los datos del suelo seco y húmedo se calculó la densidad aparente y porosidad con las siguientes fórmulas:

$$\text{Porosidad (\%)} = 1 - \frac{D_a \times 100}{2.65}$$

$$D_a \text{ (gr/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Peso Suelo Seco}}{\text{Volumen del cilindro}}$$

c. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL SUELO

Para la caracterización química del suelo se realizó un diseño de bloques completamente al azar con 3 bloques, 3 tratamientos y 3 repeticiones.

Se hizo un muestreo de suelos hasta los primeros 20 cm de profundidad y luego se realizó un análisis de caracterización química de los suelos.

Para evitar el efecto de la variabilidad edáfica se limitó el número de unidades experimentales y se procedió a bloquearlas para que sean los más homogéneos posibles.

Una vez tomada la muestra de suelo, esta se colocaba en una bolsa plástica previamente identificada, para luego ser transportada al laboratorio de suelos de la UNALM

El muestreo se realizó en 2 periodos uno al inicio de la plantación y otra a los 6 meses de establecidas.

c.1. ANÁLISIS DE LA CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL SUELO

Los análisis de caracterización química del suelo se realizaron en el laboratorio de análisis de suelos, agua y plantas de la UNALM usando la Metodología descrita por Bazán (1996) y con la metodología de Soil Science Society of America (1996), en el cual se determinó:

- c) El pH del suelo, mediante la medida del potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:1.
- d) La cantidad de Materia Orgánica, mediante el método de Walkey y Black.
- e) La capacidad de intercambio catiónico (CIC).
- f) La cantidad de Fósforo, mediante el método de Olsen.
- g) La cantidad de Potasio, mediante la extracción con acetato de amonio.
- h) La cantidad de Nitrógeno, mediante el procedimiento de Kjeldahl.

- i) Ácidos Húmicos fraccionamiento de la MO en %
- j) Ácidos Fúlvicos fraccionamiento de la MO en %
- k) Huminas , fraccionamiento de la MO en %

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. EFECTO DE LA LEONARDITA EN EL CRECIMIENTO INICIAL DE LA TARA

1.1. SOBREVIVENCIA

En un periodo de 6 meses se obtuvo un 100% de sobrevivencia en los 3 tratamientos de los tres bloques obteniendo un total de 27 plantas vivas.

Los resultados de sobrevivencia podrían explicarse debido a que las plantas tenían la cantidad necesaria de agua a través del riego por goteo y porque los plantones instalados provenían de un vivero que utilizó semillas de alto grado de germinación, principalmente.

1.2. CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS

Se determinó que los tratamientos y los bloques no presentan diferencia significativa entre tratamientos y entre bloques por la prueba de ANOVA al 0.05% como se puede ver en la Figura 10.

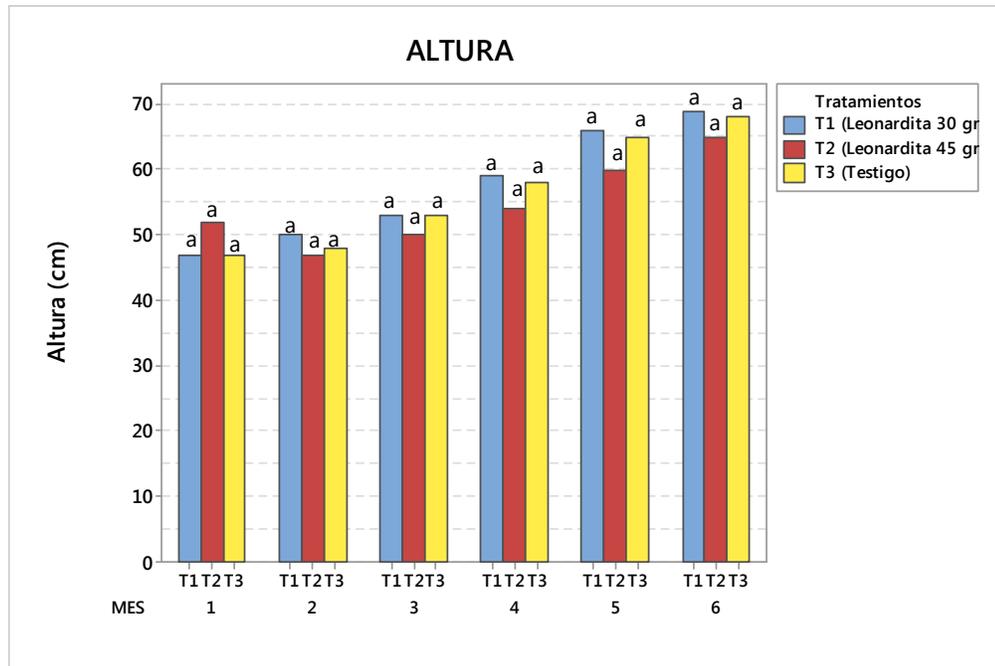


Figura 10: Altura de plantas de *Caesalpinia spinosa* “tara” luego de la aplicación tratamientos a los seis primeros meses de crecimiento.

FUENTE: Elaboración propia

Los resultados en los primeros cinco meses de la evaluación fue mayor en el tratamiento donde se le aplicó menor cantidad de Leonardita (30gr) sin embargo al sexto mes de evaluación se pudo observar el crecimiento en altura de plantas es casi uniforme en los tratamientos, es decir que la respuesta de la planta a la aplicación de Leonardita a los primeros seis meses no es significativa y posiblemente los resultados se vean en un periodo más largo.

Tabla 10: Altura promedio de *Caesalpinia spinosa* “tara” los primeros seis meses de instalación.

MES	1	2	3	4	5	6
TRATAMIENTO 1	47	50	53	59	66	69
TRATAMIENTO 2	52	47	50	54	60	65
TRATAMIENTO 3	47	48	53	58	65	68

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 11: Prueba de Tukey, para determinar la diferencia de alturas entre tratamientos

Semejanza entre tratamientos	Tratamiento
A	T1 (30 gr Leonardita)
A	T2 (45 gr Leonardita)
A	Testigo

FUENTE: Elaboración propia

En el periodo de evaluación no se encontró diferencias significativas en el crecimiento en altura entre los tratamientos con la aplicación del producto. Este resultado podría ser explicado debido a que la velocidad de descomposición de las sustancias húmicas requieren de un plazo mayor y porque la dosis aplicada fue insuficiente. Así mismo, este resultado indica que hasta los seis meses la planta presenta alta capacidad de adaptación al medio.

1.3. VIGOR

En la Figura 11 puede observarse que el mejor vigor de las plantas ocurre en el tratamiento 1, ya que al sexto mes el 20% de toda la plantas estaba seca, mientras que en el tratamiento T2 y el testigo el 50% de toda la planta estaba seca; sin embargo estos resultados no fueron significativos en el periodo de estudio.

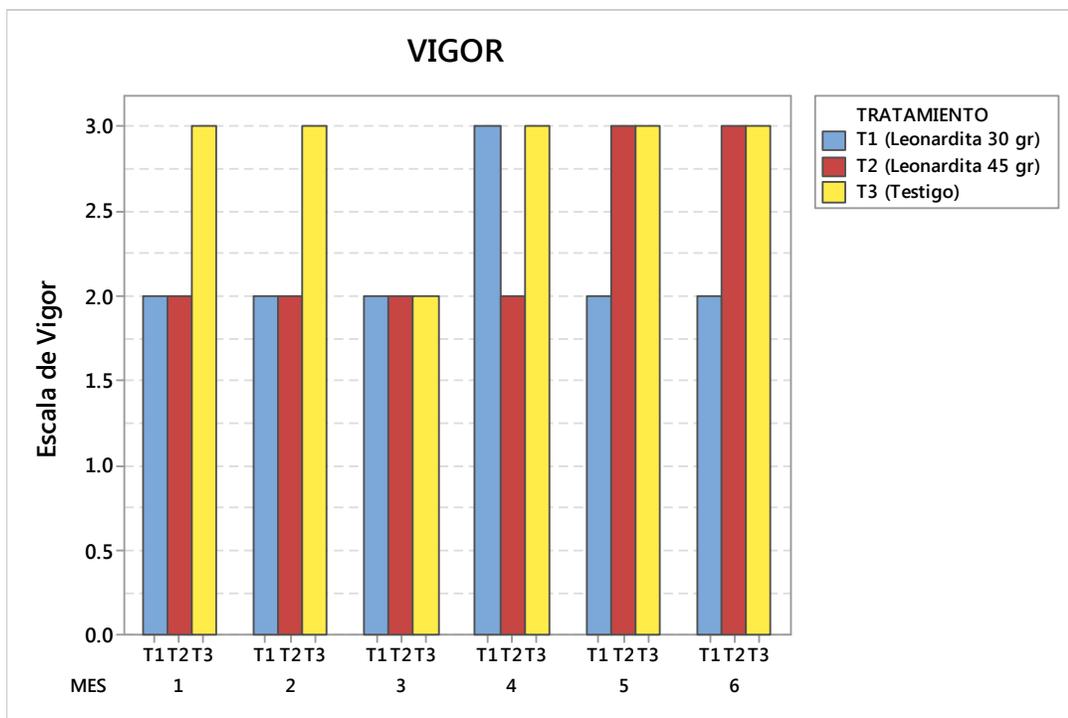


Figura 11: Vigor de plantas de *Caesalpinia spinosa* “tara” luego de la aplicación tratamientos a los seis primeros meses de crecimiento

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 12: Vigor promedio de *Caesalpinia spinosa* “tara” los primeros seis meses de instalación.

