



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL**

**USO DE BIOCARBÓN ELABORADO CON VÍSCERAS DE PESCADOS
Y LODOS DE LAGUNAS DE OXIDACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO
DE SUELOS ÁRIDOS DEL DISTRITO DE ANCÓN-LIMA-PERÚ**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:

ZEGARRA TORRES, STALIN EDUARDO

ASESORA:

Mg. AVILES PAVON, MARTHA KELLY

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CALIDAD Y GESTIÓN DE RECURSOS NATURALES

LIMA-PERÚ

Año 2015

Página del Jurado

.....

Verónica Tello Mendivil

Ingeniera Química

Magíster en Ciencias Ambientales con mención en Control de la Contaminación y
Ordenamiento Ambiental.

(Jurado N°1)

.....

Martha Kelly Avilés Pavón

Ingeniera Química

Magister en Ciencias con mención en Biotecnología

(Jurado N°2)

.....

Haydee Suarez Alvites

Ingeniera forestal

Magister en Manejo de bosques

(Jurado N°3)

Dedicatoria

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

Agradecimiento

Al Proyecto Especial Parque Ecológico Nacional Antonio Raimondi (PEPENAR) por permitirme desarrollar mi tesis en sus instalaciones, además del asesoramiento del personal técnico que lo conforma, a los Ingenieros Esaú Echía Rodríguez y Joannie Merino Monterrey. Asimismo agradezco al doctor Alcides Chávarry Correa por permitirme iniciar el proyecto de estudio del Biocarbón y a la arquitecta Karina Puente Frantzen actual Directora Ejecutiva del PEPENAR por permitirme seguir con el estudio de Biocarbón.

Declaración de autenticidad

Yo **Stalin Eduardo Zegarra Torres** con DNI N° **72869447** a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 26 de noviembre del 2015.

.....
Stalin Eduardo Zegarra Torres
DNI: 72869447

Presentación

Señores miembros del Jurado: En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “**Uso de biocarbón elaborado con vísceras de pescados y lodos de lagunas de oxidación para el mejoramiento de suelos áridos del distrito de Ancón-Lima-Perú**”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental.

El autor.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN.....	01
ABSTRACT.....	02
I. INTRODUCCIÓN.....	04
1.1. Realidad problemática.....	04
1.2. Trabajos previos.....	05
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	08
1.4. Formulación del problema.....	17
1.5. Justificación del estudio.....	18
1.6. Objetivos.....	20
1.7. Hipótesis.....	21
1.8. Localidad del estudio.....	22
II. MÉTODO.....	23
2.1. Tipo de estudio.....	23
2.2. Diseño de investigación.....	23
2.3. Operacionalización de variables.....	25
2.4. Población y muestra.....	27
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos...	28
2.6. Métodos de análisis de datos.....	47
2.7. Aspectos éticos.....	51
III. RESULTADOS.....	52
IV. DISCUSIÓN	135
V. CONCLUSIÓN.....	139
VI. RECOMENDACIONES.....	141
VII. REFERENCIAS.....	142
ANEXOS.....	145

RESUMEN

La presente investigación buscó determinar la influencia del Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación en la mejora de los suelos áridos del distrito de Ancón, la población estuvo representada por todos los suelos con condiciones de aridez del distrito de Ancón, se determinó un área de trabajo que presentó las condiciones deseadas de aridez ubicada en el área denominada Bosque IGP (100 ha), área que se encuentra dentro del Proyecto Especial Parque Ecológico Nacional Antonio Raimondi (PEPENAR) ubicado en el km 43.5 de la Panamericana Norte. Las unidades muestrales estuvo representada con 16 cuadrantes de 1 m² cada uno, en un área de control dentro de las Instalaciones de Instituto Geofísico del Perú, en dichos cuadrante fue aplicado las enmiendas de biocarbón con diferentes proporciones de aplicación al 0% (unidad control), 5% ,10% y 15%. Todas las enmiendas fueron distribuidas aleatoriamente en los 16 cuadrantes mediante el método de Bloques completamente randomizado; además en cada cuadrante fue sembrada la especie *Solanum Multifidum Lam* especie también conocida como Papa Nativa la cual crece naturalmente en los ecosistemas lomeríos de la Costa del Pacífico Sur y cuya germinación y crecimiento depende de las condiciones idóneas del suelos; fue colocado 12 individuos en cada cuadrante, con el propósito de demostrar que las enmiendas no son perjudiciales para el suelos además de experimentar el comportamiento de esta especie delicada con el Biocarbón. Los resultados fueron obtenidos mediante monitoreo de la especie *Solanum Multifidum Lam*, germinación (porcentaje), mediciones de altura (velocidad de crecimiento), y estado fitosanitario, Asimismo se realizaron análisis de caracterización de suelos pre y post- tratamiento a fin de demostrar la mejora del suelo árido. Los datos fueron procesados mediante programas estadísticos SAS: Analytics, Business Intelligence and Data Management 9.1.3. y MiniTab 17.0 aplicando modelos estadísticos de Análisis de Varianza con un Factor (ANOVA) y prueba no paramétricas de Kruskal-Wallis. Los resultados obtenidos evidencian una mejora significativa en la velocidad de crecimiento, germinación y estado fitosanitario de la especie *Solanum Multifidum Lam* en los cuadrantes que contienen Biocarbón resaltando sobre las demás el tratamiento 2 (10% de aplicación en la enmienda). Asimismo los resultados de análisis de caracterización de suelos

muestran un incremento en los micro y macronutrientes lo que mejora la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y demuestra que el Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación mejora los suelos áridos del distrito de Ancón.

Palabras clave:

Biocarbón: Producto rico en carbono obtenido cuando la biomasa (madera, estiércol o las hojas) se calienta en un sistema cerrado con poco o nada de aire disponible (pirólisis), se puede encontrar con el nombre de *BIOCHAR*.

CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico.

ABSTRACT

The present investigation sought to determine the influence of biochar made with guts and sludge oxidation ponds in improving arid soil of the district of Ancon, the population was represented by all soils with dry conditions in the district of Ancon, an area of work that introduced the desired conditions of aridity located in the area called IGP Forest (100 ha), an area which is within the National Ecological Park Special Project Antonio Raimondi (PEPENAR) located at Km 43.5 of the Panamerican Highway was determined . The sampling units was represented with 16 squares of 1 m² each, in a control area within the facilities of the Geophysical Institute of Peru, in said quadrant was applied the amendments of biochar with different application rates to 0% (control unit) , 5%, 10% and 15%. All amendments were randomized in the 16 quadrants by the method of completely randomized blocks; plus in each quadrant it was planted multifidum Lam Solanum species also known as Native Potato which grows naturally in ecosystems lomeros South Pacific Coast and whose germination and growth depends on the suitable soil conditions; It was placed 12 individuals in each quadrant, in order to demonstrate that the amendments are not harmful to the soil in addition to experience the behavior of this delicate species biochar. The results were obtained by monitoring of the species Solanum multifidum Lam, germination (percentage) height measurements (growth

rate), flowering and plant health, signature analysis is also performed soil pre and post treatment to demonstrate the improving arid soil. The data were processed using SAS statistical software: Analytics, Business Intelligence and Data Management 9.1.3. and Minitab 17.0 statistical models using analysis of variance (ANOVA) and nonparametric Kruskal-Wallis test. The results show a significant improvement in the speed of growth, germination and plant health of the species *Solanum multifidum* Lam in quadrants containing Biochar highlighting on the other 10% in the amendment application, test results also characterization soils show an increase in micro and macro nutrients which improves Cation Exchange Capacity (CEC) and shows that biochar made with guts and sludge oxidation ponds if arid soil improvement district of Ancon.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En el mundo cerca del 47 por ciento de la tierra se clasifica como tierras áridas (UNEP, 1992). Las tierras áridas dominan el 47,2 por ciento de la superficie de tierra del mundo, o 6 310 000 000 ha en todos los continentes distribuidos con la siguiente proporción: África (2 000 000 000 ha), Asia (2 000 000 000ha), Oceanía (680 000 000 ha), América del Norte (760 000 000), América del Sur (56 000 000 ha) y Europa (300 000 000 ha) (PNUMA, 1992) distribuidos en más de 110 países. Alrededor de 2 000 000 000 de personas viven en tierras áridas (PNUMA, 1997), en muchos casos en condiciones de extrema pobreza.

En el Perú la costa presenta grandes extensiones de suelos áridos que abarcan aproximadamente unas 13 000 000 ha. En la costa solo son aprovechables los suelos de los valles costeros con grandes extensiones de planicies sedimentarias, cerros y colinas, terrazas marinas, valles costeros, dunas y los inicios de las estribaciones andinas (Brack & Mendiola, 1997).

A partir de los inicios del siglo XIX, la costa peruana fue escenario de una agricultura bipolar: grandes haciendas, por un lado, y campesinos y pequeños agricultores, por otro. Desde el último tercio del siglo XIX, la costa inicio un proceso de modernización tecnológica. Cambiando en muchos ámbitos la actividad agraria por la industrialización (Eguren, 2005).

En las últimas décadas el avance desmedido de los centros poblados en la costa peruana ha representado un gran problema dado que la gran mayoría se han asentado en los valles y en áreas de libre disponibilidad. Esto originó que un gran número de persona se concentren en las principales ciudades de la costa, en la actualidad según (INEI, 2014) la Costa es la región más densamente poblada alberga el 52,6% de la población nacional en el 11,7% del territorio nacional. Debido a la ocupación en muchos casos de ecosistemas propios de la costa como

los valles, las lomas, los cerros y bosques secos por parte de la población y además la demanda de esta creciente población por áreas verdes, sale a relucir la necesidad de espacios donde poder aumentar cobertura vegetal. Considerando que los espacios propicios para la propagación de cobertura vegetal ya están siendo ocupados y que los pocos ecosistemas de la costa están siendo cada vez desplazada por el avance urbano, solo quedan espacios áridos disponibles para poder propagar grandes espacios con cobertura vegetal.

Sin embargo los suelos áridos presentan características físicas, químicas y biológicas muy difíciles de manejar; para poder acondicionarlos para que pueda ser utilizado para alguna actividad necesitan muchas veces de métodos que representan grandes gastos lo que complica poder ver estos espacios como zonas potenciales para el desarrollo de actividades.

Existen grandes extensiones de áreas con características de suelos áridos a lo largo de la costa peruana que pueden ser tratados y mejorados para poder soportar una cobertura vegetal, el distrito de Ancón tiene grandes áreas de suelos áridos que pueden ser mejorados y aprovechados para convertirlos en espacios de áreas verdes que contribuirán a la salud de la ciudad de Lima. Sin embargo; el suelo de Ancón en la actualidad no posee las propiedades idóneas para poder soportar una cobertura vegetal, necesita de aditamentos que mejoren sus características actuales.

El Parque Ecológico Nacional Antonio Raimondi (PENAR) presentan grandes extensiones (6 792.04 ha) con suelos áridos en los cuales se planea crear un espacio con gran cobertura vegetal que contribuya con la salud y la demanda de área verdes de la ciudad de Lima. La presente investigación propone el uso de biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación como un aditamento que va a mejorar el suelo árido del distrito de Ancón propiedades que le permitan mejorar sus condiciones de fertilidad y con ello soportar una cobertura vegetal.

1.2. Trabajos previos

Lehmann, et al., 2002 en su estudio “La disponibilidad de nutrientes y lixiviación en un Anthrosol arqueológico y un Ferralsol de la cuenca del Amazonas central aplicando fertilizantes, estiércol y enmiendas de biocarbón”, quiso probar más a fondo si las adiciones de Biocarbón con otros aditivos orgánicos e inorgánicos podían producir suelos fértiles de manera similar como estos Anthrosoles arqueológicos, para ello preparo en macetas muestras de suelos con la enmienda y plantó arroz (*Oryza sativa*), obteniendo los siguientes resultados; las muestras mostraron significativamente mayor disponibilidad de P, Ca, Mn, Zn y lograron aumentar la producción de biomasa de arroz en 38-45% sin fertilización. El contenido de N en el suelo también fueron más altos y el contenido de C del suelo condujeron a la inmovilización de N. Se concluye que a pesar de la disponibilidad alta de nutrientes la lixiviación de nutrientes fue mínima proporcionando una explicación para su fertilidad sostenible.

Según (Mao, et al., 2012) en su estudio “Abundantes y estables residuos de biocarbón en los suelos: Implicaciones para la Fertilidad del Suelo y Secuestro de Carbono”, asegura que la aplicación al suelo a gran escala de biocarbón puede mejorar la fertilidad del suelo, el aumento de la producción de los cultivos para satisfacer la necesidad de la creciente población humana y a la vez secuestrar carbono atmosférico. Pero para alcanzar estos resultados beneficiosos se requiere una comprensión de las relaciones existente entre la estructura, estabilidad y la contribución de fertilidad al suelo del biocarbón.

Según (Borchard, et al., 2014) en su estudio “El biocarbón y las propiedades del suelo en centros históricos de producción de carbón en Alemania” obtuvo que ayudaba a capturar carbono orgánico de suelos, lo cual a su vez incrementaba los stocks de nitrógeno, nitratos, potasio, y en menor grado, fósforo. También, los efectos en otros parámetros del suelo como la capacidad de intercambio catiónico y la capacidad de retención de agua.

Según (Cross & Sohi, 2011) en su estudio “El potencial de aplicación de los productos de biocarbón en relación con los contenidos de carbono hábiles y el estado de la materia orgánica del suelo” reconoce al biocarbón como una herramienta potencial para el secuestro de carbono a largo plazo con beneficios agronómicos adicionales. Sin embargo, la funcionalidad del Biocarbón en el suelo y la respuesta de los suelos a las entradas de Biocarbón son poco conocidos. En su trabajo examinó el potencial de aplicación de Biocarbón considerando la fracción y los procedimientos para su evaluación. Utilizó un conjunto sistemático de muestras de Biocarbón producidos a partir de biomasa de las plantas C4 bajo una variedad de condiciones del proceso de pirolisis se incubaron en un terreno C3 en tres niveles con diferente estado de la materia orgánica. Las muestras de Biocarbón se caracterizaron por su contenido de carbono y luego se añadieron a cada suelo. Los resultados mostraron que, si bien de manera concluyente la mineralización del carbono era a menudo mayor en el suelo con Biocarbón, esto se debió a la rápida utilización de un pequeño componente mineral y que el Biocarbón evito la pérdida de materia orgánica del suelo.

Según (Kolb, Fermanich, & Dornbush, 2009) en su estudio “Efecto del Biocarbón en la cantidad Microbiana de la biomasa y la actividad en suelos templados” sugiere que el Biocarbón afecta a una serie de importantes procesos bióticos y abióticos del suelo. Para ello trató de predecir los efectos a la cantidad microbiana del suelo con la adición de Biocarbón. Sin embargo, no se tiene muchos datos, expone que por comprensión de cómo el Biocarbón afecta a la comunidad microbiana del suelo se puede estimar algunos resultados. Este estudio trató de mejorar la comprensión de la relación entre la adición de Biocarbón y la biomasa microbiana del suelo y la actividad entre los suelos. Utilizó Biocarbón en cuatro suelos distintos, en cinco niveles de aplicación que van de 0 a 0,1 kg de Biocarbón en 1 kg de suelo, y se incubaron a 25° C. La hipótesis sostiene que la biomasa y actividad microbiana se incrementarían con el aumento de la aplicación de biocarbón en todos los suelos, pero la magnitud relativa de la respuesta dependerá de la

textura y la fertilidad de cada suelo. Se obtuvo como resultado que la biomasa y la actividad microbiana aumentó significativamente con la aplicación creciente de Biocarbón. Además los resultados sugieren que el Biocarbón afecta la biomasa microbiana, la actividad microbiana y la disponibilidad de nutrientes en formas relativamente similares en los cuatro suelos que se estudió, lo que sugiere una considerable previsibilidad en respuesta a la aplicación de Biocarbón.

Según (Fischer & Glaser, 2012) en su estudio “Sinergias entre Compost y Biocarbón” se pudo determinar que el Biocarbón mejora el suelo, incrementa la fertilidad del suelo debido a una mejor capacidad de intercambio catiónico (CIC) que permite el aumento de la disponibilidad de nutrientes para las plantas, una mejor estructura del suelo, una mayor capacidad de retención de agua y la neutralización de los suelos ácidos.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Biocarbón

1.3.1.1. Origen

Su origen se deriva al descubrimiento de Terra Preta de Indio, o Amazonian Dark Earth, es un suelo de alta calidad encontrado en varias regiones de la Cuenca Amazónica (Brasil, Perú, Bolivia y Ecuador), en sitios donde vivieron importantes poblaciones precolombinas. Terra Preta significa “tierra negra” en portugués, debido a su color oscuro que la diferencia de los suelos pobres (Ferralesoles y Acrisoles) característicos de la región (Lehmann, et al., 2002).

Los fundamentos del uso del biocarbón se sustentan por un gran número de investigaciones sobre el efecto de su aplicación en diferentes tipos de suelos, bajo climas diversificados y para la producción de muchas variedades de plantas (Glaser, Haumaier, Guggerberger, & Zech, 2001). Se demostró que la aplicación de biocarbón al suelo mejora sus características físicas y químicas, aumentando la retención de los nutrientes y favoreciendo la disponibilidad de estos para las plantas. También se describe cambios taxonómicos en las comunidades de

microorganismos y estimulación de la actividad microbiana del suelo en relación con la presencia de biocarbón, así como la implicación de los microorganismos benéficos y abonos orgánicos en la promoción de crecimiento e inducción de resistencia sistémica.

1.3.1.2. Generalidades

Según explica (Stephen & James E., 2009), el Biocarbón se deriva de una variedad de materias primas biológicas que han sido degradados térmicamente bajo un rango de condiciones, poseen una gama de propiedades en su composición química. Debido, en parte, a la compleja serie de reacciones químicas que se producen durante el proceso térmico, un alto grado de heterogeneidad química se extiende a la escala microscópica, incluso dentro de un mismo Biocarbón. Así, en el sentido más estricto, cada Biocarbón hecho con un material de alimentación particular y combinación de procesos presenta una mezcla única de fases y microambientes que da lugar a un conjunto único de propiedades químicas.

Asimismo, (Stephen & James E., 2009) sostiene que un gran número de materias primas y procesos de degradación térmica pueden ser utilizado para producir biocarbón. Materias primas potenciales incluyen todos los materiales de origen biológico (orgánico), tales como estiércol, compost, humus, lodos con carga microbiana, y la biomasa lignocelulosa (restos vegetales). Este último es una elección obvia como la materia prima principal, porque es el material producido biológicamente más abundante.

1.3.1.3. Adsorción de minerales

Dos factores, materias primas y los procesos condicionan el control de la cantidad y distribución de la materia mineral en el Biocarbón. Los minerales contenidos en las materias primas varían significativamente. Las materias primas leñosas generalmente tienen bajo (<1 por ciento en peso) el contenido de cenizas pero un alto contenido de minerales,

mientras que la hierba, paja y grano cáscaras, tienen un alto contenido de cenizas pueden tener hasta un 24 por ciento de su peso pero un considerable contenido de minerales (Raveendran, Ganesh, & Khilart, 1995).

Gran parte del contenido mineral de los restos vegetales son adheridos en el Biocarbón debido a la pérdida de C, H y O durante la pirolisis.

El Biocarbón de estiércol y residuos vegetales tienen contenidos muy altos de minerales. El Biocarbón de guano de gallinas, por ejemplo, puede tener 45 por ciento de materia mineral (Koutcheiko et al, 2007), y el Biocarbón de restos óseos pueden tener tanto como 84 por ciento de materia mineral (Purevsuren et al, 2004).

El efecto del mineral contenido en la materia prima sobre el rendimiento Biocarbón es incierto. Las enmiendas con catalizadores sólidos tales como carbonatos alcalinos y NaCl de la celulosa puede aumentar los rendimientos de Biocarbón (Feng et al, 2004). Estas observaciones parecen sugerir que un mayor contenido de mineral en la materia prima tiende a aumentar el rendimiento del Biocarbón.

1.3.1.4. Efecto del biocarbón sobre la fertilidad y estructura del suelo

La aplicación de biocarbón al suelo aumenta su capacidad de fijación e intercambio de nutrientes impidiendo de esta manera su lixiviación (Lehmann, et al., 2002).

Los suelos a los cuales se le incorpora Biocarbón presentan una mayor fijación y disponibilidad de macronutrientes y micronutrientes como el fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B) y molibdeno (Mo) asociada con una mayor retención del nitrógeno (N) y la ausencia de lixiviación de magnesio (Mg) y calcio (Ca).

Los cambios que se pueden evidenciar son generalmente acompañado de un aumento del pH y una inmovilización de minerales como el aluminio (Al) de la solución del suelo, proporcionando a las cobertura

vegetal una mayor disponibilidad de nutrientes, lo que optimiza su desarrollo (Glaser, Haumaier, Guggerberger, & Zech, 2001). La retención de nutrientes se explica por un incremento de la superficie de la porosidad del biocarbón, un mayor CIC, un aumento del ratio C:N y una menor pérdida de la materia orgánica (Glaser, Haumaier, Guggerberger, & Zech, 2001).

Es muy importante especificar que el aumento de carbono en el suelo permite un mayor secuestro del nitrógeno, disminuyendo de esta manera la lixiviación y la desnitrificación, fuente de nitrógeno, y asegurando la liberación paulatina de este hacia la planta (De Luca, Mac Kenzie, & Gundale, 2009). La mejora de las propiedades químicas y físicas del suelo van a beneficiar el desarrollo óptimo de la cobertura vegetal, lo que permite la obtención de una mayor producción y mejores defensas.

1.3.1.5. Producción de Biocarbón

La producción del Biocarbón va a depender principalmente de 3 factores: la biomasa, la temperatura y el tiempo de combustión en pirolisis.

La producción de Biocarbón no puede ser discutido adecuadamente sin primero diferenciar la naturaleza del carbón y Biocarbón. Las dos formas de material carbonoso se producen a partir de pirolisis, el proceso de calentamiento de carbono que se lleva en condiciones de alta temperatura con cantidades bajas de oxígeno. El Carbón se define aquí como cualquier residuo carbonoso producto de pirolisis, incluidos los incendios naturales. El Biocarbón es el material carbonoso producido específicamente para aplicación al suelo como parte del manejo agronómico y ambiental.

Una combinación de temperatura por lo general altas (a partir de 600°C aproximadamente), tiempo y residencia de catalizadores de origen natural (biomasa) determinan el grado de reacciones secundarias, que producen una amplia variedad de compuestos orgánicos, incluidos aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos y alcoholes (Mohan et al, 2006).

Dado suficiente tiempo, los productos de la pirólisis de la biomasa son en su mayoría sólido C (biocarbón), CO₂ y H₂O, y pequeñas cantidades de CO y CH₄. El aumento de temperatura reduce ligeramente el rendimiento Biocarbón, que se aproxima a un límite asintótico de aproximadamente 25 por ciento en peso de la masa de partida.

1.3.2. Biomasa

1.3.2.1. Vísceras de pescado

Las vísceras de pescado en general presentan contenidos caloríficos bajos, son buenas fuentes de proteínas de alto valor biológico, aportan además vitaminas tanto hidrosolubles como liposolubles así como algunos minerales como el fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Sodio (Na), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Cloro (Cl) (Pinto Fontanillo, 2005).

Las vísceras de pescado son utilizados en mayor medida para la producción de harina y aceite de pescado debido a su alto valor nutricional. La producción de harina y aceite de pescado constituye el principal método de aprovechamiento de las capturas mundiales de pescado no comestibles y de los desperdicios (vísceras de pescado) procedentes de las plantas de fileteado (Santana Rodríguez, 2004)

Las vísceras constituyen una de las fuentes más importantes de proteínas animales. Otros usos son la fabricación de fertilizantes nitrogenados a partir de peces y sus desechos, la extracción de aceites de hígado como fuente de vitamina D, y la fabricación de alimentos para animales domésticos (Santana Rodríguez, 2004).

1.3.2.2. Lodos de lagunas de oxidación

(Limón Macías, 2013) menciona que la producción de lodos en una planta de tratamiento, puede traer ciertos beneficios dependiendo del tratamiento o destino que se les dé. Las principales formas de aprovechamiento son como fuente de energía o mejoradores de suelo en la agricultura.

En esta investigación nos interesa estudiar en mayor medida sus beneficios como mejoradores de suelo para la agricultura.

El reciclaje de los biosólidos a través de la aplicación al terreno tiene varios propósitos. Éstos mejoran las características del suelo, tales como la textura y la capacidad de absorción de agua, las cuales brindan condiciones más favorables para el crecimiento de las raíces e incrementan la tolerancia de la vegetación a la sequía. También provee nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal, incluyendo el nitrógeno y el fósforo, así como algunos micronutrientes esenciales, tales como el níquel, el zinc y el cobre. Los biosólidos pueden servir también como una alternativa o sustituto al menos parcial de los costosos fertilizantes químicos (Limón Macías, 2013).