MES	1	2	3	4	5	6
TRATAMIENTO 1	2	2	2	3	2	2
TRATAMIENTO 2	2	2	2	2	3	3
TRATAMIENTO 3	3	3	2	3	3	3

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 13: Prueba de Tukey, para determinar la diferencia del vigor entre tratamientos

Semejanza entre tratamientos	Tratamiento
A	T1 (30 gr Leonardita)
A	T2 (30 gr Leonardita)
A	Testigo

FUENTE: Elaboración propia

A pesar de que no se encontraron diferencias significativas en el crecimiento y vigor de las plantas luego de la aplicación de sustancias húmicas como Leonardita, la FAO(2002) indica que la presencia de materia orgánica como las sustancias húmicas, presentan beneficios por ser de gran estabilidad para la estructura del suelo, disminuyendo la erosión de suelos y consiguiendo así la conservación de estos.

Además de otros beneficios como la captura de carbono en suelos agrícolas, y consecuentemente una mejora de la calidad del aire por la disminución de la concentración de CO₂ atmosférico, además de otros gases de efecto invernadero en partículas metano y óxido nitroso (CH₄ y NO₂), disminuyendo el impacto ambiental y el cambio climático.

EFFECTO DE LA LEONARDITA EN LA DENSIDAD APARENTE Y POROSIDAD DEL SUELO

1.3.1. DENSIDAD APARENTE

La densidad aparente promedio del suelo se puede observar en el Cuadro N°11. Los valores de densidad aparente para el suelo donde se aplicó los tratamientos de Leonardita, presentaron mayores valores de densidad aparente; mientras en el suelo donde no se le aplicó la Leonardita presentó una menor densidad aparente. Sin embargo, los valores se encuentran dentro del rango del suelo Franco arenoso.

Tabla 14: Comparación entre la densidad aparente promedio de los tres tratamientos realizados.

<i>Variable</i>	<i>Tratamiento N° 1</i>	<i>Tratamiento N° 2</i>	<i>Tratamiento N° 3</i>
Densidad Aparente (g/cm ³)	1,49	1,44	1,40

FUENTE: Elaboración propia

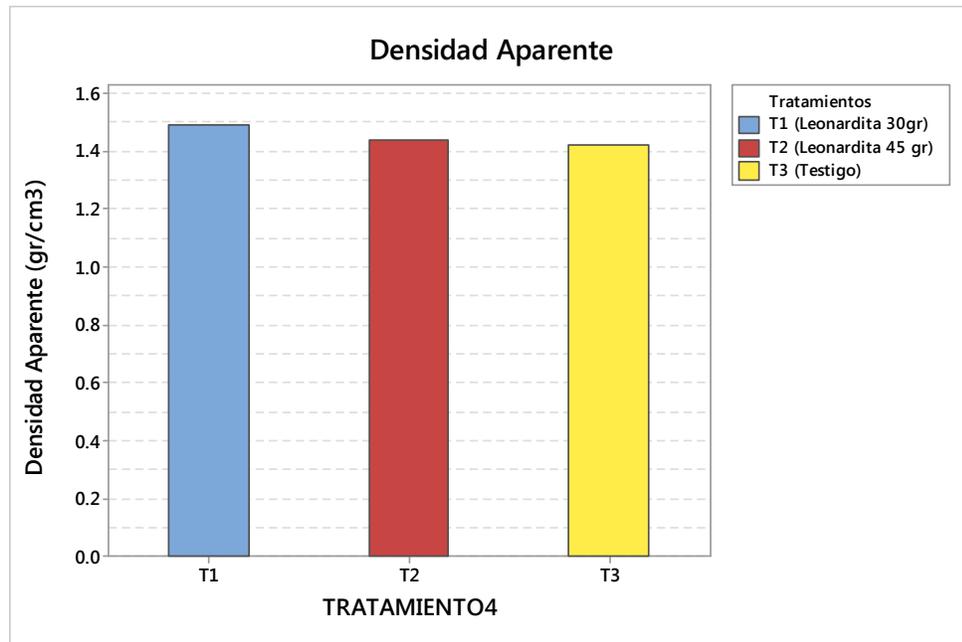


Figura 12: Densidad aparente del suelo

FUENTE: Elaboración propia

Por lo tanto no hubo diferencias significativas para la densidad aparente entre los tratamientos. Estos resultados pueden ser explicados en función al plazo de evaluación y a la cantidad de dosis aplicada. Es importante mencionar que el valor encontrado en el testigo no muestra síntomas de compactación. Valores superiores hubieran indicado que hay presencia de suelo más compactado y menos poroso disminuyendo la infiltración del agua, el drenaje y aumentando la escorrentía, es decir reduciendo la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo.

1.3.2. POROSIDAD

En la Tabla 12 y Figura 13 se muestra que la porosidad promedio del suelo donde se aplicaron los tratamientos T1 y T2 es ligeramente menor al tratamiento testigo; sin embargo esta diferencia no es significativa para el periodo de estudio.

Tabla 15: Porosidad promedio de los tres tratamientos realizados

Variable	Tratamiento N° 1	Tratamiento N° 2	Tratamiento N° 3
Porosidad (%)	44	46	47

FUENTE: Elaboración propia

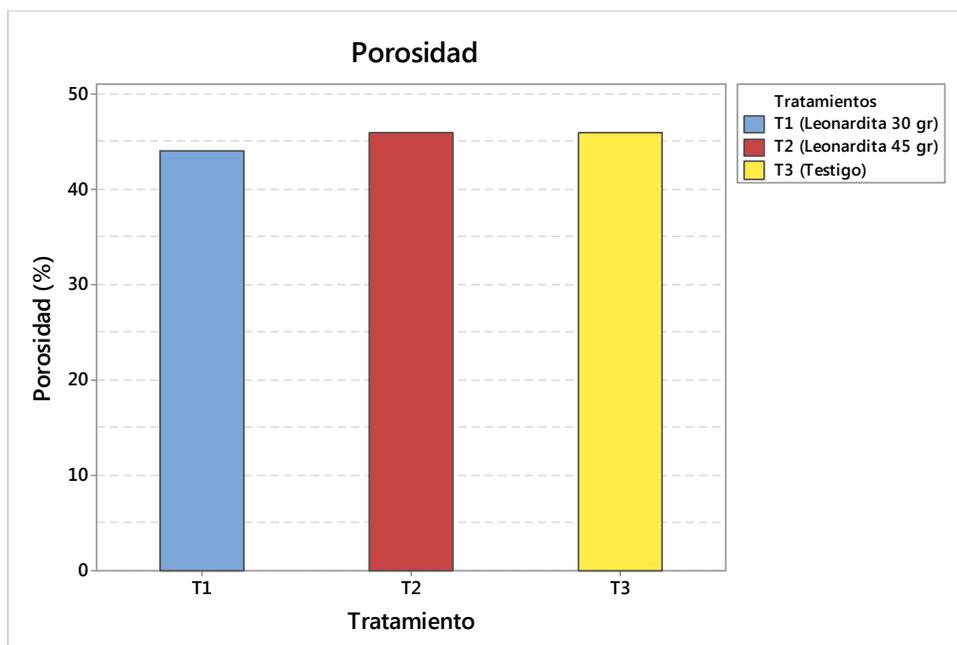


Figura 13: Porosidad en el suelo con la aplicación de los tres tratamientos

FUENTE: Elaboración propia

Los valores de porosidad encontrados son estándar y representativo de un suelo Franco Arenoso (mayores valores de densidad aparente que otros tipos de suelos). Este tipo de suelos presentan mayor cantidad de macroporos que microporos. Los macroporos no retienen el agua contra la fuerza de gravedad y por lo tanto son responsables del drenaje y la aireación del suelo, constituyendo además tiene el espacio para el desarrollo de las raíces, pero también existe una elevada permeabilidad por lo tanto existe una mayor evapotranspiración. Mientras los microporos son los que retienen el agua, parte de la cual es disponible para las plantas. Por ello se puede afirmar que los valores encontrados son los correspondientes al suelo franco arenoso.

1.4. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO

La figura 14 indica que existen diferencias en la CIC en los tres tratamientos al sexto mes, sin embargo no se ha logrado mejorar la disponibilidad de nutrientes ya que los valores de la última evaluación se encuentran en la clasificación de suelos con baja capacidad de CIC (12).

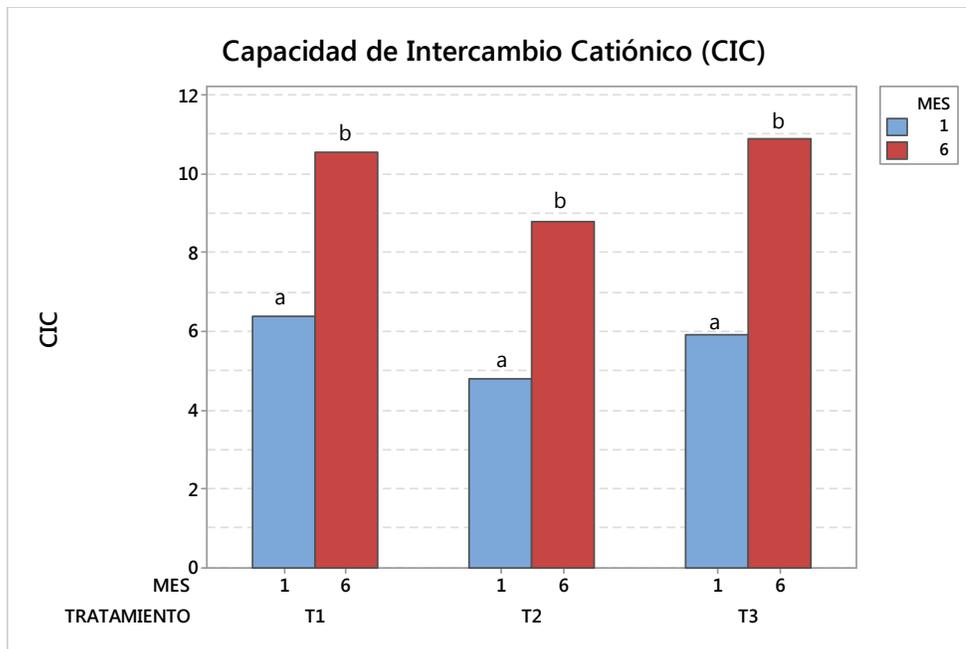


Figura 14: Capacidad de Intercambio Catiónico en el suelo a los seis meses en tres diferentes tratamientos

FUENTE: Elaboración propia

Se espera que en el largo plazo que la “tara” empiece a generar una mejor disponibilidad de nutrientes por ser una leguminosa, así como el riego que se le aplica ayuda a este objetivo.

1.5. SUSTANCIAS HÚMICAS

En la Figura 15 se puede los porcentajes de los ácidos húmicos y fúlvicos, encontrándose poca cantidad de ácidos húmicos en el suelo, con un mínimo de 3.95 % del tratamiento T1 y un máximo de 10.53 % en el caso del tratamiento T3. Para el caso de los ácidos fúlvicos se presenta una situación similar en donde no existen diferencias de estos entre tratamientos siendo la de menor cantidad el tratamiento T1 con un 3.95% y la de mayor presencia de ácidos fúlvicos el tratamiento T3 con 11.56 % . Como se explicó anteriormente estas sustancias tienen una velocidad de descomposición, pero el hecho de encontrar una mayor cantidad de ácidos húmicos y fúlvicos en el testigo podría ser explicadado que unos meses antes en la zona de estudio se plantaron frutales, pero que murieron por falta de riego murieron.

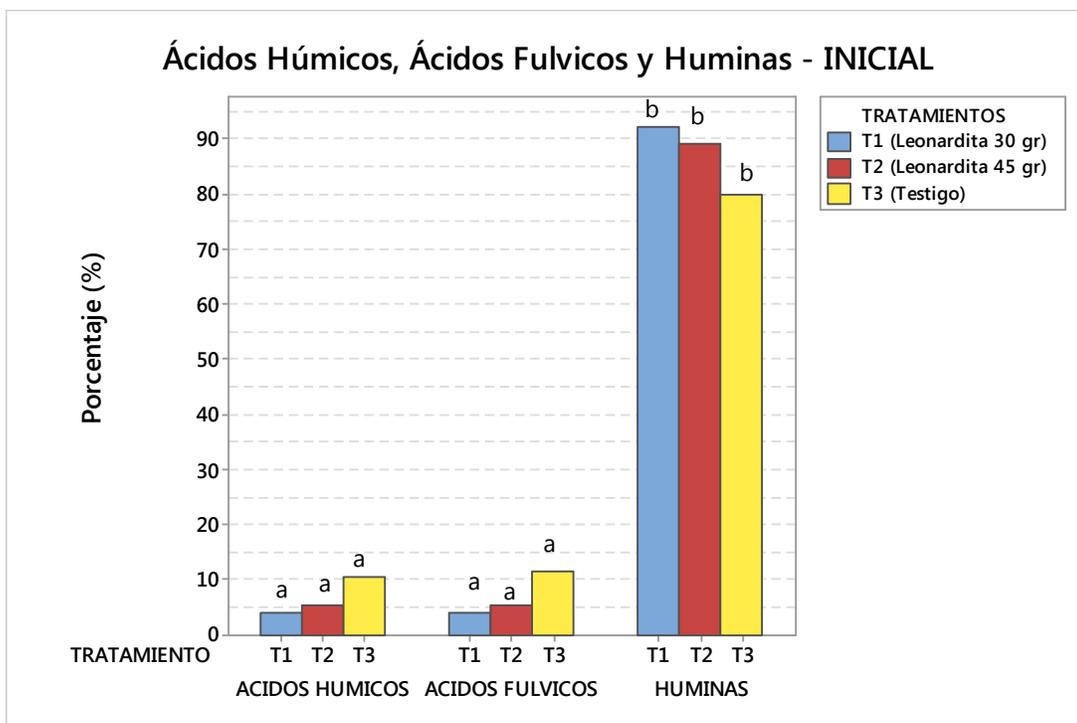


Figura 15: Sustancias húmicas encontradas en el suelo al inicio de la plantación

FUENTE: Elaboración propia

Sin embargo para el caso de los Ácidos Húmicos y Fúlvicos vs las Huminas si existe una diferencia significativa para los tres tratamientos. Este resultado se explicaría debido a que las Huminas son la fracción más resistente en el suelo, ya que es insoluble a los agentes degradantes, contienen residuos vegetales y microbianas en un estado de descomposición parcial.

En la Figura 16 se presentan los resultados de las sustancias húmicas después de seis meses de aplicación. La cantidad de Ácidos Húmicos finales en el suelo fue mayor en el tratamiento T2 con un 38.4 % seguido por el tratamiento T3 con 36.76% y finalmente una cantidad de 30.88% para el tratamiento T1. Estos valores fueron superiores a los tomados inicialmente, y se debe a que en el suelo ha ocurrido una dinámica de descomposición de los residuos como hojarasca de la tara que es aportado al suelo y hace que sean más activos y mejoren la estructura del suelo. Meztanza (2006) afirma lo mismo efecto de descomposición de la hojarasca.

En el caso de los ácidos Fúlvicos se vio que existe una mayor cantidad de estos en donde aplicaron los tratamientos T1 y T2 con un 11.76 % en ambos casos, los valores significativamente menores a las Huminas debido a que los ácidos fúlvicos por tener menor peso molecular es menos resistente a la biodregradación por consiguiente su permanencia en el suelo es baja de forma contraria para el caso de las huminas se encontraron en mayores cantidades de 58.82 % porque contienen residuos vegetales y microbianas en un estado de descomposición parcial. Esto indicaría que la descomposición de materia orgánica en estas condiciones es lenta. Sin embargo, Manta (2008) afirma que es importante destacar el papel las sustancias húmicas como fuente de captura de carbono en el suelo, que es otro valor añadido a la fertilización orgánica, es decir que contribuyen a fijar el CO₂ atmosférico y a adaptarse al cambio climático. Así mismo, las sustancias húmicas contribuyen a mejorar la retención de agua en el suelo, reduciendo la huella hídrica de los cultivos forestales, y al haber agua en el suelo siempre es posible la descomposición de otros elementos químicos y orgánicos presente en el suelo.

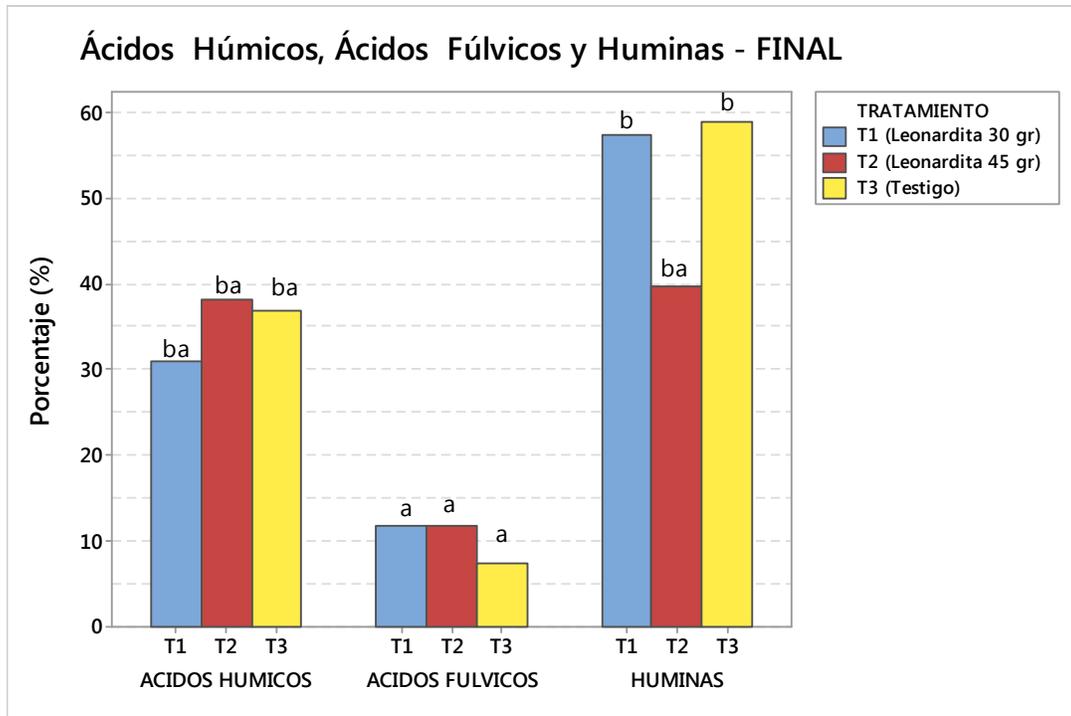


Figura 16: Sustancias húmicas después de seis meses de evaluación

FUENTE: Elaboración propia

1.5.1. ACIDOS HÚMICOS

La figura N° 17 indica el porcentaje de ácidos húmicos en el suelo para cada uno de los tratamientos a al inicio y luego de los 6 meses de instalación. Estos no tienen diferencias significativas.

Al momento de la instalación el porcentaje de ácidos húmicos para el tratamiento T1 fue de 0.03 %, siendo menor a la del tratamiento T2 con 0.05 y este último la mitad del tratamiento T3 con 0,1 %, siendo el tratamiento T3 superior a los otros tratamientos. Al sexto mes de aplicado los tratamientos se encontró un porcentaje de 0.13 % en los tratamientos T2 y T3, a diferencia del tratamiento T2 con una cantidad de 0.9%.