Los nutrientes contenidos en los biosólidos (orgánicos) ofrecen diversas ventajas en comparación con los fertilizantes inorgánicos gracias a que pueden ser incorporados lentamente por las plantas en crecimiento. Estas formas orgánicas de nutrientes son menos solubles en agua y por lo tanto, tienen una menor probabilidad de lixiviarse al agua subterránea o ser arrastradas a las aguas superficiales (Limón Macías, 2013).

1.3.3. Mejoramiento de suelos áridos

El mejoramiento de suelos áridos es un proceso que busca proporcionar al área aditamentos que mejoren las propiedades físicas, químicas y biológicas del área, para que puedan soportar una cobertura vegetal (Gomero Osorio & Velásquez Alcántara, 2000).

1.3.3.1. Suelos áridos

Según la (UNEP, 2006) los suelos áridos son aquellas áreas donde el promedio de lluvias es menor que las pérdidas potenciales de humedad a través de la evaporación y la transpiración.

Según el Atlas Mundial de Desertificación, las tierras áridas tienen una relación de precipitación anual promedio (P) respecto a la evapotranspiración potencial (ETP) menor de 0,65.

En las zonas en que prevalece el déficit de agua a lo largo de todo el año, las tierras áridas se clasifican como extremadamente áridas, hiperáridas, semiáridas y secas subhúmedas.

Los suelos de zonas áridas pueden tener una profundidad muy variable, con texturas desde arenosas hasta arcillosas y con pH y fertilidad variable. En estas zonas es frecuente la presencia de suelos con perfiles incipientes o poco desarrollados (Gálvez, 2002).

1.3.3.2. Situación mundial y nacional de suelos áridos

En la actualidad todavía no existe un cálculo que indique con exactitud en cuanto es la extensión del planeta que está cubierta por tierras secas, los cálculos varían desde cerca al 50% hasta el 25% de la superficie terrestre.

Según los cuadros de datos del PNUMA de 1995 citado por el (Ministerio del Ambiente, 2011), las tierras secas alcanzaban un total de 6.150 millones de hectáreas (61.5 millones de km²), siendo África y Asia los continentes que contaban con las mayores extensiones (32% cada uno, con respecto al total).

En la actualidad los suelos secos afrontan un problema de desertificación que afecta su capacidad de regeneración y que lo lleva a un estado de inutilidad.

Por otra parte, el Programa de naciones Unidas para el Medio Ambiente calcula que la superficie degradada en el mundo es equivalente al 30% de la superficie terrestre. El suelo se pierde a una tasa anual de 24 mil millones de toneladas, y los costos fruto de la desertificación mundial se estiman aproximadamente entre 40 y 45 mil millones de dólares, esto sin contar los costos sociales involucrados (Ministerio del Ambiente, 2011).

Según los datos generados por (Reynolds, 2001), donde señala que las zonas áridas y semiáridas ocupan casi dos quintos de la superficie total de los continentes, siendo el soporte donde se desarrolla la vida de más de mil millones de personas. En el 2006, los especialistas de la ONU

y otras organizaciones mundiales relacionadas al tema de desiertos indicaban que el 40% de las tierras continentales del planeta se consideraban tierras secas (UNEP, 2006).

Según el informe del (Ministerio del Ambiente, 2011) se ubica al Perú en el tercer lugar a nivel de Sudamérica; entre los países con mayor extensión de tierras secas, se pueden evidenciar zonas hiperárida, áridas, semiáridas que ocupan una extensión de 516 mil km², esto representa el 40% del territorio nacional (ver tabla N°01).

Actualmente los suelos secos del Perú no están siendo utilizados de manera intensiva dado que el precio que demanda su utilización es demasiado alto. Sin embargo; la ocupación por parte de la población de los espacios de la costa ha llevado a la necesidad de ver estos suelos como una alternativa para solucionar la demanda de cobertura vegetal de la costa peruana.

Tabla N° 01: Extensión de las tierras secas del Perú

Categoría de Tierras Secas	Extensión	
	Km2	%
Zona Hiperárida	80 968	6.3
Zona Árida	48 838	3.8
Zona Semiárida	128 520	10
Zona Subhúmeda seca	258 328	20.1
Total de tierras secas	516 654	40.2
Extensión Territorio Nacional	1 285 215	100

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2011)

1.3.3.3. Tratamiento actual de los suelos áridos

Los tratamientos que en la actualidad se le está dando a los suelos áridos se centran principalmente en riegos tecnificados, la aplicación de abonos orgánicos y la aplicación de fertilizantes (ver tabla N°02).

Tabla N° 02: Técnicas actuales de manejo de suelos áridos

Tipo de Prácticas Óptimas	Tecnología	
Riego apropiado	Riego por goteo	
	Riego por Aspersión	
	Riego presurizado	
	Riego tecnificado	
Captación y almacenamiento de agua	Reservorios	
Aplicación de abonos orgánicos	Guano, estiércol , compost	
Aplicación de fertilizantes	Fuentes de Nitrógeno (N)	Urea, nitrato o fosfato de amonio
	Fuentes de Fósforo (P)	Súper fosfatos
	Fuentes de Potasio (K)	Clorhidrato de potasio, Nitrato de potasio

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2011)

Los métodos utilizados para el mejoramiento de suelos áridos en la actualidad representan una gran inversión.

1.4. Formulación del problema

1.4.1. Problema General

¿Cómo el uso de Biocarbón a base de vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación mejora los suelos áridos del distrito de Ancón?

1.4.2. Problemas específicos

1. ¿Cuáles son las proporciones adecuadas de aplicación de Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación a los suelos áridos del distrito Ancón a fin de mejorarlas?
2. ¿El Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación, mejora las propiedades químicas y biológicas de los suelos áridos?
3. ¿El Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación, mejora el desarrollo vegetativo de la especie *Solanum multifidum Lam*?

1.5. Justificación

El mejoramiento de suelos áridos a través del Biocarbón es un campo de investigación bastante nuevo, el cual es necesario explorar para obtener mayores eficiencias al aplicar esta enmienda. Considerando las numerosas propiedades que ha manifestado y el bajo costo que implica su producción, el Biocarbón tiene un gran potencial para mejorar suelos de manera costo-efectiva, por lo que es importante determinar su funcionamiento bajo diferentes condiciones ambientales.

Actualmente los tratamientos para suelos áridos representan una gran inversión, el Biocarbón es un aditamento mejorador de suelos bajo en costo que puede solucionar estos problemas.

El distrito de Ancón tiene el 80% de su territorio inhabitado, los suelos de este espacio tiene características áridas; en la actualidad existen diversos proyectos que buscan utilizar estos espacios para propagar una cobertura vegetal, como el Proyecto Especial Parque Ecológico Nacional Antonio Raimondi, cuyo objetivo es incrementar la cobertura vegetal en estos espacios.

El mejoramiento de suelos áridos del distrito de Ancón va significar una mejora considerable en la calidad ambiental de las zonas de influencia directa. Asimismo; se contribuirá con información de gran importancia, para realizar replicas en diferentes ciudades de la costa peruana que presentan condiciones similares.

En esta investigación se propone la utilización de un Biocarbón elaborado a base de vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación como agente mejorador de la estructura del suelo del distrito de Ancón, la propuesta del uso de las vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación se propone dado que son los desechos que más se producen en el distrito de Ancón por la presencia de un puerto en la Bahía y lagunas de oxidación. Además estos desechos pueden proporcionar al Biocarbón muchas propiedades propias de su naturaleza por ejemplo: las vísceras de pescado son ricas en minerales como el fósforo y los lodos de lagunas

de oxidación pueden proporcionar minerales y carga microbiana para activarlo. Cabe resaltar que los insumos utilizados para la elaboración de este Biocarbón son residuos de otros procesos, lo cual le da un valor agregado a este estudio ya que se le da un uso final a estos residuos.

El mejoramiento del suelo árido del distrito de Ancón va significar que estos suelos van a poder soportar una cobertura vegetal con diferentes fines como por ejemplo; actividades agrícolas, forestación, creación de parques y centros de esparcimientos que van a contribuir de forma directa o indirecta a la calidad de vida de la poblaciones a nivel local, regional y nacional.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Determinar la influencia del Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación en la mejora de los suelos áridos del distrito de Ancón.

1.6.2. Objetivos Específicos

1. Determinar el porcentaje adecuado de aplicación del Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación para mejorar el suelo árido del distrito de Ancón.
2. Determinar el mejoramiento de las propiedades químicas y biológicas de los suelos áridos del distrito de Ancón al aplicar Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación.
3. Determinar si el Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación mejora el desarrollo vegetativo de la especie *Solanum multifidum Lam.*

1.7. Hipótesis

1.7.1. Hipótesis General

H₁: El Biocarbón elaborado a base de vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación mejora los suelos áridos del distrito de Ancón.

H₀: El Biocarbón elaborado a base de vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación no mejora los suelos áridos del distrito de Ancón.

1.7.2. Hipótesis Específicos

H1: La aplicación del Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación al 10% mejora el suelo árido del distrito de Ancón mejor que las otras proporciones.

H2: El Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación mejora las propiedades químicas y biológicas de los suelos áridos del distrito de Ancón.

H3. El Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación mejora el desarrollo vegetativo de la especie *Solanum multifidum Lam.*

1.8. Localidad del estudio

La presente investigación se desarrolló en las instalaciones del Parque Ecológico Nacional Antonio Raimondi, el cual se encuentra ubicado en el departamento de Lima, provincia de Lima, en el distrito de Ancón. Abarca un área de 6 792.04 hectáreas que se extienden paralelamente al este de la Carretera Panamericana Norte entre los kilómetros 39 y 51 (Anexo N° 01). Presenta una variación altitudinal entre los 50 y 1500 msnm, y está limitado entre las coordenadas 11°07"05" y 11°11"50" latitud sur, y las coordenadas entre 77°11"45" y 77°06"02" longitud oeste. Sin embargo el estudio se desarrollara en parcelas controladas dentro del área del Instituto Geofísico del Perú el cual tienen un área de 104 ha y se encuentra dentro del área del PENAR.

Según la clasificación de (Brack & Mendiola, 1997), el área de estudio pertenece a la Eco-región del Desierto del Pacífico. De acuerdo a la clasificación de zonas de vida de (Holdridge, 1967) y al Mapa Ecológico del Perú (ONERN 1976), existen dos zonas de vida dentro del área de estudio:

- a. **Desierto Desecado Subtropical (dd-S)**, que cubre el área desde el litoral hasta una altura de 600 m.s.n.m.
- b. **Matorral Desértico – Montano Bajo Subtropical (md-MBS)**, que comprende el sector de las Lomas Costeras entre los 300 y 800 msnm aproximadamente.

II. MÉTODO

2.1. Tipo de estudio

El estudio es de tipo aplicativo dado que se basa en estudios preliminares y en resultados obtenidos en anteriores investigaciones que han proporcionado información de gran importancia para el punto de partida de esta investigación, cabe resaltar que esta investigación aporta conocimiento con la preparación de un nuevo tipo de Biocarbón y su aplicación y comportamiento en suelos áridos como agente mejorador.

Asimismo, el nivel de la investigación es descriptiva para esta clasificación nos basamos en la definición de investigación descriptiva dada por Roberto Hernández Sampieri (1998:60) que cita “El propósito de la investigación descriptiva es que el investigador describe situaciones y eventos, es decir, cómo es y cómo se manifiesta determinados fenómenos. Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, miden o evalúan con la precisión posible diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar”, en esta investigación se busca describir las propiedades que el biocarbón a base de vísceras de pescado y lodos de posas de oxidación proporciona al suelo árido mejorándolo considerablemente.

2.2. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es de tipo Experimental dado que se quiere demostrar mediante el manejo y operación del uso de las variables seleccionadas, la proporción adecuada de aplicación de Biocarbón a base de vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación a los suelos áridos del distrito de Ancón, se realizó las actividades siguientes:

- Se determinó una zona de trabajo que presente suelos áridos y se prepararán enmiendas con la aplicación de diferentes proporciones de biocarbón.
- Se realizó un seguimiento, a través de análisis químicos para verificar el mejoramiento de los suelos áridos.

- Se sembró la especie *Solanum Multifidum Lam* para comprobar que las muestras tratadas pueden soportar una cobertura vegetal.

Mediante el manejo de estas variables se pudo demostrar la proporción adecuado de Biocarbón a aplicar en este tipo de suelo para mejorarlo y además cuál de las muestras puede soportar mejor la cobertura vegetal. Es un diseño experimental puro con diseños de tratamientos múltiples (ver tabla N°03).

Tabla N° 03: Tabla de diseño experimental propuesto

Tratamiento V. Independiente	Pre-prueba	Repeticiones	Incorporación de semillas	Resultados V. Dependiente	Resultados V. Dependiente
T1	Y(A)	R1	Y(B)	T1-R1	Y(B ₁)-Y(A ₁)-R1
		R2	Y(B)	T1-R2	Y(B ₁)-Y(A ₁)-R2
		R3	Y(B)	T1-R3	Y(B ₁)-Y(A ₁)-R3
		R4	Y(B)	T2-R4	Y(B ₁)-Y(A ₁)-R4
T2	Y(A)	R1	Y(B)	T1-R1	Y(B ₂)-Y(A ₂)-R1
		R2	Y(B)	T2-R2	Y(B ₂)-Y(A ₂)-R2
		R3	Y(B)	T2-R3	Y(B ₂)-Y(A ₂)-R3
		R4	Y(B)	T2-R4	Y(B ₂)-Y(A ₂)-R4
T3	Y(A)	R1	Y(B)	T3-R1	Y(B ₃)-Y(A ₃)-R1
		R2	Y(B)	T3-R2	Y(B ₃)-Y(A ₃)-R2
		R3	Y(B)	T3-R3	Y(B ₃)-Y(A ₃)-R3
		R4	Y(B)	T3-R4	Y(B ₃)-Y(A ₃)-R4
T4 (control)	Y(A)	R1	Y(B)	T4-R1	Y(B ₄)-Y(A ₄)-R1
		R2	Y(B)	T4-R2	Y(B ₄)-Y(A ₄)-R2
		R3	Y(B)	T4-R3	Y(B ₄)-Y(A ₄)-R3
		R4	Y(B)	T4-R4	Y(B ₄)-Y(A ₄)-R4

Fuente: Elaboración propia, 2015

V. Independiente (T): Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación	T1: % 5
	T2: % 10
	T3: % 15
	T4: Control
V. Dependiente (Y(A)): Mejoramiento de suelos áridos	Y(A): Inicial
V. Dependiente (Y(B)): Desarrollo vegetativo de <i>Solanum Multifidum Lam</i>	Y(B): Inicial

2.3. Operacionalización de variables

Tabla N° 04: Tabla de operacionalidad de variables

Hipótesis	Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de Medición
El Biocarbón a base de vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación mejora los suelos áridos del distrito de Ancón.	Variable Independiente: Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación	El biocarbón es el producto rico en carbono obtenido cuando la biomasa, (madera, estiércol o las hojas), se calienta en un sistema cerrado con poco o nada de aire disponible (pirólisis). El biocarbón es producido por descomposición térmica de orgánica material bajo suministro limitado de oxígeno (O), y a temperaturas relativamente bajas <700 ° C (Lehmann & Joseph, Biochar for Environmental management, 2010). Este biocarbón posee aditivos; vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación.	Al Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación se le realizó evaluaciones físico químicas para determinar su calidad. Este biocarbón fue incorporando en cuadrantes de control con diferentes proporciones de aplicación 0%, 5%, 10%, 15%.	Capacidad de intercambio catiónico (CIC) (meq/100g)	Cuantitativa continua, escala razón
				Relación C:N	Cuantitativa continua, escala razón
	Variable dependiente: Mejoramiento de suelos áridos	El mejoramiento de suelos áridos es un proceso que busca proporcionar al área aditamentos que mejoren las propiedades físicas, químicas y biológicas del área, para que puedan soportar una cobertura vegetal (Gomero Osorio & Velásquez Alcántara, 2000).	Los cuadrantes con los tratamientos de Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación, fueron monitoreados mensualmente, mediante análisis químicos de caracterización de suelos para poder determinar si las condiciones iniciales del suelo están mejorando con la adición del Biocarbón.	pH	Cuantitativa continua, escala intervalo
				CE (dS/m)	Cuantitativa continua, escala razón
				Materia orgánica (%)	Cuantitativa continua, escala intervalo
				Fósforo disponible "P" (ppm)	Cuantitativa continua, escala razón
				Potasio disponible "K" (ppm)	Cuantitativa continua, escala razón
				CIC (meq/100g)	Cuantitativa continua, escala razón
				Ca ⁺² (meq/100g)	Cuantitativa continua, escala intervalo
				Mg ⁺² (meq/100g)	Cuantitativa continua, escala intervalo

				K ⁺ (meq/100g)	Cuantitativa continua, escala intervalo
				Na ⁺ (meq/100g)	Cuantitativa continua, escala intervalo
				Boro disponible "B" (ppm)	Cuantitativa continua, escala intervalo
				Cobre disponible "Cu" (ppm)	Cuantitativa continua, escala intervalo
				Hierro disponible "Fe" (ppm)	Cuantitativa continua, escala intervalo
				Manganeso disponible "Mn" (ppm)	Cuantitativa continua, escala intervalo
				Zinc disponible "Zn" (ppm)	Cuantitativa continua, escala intervalo
				Textura	Cualitativa
				Saturación de bases (%)	Cuantitativa continua, escala intervalo
				Variable dependiente: Desarrollo de cobertura vegetal	Según (geoinstitutos, 2010) define la cobertura vegetal como la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomاسas con diferentes características fisonómicas y ambientales que van desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales. También se incluyen las coberturas vegetales inducidas que son el resultado de la acción humana como serían las áreas de cultivos.
Crecimiento	Cuantitativa continua, escala Razón				
Estado fitosanitario	Cuantitativa continua, escala intervalo				

Fuente: Elaboración propia, 2015

2.4. Población, muestra y muestreo

2.4.1. Población

La población de la presente investigación estuvo representada por todos los suelos que presenten características de aridez del distrito de Ancón. Sin embargo el proyecto se desarrolló en el área que le pertenece al Parque Ecológico Nacional Antonio Raimondi con una extensión de 6792.04 ha; específicamente en las instalaciones del Instituto geofísico del Perú que tiene una extensión de (100.4 ha) que pertenece a la zona denominada Pampa Ancón y que además está dentro del área del PENAR. (Ver anexo N° 03)

2.4.2. Muestra

En la investigación experimental, por su naturaleza y por la necesidad de tener control sobre las variables, se recomienda muestras pequeñas. La muestra estuvo representada por 16 cuadrantes de control de 1 m² cada uno, que en suma tiene un total de 16 m². Estos cuadrantes están en un área experimental en las instalaciones del Instituto Geofísico del Perú (IGP) sede Ancón, dentro del área de Influencia del PENAR.

2.4.3. Muestreo

El muestreo empleado es no probabilístico de tipo muestreo discrecional es decir el muestreo se realizó a criterio del investigador donde se eligió un espacio que presentó característica de aridez y donde se pudo desarrollar la investigación. (Ver anexo N° 04)

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.5.1. Etapas de la investigación

a) Producción del biocarbón

- ✓ Se recolectaron 400 kg de residuos verdes secos de la poda de las áreas verdes del Parque Ecológico Nacional de Antonio Raimondi (PENAR) del Ministerio del Ambiente ubicado en Ancón, al norte de Lima. Además se recolectaron 200 kg de vísceras de pescado generadas en el puerto de Ancón y 200 kg de lodos de lagunas de oxidación la cual fue obtenida de las lagunas de oxidación “Jerusalén” administrada por SEDAPAL (Servicio de agua potable y alcantarillado de Lima) ubicada en el distrito de Ancón.(Ver anexo N°06)



Figura N° 01 Residuos verdes de poda (molle costeño y serrano), PEPENAR.

Fuente: Elaboración propia, 2015



Figura N° 02 Lagunas de Oxidación Jerusalén-Ancón-Lima.

Fuente: Elaboración propia, 2015



Figura N° 03 Recolección de lodos de lagunas de Oxidación (seco).

Fuente: Elaboración propia, 2015



Figura N° 04 Recolección de vísceras de pescado-Puerto de Ancón-Lima.

Fuente: Elaboración propia, 2015



Figura N° 05 Vísceras de pescado-Puerto de Ancón-Lima.

Fuente: Elaboración propia, 2015

- ✓ El biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación fue producido a una temperatura de 600°C en condición de pirolisis en el Horno ecológico pirolítico del PENAR (Figura N°07). La proporción de los aditamentos para la producción del Biocarbón se detalla en la tabla N°05.

Tabla N° 05: Tabla de condiciones para producción del Biocarbón a base de vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación

Temperatura de combustión en (Pirolisis)	Residuos Verdes (Kg)	Lodos de lagunas de oxidación (Kg)	Vísceras de Pescado (Kg)
600°C	400 kg	200 kg	200 kg
Proporción	50 %	25 %	25 %

Fuente: Elaboración propia, 2015

La temperatura idónea de producción de Biocarbón según (Mohan et al, 2006), es una temperatura que se encuentre dentro del siguiente rango (550°C y 700°C). Esto con el fin de lograr que el Biocarbón abra sus poros para que los micros y macronutrientes se fijen en estos.

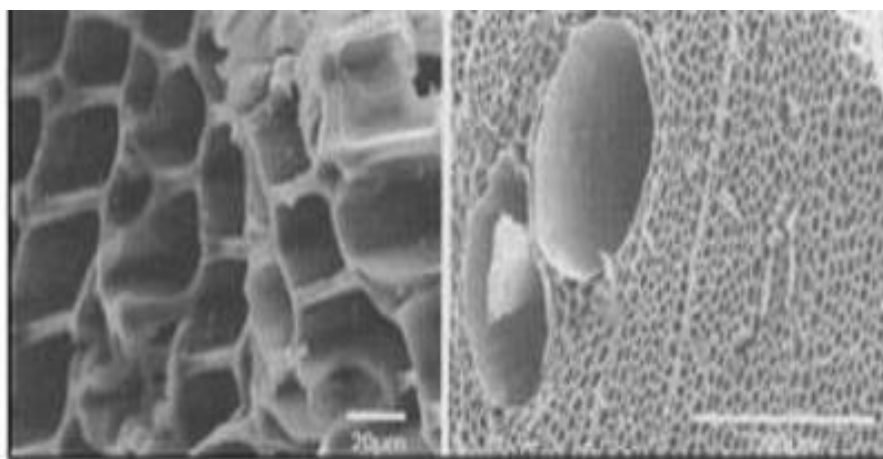


Figura N° 06 Aspecto físico de un tipo de biochar y su microestructura.

Fuente: Julie Major (Apalachian sustainable development), 2013.



Figura N° 07 Horno Pirolítico artesanal, PEPENAR-Ancón-Lima.

Fuente: Elaboración propia, 2015



Figura N° 08 Ingreso de restos vegetales al Horno.

Fuente: Elaboración propia, 2015



Figura N° 09 Ingreso de vísceras de pescado al Horno.

Fuente: Elaboración propia, 2015



Figura N° 10 Ingreso de lodos de lagunas de oxidación al Horno

Fuente: Elaboración propia, 2015



Figura N° 11 Sellado del Horno, inicio de la combustión Pirolítica.

Fuente: Elaboración propia, 2015



Figura N° 12 Control de la temperatura en la producción del Biocarbón.

Fuente: Elaboración propia, 2015

- ✓ El tiempo de combustión fue de 3 horas, comenzando a las 10:00 a.m. y culminando a la 01:00 p.m. (ver ficha de producción de Biocarbón)



Figura N° 13 Apagado del horno pirolítico.

Fuente: Elaboración propia, 2015



Figura N° 14 Descarga del Horno Pirolítico.

Fuente: Elaboración propia, 2015

- ✓ La producción total de Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación fue de 350 kg, ingresando un total de 800 kg de biomasa a la combustión, se deduce que el porcentaje de producción fue del 43,75%.

Tabla N° 06: Tabla resumen del proceso de producción del Biocarbón

Biomasa	Peso (Kg)	Producción total Biocarbón (kg)	Redimiendo (%)
Residuos Verdes	400	350	43,75
Lodos de lagunas de oxidación	200		
Vísceras de Pescado	200		
TOTAL	800		

Fuente: Elaboración propia, 2015

- ✓ Para activar el carbono del biocarbón producido, se agregó ácido fosfórico (H_3PO_4) al 50%. En proporción de 10mL de H_3PO_4 por cada 10 kg de Biocarbón (Sarmiento, et al., 2004).
- ✓ Para activar la actividad microbiana y para mejorar la fijación de micro y macro nutrientes, el biocarbón producido fue ingresado a un proceso de compostaje.

El proceso de compostaje constó de los siguientes componentes:

- 20 % de restos vegetales (secos y triturados)
- 30 % de guano de vaca fresco (previo lavado)
- 50 % de Biocarbón de vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación.

El proceso de compostaje duró aproximadamente 1 semana. Para acelerar el proceso de activación se le adicionara 20 L de Biol de humus de lombriz.