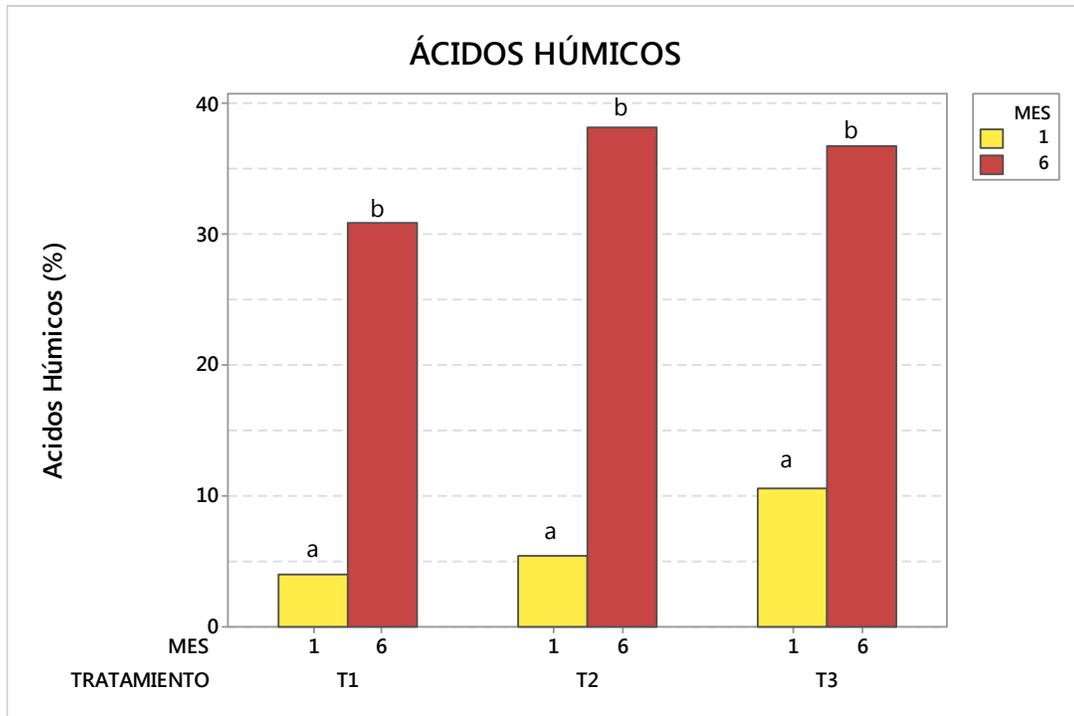


Figura 17: Porcentaje de Ácidos Húmicos en el suelo los primeros seis meses de crecimiento

FUENTE: Elaboración propia

La gráfica nos muestra que existe una diferencia significativa entre el primer mes y el sexto mes de aplicados los tratamientos, esto indicaría que los ácidos húmicos serían traslocadas al interior de la planta de manera pasiva. Los ácidos húmicos incrementarían la actividad microbiana, mejorarán la estructura del suelo, la capacidad de intercambio catiónico, así como contribuyen a la fijación de carbono en el suelo.

1.5.2. ÁCIDOS FÚLVICOS

La figura N° 10 muestra la cantidad de ácidos fúlvicos en el suelo con diferencias no significativas entre tratamientos y el tiempo de evaluación.

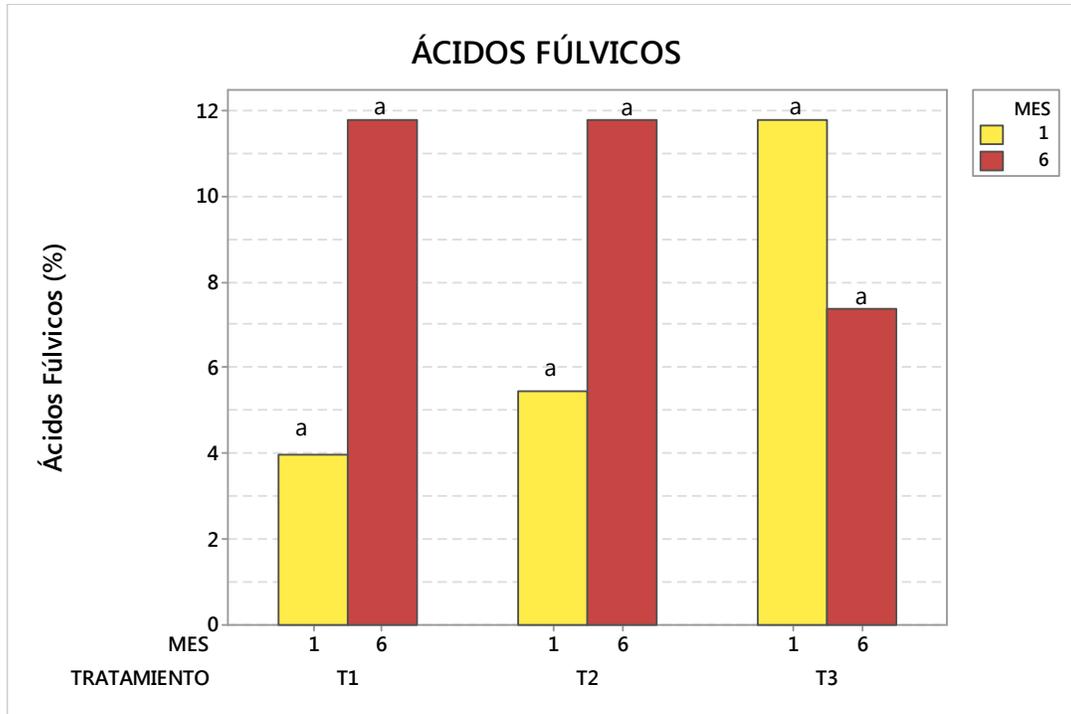


Figura 18: Porcentaje de Ácidos Fúlvicos en el suelo los primeros seis meses de crecimiento

FUENTE: Elaboración propia

En la Figura 18 se puede observar una diferencia significativa entre el sexto mes de aplicada Leonardita para el tratamiento T1 y Te frente al testigo. Los ácidos fúlvicos son tomados por las raíces y translocadas al interior de la planta activa y pasivamente.

Las sustancias húmicas absorbidas se acumulan en las células epidérmicas de las raíces de las plantas y una pequeña parte es transportada a la parte aérea, siendo los ácidos fúlvicos los que se transportan con mayor facilidad y en mayor cantidad a los tallos.

1.5.3. HUMINAS

La figura N° 19 indica la cantidad de huminas en el suelo al inicio y al final del ensayo, indicando existe una diferencia significativamente del primer mes de instalación de los tratamientos en comparación al sexto mes de realizado el tratamiento.

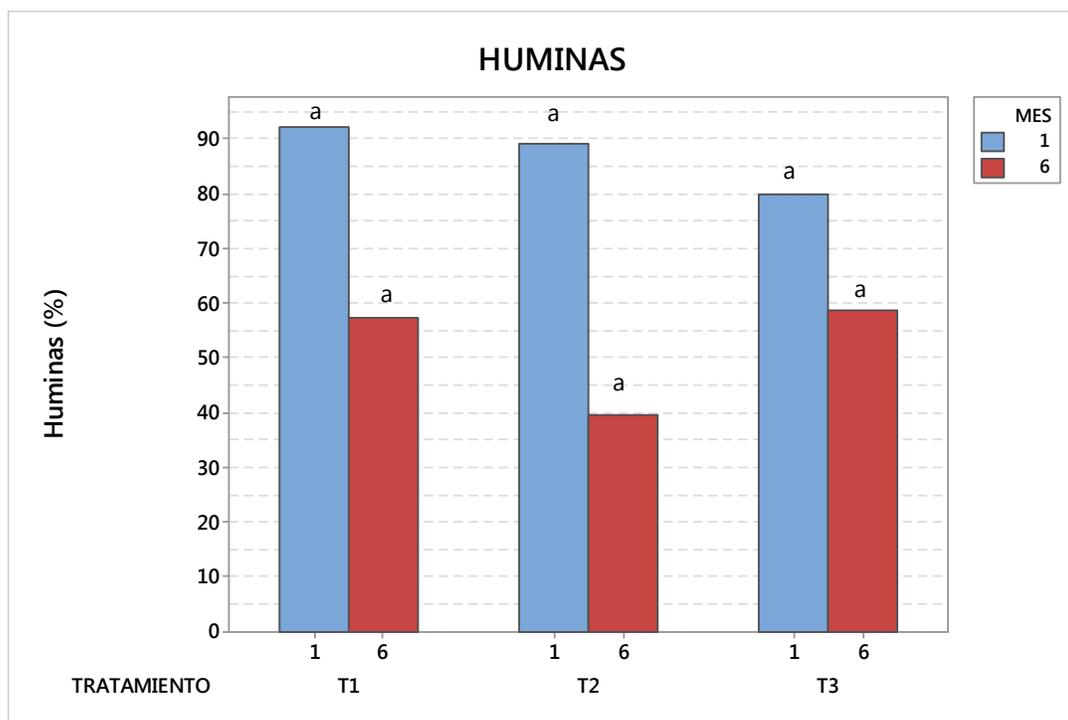


Figura 19: Porcentaje de huminas en el suelo los primeros seis meses de crecimiento

FUENTE: Elaboración propia

En general, la cantidad de huminas para los tres tratamientos disminuyó, esto podría indicar que las plantas están absorbiendo las sustancias degradadas de los residuos vegetales y microbianas, o se están lavando debido a la naturaleza franco arenosa del suelo. En el tratamiento T2 hubo una mayor disminución y finalmente se observó un 39.7 % en el suelo, seguido por el tratamiento T1 con un 57.35 % de huminas finales, y el tratamiento T3 tuvo la menor diferencia de descomposición entre el inicio y final del estudio (21 %).