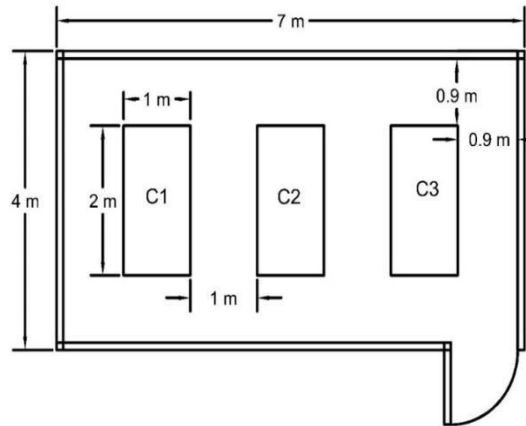


Figura N° 15 Diseño del área de compostaje del Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación.

Fuente: Elaboración propia, 2015

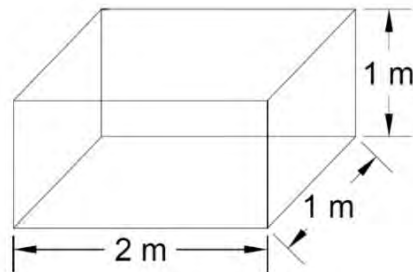


Figura N° 16 Dimensiones de las camas de compostaje para el Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación.

Fuente: Elaboración propia, 2015



Figura N° 17 Camas de compostaje del Biocarbón elaborado a partir de vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación.

Fuente: Elaboración propia, 2015

- ✓ Una muestra del Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación producida fue llevada al Laboratorio de análisis de suelos y plantas de la Universidad Nacional Agraria la Molina, para realizar análisis físico-químico para determinar su calidad. Los análisis realizados fueron:
 - Capacidad de intercambio catiónico (CIC) (meq/100g)
 - Relación C: N



Figura N° 18 Muestra de Biocarbón elaborado a partir de vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación.

Fuente: Elaboración propia, 2015

b) Preparación de área experimental

- ✓ El área experimental se preparó considerando las repeticiones y los tipos de tratamiento que se detalló en el diseño experimental. (ver punto 3.2 Tabla N°03).
- ✓ Fueron en total cuatro (04) tratamientos y cuatro (04) repeticiones.
- ✓ Fueron en total dieciséis (16) enmiendas que se prepararon.
- ✓ Cada área de tratamiento tuvo 1 m² de área, fueron aisladas mediante la separación de 1 m entre cada tratamiento y la utilización

de geomembrana para evitar infiltración. Tal como se detalla en la siguiente imagen.

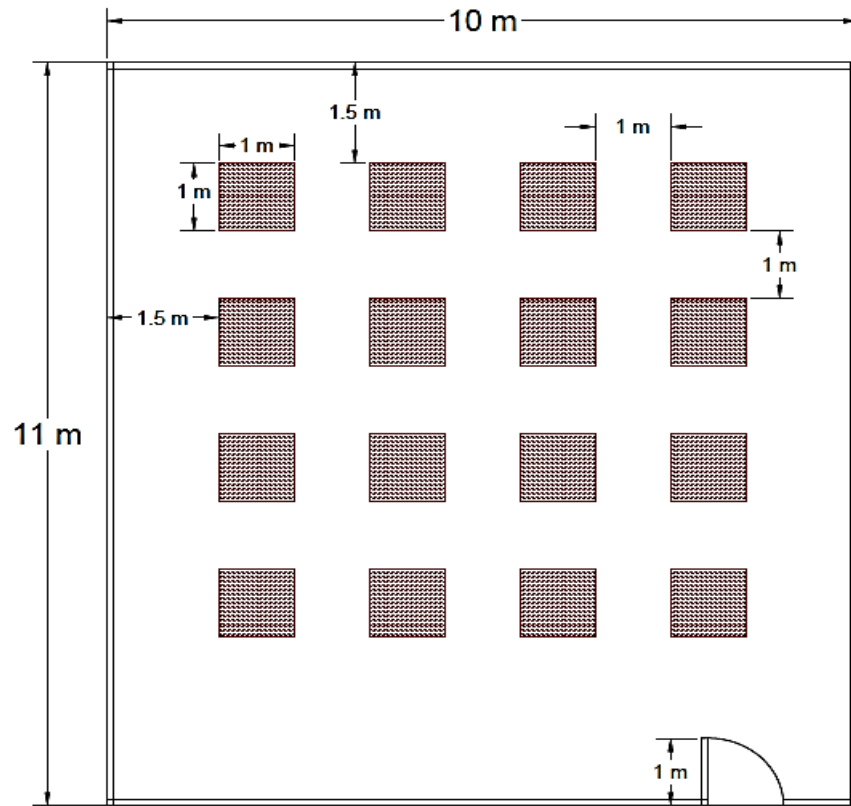


Figura N° 19 Diseño del área experimental.

Fuente: Elaboración propia, 2015



Figura N° 20 Construcción del área experimental.

Fuente: Elaboración propia, 2015



Figura N° 21 Área experimental.

Fuente: Elaboración propia, 2015

c) Preparación de tratamiento e incorporación

- ✓ Se realizó una mezcla homogénea entre el suelo árido de los cuadrantes y el biocarbón producido con diferentes proporciones de aplicación: 0% (control), 5%, 10%, 15%.
- ✓ Cada enmienda pesó 100 kg, Esto quiere decir que 95 kg será suelo árido y 5 kg de biocarbón dependiendo del porcentaje de aditamento de Biocarbón.
- ✓ Se depositó cada enmienda en el área experimental, dispersado de forma aleatoria mediante el método de Bloques completamente randomizado, de esta forma se garantizó la heterogeneidad del área. Sin repetir el mismo tratamiento en la misma fila y columna. (ver figura N°22).

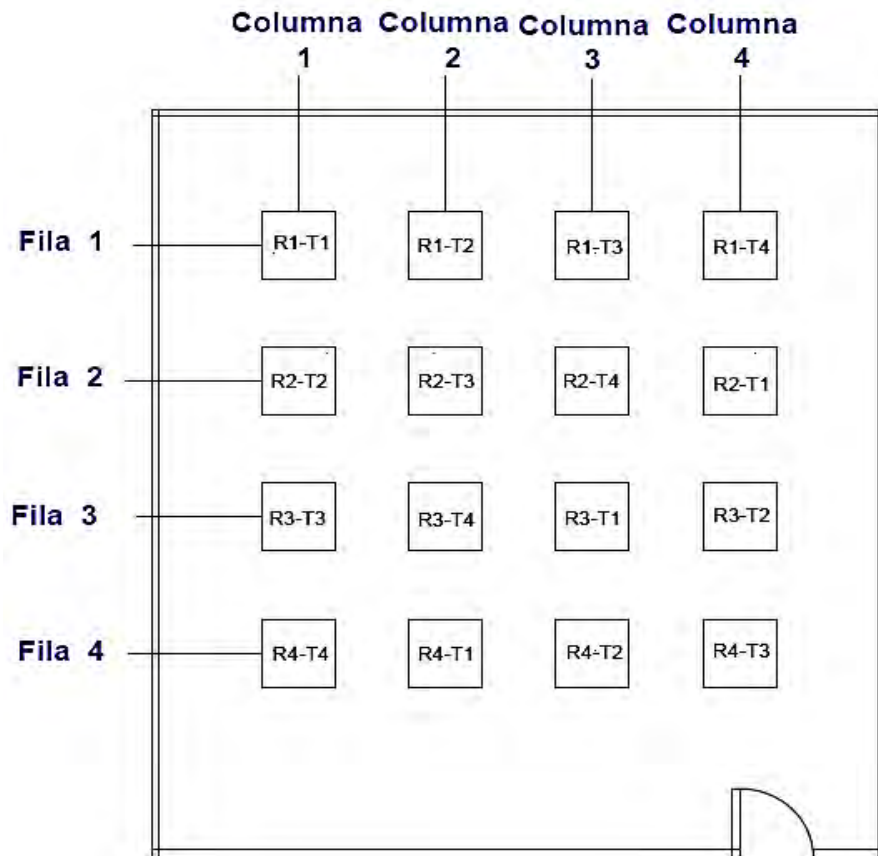


Figura N° 22 Diseño de la distribución de tratamientos en el área experimental.

Fuente: Elaboración propia, 2015



Figura N° 23 Pesado de aditivos para la preparación del sustrato.

Fuente: Elaboración propia, 2015



Figura N° 24 Mezcla de suelo árido con biocarbón.

Fuente: Elaboración propia, 2015



Figura N° 25 Incorporación de enmiendas a los cuadrantes de control.

Fuente: Elaboración propia, 2015

d) Evaluación del efecto del Biocarbón

Los efectos del Biocarbón fueron medidos en dos aspectos:

d.1. Análisis de caracterización de suelos

- ✓ Se realizaron monitoreos semanales del pH (pH-metro) y de temperatura (termómetro).

- ✓ Se tomaron muestras de suelos para ser llevados a laboratorio. Se tomaron una muestra de cada esquina de las enmiendas y una del centro tratando que la muestra salga en bloque desde lo más profundo, posterior a esto se realizó una mezcla homogénea y se depositaron en bolsas ziploc codificadas de 1 kg. La toma de muestra se detalla en la siguiente imagen.(ver figura N°26)

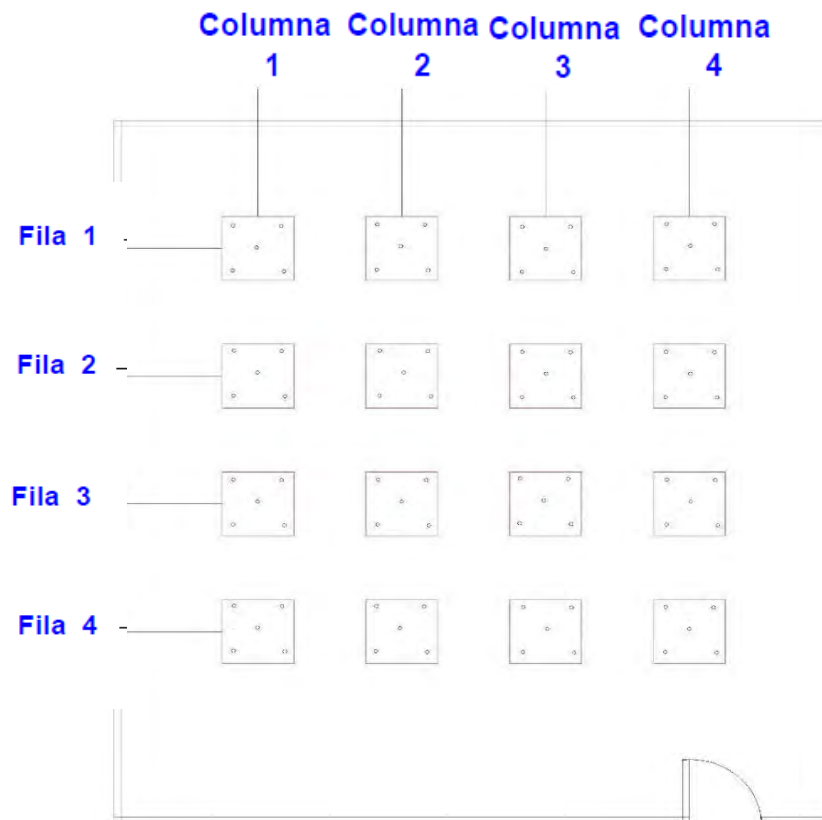


Figura N° 26 Diseño de toma de muestra para laboratorio

Fuente: Elaboración propia, 2015

- ✓ Los análisis que se realizaron en el laboratorio son:
- Análisis Mecánico - Textura por el Método de Hidrómetro
 - Conductividad Eléctrica: C.E. Lectura del extracto de relación suelo - agua 1:1
 - pH: Método del potenciómetro, relación suelo agua 1:1
 - Calcáreo total: Método vaso volumétrico
 - Materia Orgánica: Método del Walkley y Black; %M.O = %C x 1,724

- Nitrógeno total: Método del micro Kjeldahl.
- Fósforo: Método de Olsen Modificado. Extracto NaHCO_3 0,5M, pH 8,5
- Potasio: Extracto Acetato de Amonio 1N, pH 7,0
- Capacidad de Intercambio Catiónico - Método del Acetato de Amonio 1N. pH 7,0
- Cationes Cambiables: Determinaciones en Extracto Amónico.
 - Ca : Espectrofotometría de Absorción Atómica
 - Mg : Espectrofotometría de Absorción Atómica
 - K : Espectrofotometría de Absorción Atómica
 - Na : Espectrofotometría de Absorción Atómica
- Acidez Cambiable: Método del KCl 1N.

Los métodos de análisis que se mencionaron han sido tomados en función a los análisis de caracterización de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina.



Figura N° 27 Pesado de las muestras

Fuente: Elaboración propia, 2015



Figura N° 28 Muestras de los sustratos embolsados y codificados (1kg cada bolsa).

Fuente: Elaboración propia, 2015

d.2. Análisis del crecimiento de cobertura vegetal (*Solanum Multifidum Lam*)

El desarrollo de cobertura vegetal se comprobó sembrando en las enmiendas semillas de la especie *Solanum Multifidum Lam* conocida comúnmente como papa nativa y que además es una planta de ecosistemas Lomeros.

- ✓ Se realizó una siembra directa, es decir siembra desde semilla, de 12 semillas de *Solanum Multifidum Lam* por cada tratamiento, (las semillas fueron obtenidos del Vivero de Lomas del PENAR.
- ✓ Se evaluó el porcentaje de germinación en cada tratamiento mediante una ficha de control (ver anexo N° 07), se realizo monitoreos diarios para todas las semillas que germinaron, registrandose la fecha de germinación.
- ✓ Se evaluó el crecimiento semanal en cada tratamiento de las *Solanum Multifidum Lam* mediante una ficha de control (ver anexo N° 08).
- ✓ Se evaluó el estado fitosanitario en cada tratamiento de las *Solanum Multifidum Lam* mediante una ficha de control, se realizó monitoreo semanal.



Figura N° 29 Semilla de la especie *Solanum Multifidum Lam.*

Fuente: Elaboración propia, 2015



Figura N° 30 Germinación de la especie *Solanum Multifidum Lam.*

Fuente: Elaboración propia, 2015



Figura N° 31 Monitoreo de la especie *Solanum Multifidum Lam.*

Fuente: Elaboración propia, 2015

2.5.2. Materiales para la experimentación

Los materiales que se utilizaron en cada etapa de la experimentación se detallan en la tabla N°07.

Tabla N° 07: Tabla de materiales a utilizar en cada etapa de la investigación.

Etapas de la investigación	Materiales
a) Producción de Biocarbón	
a.1. Recolección de aditivos	<ul style="list-style-type: none"> - Cilindro (250 L) - Balanza - Pala
a.2. Quema pirolítica	<ul style="list-style-type: none"> - Horno pirolítico - Balanza - Pala - Ficha de registro de quema.
a.3. Activación de carbono del Biocarbón producido	<ul style="list-style-type: none"> - Ácido fosfórico (H₃PO₄) - Pipeta - Guantes - Mascarilla - Cilindro - Pala
a.4. Activación microbiana a través de Compostaje de Biocarbón producido	<ul style="list-style-type: none"> - Pala - Geomembrana - Guano fresco - Resto vegetal chipiado. - Balanza - Ficha de registro de compostaje
b) Preparación de área experimental	
d.1. Cercado del área experimental	<ul style="list-style-type: none"> - Plano con el diseño - Pala - Palos - Wincha de 25 m
d.2. Hoyado de 16 cuadrantes de 1 m ² c/u	<ul style="list-style-type: none"> - Plano con el diseño - Pala - Wincha de 25 m
d.3 Colocación de geomembrana y sacos	<ul style="list-style-type: none"> - Geomembrana - Sacos
c) Preparación de tratamiento e incorporación	
e.1. Mezcla de las muestras con Biocarbón	<ul style="list-style-type: none"> - Ficha de control - Balanza - Pala
e.2. Incorporación en cuadrante de control	<ul style="list-style-type: none"> - Pala
d) Evaluación del efecto del Biocarbón	

d.1. Monitoreos de pH y temperatura	<ul style="list-style-type: none"> - pH-metro - Termómetro
d.2. Toma de muestra para laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> - Palita de jardinería - Guantes - Bolsa ziploc (26cm x 30cm) - Balanza - Ficha de control de toma muestra para laboratorio.
d.3. Incorporación de semillas	<ul style="list-style-type: none"> - Ficha de incorporación de semillas. - Guantes - Palita de jardinería - Semillas de Papa Nativa (<i>Solanum Multifidum Lam</i>).
d.4. Monitoreo de germinación de las <i>Solanum Multifidum Lam</i> .	<ul style="list-style-type: none"> - Ficha de control de germinación
d.5. Monitoreo de crecimiento de las <i>Solanum Multifidum Lam</i> .	<ul style="list-style-type: none"> - Ficha de control de crecimiento - Regla
d.6. Monitoreo de floración de las <i>Solanum Multifidum Lam</i> .	<ul style="list-style-type: none"> - Ficha de control de floración.

Fuente: Elaboración propia, 2015.

2.5.3. Validación y confiabilidad del instrumento

La validación de la presente investigación será mediante el método de criterios de jueces especialistas en el tema de estudio. (Ver anexo N° 11)

2.6. Métodos de análisis de datos

Los resultados que se generaron se analizaron dependiendo la variable.

2.6.1. Análisis del Biocarbón producido.

Los resultados fueron procesados utilizando el programa Microsoft Office Excel 2013 para generar gráficos que reflejen el rango de aceptación para la calidad del Biocarbón producido.(ver tabla 07)

Tabla N° 07: Tabla de parámetros para el análisis del Biocarbón producido.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC) (meq/100g)
Relación C:N

Fuente: Elaboración propia, 2015.

2.6.2. Análisis de caracterización de suelo.

- ✓ Los resultados fueron procesados utilizando los programas SAS: Analytics, Business Intelligence and Data Management 9.1.3. y MiniTab 17.0 aplicando modelos estadísticos de Análisis de Varianza con un Factor (ANOVA) y prueba no paramétricas de Kruskal-Wallis. Para verificar si la hipótesis se acepta o se rechaza. Es decir demostrar si el Biocarbón a base de vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación mejora o no los suelos áridos del distrito de Ancón.
- ✓ Los resultados fueron comparados con rangos de aceptación dadas por los análisis de caracterización de suelos de la Universidad Nacional Agraria la molina.
- ✓ Se generaron gráficos de barras y gráficos lineales utilizando el programa Microsoft Office Excel 2013 que representen los resultados de la experimentación.

2.6.3. Análisis de cobertura vegetal (*Solanum Multifidum Lam*).

- ✓ Los resultados que se analizaron fueron: porcentaje de germinación, crecimiento vegetativo y estado fitosanitario.
- ✓ Se utilizó el programa SAS: Analytics, Business Intelligence and Data Management 9.1.3. aplicando modelos estadísticos de Análisis de Varianza con un Factor (ANOVA) para procesar los datos generados en el monitoreo.
- ✓ Se generaron gráficos de barras y gráficos lineales utilizando el programa Microsoft Office Excel 2013 que representen los resultados de la experimentación.

2.6.4. Análisis estadísticos.

Para procesar todos los datos generados se utilizaron pruebas de hipótesis:

- Análisis de Varianza con un Factor (ANOVA)
- Prueba no paramétricas de Kruskal-Wallis

*Análisis de Varianza con un Factor (ANOVA)

El análisis de la varianza permite contrastar la hipótesis nula de que las medias de K poblaciones ($K > 2$) son iguales, frente a la hipótesis alternativa de que por lo menos una de las poblaciones difiere de las demás en cuanto a su valor esperado. Este contraste es fundamental en el análisis de resultados experimentales, en los que interesa comparar los resultados de K 'tratamientos' o 'factores' con respecto a la variable dependiente o de interés.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_K$$

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j \quad i, j = 1, 2, \dots, K$$

El ANOVA requiere el cumplimiento los siguientes supuestos:

- Las poblaciones (distribuciones de probabilidad de la variable dependiente correspondiente a cada factor) son normales.

- Las K muestras sobre las que se aplican los tratamientos son independientes.
- Las poblaciones tienen todas igual varianza (homogeneidad).

El ANOVA se basa en la descomposición de la variación total de los datos con respecto a la media global (SCT), que bajo el supuesto de que H_0 es cierta es una estimación de σ^2 obtenida a partir de toda la información muestral, en dos partes:

- Variación dentro de las muestras (SCD) o Intra-grupos, cuantifica la dispersión de los valores de cada muestra con respecto a sus correspondientes medias.
- Variación entre muestras (SCE) o Inter-grupos, cuantifica la dispersión de las medias de las muestras con respecto a la media global.

Las expresiones para el cálculo de los elementos que intervienen en el ANOVA son las siguientes:

$$\text{Media Global: } \bar{x} = \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^n x_{ki}}{n}$$

$$\text{Variación Total: } = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^n (x_{ki} - \bar{x})^2$$

$$\text{Variación Intra-grupos: } = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^n (x_{ki} - \bar{x}_k)^2$$

$$\text{Variación Inter-grupos: } = \sum_{k=1}^K n(\bar{x}_k - \bar{x})^2$$

Siendo x_{ki} el i -ésimo valor de la muestra k -ésima; el tamaño de dicha muestra y \bar{x}_k su media.

Cuando la hipótesis nula es cierta $SCE/K-1$ y $SCD/n-K$ son dos estimadores insesgados de la varianza poblacional y el cociente entre ambos se distribuye según una F de Snedecor con $K-1$ grados de libertad en el numerador y $N-K$ grados de libertad en el denominador. Por lo tanto, si H_0 es cierta es de esperar que el cociente entre ambas estimaciones será aproximadamente igual a 1, de forma que se rechazará H_0 si dicho cociente difiere significativamente de 1.

*Prueba no paramétricas de Kruskal-Wallis

En ocasiones las condiciones de normalidad y homogeneidad no pueden asumirse. El test de Kruskal-Wallis es una alternativa no paramétrica al ANOVA.

Se demuestra mediante la fórmula:

$$H = \frac{12}{(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3 \left(\frac{n+1}{k} \right)$$

2.7. ASPECTOS ÉTICOS

La presente investigación mostrará resultados fehacientes, que se podrán corroborar dado que la metodología y los resultados de la experimentación serán expuestos al público para su libre consulta y corroboración según sea el caso. Asimismo, la metodología ha sido corroborada y validada por tres (03) expertos en el tema, los análisis químicos de las muestras se realizarán en laboratorios acreditados y autorizados.

En la investigación se citaron a varios investigadores que han estudiado el comportamiento del Biocarbón en el suelo. Sin embargo; en las investigaciones citadas se han utilizado diferentes tipos de Biocarbón y diferente tipo de producción del mismo, variando en muchos casos los aditivos incorporados. Las investigaciones citadas nunca han aplicado el Biocarbón en suelos con características áridas, ni mucho menos han estudiado la proporción adecuada de incorporación de Biocarbón en estos tipos de suelos.

La presente investigación si bien se está basando en investigaciones anteriores en donde se estudia las propiedades benéficas de biocarbón, es completamente distinta en cuanto a la metodología de producción del Biocarbón dado que se está produciendo un Biocarbón con aditivos de vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación; también se está tratando de mejorar suelos con características áridas y se está utilizando especies de ecosistemas de Lomas como la *Solanum Multifidum lam* como un indicador que los suelos áridos mejorados pueden soportar una cobertura vegetal.

Todo aporte de investigaciones externas mencionadas en la presente investigación está debidamente citado respetando la propiedad intelectual del autor.

III. RESULTADOS

3.1.1. Con respecto a los análisis del Biocarbón producido.

La muestra de Biocarbón enviada al Laboratorio de Análisis de Suelo, Plantas, Agua y fertilizantes presento los siguientes resultados.

Tabla N° 08: Tabla de parámetros para el análisis del Biocarbón producido.

Parámetro	Resultado
Relación C/N	12.10
CIC meq/100g	8.00

Fuente: Elaboración propia, 2015

Según expone (Glaser, Haumaier, Guggenberger, & Zech, 2001) la retención de nutrientes del Biocarbón se explica por la porosidad, el aumento de la CIC y el aumento del ratio C: N, esto causa que haya una menor pérdida de materia orgánica.

a. Relación C/N

El carbono y el nitrógeno son dos elementos indispensables para el desarrollo de la vida ya que afectan directa o indirectamente a todos los procesos biológicos. El carbono fijado por la biomasa proviene del CO₂ atmosférico, reducido durante el proceso de fotosíntesis por las plantas, y suele oscilar en torno a un 50-60% de la materia orgánica, la estructura principal del Biocarbón de vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación está compuesta por biomasa vegetal por lo que el carbono almacenado queda atrapado en el Biocarbón en un estado estable por otra parte el aporte de nitrógeno fue proporcionado por los aditivos utilizados en el proceso (vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación). La relación de C:N del biocarbón vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación es de 12.10 lo cual es

bueno dado que hay una buena cantidad de nitrógeno que por lo general es más escaso en suelos con características de aridez. Se establece que cuando la relación C/N es baja significa que hay mucho nitrógeno y poca energía. Una parte del N liberado es tomado por los microorganismos y el resto es incorporado al suelo y puede ser absorbido por las plantas.

b. CIC meq/100g

La capacidad de intercambio catiónico fue de 8 meq/100g lo cual es bajo. Lo que significa que la presencia de cationes intercambiables es bajo en el Biocarbón de vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación. Sin embargo la eficiencia del Biocarbón va aumentar con el tiempo dado que solo es un mejorador de suelo, es decir solo va ayudar a que inicie el proceso de mejoramiento, conforme el suelo vaya mejorando con el tiempo debido a la propia incorporación de materia orgánica vegetal, los nutrientes seguirán siendo retenidos por el Biocarbón manteniéndolos en un estado estable, y por ende aumentando su CIC.