Si bien la absorción de Huminas en beneficioso para la planta, Crovetto (1999), indica que la presencia de estas en el suelo es deseable por su gran estabilidad por ser la fracción más resistente de todas las sustancias húmicas, por ser insoluble a agentes degradantes. Esto sería de gran beneficio en suelos de protección por la disminución de la erosión de estos

1.6. PH

La figura 20 muestra que el pH del suelos a los seis meses de realizado los tratamientos, no mostro diferencias significativas entre los tratamientos, encontrándose en la clasificación de moderadamente alcalino (7,9 – 8,4).

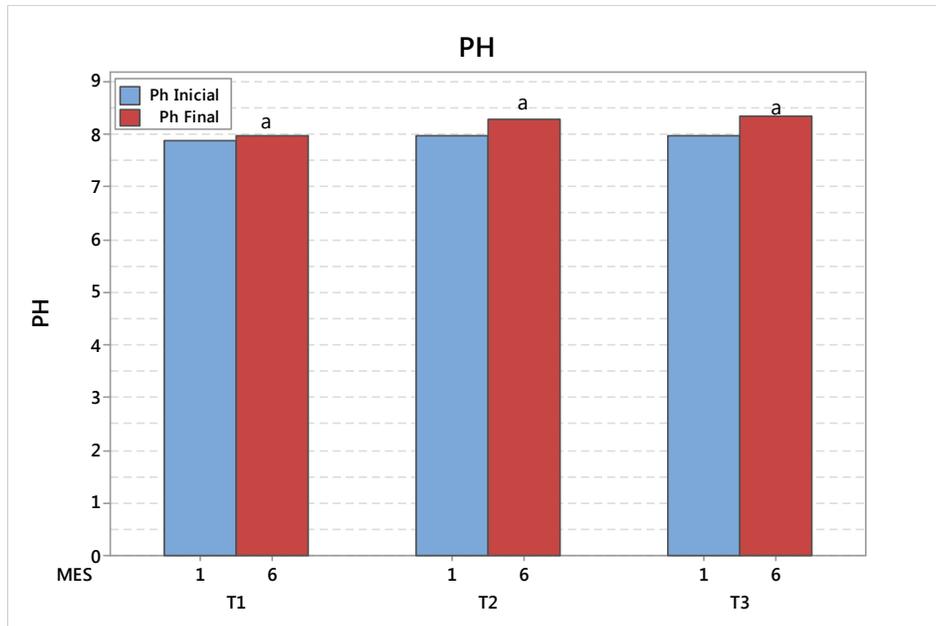


Figura 20: EL pH del suelo antes y después de la aplicación de Leonardita

FUENTE: Elaboración propia

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de un suelo franco arenoso de un suelo de protección ubicado en la costa peruana, y para el periodo de estudio (seis meses) se puede concluir que:

- 1) La sobrevivencia en las plantas de *Cesalpinia spinosa* "Tara" a los seis meses de aplicación de Leonardita en un suelo de protección en la Costa peruana alcanzó el 100% en los tres tratamientos, lo que indica que la aplicación de Leonardita no ejerció influencia en la sobrevivencia de la planta.
- 2) El crecimiento promedio en altura de las plantas de *Caesalpinia Spinosa*, a los seis meses de la aplicación de Leonardita, alcanzó los 66,6 cm, lo que muestra que la aplicación de Leonardita no tuvo un efecto significativo en el crecimiento de la altura de la planta.
- 3) El vigor promedio de las plantas de *Caesalpinia spinosa* corresponde a un rango de 75% a 50% de plantas verdes, lo que indicó que la aplicación de Leonardita no causó una influencia significativa en la planta.
- 4) En el periodo de estudio se observó un incremento poco significativo de los Ácidos Húmicos, Fúlvicos y de las Huminas en el suelo, porque su proceso de descomposición es lento y se pierden en el proceso de percolación.
- 5) La Densidad aparente y la porosidad de los suelos no presentaron cambios significativos por tratarse de un suelo del tipo Franco Arenoso.

- 6) Se puede concluir que a pesar de que la aplicación de Leonardita no tuvo un efecto significativo en las plantas, su presencia en el suelo le otorga gran estabilidad a este, disminuyendo la erosión de suelos e incrementando su conservación. Además del beneficio en la captura de sustancias químicas como el CO₂ atmosférico y otros gases, disminuyendo así la contaminación ambiental y el cambio climático.

VI. RECOMENDACIONES

- Para el cultivo de *Caesalpinia spinosa* “tara” se recomienda la aplicación de Leonardita en mayor dosis entre 90 y 135 gr por planta para una densidad de 1111 plantas/Ha; en el tiempos de respuesta comprendidos entre 1 a 4 años cuando la finalidad de plantación es producir frutos y taninos.
- Para una posterior investigación se recomienda realizar la aplicación de Leonardita a diferentes profundidades del suelo y además evaluar el efecto que está pueda causar en las raíces de las plantas.
- Realizar el experimento en otro tipo de suelo como el franco arcilloso y zonas geográficas con condiciones diferentes a lo evaluado.
- Se recomienda realizar la misma investigación en secano para evaluar si existe algún efecto por el tipo de sistema de riego usado porque tal vez en condiciones de stress hídrico las plantas reaccionan de otra manera.
- Evaluar las poblaciones naturales de tara en el término de crecimiento, vigor y suelo para mejorar el establecimiento de plantaciones de producción.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alegre, J. 1977. Efecto de enmiendas orgánicas sobre la agregación y estabilidad de los agregados, porosidad, humedad equivalente y CIC de un suelo de Costa- La Molina. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, PE, UNALM. 87 p.
- Alvarado, J. 2008 Ocurrencia estacional de Hemiberlesia palmae COCKRELL, 1982, (HEMPTERA: DIASPIDIDAE) en Mandarina Satsuma (*Citrus unshiu* MARCOVICH) Cultivar Owari en el Valle de Huaral – Lima. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, PE, UNALM. 92 p.
- Amcol Bio Ag. USA. Acidos Húmicos. Dakota del Norte, USA. Consultado 6 set. 2015. Disponible en <http://www.amcolbioag.com>
- Bustamante, O; Bustamante, J. 2009. La tara (*Caesalpinia Spinosa*) Oro Verde los Valles Interandinos del Perú. Lima, PE, Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica. 119p.
- Calderón, N. (1994). Ácidos húmicos y fertilización nitrogenada en el rendimiento y calidad del cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum*)cv. Missouri, Tesis Ing. Agrónomo Lima, PE, UNALM. 100 p.
- Camacuari, L. ; Flores, L. 2010. Diseño y evaluación económica del Sistema de Riego por goteo en plantones de Tara en el Fundo Virgen de Fátima. Tesis Ing. Agrícola. Lima, PE, UNALM.110 p.

- Castro, C. 2014. Efecto de la fertilización cálcica y de la aplicación de Ácidos Húmicos en el rendimiento del cultivo Alcachofa (*Cynara solymus* L.) Imperial Star, bajo riego por goteo. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, PE, UNALM.101 p.
- Crovetto, C. 1999. Captura de carbono en los Suelos para un mejor Manejo de la Tierra Agricultura de conservación: el grano para el hombre, la paja para el suelo. Madrid, ES, Editorial Eumedica. 320 p.
- Davila, A. 2009. Efecto de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos en la estabilidad estructural del suelo bajo establecimiento de *Pinus fecunumanii* (Schw) en Oxapampa. . Tesis Ing. Agrónomo. Lima, PE, UNALM.78 p.
- Estevez, V. 2006. Efectos de la aplicación de tres ácidos húmicos comerciales con diferentes dosis en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*) en la hacienda Pastaví, Canton Otavalo, Parroquia Quichinche. Tesis Ing. Agropecuaria. Ibarra, EC, PUCE – SI . 101 p.
- FAO (Food Agriculture Org.). 2002. Informe sobre Recursos Mundiales de Suelos. Captura de Carbono en los Suelos para un mejor Manejo de la Tierra, Roma, IT. 5 set. 2015. Disponible en <http://ftp.fao.org/agl/agll/docs/wsrr96s.pdf>
- Flores, F; Chávarry, L; Vega,D. 2005. ADEFOR (Asociación Civil para la Investigación y el Desarrollo Forestal, PE) Criterios y pautas para la selección de árboles plus: *Alnus acuminata* H.B.K. “aliso”. 69 p.

- Gordillo, L. 2010. Efecto residual de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos y enraizadores en el crecimiento de *Pinus tecunumanii* (Schw.) y en la relación de micorrizas y fósforo disponible en el suelo de Oxapampa. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, PE, UNALM. 54p.
- Herrera, H.; Santos, G. 2009. Estudio de pre-factibilidad para la industrialización y exportación de tara (*Caesalpinia spinosa*) en polvo al mercado argentino. Tesis Economía. Lima, PE, UNALM. 240 p.
- López, M. 2011. Ventajas y desventajas del uso de sustancias húmicas en hortalizas. Examen profesional Ing. Agrónomo. Lima, PE, UNALM. 87 p.
- Llanos, U. 2006. Efecto de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos y enraizadores en el establecimiento de *Pinus tecunumanii* (Schw) en Oxapampa. Tesis Ing. Forestal Lima, PE, UNALM. 57 p.
- Manrique, S. 1997. Efecto de la aplicación foliar de sustancias húmicas en el cultivo de cebolla amarilla. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, PE, UNALM. 87 p.
- Manta, M. 1988. Análisis silvicultural de dos tipos de bosque húmedo de bajura, en la vertiente atlántica de Costa Rica. Tesis Mg Sc Agrónomo. Turrialba, CO RI, CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) .150 p.
- Mancero, L. 2009. La tara (*Caesalpiniaspinosa*) en Perú, Bolivia y Ecuador: Análisis de la Cadena Productiva en la Región. Quito, EC, Programa Regional Ecobona Intercooperación. 103 p.
- Mendoza, G. 2004. Efecto de bioestimulantes y ácidos húmicos en el rendimiento y calidad del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* L. variedad, itálica cv. Legacy). Tesis Ing. Agrónomo. Lima, PE, UNALM. 90 p.