Figura N° 32 Biocarbón de vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación.

Fuente: Elaboración propia, 2015

3.1.2. Con respecto a los análisis de caracterización de suelo

a. pH

Tabla N° 09: pH Vs tratamiento

	Tratamientos (% de Biocarbón)			
	T1 (5%)	T2 (10%)	T3 (15%)	T4 (0% Control)
pH	7.89	7.82	7.84	7.77
	8.02	7.76	7.98	7.77
	8.09	7.94	7.90	7.77
	7.96	7.93	8.00	7.77

Fuente: Elaboración propia, 2015

*Pruebas estadísticas pH

- Prueba de Normalidad de errores

Hipótesis:

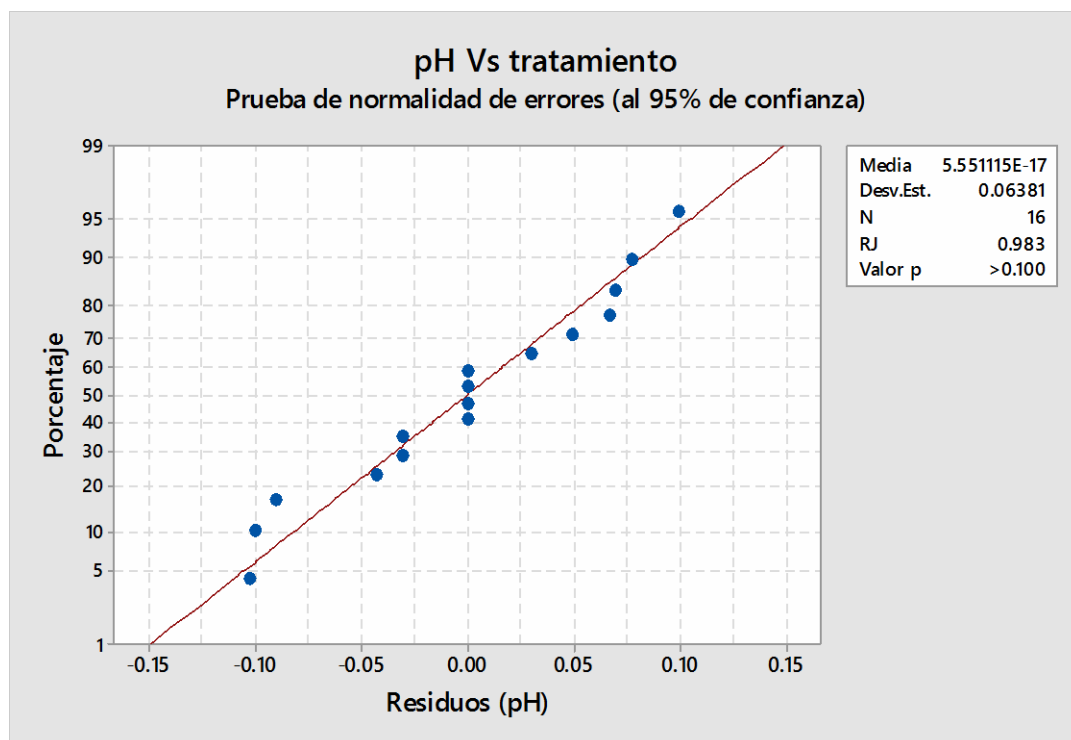
$$H_0 =$$

$$H_1 =$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Gráfico N° 01: Resultados prueba de normalidad de errores, Minitab 17



Fuente: Elaboración propia, 2015

P-valor: $P = >0.100$

Decisión: $P = 0.100 > \alpha = 0.05$, entonces no se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que los residuos de los tratamientos con respecto al pH tienen distribución normal.

- **Homogeneidad de varianzas**

Hipótesis:

$$H_0 = \sigma^2_1 = \sigma^2_2 = \sigma^2_3 = \sigma^2_4$$

$$H_1 = A$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Se utiliza el método de Bartlett

Tabla N° 10: Prueba de Bartlett, pH Vs tratamiento

Método	Estadística de prueba	Valor de P
Bartlett	0.08	0.960

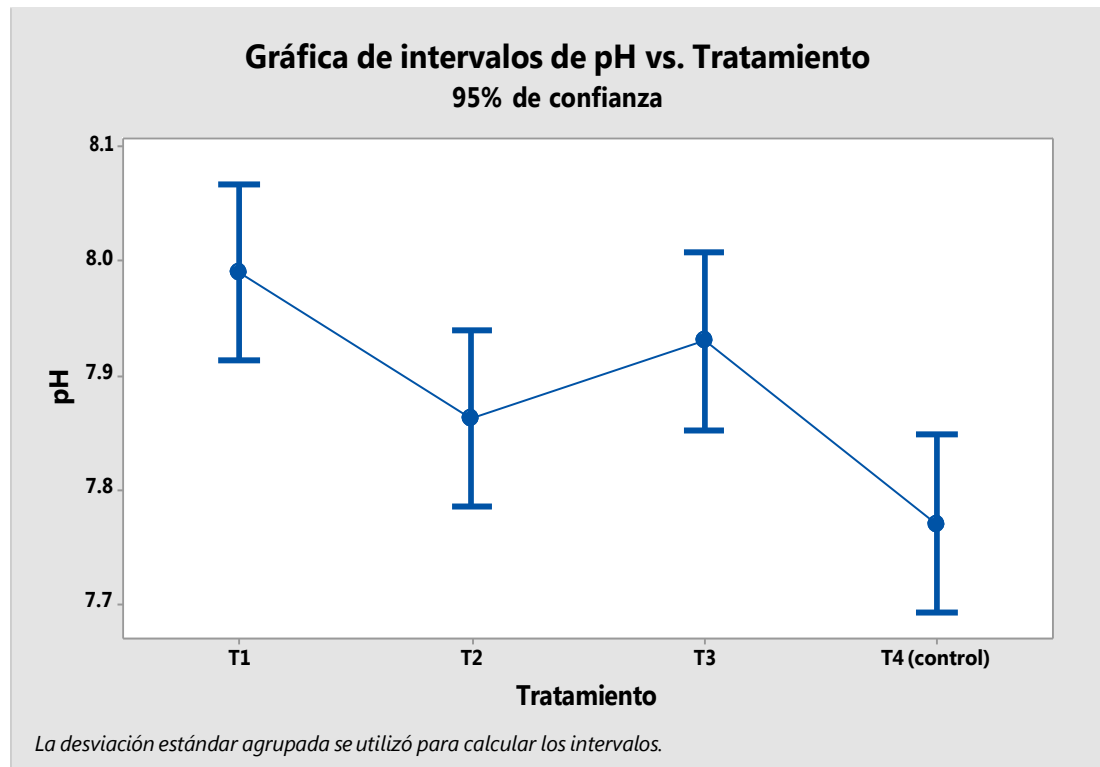
Fuente: Elaboración propia, 2015

P-valor: $P = 0.960$

Decisión: $P = 0.960 > \alpha = 0.05$, entonces no se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que las varianzas de los tratamientos con respecto al pH son homogéneas entre los 4 tratamientos.

Gráfico N° 02: Intervalos del pH Vs tratamiento.



Fuente: Elaboración propia, 2015

Las pruebas de normalidad de errores y homogeneidad de varianza demostraron que los resultados concernientes al pH tienen una distribución paramétrica, entonces se aplica la prueba de ANOVA con un factor (unidireccional).

- **ANOVA unidireccional: pH vs. Tratamiento**

Hipótesis:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2$$

Nivel de significancia:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Tabla N° 11: Prueba de ANOVA unidireccional, pH Vs tratamiento

Fuente	GL	SC. Ajust.	MC. Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamiento	3	0.10697	0.035656	7.01	0.006
Error	12	0.06108	0.005090		
Total	15	0.16804			

Fuente: Elaboración propia, 2015

P-valor: $P = 0.006$

Decisión: $P = 0.006 < \alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con una significancia del 5%, se afirma que los promedios de pH son diferentes entre los tratamientos.

- **Prueba de Tukey**

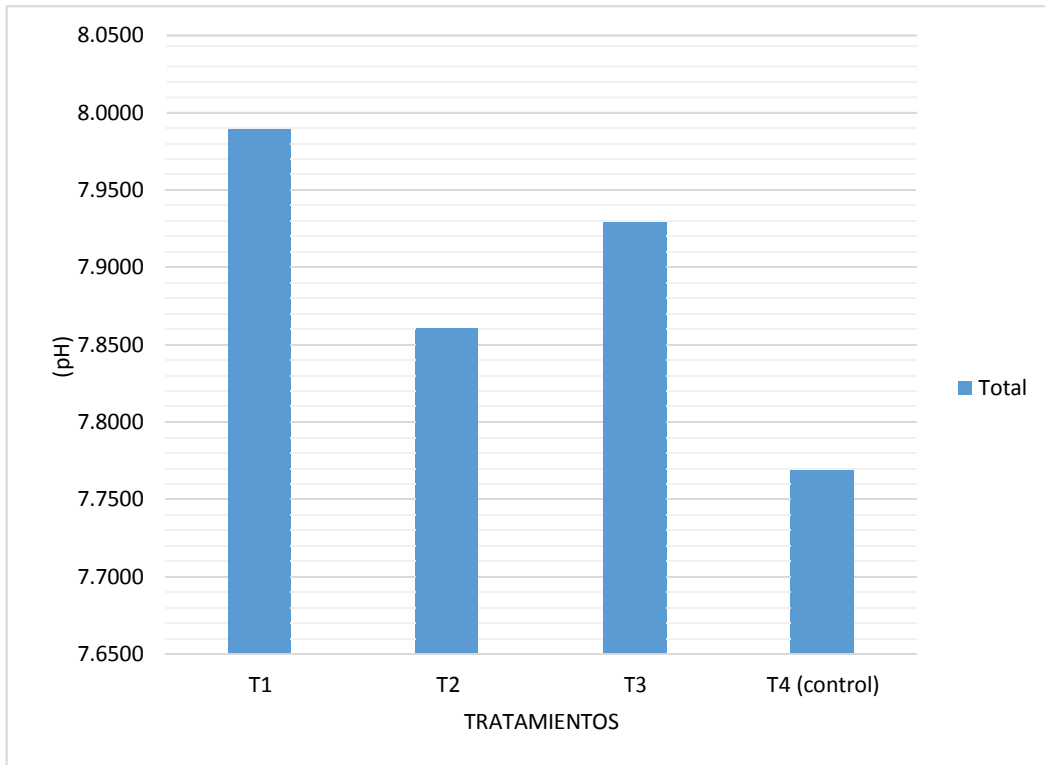
Tabla N° 12: Prueba de Tukey, pH Vs tratamiento

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T1	4	7.9900	A
T3	4	7.9300	A
T2	4	7.8625	A B
T4 (control)	4	7.770	B

Fuente: Elaboración propia, 2015

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Gráfico N° 03: pH Vs Tratamiento



Fuente: Elaboración propia, 2015

En el gráfico N°03 se evidencio un aumento del pH en todos los tratamiento que contenían Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación, esto está dentro de lo descrito por (Glaser, Haumaier, Guggerberger, & Zech, 2001) “los cambios que se pueden evidenciar son generalmente acompañado de un aumento del pH”, el aumento de pH más significativo con respecto al control “7.77” lo tuvo el tratamiento 1 (5% de Biocarbón) con 7.99 , seguido por el tratamiento 3 (15% de Biocarbón) con 7.86 y el tratamiento 2 (10% de Biocarbón) con 7.93 respectivamente, no se evidencio un tendencia de aumento de pH con respecto al aumento de la proporción de aditamento de Biocarbón sin embargo, se puede evidenciar un aumento del pH con la adición del mismo. En promedio los tratamientos con biocarbón se pueden clasificar como moderadamente alcalino.

b. CE (dS/m)

Tabla N° 13: CE (dS/m) Vs tratamiento

	Tratamientos (% de Biocarbón)			
	T1 (5%)	T2 (10%)	T3 (15%)	T4 (0% Control)
CE (dS/m)	8.10	8.20	8.50	8.90
	8.80	8.30	8.60	8.90
	8.50	8.70	8.80	8.90
	9.80	8.50	9.10	8.90

Fuente: Elaboración propia, 2015.

***Pruebas estadísticas conductividad eléctrica (CE dS/m)**

• **Prueba de Normalidad de errores**

Hipótesis:

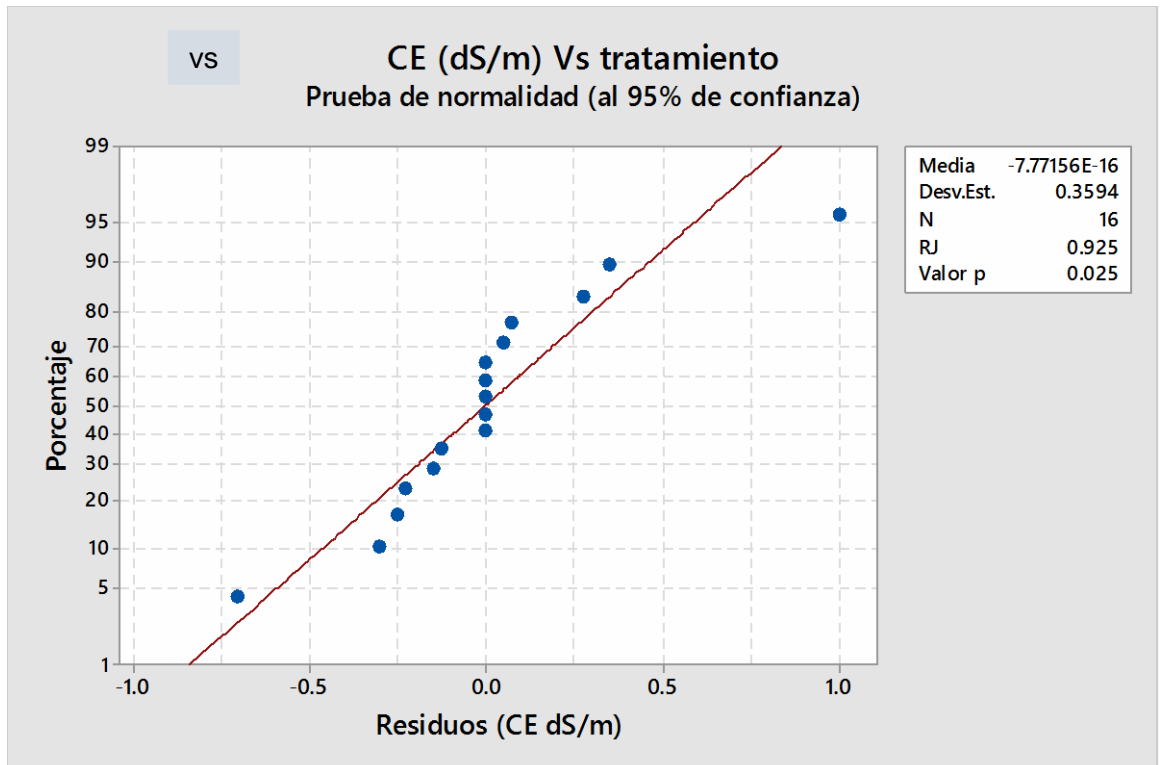
$$H_0 =$$

$$H_1 =$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Gráfico N° 04: Resultados prueba de normalidad de errores, Minitab 17



Fuente: Elaboración propia, 2015

P-valor: $P = 0.025$

Decisión: $P = 0.025 < \alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que los residuos de los tratamientos con respecto a la conductividad eléctrica no tienen distribución normal.

- **Homogeneidad de varianzas**

Hipótesis:

$$H_0 = \sigma^2_1 = \sigma^2_2 = \sigma^2_3 = \sigma^2_4$$

$$H_1 = A$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Se utiliza el método de Bartlett

Tabla N° 14: Prueba de Bartlett, CE (dS/m) Vs tratamiento

Método	Estadística de prueba	Valor de P
Bartlett	4.46	0.108

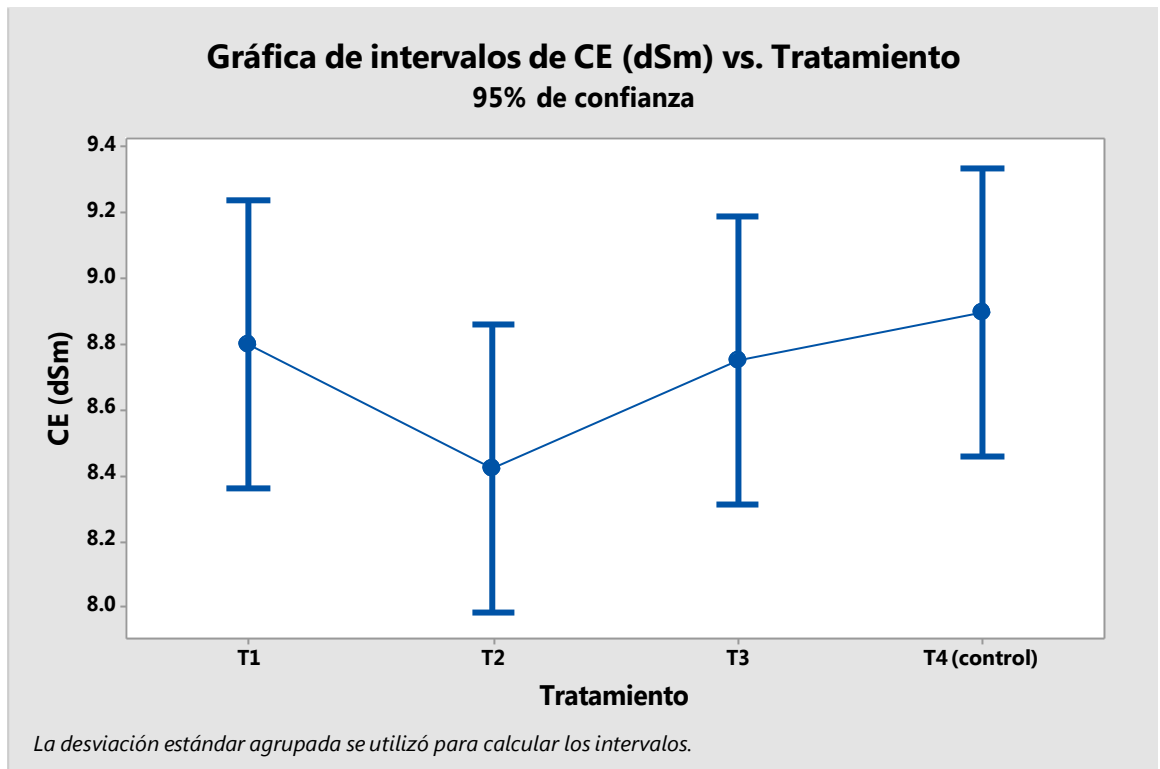
Fuente: Elaboración propia, 2015.

P-valor: $P = 0.108$

Decisión: $P = 0.108 > \alpha = 0.05$, entonces no se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que las varianzas de los tratamientos con respecto a la conductividad eléctrica **CE (dS/m)** son homogéneas entre los 4 tratamientos.

Gráfico N° 05: Intervalos de Conductividad eléctrica CE (dS/m) por tratamiento, Minitab 17



Fuente: Elaboración propia, 2015

Las pruebas de normalidad de errores y homogeneidad de varianza demostraron que los resultados concernientes a la Conductividad Eléctrica **CE (dS/m)** tienen una distribución no paramétrica, entonces se aplica la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

- **Prueba de Kruskal- Wallis**

Hipótesis:

$$H_0 = 1 = 2 = 3 = 4$$

$$H_1 = A_1$$

Nivel de significancia:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Tabla N° 15: Prueba de Kruskal- Wallis, CE (dS/m) Vs tratamiento

Tratamiento	N	Mediana	Clasificación del promedio	z
T1	4	8.650	7.9	-0.30
T2	4	8.400	4.5	-1.94
T3	4	8.700	9.1	0.30
T4 (control)	4	8.900	12.5	1.94
General	16		8.5	

Fuente: Elaboración propia, 2015

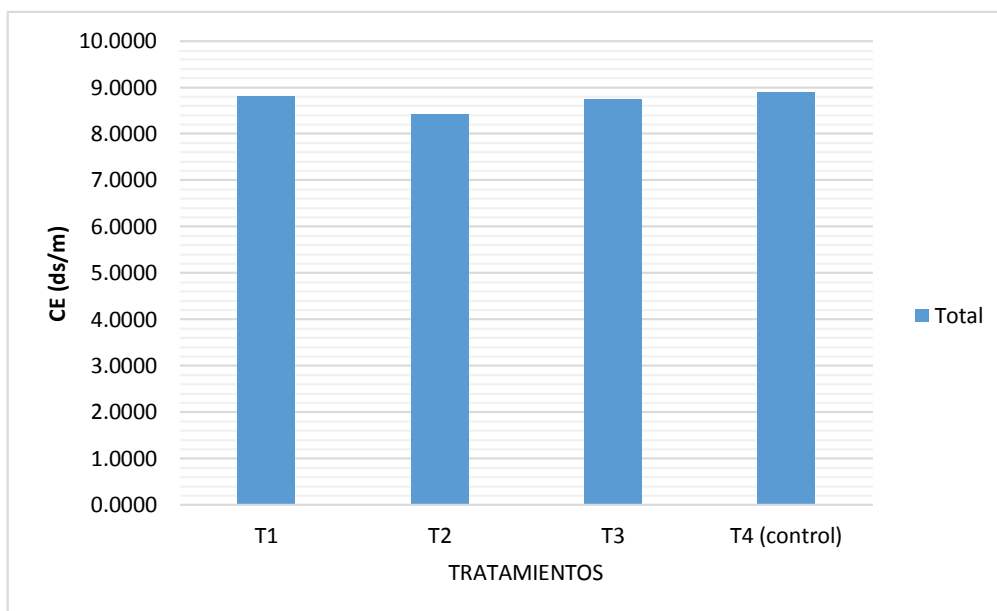
H = 5.78 GL = 3 P = 0.123

P-valor: P = 0.123

Decisión: P = 0.123 > $\alpha = 0.05$, entonces no se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con una significancia del 5%, se afirma que los promedios de la conductividad eléctrica **CE (dS/m)** no son diferentes entre los tratamientos. Es decir no existen diferencias significativas entre los tratamiento.

Gráfico N° 06: CE (dS/m) Vs Tratamiento



Fuente: Elaboración propia, 2015

En el gráfico N° 06 se evidencio en todos los tratamiento que contenían Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación y el control (0% de Biocarbón), que no existe una variación significativa con respecto a la conductividad eléctrica CE (dS/m). Esto demuestra que el Biocarbón no tiene relación con el aumento o reducción de la conductividad eléctrica CE (dS/m) en las enmiendas. La clasificación de la conductividad eléctrica CE (dS/m) del área de trabajo es fuertemente salino.

c. Materia Orgánica (%):

Tabla N° 16: Materia Orgánica (%) Vs tratamiento

	Tratamientos (% de Biocarbón)			
	T1 (5%)	T2 (10%)	T3 (15%)	T4 (0% Control)
Materia orgánica (%)	0.58	1.57	1.33	0.23
	0.40	1.48	1.84	0.23
	0.47	1.06	2.12	0.23
	0.63	1.74	2.76	0.23

Fuente: Elaboración propia, 2015.

***Pruebas estadísticas Materia Orgánica (%)**

• **Prueba de Normalidad de errores**

Hipótesis:

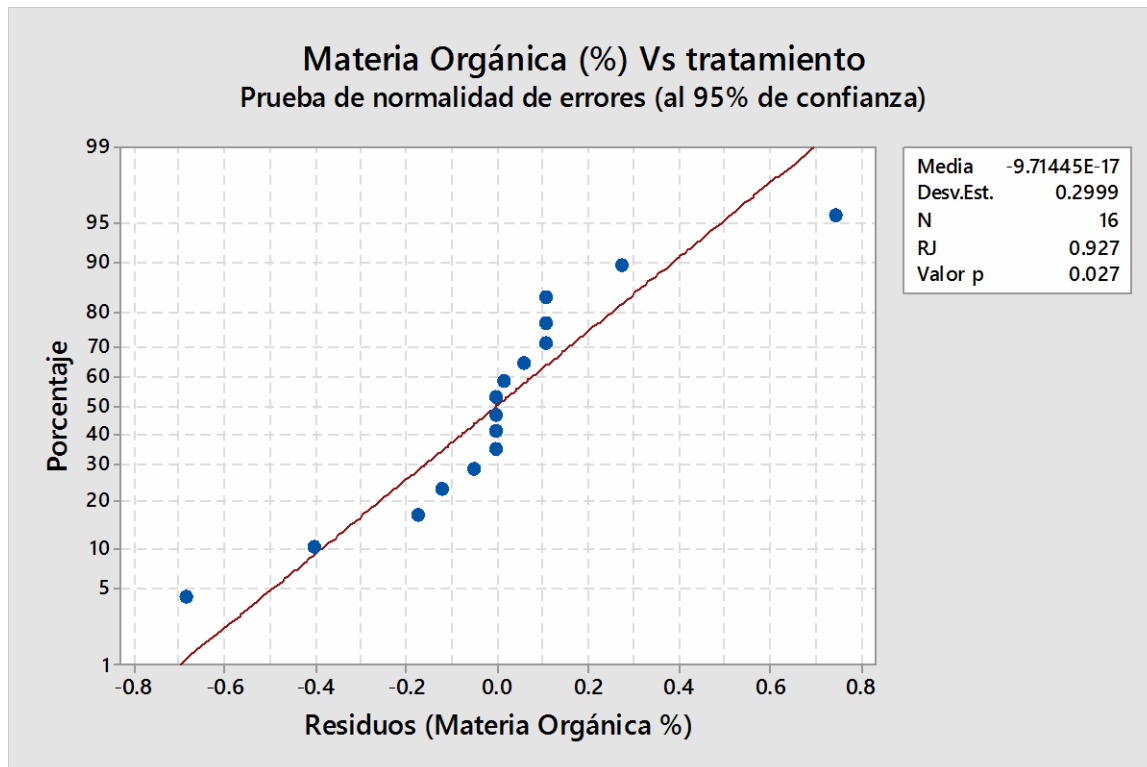
$$H_0 =$$

$$H_1 =$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Gráfico N° 07: Resultados prueba de normalidad de errores, Minitab 17



Fuente: Elaboración propia, 2015

P-valor: $P = 0.027$

Decisión: $P = 0.027 < \alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que los residuos de los tratamientos con respecto a la Materia Orgánica no tienen distribución normal.

- **Homogeneidad de varianzas**

Hipótesis:

$$H_0 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2$$

$$H_1 = A$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Se utiliza el método de Bartlett

Tabla N° 17: Prueba de Bartlett, Materia Orgánica (%) Vs tratamiento

Método	Estadística de prueba	Valor de P
Bartlett	6.13	0.047

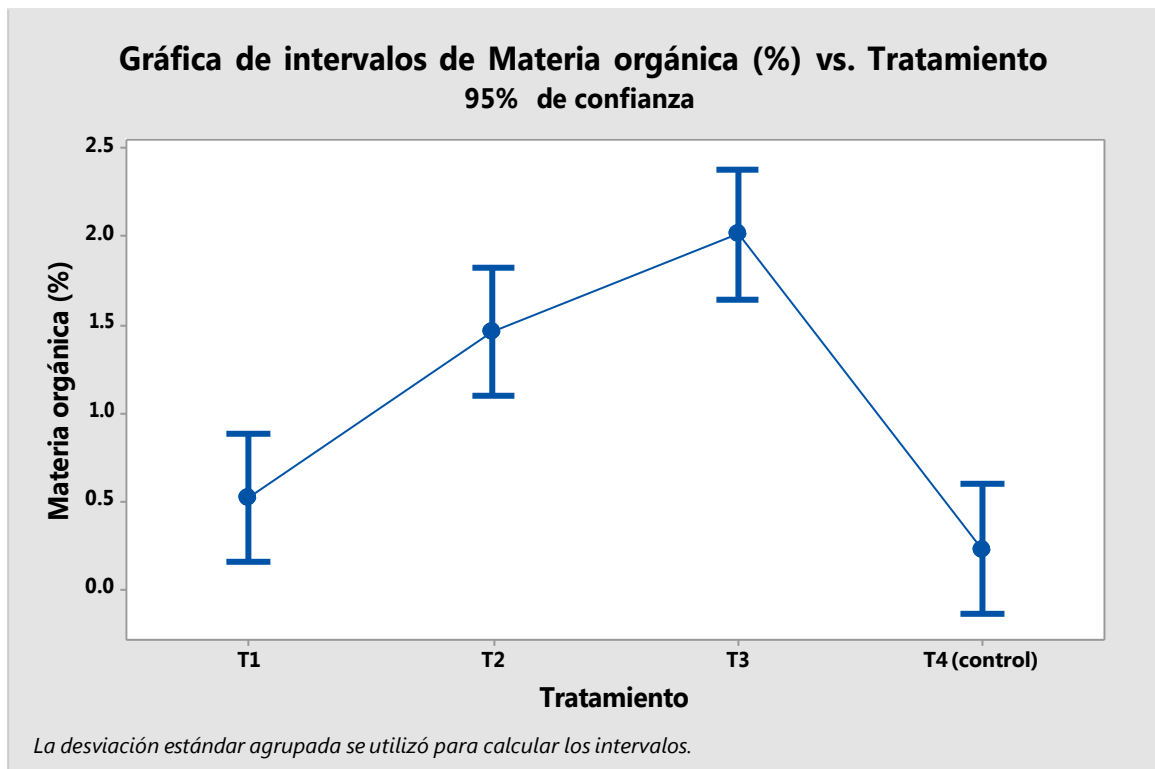
Fuente: Elaboración propia, 2015.

P-valor: $P = 0.047$

Decisión: $P = 0.047 < \alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que las varianzas de los tratamientos con respecto a la Materia Orgánica (%) no son homogéneas entre los 4 tratamientos.

Gráfico N° 08: Intervalos de Materia Orgánica (%) por tratamiento, Minitab 17



Fuente: Elaboración propia, 2015

Las pruebas de normalidad de errores y homogeneidad de varianza demostraron que los resultados concernientes a la Materia Orgánica (%) tienen una distribución no paramétrica, entonces se aplica la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

Prueba de Kruskal- Wallis

Hipótesis:

$$H_0 = 1 = 2 = 3 = 4$$

$$H_1 = A_1$$

Nivel de significancia:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Tabla N° 18: Prueba de Kruskal- Wallis, Materia Orgánica (%) Vs tratamiento

Tratamiento	N	Mediana	Clasificación del promedio	z
T1	4	0.5250	6.5	- 0.97
T2	4	1.5250	11.3	1.33
T3	4	1.9800	13.8	2.55
T4 (control)	4	0.2300	2.5	- 2.91
General	16		8.5	

Fuente: Elaboración propia, 2015

H =13.26 GL = 3 P = 0.004

P-valor: P = 0.004

Decisión: P = 0.004 < α = 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula.

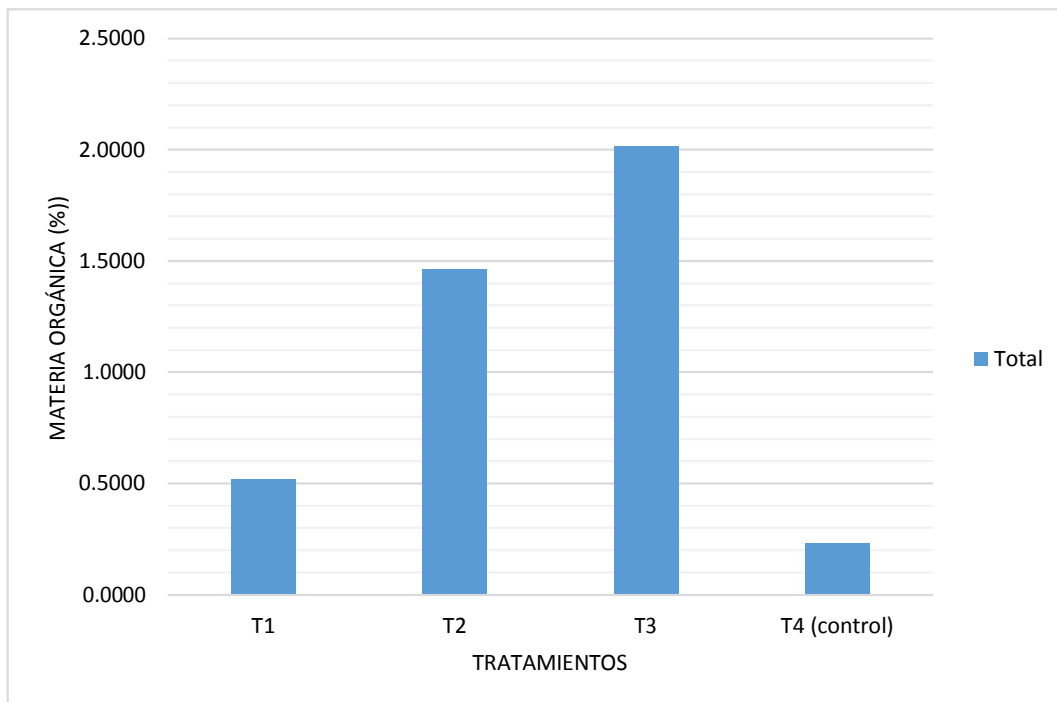
Conclusión: Con una significancia del 5%, se afirma que los promedios de la Materia orgánica son diferentes entre los tratamientos. Es decir existen diferencias significativas entre los tratamiento.

Tabla N° 19: Rendimiento; Materia Orgánica (%) Vs tratamiento

Tratamiento	Rendimiento (%)
T1	128.3
T2	563.0
T3	760.9
T4 (control)	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2015

Gráfico N° 09: Materia Orgánica (%) Vs Tratamiento



Fuente: Elaboración propia, 2015

En el gráfico N°09 se evidencio un aumento de la materia orgánica en todos los tratamiento que contenían Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación, esto está dentro de lo descrito por (Glaser, Haumaier, Guggerberger, & Zech, 2001) “una menor pérdida de la materia orgánica”, el aumento de la materia orgánica (%) más significativo con respecto al control “0.23%” lo tuvo el tratamiento 3 (15% de Biocarbón) con “1.98%” , seguido por el tratamiento 2 (10% de Biocarbón) con “1.53%” y el tratamiento 1 (5% de Biocarbón) con “0.52%” respectivamente. Se puede observar una tendencia en los tratamiento, que ha mayor aplicación de Biocarbón se observa un mayor porcentaje de materia orgánica. Sin embargo según (Lehmann & Joseph, Biochar for Environmental Management, 2010) la aplicación máxima de Biocarbón que puede asimilar un suelo es el 30%. El tratamiento 3 el cual fue el que obtuvo el mejor resultado puede ser clasificado como un suelo de calidad media y el rendimiento en comparación al estado inicial fue del 760.9%.

d. Fósforo disponible "P" (ppm)

Tabla N° 20: Fósforo disponible "P" (ppm) Vs tratamiento

	Tratamientos (% de Biocarbón)			
	T1 (5%)	T2 (10%)	T3 (15%)	T4 (0% Control)
P (ppm)	45.0	257.5	79.4	5.0
	39.4	108.9	148.2	5.0
	34.3	53.5	146.5	5.0
	59.6	96.1	138.5	5.0

Fuente: Elaboración propia, 2015.

***Pruebas estadísticas Fósforo disponible "P" (ppm)**

- **Prueba de Normalidad de errores**

Hipótesis:

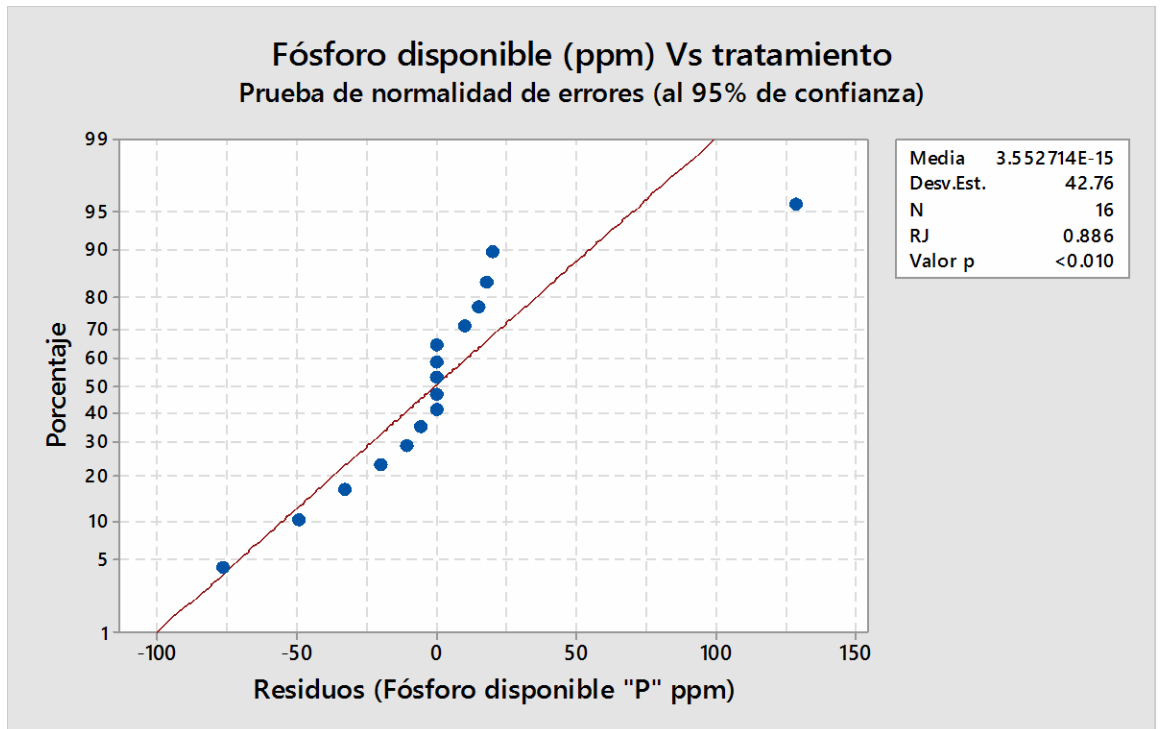
$$H_0 =$$

$$H_1 =$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Gráfico N° 10: Resultados prueba de normalidad de errores, Minitab 17



Fuente: Elaboración propia, 2015

P-valor: $P = 0.010$

Decisión: $P = 0.010 < \alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que los residuos de los tratamientos con respecto al Fósforo disponible "P" (ppm) no tienen distribución normal.

- **Homogeneidad de varianzas**

Hipótesis:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$$H_1 = A$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Se utiliza el método de Bartlett

Tabla N° 21: Prueba de Bartlett, Fósforo disponible "P" (ppm) Vs tratamiento

Método	Estadística de prueba	Valor de P
Bartlett	8.68	0.013

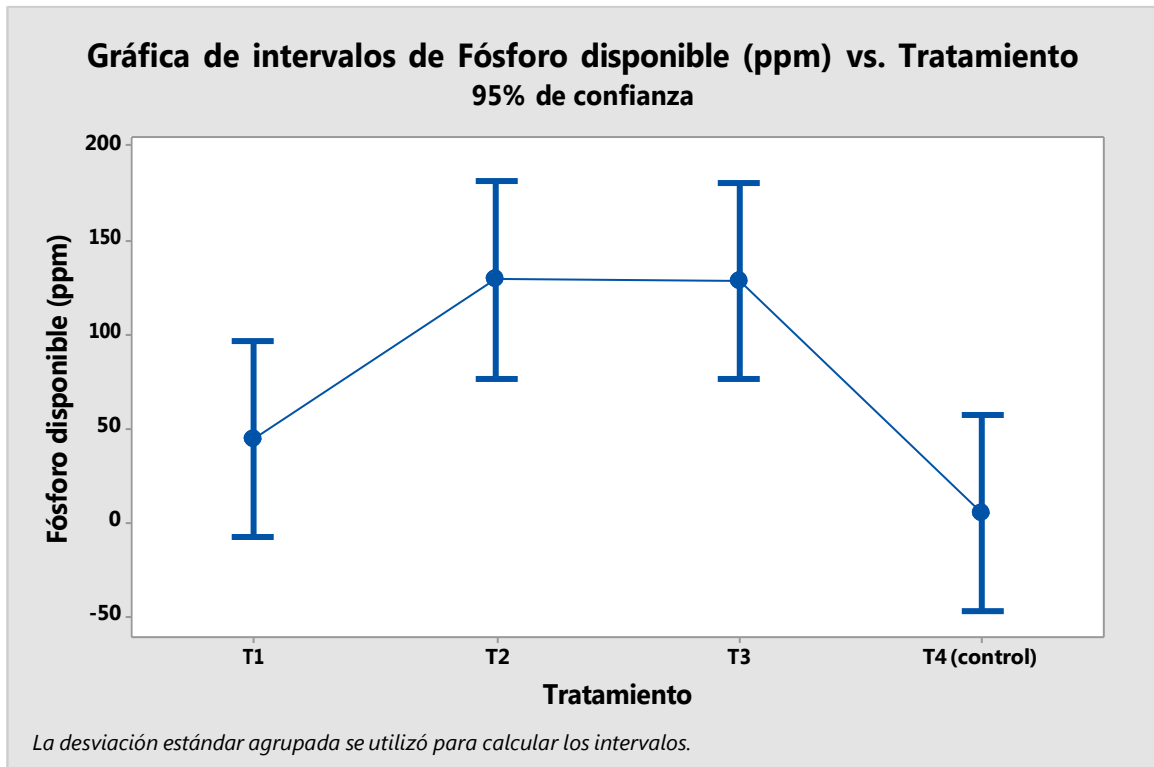
Fuente: Elaboración propia, 2015.

P-valor: $P = 0.013$

Decisión: $P = 0.013 < \alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que las varianzas de los tratamientos con respecto al Fósforo disponible "P" (ppm) no son homogéneas entre los 4 tratamientos.

Gráfico N° 11: Intervalos de Fósforo disponible "P" (ppm) por tratamiento, Minitab 17



Fuente: Elaboración propia, 2015

Las pruebas de normalidad de errores y homogeneidad de varianza demostraron que los resultados concernientes al Fósforo disponible "P" (ppm) tienen una distribución no paramétrica, entonces se aplica la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

- **Prueba de Kruskal- Wallis**

Hipótesis:

$$H_0 = 1 = 2 = 3 = 4$$

$$H_1 = A_1$$

Nivel de significancia:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Tabla N° 22: Prueba de Kruskal- Wallis, Fósforo disponible "P" (ppm) Vs tratamiento

Tratamiento	N	Mediana	Clasificación del promedio	z
T1	4	42.200	6.8	- 0.85
T2	4	102.500	11.8	1.58
T3	4	142.500	13.0	2.18
T4 (control)	4	5.000	2.5	- 2.91
General	16		8.5	

Fuente: Elaboración propia, 2015

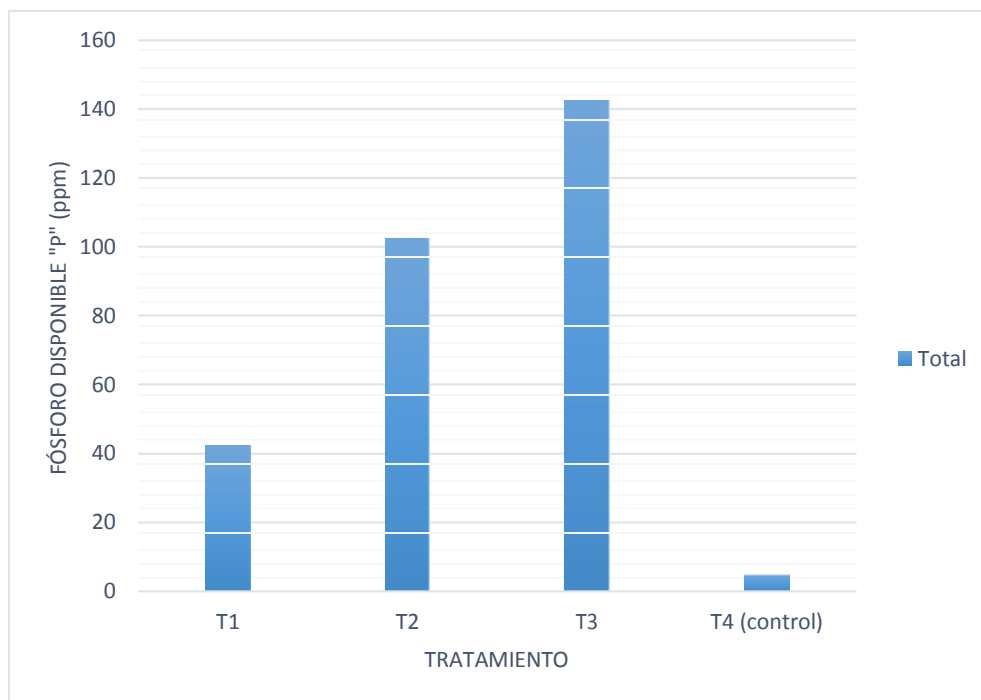
H =12.33 GL = 3 P = 0.006

P-valor: P = 0.006

Decisión: P = 0.006 < α = 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con una significancia del 5%, se afirma que los promedios del Fósforo disponible "P" son diferentes entre los tratamientos. Es decir existen diferencias significativas entre los tratamiento.

Gráfico N° 12: Fósforo disponible "P" (ppm) Vs Tratamiento



Fuente: Elaboración propia, 2015

Tabla N° 23: Rendimiento; Fósforo disponible “P” (ppm) Vs tratamiento

Tratamiento	Rendimiento (%)
T1	744.0
T2	1950.0
T3	2750.0
T4 (control)	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2015

En el gráfico N°12 se evidencio un aumento del Fósforo “P” (ppm) en todos los tratamiento que contenían Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación, este aumento se puede explicar por los aditivos utilizados para la producción de Biocarbón (vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación), el aumento del Fósforo “P” (ppm) más significativo con respecto al control “2.5 ppm” lo tuvo el tratamiento 3 (15% de Biocarbón) con “142.5 ppm” , seguido por el tratamiento 2 (10% de Biocarbón) con “102.5 ppm” y el tratamiento 1 (5% de Biocarbón) con “42.5 ppm” respectivamente. Se puede observar una tendencia en los tratamiento, que ha mayor aplicación de Biocarbón se observa una mayor cantidad de Fósforo “P” ppm. Sin embargo según (Lehmann & Joseph, Biochar for Environmental Management, 2010) la aplicación máxima de Biocarbón que puede asimilar un suelo es el 30%. El tratamiento 3 el cual fue el que obtuvo el resultado más alto puede ser clasificado como un suelo con alto contenido de Fósforo y el rendimiento en comparación al estado inicial fue del 2750%.

e. Potasio disponible (ppm)

Tabla N° 24: Potasio disponible "K" (ppm) Vs tratamiento

	Tratamientos (% de Biocarbón)			
	T1 (5%)	T2 (10%)	T3 (15%)	T4 (0% Control)
K (ppm)	313	542	630	189
	347	527	776	189
	244	402	768	189
	295	686	738	189

Fuente: Elaboración propia, 2015.

***Pruebas estadísticas Potasio disponible "K" (ppm)**

• **Prueba de Normalidad de errores**

Hipótesis:

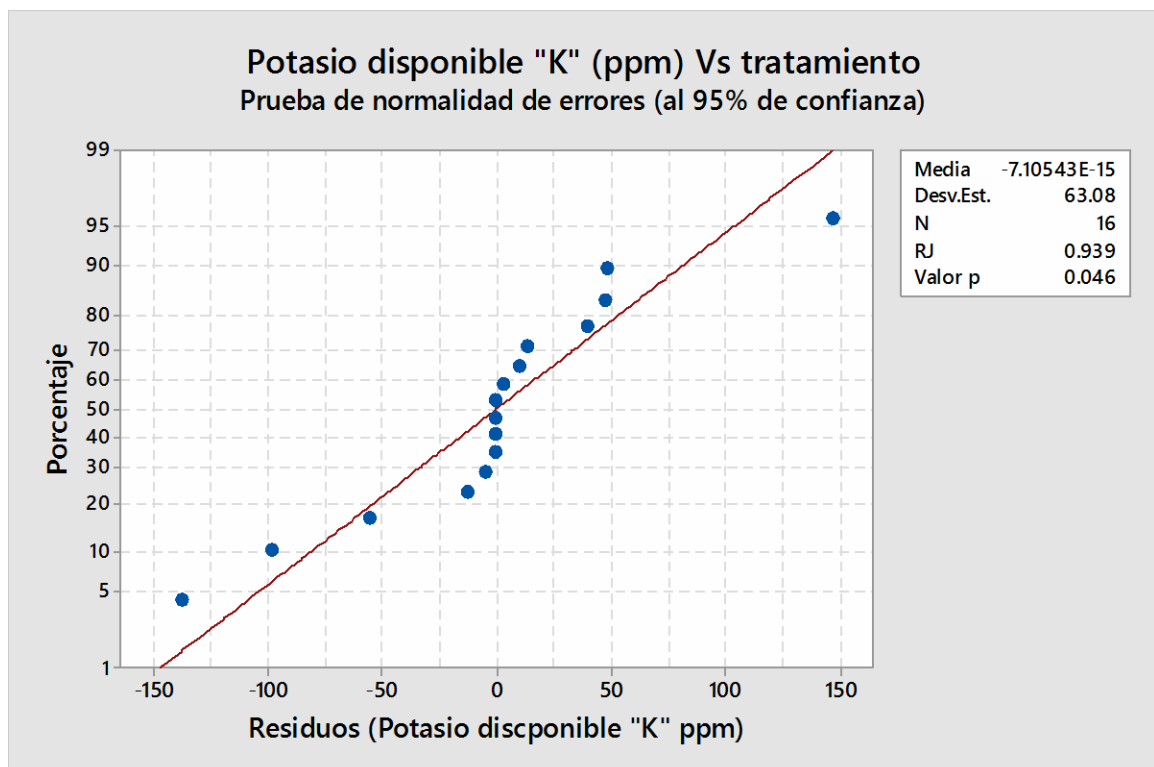
$$H_0 =$$

$$H_1 =$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Gráfico N° 13 Resultados prueba de normalidad de errores, Minitab 17



Fuente: Elaboración propia, 2015

P-valor: $P = 0.046$

Decisión: $P = 0.046 < \alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que los residuos de los tratamientos con respecto al Potasio disponible "K" (ppm) no tienen distribución normal.