- Mesta, V. 2012. Evaluación del desarrollo de *Dipteryx alata* Vogel, (Shihuahuaco) en plantaciones juveniles mixtas instaladas en suelos degradados de la zona de Campo Verde – Ucayali. Ing. Forestal Lima, PE, UNALM. 78 p.
- National Centers for environmental information., USA. 2015. Climate date. USA. Consultado 15 nov. 2015. Disponible en <http://www.climate.date.org>
- Navarro, G; Navarro, S. 2003. Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Murcia, ES, 487 p.
- Ogata, K. 2006 Diversidad de Microorganismos en la rizósfera de la “tara” (*Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze), y su efecto en el crecimiento del cultivo. Tesis Biólogo. Lima, PE, UNALM. 126 p.
- Oliver, M. 2009. Efectos fisiológicos de las sustancias húmicas sobre los mecanismos de toma de hierro en plántulas de tomate. Tesis Doc. Alicante, ES, UNIVERSIDAD DE ALICANTE. 278 p.
- Orihuela, J. 1977. Efecto de enmiendas orgánicas sobre la agregación y estabilidad de los agregados, porosidad, humedad equivalente y CIC de un suelo de Costa. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, PE, UNALM. 83 p.
- Rafael, G. 2006. Efecto del abonamiento con humus, compost y dos sustancias húmicas en el rendimiento del frijol canario centenario. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, PE, UNALM. 106 p.
- Ramos, R. (2000). Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulante y los efectos frente a stress salino. Tesis Doc. Agroquímico. Alicante, ES, UNIVERSIDAD DE ALICANTE. 320 p.

- REDFOR (Red Nacional para el Desarrollo Forestal, PE) 1994. Tara *Caesalpinia spinosa*: alternativa para el desarrollo de la Sierra. Lima, PE. 40 p.
- Rodríguez, E. 2013. Efecto de la densidad de siembra, de la fertilización NPK y de la aplicación de Ácidos Húmicos en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays*) cv. PMV – 581; bajo riego por goteo. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, PE, UNALM. 132 p.
- Sarabia, V. 1998. Efecto de Bioestimulantes y Ácidos Húmicos en el cultivo de espárrago cv “UC 157 F1” Tesis Ing. Agrónomo. Lima, PE, UNALM. 123 p.
- Seminario de la Maestría en Nutrición Pública y Seguridad Alimentaria (1, 2008, Lima, Perú). Los nuevos escenarios de la Investigación en Nutrición Pública y Seguridad Alimentaria. 2008. UNALM. s. p.
- Shimabukuro, M. 1996. Efecto de la aplicación de ácidos húmicos y fertilizantes foliares en el rendimiento y calidad de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar bush blue lake. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, PE, UNALM. 126 p.
- Stevenson, F; Stevenson, W. 1994. Humus chemistry. Genesis, composition, reactions. Second Edition. 516 p.
- Varanini, Z, Pinton, R. 2000. Direct versus indirect effects of soil humic substances on plant growth and nutrition. In The Rhizosphere. Biochemistry and Organic Substances at the Soil-Plant Interface. Brno, RE CHE. 119 p.
- Villanueva, C. 2007. La Tara el oro verde de los Incas. Editorial Universidad Nacional agraria La Molina. Lima, PE. 163 p.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1

Hoja Técnica Agro -Lig



Agro-Lig®

Agro-Lig Granular un material refinado derivado de Leonardita pura en su forma natural, un producto ampliamente reconocido por su alto contenido de Ácidos Húmicos y Ácidos Fúlvicos. Agro-Lig Granular puede ser fácilmente incorporado al suelo o puede ser usado como excelente materia prima para el proceso de extracción alcalina de substancias húmicas. Este producto muy bajo en polvo polvo evita su desplazamiento por viento que lo hace apropiado para muchos usos.

Composición Química	Análisis típico – Libre de humedad. Nitrógeno Total (N) Fosforo disponible (P ₂ O ₃) Potasio soluble (K ₂ O) Hierro (Fe ₂ O ₃) MgO CaO Azufre total (S) Boro (B) Manganeso (Mn) Potasio (K) Carbón Orgánico Total (C)
Composición de Elementos	65% mínimo de Ácidos Húmicos en base seca. Determinado por el procedimiento ACC TP-3009
Humedad	14-22% al momento de despacho
pH	3.0 - 5.0 al 5% de sólidos 5% máximo retenido en malla 8 (tamaño de abertura 0.0964 pulg./2463 micrones) 50% mínimo retenido en malla 30 (tamaño de abertura 0.0203 pulg./516 micrones) 95% mínimo retenido en malla 70 (tamaño de abertura 0.0083 pulg./212 micrones)

ANEXO 2

<i>MES</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
<i>TRATAMIENTO</i>	<i>BLOQUE</i>	<i>ALTURA PLANTA</i>					
1	I	39	37	18	38	38	38
1	I	78	104	134	158	197	195
1	I	46	52	57	68	97	124
1	II	51	49	49	49	49	49
1	II	44	42	43	42	40	44
1	II	40	34	34	36	36	35
1	III	49	51	42	55	53	52
1	III	41	41	40	40	41	41
1	III	37	41	55	45	43	41
2	I	39	37	45	46	63	98
2	I	78	33	33	33	34	33
2	I	46	37	38	43	40	38
2	II	40	42	46	60	80	99
2	II	51	51	52	51	52	50
2	II	58	52	52	52	53	51
2	III	62	73	43	110	123	130
2	III	49	48	47	50	46	46
2	III	48	45	90	44	45	44
3	I	26	30	30	41	41	17
3	I	52	63	81	86	105	210
3	I	18	17	18	18	18	74
3	II	26	30	30	41	41	43
3	II	52	63	81	86	105	35
3	II	18	17	18	18	18	55
3	III	45	45	45	45	44	35
3	III	33	32	32	33	32	94
3	III	56	55	54	54	55	46

Evaluaciones mensuales de la altura de plantas

ANEXO 3

Evaluación mensual del vigor de las plantas

<i>MES</i>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
<i>TRATAMIENTO</i>	<i>BLOQUE</i>	<i>VIGOR</i>	<i>VIGOR</i>	<i>VIGOR</i>	<i>VIGOR</i>	<i>VIGOR</i>	<i>VIGOR</i>
1	I	4	4	4	4	4	4
1	I	1	1	1	1	1	1
1	I	1	1	1	1	1	1
1	II	3	4	4	4	2	2
1	II	2	2	2	3	4	4
1	II	2	3	2	2	1	1
1	III	2	2	2	3	3	4
1	III	1	1	1	5	2	3
1	III	4	1	2	1	4	4
2	I	4	1	1	1	1	1
2	I	1	4	2	3	4	4
2	I	1	4	3	2	3	3
2	II	1	1	1	1	1	1
2	II	2	2	1	1	4	1
2	II	3	2	2	4	3	4
2	III	1	1	3	1	1	1
2	III	4	1	2	3	1	4
2	III	4	4	1	4	4	4
3	I	5	5	5	5	5	5
3	I	1	1	1	1	1	1
3	I	4	4	5	3	4	4
3	II	3	4	3	4	4	5
3	II	2	3	3	4	3	2
3	II	2	3	3	4	4	4
3	III	4	4	2	3	4	4
3	III	1	1	1	1	1	1
3	III	4	4	2	3	3	3

ANEXO 4

Datos para la determinación de la densidad aparente y porosidad

MUESTRA	Peso de lata (gr)	Pesolata+Mhumeda (gr)	Pesolata+Mseca	Peso del Agua	Suelo Seco	%Humedad	Da (gr/cm3)	Poros %
T1-1	5.82	175.48	164.56	10.92	158.74	6.88	1.61	39.23
T1-2	5.85	136.17	132.3	3.87	126.45	2.44	1.27	52.07
T1-3	5.98	161.66	149.98	11.68	144.00	7.36	1.45	45.15
T1-4	5.94	156.41	153.4	3.01	147.46	1.90	1.49	43.76
T1-5	5.86	140.37	139.59	0.78	133.73	0.49	1.35	49.19
T1-6	5.92	151.1	149.35	1.75	143.43	1.10	1.45	45.35
T1-7	5.94	144.96	139.24	5.72	133.30	3.60	1.34	49.39
T1-8	6.01	176.48	173.08	3.4	167.07	2.14	1.70	36.00
T1-9	5.9	186.4	178.09	8.31	172.19	5.23	1.75	33.92
PROMEDIO							1.49	43.78

MUESTRA	Peso de lata (gr)	Pesolata+Mhumeda (gr)	Pesolata+Mseca	Peso del Agua	Suelo Seco	%Humedad	Da (gr/cm3)	Poros %
T2-1	5.85	174.86	167.95	6.91	162.10	6.91	1.65	37.91
T2-2	6.01	159.54	153.29	6.25	147.28	6.25	1.49	43.86
T2-3	5.95	146.56	145.2	1.36	139.25	1.36	1.40	47.03
T2-4	5.96	137.54	132.33	5.21	126.37	5.21	1.27	52.15
T2-5	5.99	158.35	154.3	4.05	148.31	4.05	1.50	43.44
T2-6	6.01	145.98	144.72	1.26	138.71	1.26	1.40	47.27
T2-7	5.98	150.71	148.59	2.12	142.61	2.12	1.44	45.70
T2-8	5.93	153.38	150.89	2.49	144.96	2.49	1.46	44.75
T2-9	5.99	149.83	143.08	6.75	137.09	6.75	1.38	47.90
PROMEDIO							1.44	45.56