- **Homogeneidad de varianzas**

Hipótesis:

$$H_0 = \sigma^2 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2$$

$$H_1 = A$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Se utiliza el método de Bartlett

Tabla N° 25: Prueba de Bartlett, Potasio disponible "K" (ppm) Vs tratamiento

Método	Estadística de prueba	Valor de P
Bartlett	2.47	0.290

Fuente: Elaboración propia, 2015.

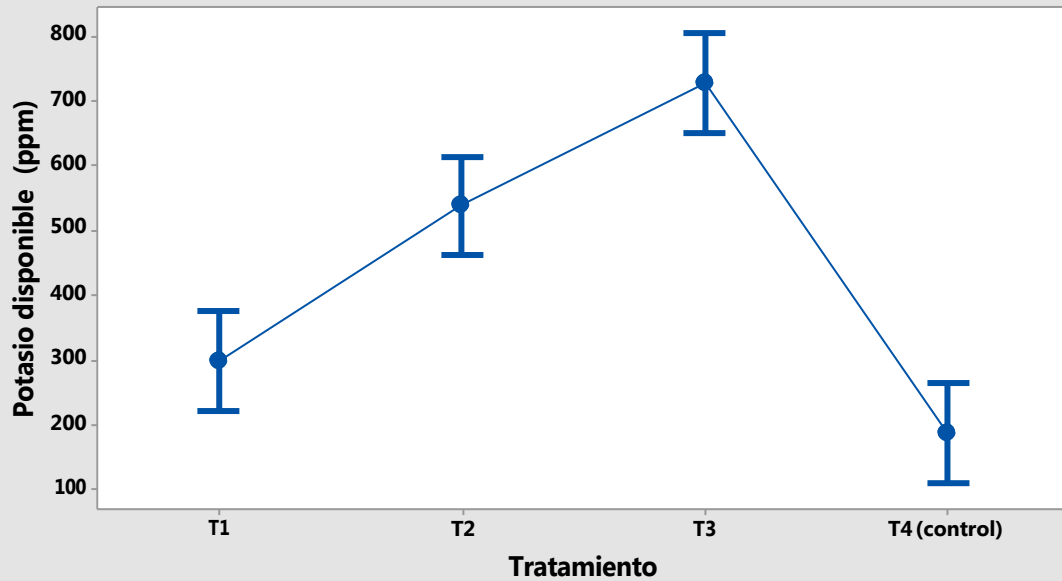
P-valor: $P = 0.290$

Decisión: $P = 0.290 > \alpha = 0.05$, entonces no se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que las varianzas de los tratamientos con respecto al Potasio disponible "K" (ppm) son homogéneas entre los 4 tratamientos.

Gráfico N° 14: Intervalos de Potasio disponible "K" (ppm) por tratamiento, Minitab 17

**Gráfica de intervalos de Potasio disponible (ppm) vs. Tratamiento
95% de confianza**



La desviación estándar agrupada se utilizó para calcular los intervalos.

Fuente: Elaboración propia, 2015

Las pruebas de normalidad de errores y homogeneidad de varianza demostraron que los resultados concernientes al Potasio disponible “K” (ppm) tienen una distribución no paramétrica, entonces se aplica la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

- **Prueba de Kruskal- Wallis**

Hipótesis:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2$$

Nivel de significancia:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Tabla N° 26: Prueba de Kruskal- Wallis, Potasio disponible “K” (ppm) Vs tratamiento

Tratamiento	N	Mediana	Clasificación del promedio	z
T1	4	304.0	6.5	-0.97
T2	4	534.5	10.8	1.09
T3	4	753.0	14.3	2.79
T4 (control)	4	189.0	2.5	-2.91
General	16		8.5	

Fuente: Elaboración propia, 2015

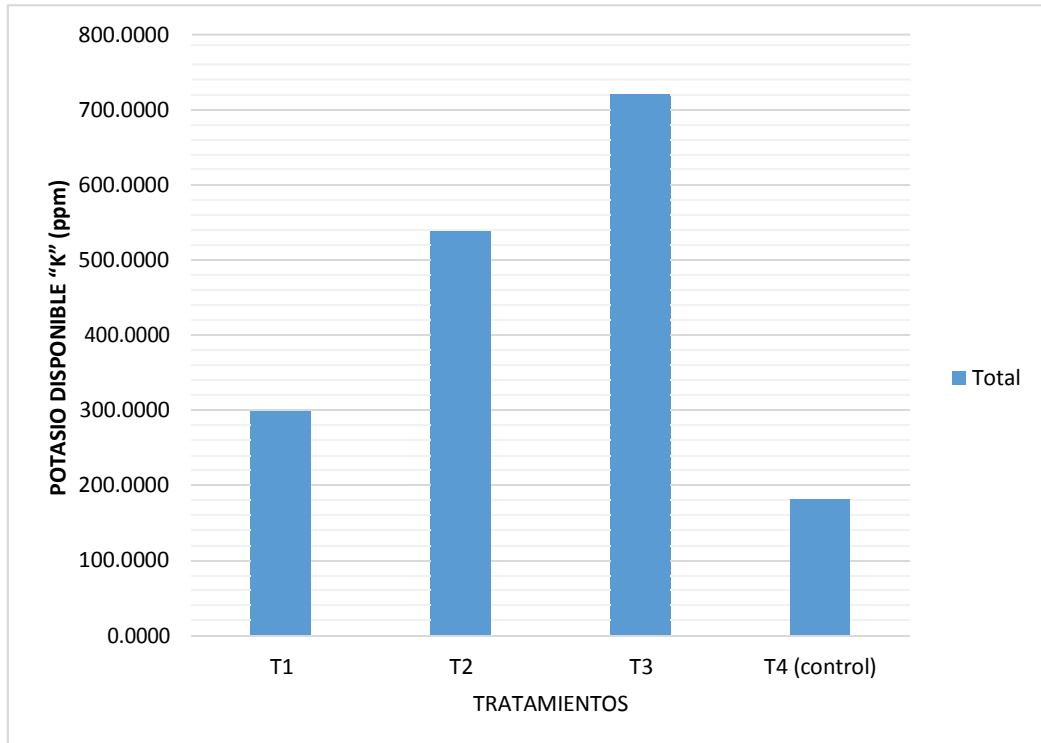
H = 13.79 GL = 3 P = 0.003

P-valor: P = 0.003

Decisión: P = 0.003 < α = 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con una significancia del 5%, se afirma que los promedios del Potasio disponible "K" son diferentes entre los tratamientos. Es decir existen diferencias significativas entre los tratamiento.

Gráfico N° 15 Potasio disponible "K" (ppm) Vs Tratamiento



Fuente: Elaboración propia, 2015

Tabla N° 27: Rendimiento; Potasio disponible "K" (ppm) Vs tratamiento

Tratamiento	Rendimiento (%)
T1	60.8
T2	182.8
T3	298.4
T4 (control)	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2015

En el gráfico N°15 se evidenció un aumento del Potasio “K” (ppm) en todos los tratamiento que contenían Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación, este aumento se puede explicar por los aditivos utilizados para la producción de Biocarbón (vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación), el aumento del Potasio “K” (ppm) más significativo con respecto al control “189.0 ppm” lo tuvo el tratamiento 3 (15% de Biocarbón) con “753.0 ppm” , seguido por el tratamiento 2 (10% de Biocarbón) con “534.5 ppm” y el tratamiento 1 (5% de Biocarbón) con “304.0 ppm” respectivamente. Se puede observar una tendencia en los tratamiento, que ha mayor aplicación de Biocarbón se observa una mayor cantidad de Potasio “K” ppm. Sin embargo según (Lehmann & Joseph, Biochar for Environmental Management, 2010) la aplicación máxima de Biocarbón que puede asimilar un suelo es el 30%. El tratamiento 3 el cual fue el que obtuvo el resultado más alto puede ser clasificado como un suelo con alto contenido de potasio y el rendimiento en comparación al estado inicial fue del 298.4%.

f. Capacidad de intercambio catiónico (CIC) meq/100g

Tabla N° 28: CIC Vs tratamiento

	Tratamientos (% de Biocarbón)			
	T1 (5%)	T2 (10%)	T3 (15%)	T4 (0% Control)
CIC meq/100g	3.84	5.92	5.28	2.40
	5.60	5.28	5.76	2.40
	4.80	4.48	5.60	2.40
	5.12	5.28	5.92	2.40

Fuente: Elaboración propia, 2015

*Pruebas estadísticas CIC (meq/100g)

- Prueba de Normalidad de errores

Hipótesis:

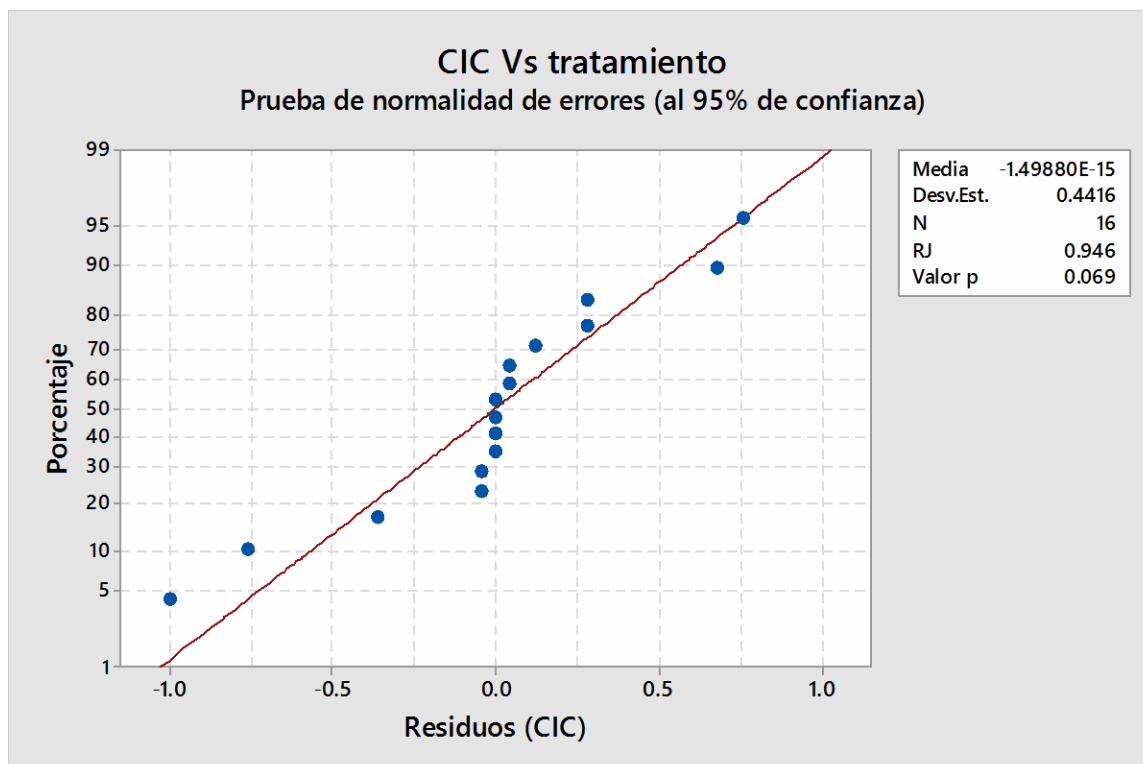
$$H_0 =$$

$$H_1 =$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Gráfico N° 16: Resultados prueba de normalidad de errores, Minitab 17



Fuente: Elaboración propia, 2015

P-valor: $P = >0.069$

Decisión: $P = 0.069 > \alpha = 0.05$, entonces no se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que los residuos de los tratamientos con respecto al CIC (meq/100g) tienen distribución normal.

- **Homogeneidad de varianzas**

Hipótesis:

$$H_0 = \sigma^2 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2$$

$$H_1 = A$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Se utiliza el método de Bartlett

Tabla N° 29: Prueba de Bartlett, CIC (meq/100g) Vs tratamiento

Método	Estadística de prueba	Valor de P
Bartlett	2.28	0.320

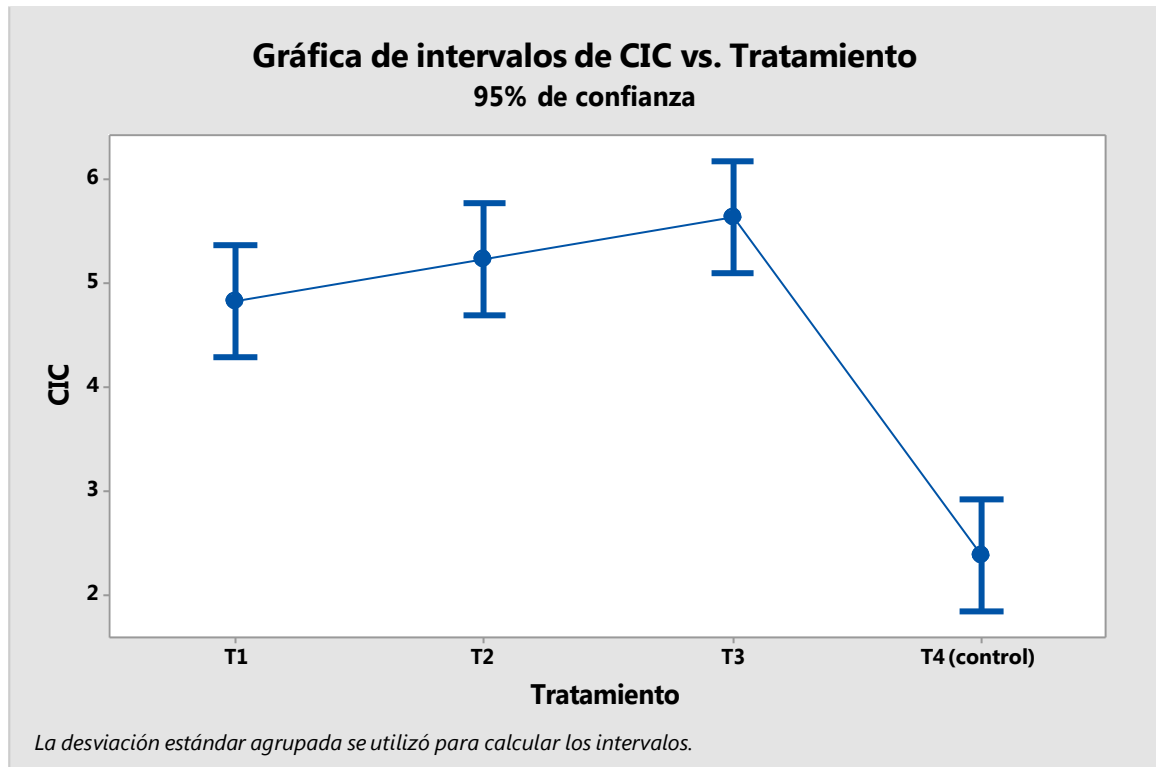
Fuente: Elaboración propia, 2015

P-valor: $P = 0.320$

Decisión: $P = 0.320 > \alpha = 0.05$, entonces no se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que las varianzas de los tratamientos con respecto al CIC son homogéneas entre los 4 tratamientos.

Gráfico N° 17: Intervalos del CIC (meq/100g) Vs tratamiento.



Fuente: Elaboración propia, 2015

Las pruebas de normalidad de errores y homogeneidad de varianza demostraron que los resultados concernientes al CIC tienen una distribución paramétrica, entonces se aplica la prueba de ANOVA con un factor (unidireccional).

- **ANOVA unidireccional: CIC (meq/100g) vs. Tratamiento**

Hipótesis:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$$

Nivel de significancia:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Tabla N° 30: Prueba de ANOVA unidireccional, CIC (meq/100g) Vs tratamiento

Fuente	GL	SC. Ajust.	MC. Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamiento	3	25.477	0.035656	34.84	0.000
Error	12	2.925	0.005090		
Total	15	28.402			

Fuente: Elaboración propia, 2015

P-valor: $P = 0.000$

Decisión: $P = 0.000 < \alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con una significancia del 5%, se afirma que los promedios de CIC (meq/100g) son diferentes entre los tratamientos.

- **Prueba de Tukey**

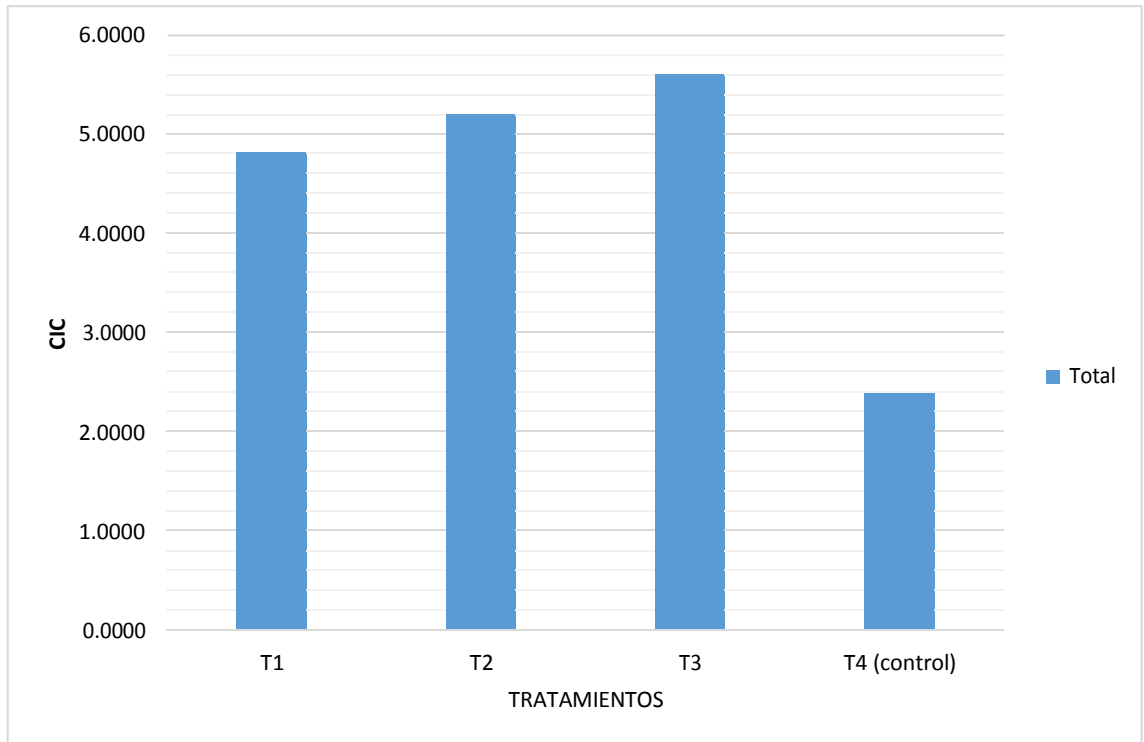
Tabla N° 31: Prueba de Tukey, CIC (meq/100g) vs tratamiento

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T1	4	4.840	A
T2	4	5.240	A
T3	4	5.640	A
T4 (control)	4	2.400	B

Fuente: Elaboración propia, 2015

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Gráfico N° 18: CIC (meq/100g) Vs Tratamiento



Fuente: Elaboración propia, 2015

Tabla N° 32: Rendimiento; CIC (meq/100g) Vs tratamiento

Tratamiento	Rendimiento (%)
T1	101.7
T2	118.3
T3	135.0
T4 (control)	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2015

En el gráfico N° 18 se evidencio un aumento de la Capacidad de Intercambio Catiónico “CIC” (meq/100g) en todos los tratamiento que contenían Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación, este aumento se puede explicar por los aditivos utilizados para la producción de Biocarbón (vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación), el aumento de la CIC (meq/100g) más significativo con respecto al control “2.40 meq/100g” lo tuvo el

tratamiento 3 (15% de Biocarbón) con “5.64 meq/100g”, seguido por el tratamiento 2 (10% de Biocarbón) con “5.24 meq/100g” y el tratamiento 1 (5% de Biocarbón) con “4.84 meq/100g” respectivamente. Se puede observar una tendencia en los tratamientos, que a mayor aplicación de Biocarbón se observa una mayor Capacidad de Intercambio Catiónico “CIC” meq/100g. Sin embargo según (Lehmann & Joseph, Biochar for Environmental Management, 2010) la aplicación máxima de Biocarbón que puede asimilar un suelo es el 30%. El tratamiento 3 el cual fue el tratamiento con mejor resultado tuvo un rendimiento en comparación al estado inicial del 135.0%. El aumento de la CIC es un indicador que la materia orgánica del suelo también ha aumentado.

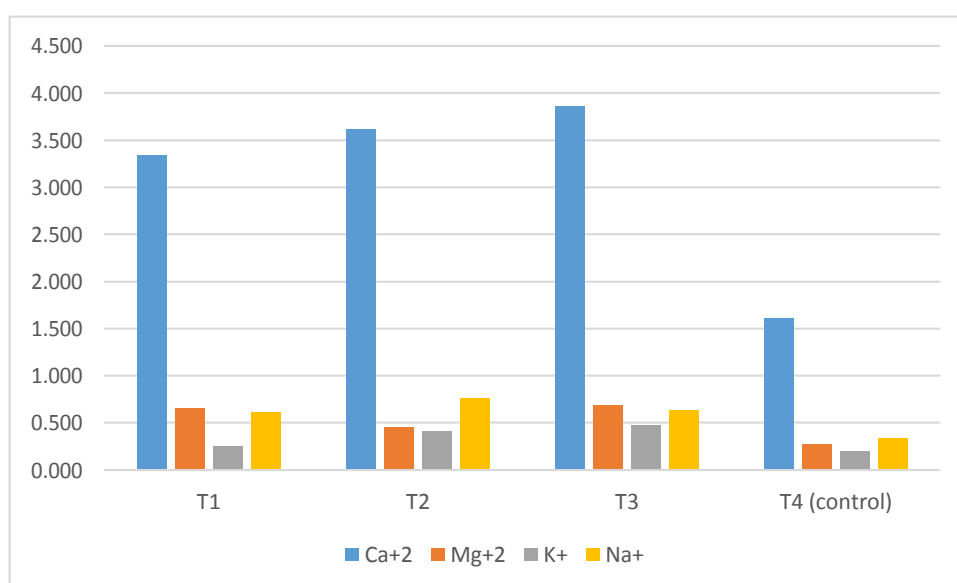
***Cationes cambiabiles**

Tabla N° 33: Cationes cambiabiles (meq/100g) Vs tratamiento

	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	CIC
T1	3.333	0.650	0.246	0.611	4.840
T2	3.618	0.446	0.413	0.763	5.240
T3	3.856	0.683	0.468	0.633	5.640
T4 (control)	1.610	0.270	0.190	0.330	2.400

Fuente: Elaboración propia, 2015

Gráfico N° 19: Cationes cambiabiles (meq/100g) Vs tratamiento



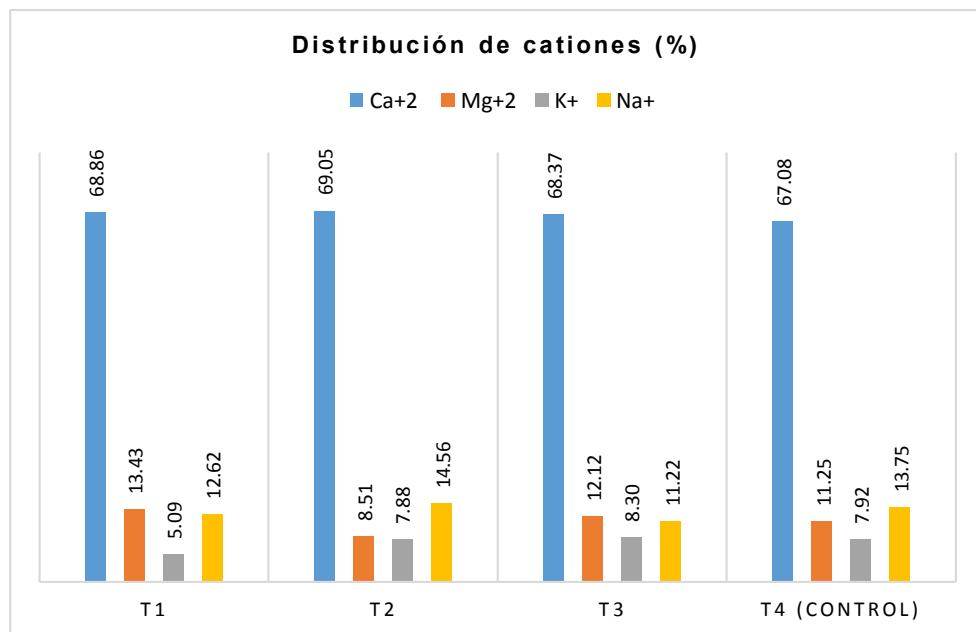
Fuente: Elaboración propia, 2015

Tabla N° 34: Cationes cambiabiles (meq/100g) Vs tratamiento

	Ca+2	Mg+2	K+	Na+	(%) de saturación
T1	68.86	13.43	5.09	12.62	100.00
T2	69.05	8.51	7.88	14.56	100.00
T3	68.37	12.12	8.30	11.22	100.00
T4 (control)	67.08	11.25	7.92	13.75	100.00

Fuente: Elaboración propia, 2015

Gráfico N° 20: Distribución de Cationes cambiabiles (meq/100g) Vs Tratamiento



Fuente: Elaboración propia, 2015

Los cationes cambiabiles han aumentado en todos los tratamiento que contenían Biocarbón, esto se explica por los aditivos utilizados en la producción del Biocarbón. Asimismo el tratamiento 3 es el que obtuvo el mejor resultado al tener mayor concentración de cationes Ca⁺², Mg⁺², K⁺ y Na⁺. Se puede observar que existe una tendencia en cuanto a la cantidad de Biocarbón empleado en el sustrato, a mayor biocarbón usado mayor es la concentración de cationes. Asimismo el aumento de los cationes cambiabiles mantiene una distribución aceptable dentro de los rangos establecidos por la tabla de niveles críticos.

g. Boro disponible (ppm)

Tabla N° 35: Boro disponible "B" (ppm) Vs tratamiento

	Tratamientos (% de Biocarbón)			
	T1 (5%)	T2 (10%)	T3 (15%)	T4 (0% Control)
B (ppm)	5.03	5.56	4.36	2.2
	4.38	5.10	5.56	2.2
	5.35	5.06	2.86	2.2
	4.87	3.83	4.44	2.2

Fuente: Elaboración propia, 2015.

***Pruebas estadísticas Boro disponible "B" (ppm)**

• **Prueba de Normalidad de errores**

Hipótesis:

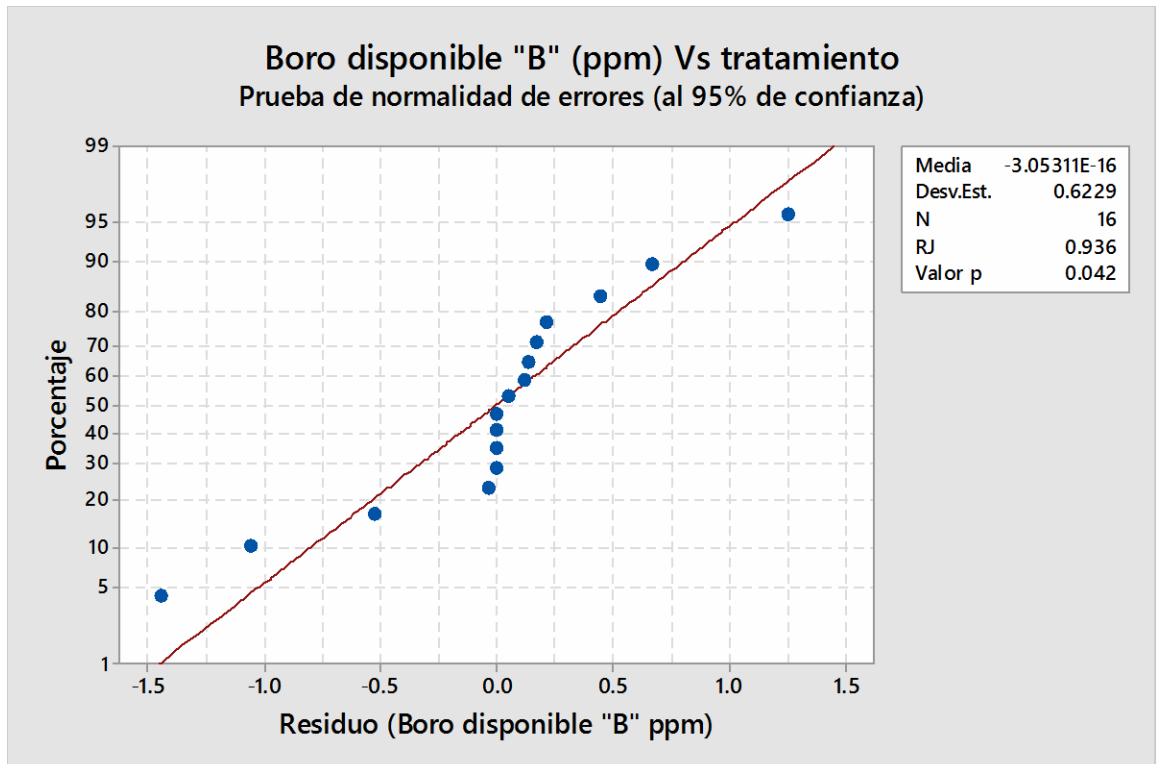
$H_0 =$

$H_1 =$

Nivel de significación:

$\alpha = 0.05$

Gráfico N° 21 Resultados prueba de normalidad de errores, Minitab 17



Fuente: Elaboración propia, 2015

P-valor: $P = 0.042$

Decisión: $P = 0.042 < \alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que los residuos de los tratamientos con respecto al Boro disponible "B" (ppm) no tienen distribución normal.

- **Homogeneidad de varianzas**

Hipótesis:

$$H_0 = \sigma^2 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2$$

$$H_1 = A$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Se utiliza el método de Bartlett

Tabla N° 36: Prueba de Bartlett, Boro disponible "B" (ppm) Vs tratamiento

Método	Estadística de prueba	Valor de P
Bartlett	2.35	0.309

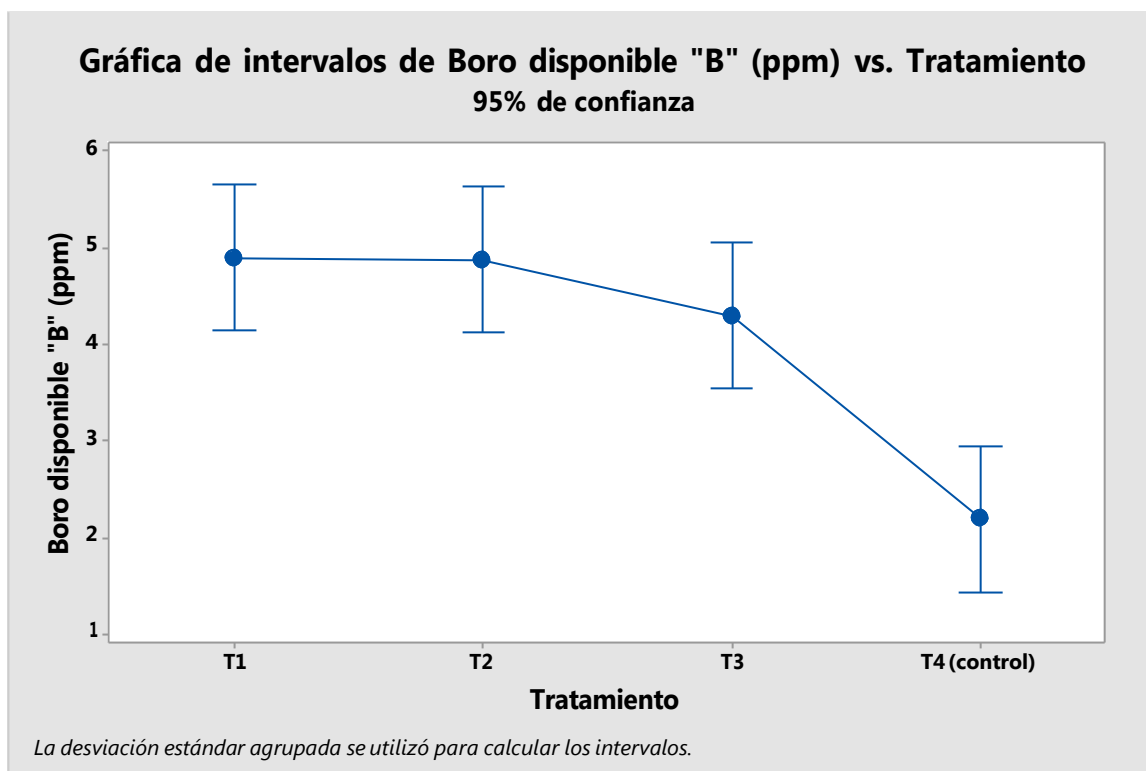
Fuente: Elaboración propia, 2015.

P-valor: $P = 0.309$

Decisión: $P = 0.309 > \alpha = 0.05$, entonces no se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que las varianzas de los tratamientos con respecto al Boro disponible "B" (ppm) son homogéneas entre los 4 tratamientos.

Gráfico N° 22 Intervalos de Boro disponible "B" (ppm) por tratamiento,
Minitab 17



Fuente: Elaboración propia, 2015

Las pruebas de normalidad de errores y homogeneidad de varianza demostraron que los resultados concernientes al Boro disponible "B" (ppm) tienen una distribución no paramétrica, entonces se aplica la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

- **Prueba de Kruskal- Wallis**

Hipótesis:

$$H_0 = 1 = 2 = 3 = 4$$

$$H_1 = A_1$$

Nivel de significancia:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Tabla N° 37: Prueba de Kruskal- Wallis, Boro disponible “B” (ppm) Vs tratamiento

Tratamiento	N	Mediana	Clasificación del promedio	z
T1	4	4.950	10.8	1.09
T2	4	5.080	11.6	1.52
T3	4	4.400	9.1	0.30
T4 (control)	4	2.200	2.5	-2.91
General	16		8.5	

Fuente: Elaboración propia, 2015

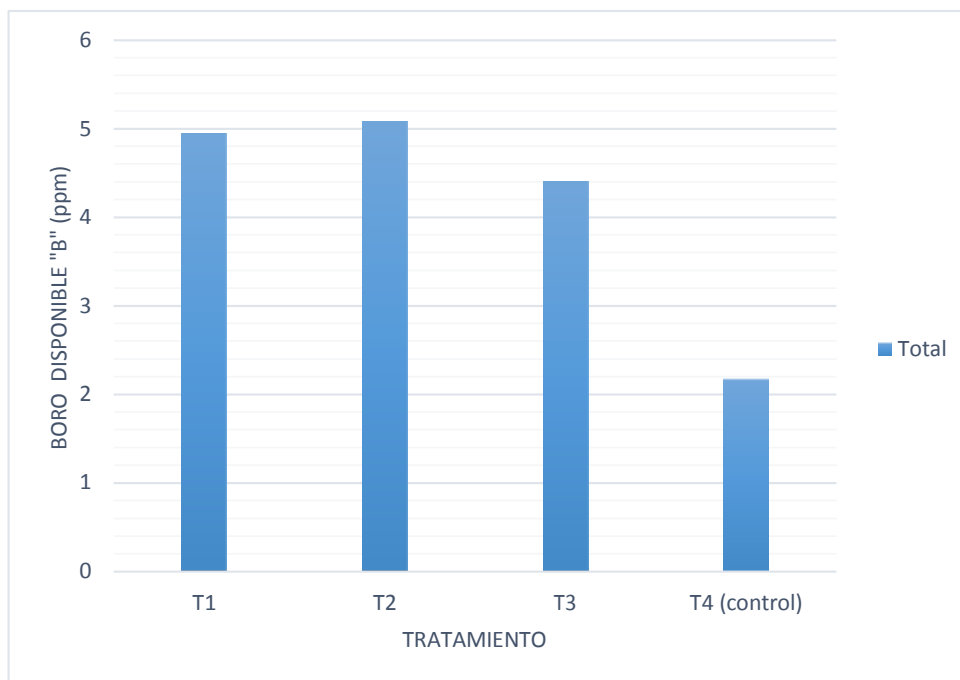
H =9.04 **GL** = 3 **P** = 0.029

P-valor: **P** = 0.029

Decisión: $P = 0.029 < \alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con una significancia del 5%, se afirma que los promedios del Boro disponible “B” son diferentes entre los tratamientos. Es decir existen diferencias significativas entre los tratamiento.

Gráfico N° 23 Boro disponible “B” (ppm) Vs Tratamiento



Fuente: Elaboración propia, 2015

Tabla N° 38: Rendimiento; Boro disponible “B” (ppm) Vs tratamiento

Tratamiento	Rendimiento (%)
T1	125.0
T2	130.9
T3	100.0
T4 (control)	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2015

En el gráfico N°23 se evidencio un aumento del Boro “B” (ppm) en todos los tratamiento que contenían Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación, este aumento se puede explicar por los aditivos utilizados para la producción de Biocarbón (vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación), el aumento del Boro “B” (ppm) más significativo con respecto al control “2.2 ppm” lo tuvo el tratamiento 2 (10% de Biocarbón) con “5.080 ppm” , seguido por el tratamiento 1 (5% de Biocarbón) con “ 4.950 ppm” y el tratamiento 3 (15% de Biocarbón) con “4.4 ppm” respectivamente. Se puede observar que no hay una tendencia en los tratamientos, sin embargo hay un claro aumento en las enmiendas que contienen Biocarbón.

h. Cobre disponible "Cu" (ppm)

Tabla N° 39: Cobre disponible "Cu" (ppm) Vs tratamiento

	Tratamientos (% de Biocarbón)			
	T1 (5%)	T2 (10%)	T3 (15%)	T4 (0% Control)
Cu (ppm)	0.80	1.20	1.20	0.8
	0.70	1.20	1.60	0.8
	1.00	1.10	1.50	0.8
	0.90	1.50	1.60	0.8

Fuente: Elaboración propia, 2015

*Pruebas estadísticas Cobre disponible "Cu" (ppm)

- Prueba de Normalidad de errores

Hipótesis:

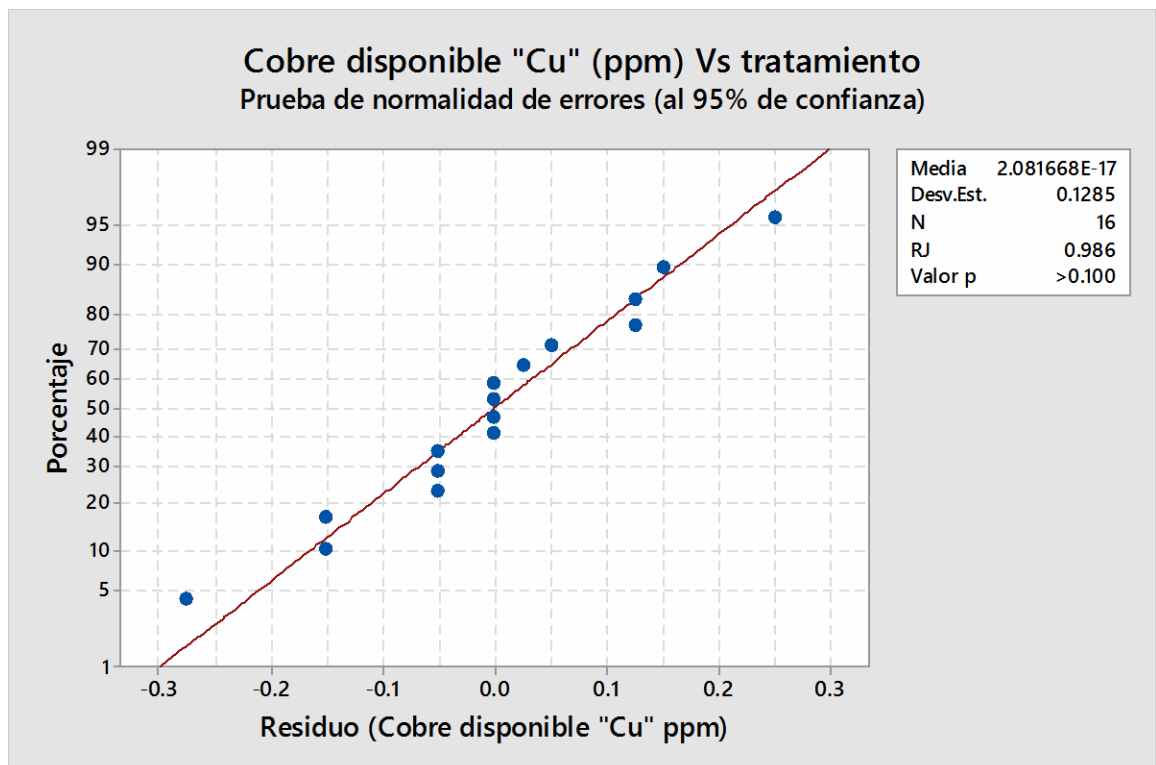
$$H_0 =$$

$$H_1 =$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Gráfico N° 24: Resultados prueba de normalidad de errores, Minitab 17



Fuente: Elaboración propia, 2015

P-valor: $P = >0.100$

Decisión: $P = 0.100 > \alpha = 0.05$, entonces no se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que los residuos de los tratamientos con respecto al Cobre disponible "Cu" (ppm) tienen distribución normal.

- **Homogeneidad de varianzas**

Hipótesis:

$$H_0 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2$$

$$H_1 = A$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Se utiliza el método de Bartlett

Tabla N° 40: Prueba de Bartlett, Cobre disponible "Cu" (ppm) Vs tratamiento

Método	Estadística de prueba	Valor de P
Bartlett	0.39	0.823

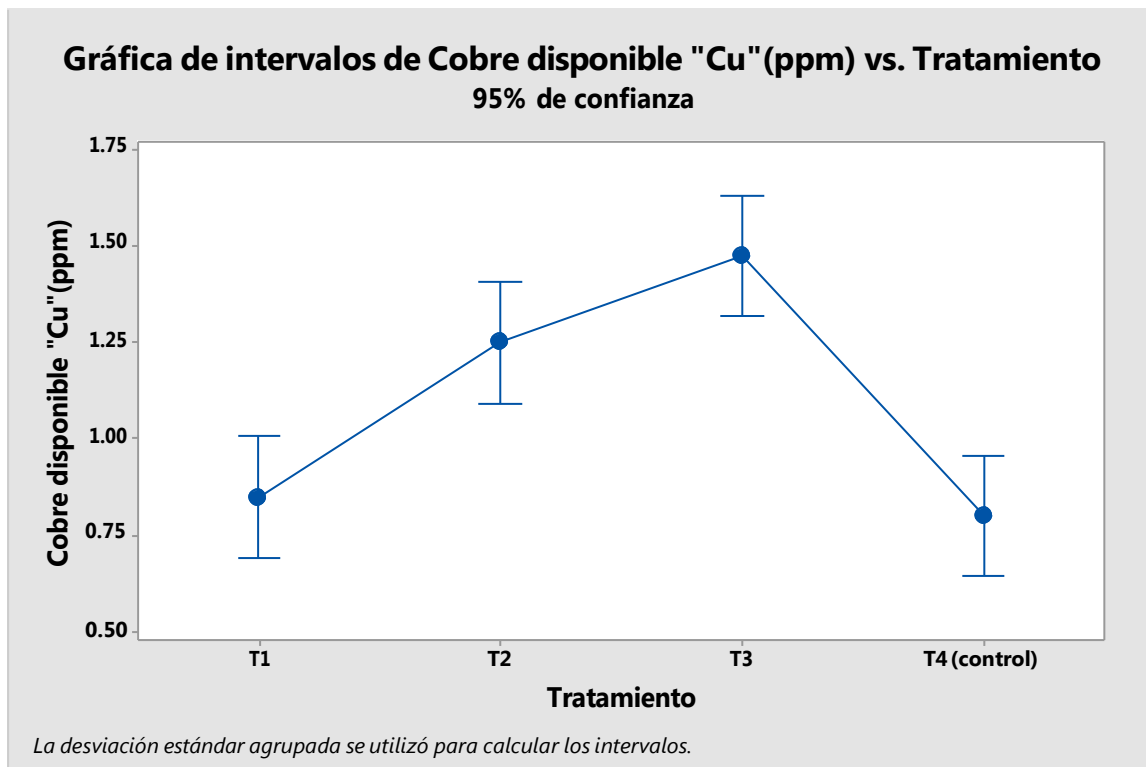
Fuente: Elaboración propia, 2015

P-valor: $P = 0.823$

Decisión: $P = 0.823 > \alpha = 0.05$, entonces no se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que las varianzas de los tratamientos con respecto al Cobre disponible "Cu" (ppm) son homogéneas entre los 4 tratamientos.

Gráfico N° 25: Intervalos del Cobre disponible "Cu" (ppm) Vs tratamiento.



Fuente: Elaboración propia, 2015

Las pruebas de normalidad de errores y homogeneidad de varianza demostraron que los resultados concernientes al Cobre disponible "Cu" (ppm) tienen una distribución paramétrica, entonces se aplica la prueba de ANOVA con un factor (unidireccional).

- **ANOVA unidireccional: Cobre disponible "Cu" (ppm) vs. Tratamiento**

Hipótesis:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2$$

Nivel de significancia:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Tabla N° 41: Prueba de ANOVA unidireccional, pH Vs tratamiento

Fuente	GL	SC. Ajust.	MC. Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamiento	3	1.2619	0.42063	20.39	0.000
Error	12	0.2475	0.02063		
Total	15	1.5094			

Fuente: Elaboración propia, 2015

P-valor: $P = 0.000$

Decisión: $P = 0.000 < \alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con una significancia del 5%, se afirma que los promedios del Cobre disponible "Cu" (ppm) son diferentes entre los tratamientos.