MUESTRA	Peso de lata (gr)	Pesolata+Mhumeda (gr)	Pesolata+ Mseca	Peso del Agua	Suelo Seco	%Humedad	Da (gr/cm3)	Poros %
T3-1	5.96	169.22	163.45	5.77	157.49	5.77	1.60	39.78
T3-2	6.17	140.36	137.11	3.25	130.94	3.25	1.31	50.42
T3-3	5.95	143.36	139.98	3.38	134.03	3.38	1.35	49.10
T3-4	6.05	144.46	139.93	4.53	133.88	4.53	1.35	49.20
T3-5	5.93	156.98	150.26	6.72	144.33	6.72	1.46	45.00
T3-6	6.01	163.48	161.88	1.6	155.87	1.6	1.58	40.45
T3-7	5.85	139.45	131.78	7.67	125.93	7.67	1.26	52.28
T3-8	5.9	129.39	125.76	3.63	119.86	3.63	1.20	54.71
T3-9	5.93	152.85	151.27	1.58	145.34	1.58	1.47	44.60
PROMEDIO							1.40	47.28

ANEXO 5

Dosis para la aplicación de agro – lig al suelo

Cultivos agrícolas en general	Aplicar entre 75 - 125 Kg/ha
Cultivos extensivos	Aplicar de 100 - 150Kg/ha directamente al suelo durante su preparación o mezclando con el fertilizante
Aplicación "CORRECTIVE" para suelos con bajo contenido de materia orgánica, con pH alcalinos y suelos salinos	Aplicar al voleo antes de sembrar 180 - 250 Kg/ha

FUENTE: Elaborado por la empresa Coral – producto Agrolig

ANEXO 6

Análisis de Caracterización del Suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : TERESA MEDINA MENDEZ

Departamento : LIMA
 Distrito : AUCALLAMA
 Referencia : H.R. 41910-085C-13

Bolt: 10263

Provincia : HUARAL
 Predio : FUNDO PUMAHUACA
 Fecha : 23/09/13

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Sat. De Bases	% de Sat. De Bases
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
14304	T1	7.89	2.36	0.40	0.76	6.8	226	76	16	8	Fr.A.	6.40	5.25	0.62	0.47	0.07	0.00	6.40	6.40	100
14305	T2	7.98	2.19	0.40	0.92	10.4	196	86	10	4	A.Fr.	4.80	3.80	0.47	0.44	0.10	0.00	4.80	4.80	100
14306	T3	7.98	2.55	0.30	0.95	7.5	302	84	12	4	A.Fr.	5.92	4.60	0.57	0.61	0.15	0.00	5.92	5.92	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;
 Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Lab.	Número de Muestra Claves	Acidos		
		Húmicos %	Fúlvicos %	Húminas %
14304	T1	0.03	0.03	0.70
14305	T2	0.05	0.05	0.82
14306	T3	0.10	0.09	0.76



Dr. Sady García Bendezu
 Jefe del Laboratorio

ANEXO 7

Análisis de Sustancias Húmicas

INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : TERESA MEDINA MÉNDEZ
PROCEDENCIA : LIMA/ HUARAL/ PALPA/ COMUNIDAD PUMAHUACA
REFERENCIA : H.R. 51777
BOLETA : 12548
FECHA : 27/10/2015

Lab	Número Muestra Claves	Acidos Húmicos %	Acidos Fúlvicos %	Huminas %
4623	T1 Muestra 1	0.11	0.04	0.14
4624	T1 Muestra 2	0.07	0.02	0.11
4625	T1 Muestra 3	0.03	0.02	0.14
4626	T2 Muestra 1	0.08	0.02	0.11
4627	T2 Muestra 2	0.14	0.03	0.01
4628	T2 Muestra 3	0.04	0.03	0.15
4629	T3 Muestra 1	0.06	0.03	0.12
4630	T3 Muestra 2	0.13	0.01	0.05
4631	T3 Muestra 3	0.06	0.01	0.23


Dr. Sady García Bendezu
Jefe del Laboratorio

ANEXO 8

Análisis estadísticos de altura de las plantas hasta los 6 meses de evaluación

Modelo lineal general: Altura(cm) vs. Tratamiento, Bloque

Método

Codificación de factores (-1, 0, +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tratamiento	Fijo	3	T1, T2, T3
Bloque	Fijo	3	I, II, III

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	64.89	32.44	2.83	0.171
Bloque	2	57.56	28.78	2.51	0.196
Error	4	45.78	11.44		
Total	8	168.22			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
3.38296	72.79%	45.57%	0.00%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante	48.56	1.13	43.06	0.000	
Tratamiento					
T1	-1.56	1.59	-0.98	0.385	1.33
T2	3.78	1.59	2.37	0.077	1.33
Bloque					
I	3.44	1.59	2.16	0.097	1.33
II	-0.89	1.59	-0.56	0.607	1.33

Ecuación de regresión

Altura(cm) = 48.56 - 1.56 Tratamiento_T1 + 3.78 Tratamiento_T2 - 2.22 Tratamiento_T3 + 3.44 Bloque_I - 0.89 Bloque_II - 2.56 Bloque_III

ANOVA unidireccional: T1, T2, T3

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	3	T1, T2, T3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
--------	----	-----------	-----------	---------	---------

Factor	2	690.7	345.3	1.66	0.267
Error	6	1247.3	207.9		
Total	8	1938.0			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
14.4184	35.64%	14.18%	0.00%

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	3	47.00	6.24	(26.63, 67.37)
T2	3	52.33	2.08	(31.96, 72.70)
T3	3	31.7	24.1	(11.3, 52.0)

Desv.Est. agrupada = 14.4184

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
T2	3	52.33	A
T1	3	47.00	A
T3	3	31.7	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ICs simultáneos de 95% de Tukey

ANEXO 9

Análisis Estadísticos de vigor en las plantas hasta los 6 meses de evaluación

Modelo lineal general: VIGOR vs. TRATAMIENTO, BLOQUE

Método

Codificación de factores (-1, 0, +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
TRATAMIENTO	Fijo	3	T1, T2, T3
BLOQUE	Fijo	3	I, II, III

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	2	0.3309	0.16543	1.86	0.268
BLOQUE	2	0.6169	0.30843	3.47	0.133
Error	4	0.3551	0.08877		
Total	8	1.3028			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.297937	72.75%	45.49%	0.00%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante	2.3967	0.0993	24.13	0.000	
TRATAMIENTO					
T1	-0.197	0.140	-1.40	0.234	1.33
T2	-0.063	0.140	-0.45	0.675	1.33
BLOQUE					
I	-0.173	0.140	-1.23	0.285	1.33
II	-0.197	0.140	-1.40	0.234	1.33

Ecuación de regresión

VIGOR = 2.3967 - 0.197 TRATAMIENTO_T1 - 0.063 TRATAMIENTO_T2 + 0.260 TRATAMIENTO_T3 - 0.173 BLOQUE_I - 0.197 BLOQUE_II + 0.370 BLOQUE_III

ANOVA unidireccional: VIGOR vs. TRATAMIENTO

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
TRATAMIENTO_5	3	T1, T2, T3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO_5	2	1.278	0.6389	1.92	0.227
Error	6	1.996	0.3326		
Total	8	3.274			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.576744	39.03%	18.71%	0.00%

Medias

TRATAMIENTO_5	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	3	2.323	0.336	(1.509, 3.138)
T2	3	2.557	0.510	(1.742, 3.371)
T3	3	3.213	0.791	(2.399, 4.028)

Desv.Est. agrupada = 0.576744

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO_5	N	Media	Agrupación
T3	3	3.213	A
T2	3	2.557	A
T1	3	2.323	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ICs simultáneos de 95% de Tukey

ANOVA unidireccional: T1, T2, T3

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
--------	---------	---------

Factor 3 T1, T2, T3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	0.000467	0.000233	0.12	0.888
Error	6	0.011533	0.001922		
Total	8	0.012000			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0438432	3.89%	0.00%	0.00%

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	3	0.0700	0.0400	(0.0081, 0.1319)
T2	3	0.0867	0.0503	(0.0247, 0.1486)
T3	3	0.0833	0.0404	(0.0214, 0.1453)

Desv.Est. agrupada = 0.0438432

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
T2	3	0.0867	A
T3	3	0.0833	A
T1	3	0.0700	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ICs simultáneos de 95% de Tukey

ANEXO 10

Análisis Estadístico del Ácido Fúlvico en el Suelo

Modelo lineal general: ACIDOS FULVICOS vs. TRATAMIENTO, BLOQUE

Método

Codificación de factores (-1, 0, +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
TRATAMIENTO	Fijo	3	T1, T2, T3
BLOQUE	Fijo	3	I, II, III

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	2	0.006067	0.003033	2.98	0.161
BLOQUE	2	0.004467	0.002233	2.20	0.227
Error	4	0.004067	0.001017		
Total	8	0.014600			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0318852	72.15%	44.29%	0.00%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante	0.0667	0.0106	6.27	0.003	
TRATAMIENTO					
T1	-0.0367	0.0150	-2.44	0.071	1.33
T2	0.0200	0.0150	1.33	0.254	1.33
BLOQUE					
I	-0.0067	0.0150	-0.44	0.680	1.33
II	0.0300	0.0150	2.00	0.117	1.33

Ecuación de regresión

$$\text{ACIDOS FULVICOS} = 0.0667 - 0.0367 \text{ TRATAMIENTO_T1} + 0.0200 \text{ TRATAMIENTO_T2} \\ + 0.0167 \text{ TRATAMIENTO_T3} - 0.0067 \text{ BLOQUE_I} + 0.0300 \text{ BLOQUE_II} \\ - 0.0233 \text{ BLOQUE_III}$$

ANOVA unidireccional: ACIDOS FULVICOS vs. TRATAMIENTO

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
TRATAMIENTO_1	3	T1, T2, T3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO_1	2	0.003332	0.001666	7.05	0.073
Error	3	0.000709	0.000236		
Total	5	0.004041			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0153731	82.46%	70.76%	29.83%

Medias

TRATAMIENTO_1	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	2	0.03000	0.00000	(-0.00459, 0.06459)
T2	2	0.0685	0.0262	(0.0339, 0.1031)
T3	2	0.08650	0.00495	(0.05191, 0.12109)

Desv.Est. agrupada = 0.0153731

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO_1	N	Media	Agrupación
T3	2	0.08650	A
T2	2	0.0685	A
T1	2	0.03000	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ICs simultáneos de 95% de Tukey

ANEXO 11

Análisis Estadístico de Huminas en el Suelo

Modelo lineal general: HUMINAS vs. TRATAMIENTO, BLOQUE

Método

Codificación de factores (-1, 0, +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
TRATAMIENTO	Fijo	3	T1, T2, T3
BLOQUE	Fijo	3	I, II, III

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	2	0.003489	0.001744	1.01	0.442
BLOQUE	2	0.020556	0.010278	5.95	0.063
Error	4	0.006911	0.001728		
Total	8	0.030956			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0415665	77.67%	55.35%	0.00%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante	0.1178	0.0139	8.50	0.001	
TRATAMIENTO					
T1	0.0122	0.0196	0.62	0.567	1.33
T2	-0.0278	0.0196	-1.42	0.229	1.33
BLOQUE					
I	0.0056	0.0196	0.28	0.791	1.33
II	-0.0611	0.0196	-3.12	0.036	1.33

Ecuación de regresión

$$\begin{aligned} \text{HUMINAS} &= 0.1178 + 0.0122 \text{ TRATAMIENTO_T1} - 0.0278 \text{ TRATAMIENTO_T2} \\ &+ 0.0156 \text{ TRATAMIENTO_T3} \\ &+ 0.0056 \text{ BLOQUE_I} - 0.0611 \text{ BLOQUE_II} + 0.0556 \text{ BLOQUE_III} \end{aligned}$$

ANOVA unidireccional: HUMINAS vs. TRATAMIENTO

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
TRATAMIENTO_1	3	T1, T2, T3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO_1	2	0.001733	0.000867	0.00	0.996
Error	3	0.627350	0.209117		
Total	5	0.629083			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.457293	0.28%	0.00%	0.00%

Medias

TRATAMIENTO_1	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	2	0.415	0.403	(-0.614, 1.444)
T2	2	0.455	0.516	(-0.574, 1.484)
T3	2	0.445	0.445	(-0.584, 1.474)

Desv.Est. agrupada = 0.457293

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO_1	N	Media	Agrupación
T2	2	0.455	A
T3	2	0.445	A
T1	2	0.415	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ICs simultáneos de 95% de Tukey

ANEXO 12

Análisis Estadístico de la Porosidad en el Suelo

Modelo lineal general: Porosidad vs. Bloque, Tratamiento

Método

Codificación de factores (-1, 0, +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Bloque	Fijo	3	I, II, III
Tratamiento	Fijo	3	T1, T2, T3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	2	2.496	1.248	0.09	0.912
Tratamiento	2	20.472	10.236	0.77	0.520
Error	4	52.995	13.249		
Total	8	75.964			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
3.63990	30.24%	0.00%	0.00%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante	45.61	1.21	37.59	0.000	
Bloque					
I	-0.66	1.72	-0.38	0.722	1.33
II	0.63	1.72	0.37	0.731	1.33
Tratamiento					
T1	-1.82	1.72	-1.06	0.348	1.33
T2	-0.05	1.72	-0.03	0.978	1.33

Ecuación de regresión

$$\begin{aligned} \text{Porosidad} = & 45.61 - 0.66 \text{ Bloque_I} + 0.63 \text{ Bloque_II} + 0.02 \text{ Bloque_III} - \\ & 1.82 \text{ Tratamiento_T1} \\ & - 0.05 \text{ Tratamiento_T2} + 1.87 \text{ Tratamiento_T3} \end{aligned}$$

ANOVA unidireccional: Porosidad vs. Tratamiento

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Tratamiento	3	T1, T2, T3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	20.47	10.236	1.11	0.390
Error	6	55.49	9.249		
Total	8	75.96			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
3.04114	26.95%	2.60%	0.00%

Medias

Tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	3	43.78	3.49	(39.49, 48.08)
T2	3	45.56	2.39	(41.26, 49.85)
T3	3	47.48	3.13	(43.18, 51.77)

Desv.Est. agrupada = 3.04114

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T3	3	47.48	A
T2	3	45.56	A
T1	3	43.78	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ICs simultáneos de 95% de Tukey

ANEXO 13

Análisis Estadístico de la Densidad Aparente en el suelo

Modelo lineal general: Densidad aparente vs. Bloque, Tratamiento

Método

Codificación de factores (-1, 0, +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Bloque	Fijo	3	I, II, III
Tratamiento	Fijo	3	T1, T2, T3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque	2	0.001662	0.000831	0.09	0.913
Tratamiento	2	0.012892	0.006446	0.73	0.538
Error	4	0.035479	0.008870		
Total	8	0.050034			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0941796	29.09%	0.00%	0.00%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante	1.4431	0.0314	45.97	0.000	
Bloque					
I	0.0157	0.0444	0.35	0.742	1.33
II	-0.0175	0.0444	-0.39	0.714	1.33
Tratamiento					
T1	0.0466	0.0444	1.05	0.354	1.33
T2	-0.0004	0.0444	-0.01	0.993	1.33

Ecuación de regresión

$$\begin{aligned} Da = & 1.4431 + 0.0157 \text{ Bloque_I} - 0.0175 \text{ Bloque_II} + 0.0018 \text{ Bloque_III} \\ & + 0.0466 \text{ Tratamiento_T1} \\ & - 0.0004 \text{ Tratamiento_T2} - 0.0461 \text{ Tratamiento_T3} \end{aligned}$$

ANOVA unidireccional: Da vs. Tratamiento

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Tratamiento_1	3	T1, T2, T3

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento_1	2	0.01289	0.006446	1.04	0.409
Error	6	0.03714	0.006190		
Total	8	0.05003			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0786779	25.77%	1.02%	0.00%

Medias

Tratamiento_1	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
T1	3	1.4897	0.0926	(1.3786, 1.6009)
T2	3	1.4427	0.0634	(1.3316, 1.5539)
T3	3	1.3970	0.0773	(1.2858, 1.5081)

Desv.Est. agrupada = 0.0786779

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Tratamiento_1	N	Media	Agrupación
T1	3	1.4897	A
T2	3	1.4427	A
T3	3	1.3970	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ICs simultáneos de 95% de Tukey

ANEXO 14

Análisis Estadístico de la Materia Orgánica en el Suelo

Modelo lineal general: M.O. vs. Tratamiento, Bloque

Método

Codificación de factores (-1, 0, +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tratamiento_1	Fijo	3	T1, T2, T3
Bloque_1	Fijo	2	Final, Inicial

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento_1	2	0.018100	0.009050	3.46	0.224
Bloque_1	1	0.851267	0.851267	325.32	0.003
Error	2	0.005233	0.002617		
Total	5	0.874600			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0511534	99.40%	98.50%	94.61%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante	0.5000	0.0209	23.94	0.002	
Tratamiento_1					
T1	-0.0750	0.0295	-2.54	0.126	1.33
T2	0.0200	0.0295	0.68	0.568	1.33
Bloque_1					
Final	-0.3767	0.0209	-18.04	0.003	1.00

Ecuación de regresión

$$\begin{aligned} \text{M.O.} &= 0.5000 - 0.0750 \text{ Tratamiento}_1\text{T1} + 0.0200 \text{ Tratamiento}_1\text{T2} \\ &+ 0.0550 \text{ Tratamiento}_1\text{T3} \\ &- 0.3767 \text{ Bloque}_1\text{Final} + 0.3767 \text{ Bloque}_1\text{Inicial} \end{aligned}$$

ANOVA unidireccional: M.O. vs. Bloque

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una media es diferente

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Bloque_1	2	Final, Inicial

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Bloque_1	1	0.85127	0.851267	145.93	0.000
Error	4	0.02333	0.005833		
Total	5	0.87460			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0763763	97.33%	96.67%	94.00%

Medias

Bloque_1	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Final	3	0.1233	0.0351	(0.0009, 0.2458)
Inicial	3	0.8767	0.1021	(0.7542, 0.9991)

Desv.Est. agrupada = 0.0763763

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Bloque_1	N	Media	Agrupación
Inicial	3	0.8767	A
Final	3	0.1233	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

ICs simultáneos de 95% de Tukey

ANEXO 15

Análisis Estadístico de la Evaluación de pH en el suelo

Modelo lineal general: pH vs. Tratamiento, Bloque

Método

Codificación de factores (-1, 0, +1)

Información del factor

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Tratamiento	Fijo	3	T1, T2, T3
Bloque	Fijo	2	Final, Inicial

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	0.06143	0.03072	2.89	0.257
Bloque	1	0.11207	0.11207	10.56	0.083
Error	2	0.02123	0.01062		
Total	5	0.19473			

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.103037	89.10%	72.74%	1.87%

Coefficientes

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	VIF
Constante	8.0867	0.0421	192.24	0.000	
Tratamiento					
T1	-0.1417	0.0595	-2.38	0.140	1.33
T2	0.0533	0.0595	0.90	0.465	1.33
Bloque					
Final	0.1367	0.0421	3.25	0.083	1.00

Ecuación de regresión

pH = 8.0867 - 0.1417 Tratamiento_T1 + 0.0533 Tratamiento_T2 + 0.0883 Tratamiento_T3 + 0.1367 Bloque_Final - 0.1367 Bloque_Inicial