- **Prueba de Tukey**

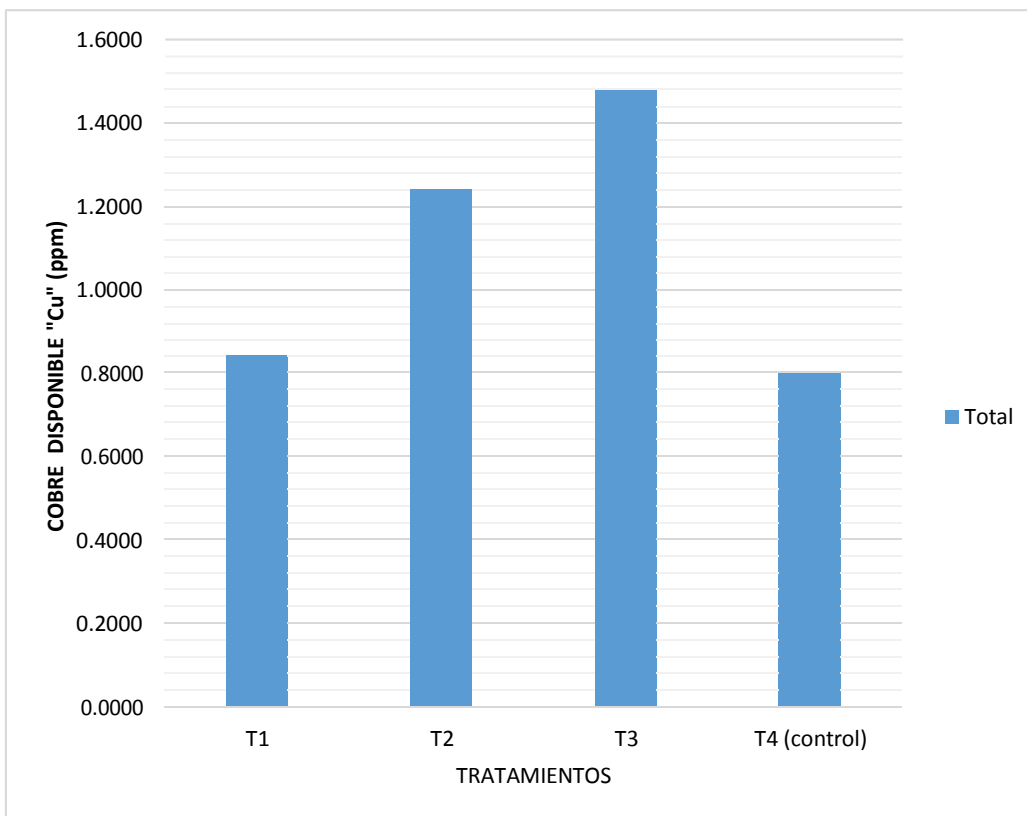
Tabla N° 42: Prueba de Tukey, Cobre disponible "Cu" (ppm) Vs tratamiento

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T3	4	1.4750	A
T2	4	1.2500	A
T1	4	0.8500	B
T4 (control)	4	0.8000	B

Fuente: Elaboración propia, 2015

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Gráfico N° 26: Cobre disponible "Cu" (ppm) Vs Tratamiento



Fuente: Elaboración propia, 2015

Tabla N° 43: Rendimiento; Cobre disponible "Cu" (ppm) Vs tratamiento

Tratamiento	Rendimiento (%)
T3	84.4
T2	56.3
T1	6.3
T4 (control)	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2015

En el gráfico N° 26 se evidencio un aumento del Cobre "Cu" (ppm) en todos los tratamiento que contenían Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación, este aumento se puede explicar por los aditivos utilizados para la producción de Biocarbón (vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación), el aumento del Cobre "Cu" (ppm) más significativo con respecto al control "0.8 ppm" lo tuvo el tratamiento 3 (15% de Biocarbón) con "1.475 ppm", seguido por el tratamiento 2 (10% de Biocarbón) con "

1.250 ppm” y el tratamiento 1 (5% de Biocarbón) con “0.85 ppm” respectivamente. Se puede observar una tendencia en los tratamientos, a mayor cantidad de Biocarbón empleado mayor es la concentración de cobre, Sin embargo según (Lehmann & Joseph, Biochar for Environmental Management, 2010) la aplicación máxima de Biocarbón que puede asimilar un suelo es el 30%. El tratamiento 3 el cual fue el tratamiento con mejor resultado tuvo un rendimiento en comparación al estado inicial del 84.4%.

i. Hierro disponible "Fe" (ppm)

Tabla N° 44: Hierro disponible "Fe" (ppm) Vs tratamiento

	Tratamientos (% de Biocarbón)			
	T1 (5%)	T2 (10%)	T3 (15%)	T4 (0% Control)
Fe (ppm)	7.40	14.60	13.60	9.7
	7.10	14.20	15.40	9.7
	8.30	12.10	14.80	9.7
	5.30	16.20	15.50	9.7

Fuente: Elaboración propia, 2015

***Pruebas estadísticas Hierro disponible "Fe" (ppm)**

- **Prueba de Normalidad de errores**

Hipótesis:

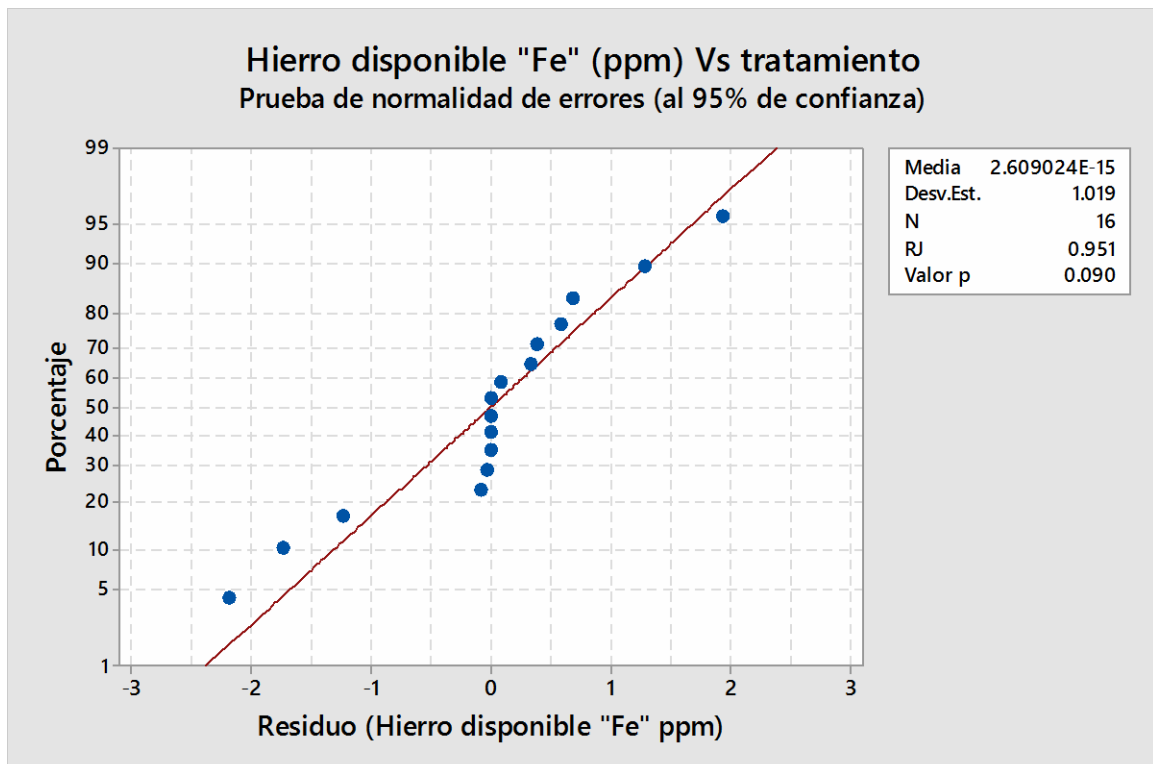
$$H_0 =$$

$$H_1 =$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Gráfico N° 27: Resultados prueba de normalidad de errores, Minitab 17



Fuente: Elaboración propia, 2015

P-valor: $P = >0.090$

Decisión: $P = 0.090 > \alpha = 0.05$, entonces no se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que los residuos de los tratamientos con respecto al Hierro disponible "Fe" (ppm) tienen distribución normal.

- **Homogeneidad de varianzas**

Hipótesis:

$$H_0 = \sigma^2 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2$$

$$H_1 = A$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Se utiliza el método de Bartlett

Tabla N° 45: Prueba de Bartlett, Hierro disponible "Fe" (ppm) vs tratamiento

Método	Estadística de prueba	Valor de P
Bartlett	1.08	0.584

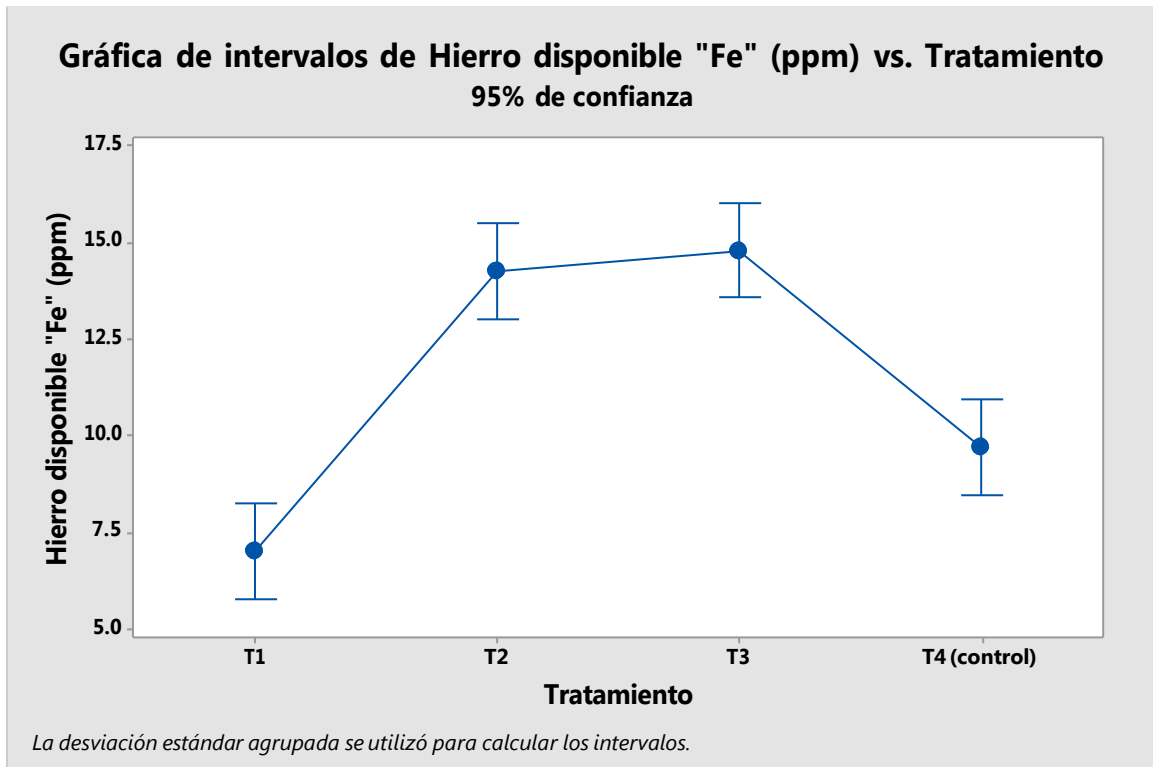
Fuente: Elaboración propia, 2015

P-valor: $P = 0.584$

Decisión: $P = 0.584 > \alpha = 0.05$, entonces no se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que las varianzas de los tratamientos con respecto al Hierro disponible "Fe" (ppm) son homogéneas entre los 4 tratamientos.

Gráfico N° 28: Intervalos del Hierro disponible "Fe" (ppm) vs tratamiento.



Fuente: Elaboración propia, 2015

Las pruebas de normalidad de errores y homogeneidad de varianza demostraron que los resultados concernientes al Hierro disponible "Fe" (ppm) tienen una distribución paramétrica, entonces se aplica la prueba de ANOVA con un factor (unidireccional).

- **ANOVA unidireccional: Cobre disponible "Cu" (ppm) vs. Tratamiento**

Hipótesis:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2$$

Nivel de significancia:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Tabla N° 46: Prueba de ANOVA unidireccional, pH Vs tratamiento

Fuente	GL	SC. Ajust.	MC. Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamiento	3	168.06	56.019	43.14	0.000
Error	12	15.58	1.299		
Total	15	183.64			

Fuente: Elaboración propia, 2015

P-valor: $P = 0.000$

Decisión: $P = 0.000 < \alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con una significancia del 5%, se afirma que los promedios del Hierro disponible "Fe" (ppm) son diferentes entre los tratamientos.

- **Prueba de Tukey**

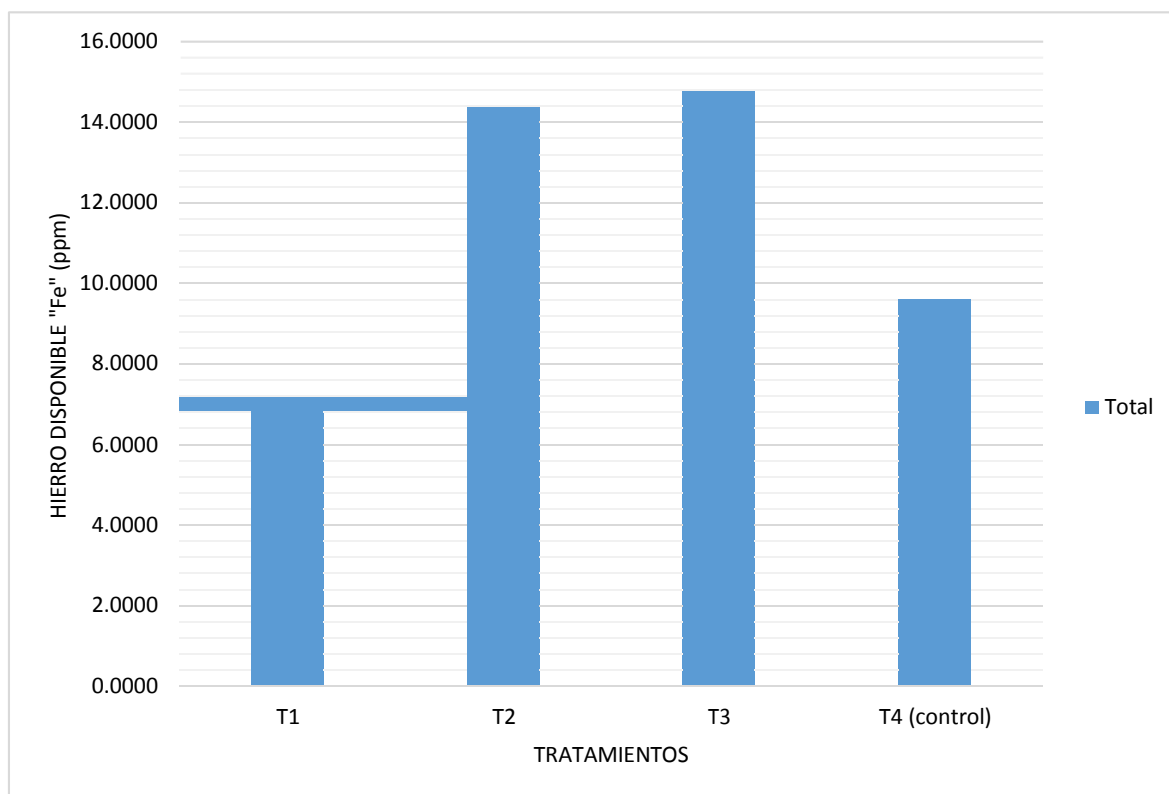
Tabla N° 47: Prueba de Tukey, Hierro disponible "Fe" (ppm) Vs tratamiento

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T3	4	14.825	A
T2	4	14.275	A
T4 (control)	4	9.700	B
T1	4	7.025	C

Fuente: Elaboración propia, 2015

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Gráfico N° 29: Hierro disponible “Fe” (ppm) Vs Tratamiento



Fuente: Elaboración propia, 2015

Tabla N° 48: Rendimiento; Hierro disponible “Fe” (ppm) Vs tratamiento

Tratamiento	Rendimiento (%)
T3	52.8
T2	47.2
T1	-27.6
T4 (control)	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2015

En el gráfico N°29 se evidenció un aumento del Hierro “Fe” (ppm) en todos los tratamientos que contenían Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación, este aumento se puede explicar por los aditivos utilizados para la producción de Biocarbón (vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación), el aumento del Hierro “Fe” (ppm) más significativo con respecto al control “9.7 ppm” lo tuvo el tratamiento 3 (15% de Biocarbón) con

“1.482 ppm” , seguido por el tratamiento 2 (10% de Biocarbón) con “14.270 ppm” por otro lado el tratamiento 1 (5% de Biocarbón) no presento un aumento ocurriendo una anomalía con “7.02 ppm”. Sin embargo se puede observar una tendencia en los tratamientos, ha mayor cantidad de Biocarbón empleado mayor es la concentración de Hierro “Fe” (ppm), según (Lehmann & Joseph, Biochar for Environmental Management, 2010) la aplicación máxima de Biocarbón que puede asimilar un suelo es el 30%. El tratamiento 3 el cual fue el tratamiento con mejor resultado tuvo un rendimiento en comparación al estado inicial del 52.8%.

j. Manganeso disponible (ppm)

Tabla N° 49: Manganeso disponible "Mn" (ppm) Vs tratamiento

	Tratamientos (% de Biocarbón)			
	T1 (5%)	T2 (10%)	T3 (15%)	T4 (0% Control)
Mn (ppm)	2.50	4.50	3.90	1.8
	2.40	4.10	4.60	1.8
	2.50	3.20	4.60	1.8
	2.60	4.20	4.40	1.8

Fuente: Elaboración propia, 2015.

***Pruebas estadísticas Manganeso disponible "Mn" (ppm)**

- **Prueba de Normalidad de errores**

Hipótesis:

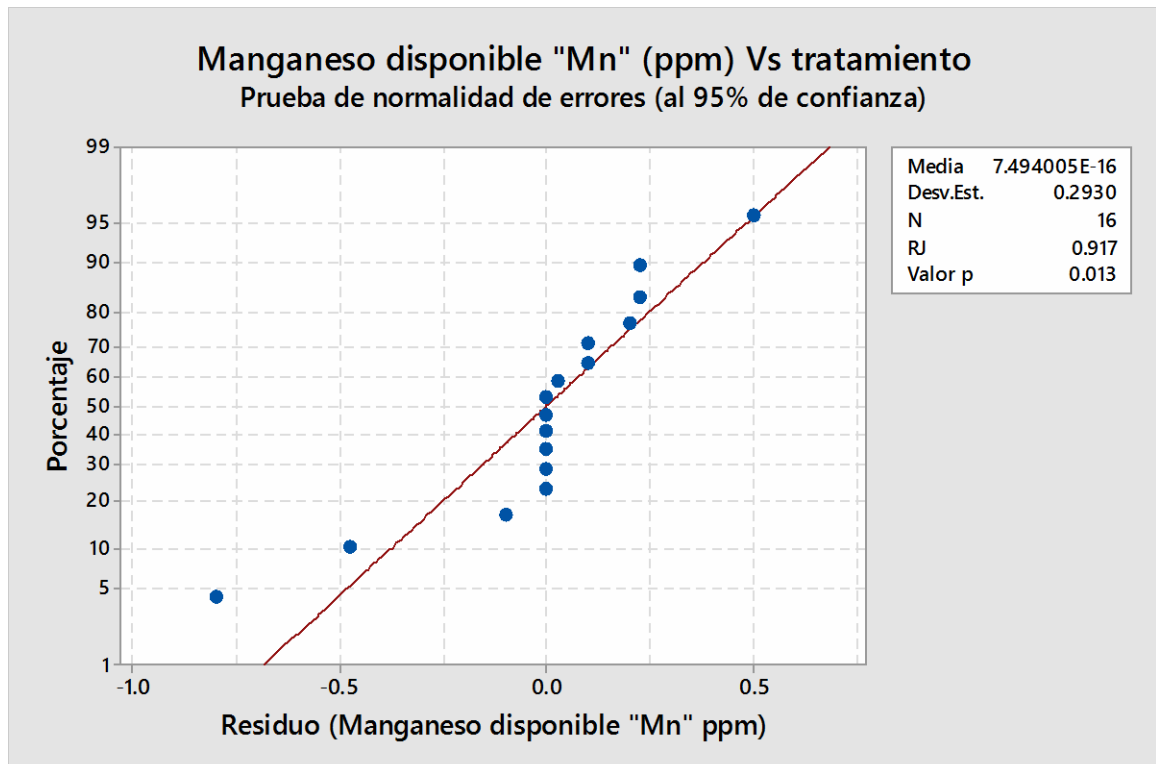
$$H_0 =$$

$$H_1 =$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Gráfico N° 30: Resultados prueba de normalidad de errores, Minitab 17



Fuente: Elaboración propia, 2015

P-valor: $P = 0.013$

Decisión: $P = 0.013 < \alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que los residuos de los tratamientos con respecto al Manganese disponible "Mn" (ppm) no tienen distribución normal.

- **Homogeneidad de varianzas**

Hipótesis:

$$H_0 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2$$

$$H_1 = A$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Se utiliza el método de Bartlett

Tabla N° 50: Prueba de Bartlett, Manganese disponible "Mn" (ppm) Vs tratamiento

Método	Estadística de prueba	Valor de P
Bartlett	6.67	0.036

Fuente: Elaboración propia, 2015.

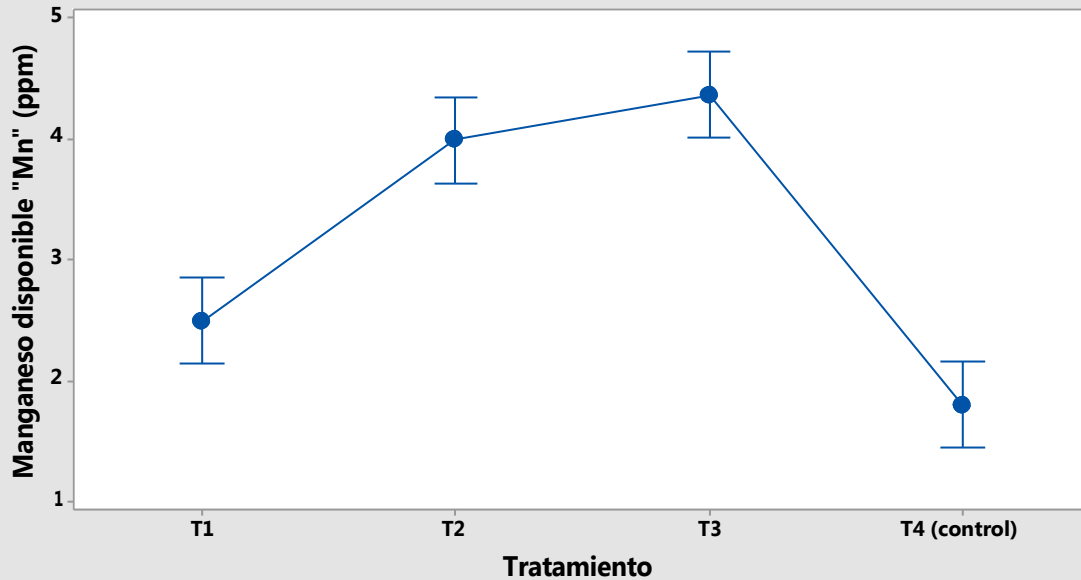
P-valor: $P = 0.036$

Decisión: $P = 0.036 < \alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que las varianzas de los tratamientos con respecto al Manganese disponible "Mn" (ppm) no son homogéneas entre los 4 tratamientos.

Gráfico N° 31: Intervalos de Manganeso disponible "Mn" (ppm) por tratamiento,
Minitab 17

Gráfica de intervalos de Manganeso disponible "Mn" (ppm) vs. Tratamiento
95% de confianza



La desviación estándar agrupada se utilizó para calcular los intervalos.

Fuente: Elaboración propia, 2015

Las pruebas de normalidad de errores y homogeneidad de varianza demostraron que los resultados concernientes al Manganeso disponible "Mn" (ppm) tienen una distribución no paramétrica, entonces se aplica la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

- **Prueba de Kruskal- Wallis**

Hipótesis:

$$H_0 = 1 = 2 = 3 = 4$$

$$H_1 = A_1$$

Nivel de significancia:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Tabla N° 51: Prueba de Kruskal- Wallis, Manganeso disponible “Mn” (ppm) Vs tratamiento

Tratamiento	N	Mediana	Clasificación del promedio	z
T1	4	2.500	6.5	-0.97
T2	4	4.150	11.5	1.46
T3	4	4.500	13.5	2.43
T4 (control)	4	1.800	2.5	-2.91
General	16		8.5	

Fuente: Elaboración propia, 2015

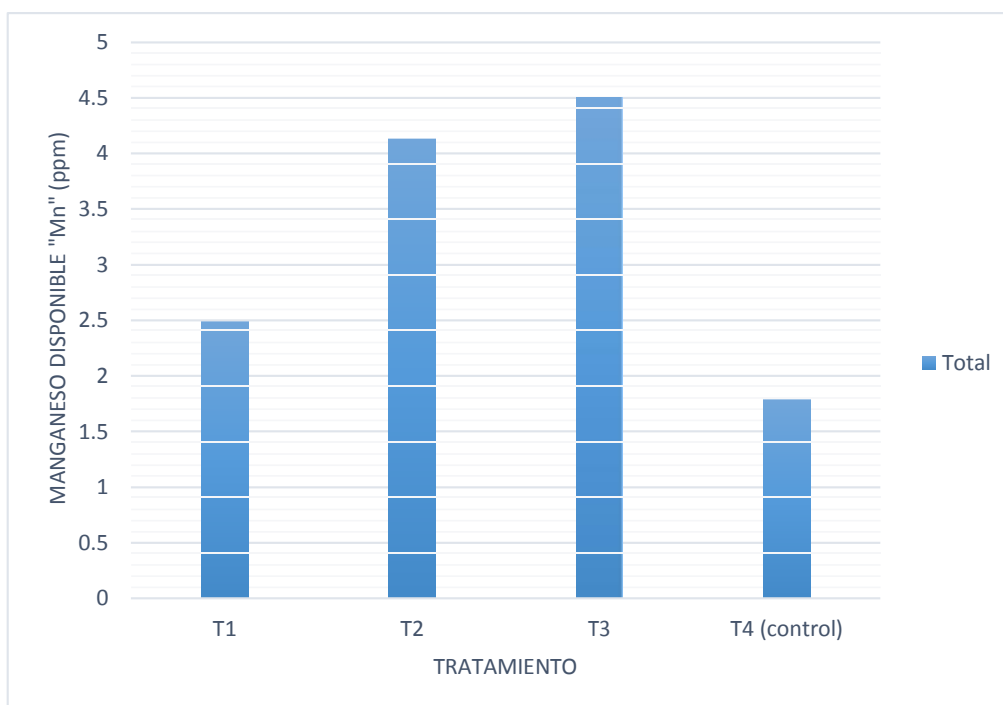
H =13.96 **GL** = 3 **P** = 0.005

P-valor: **P** = 0.005

Decisión: $P = 0.005 < \alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con una significancia del 5%, se afirma que los promedios del Manganeso disponible “Mn” son diferentes entre los tratamientos. Es decir existen diferencias significativas entre los tratamiento.

Gráfico N° 32: Manganeso disponible “Mn” (ppm) Vs Tratamiento



Fuente: Elaboración propia, 2015

Tabla N° 52: Rendimiento; Manganeso disponible “Mn” (ppm) Vs tratamiento

Tratamiento	Rendimiento (%)
T1	38.9
T2	130.6
T3	150.0
T4 (control)	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2015

En gráfico N° 32 se evidencio un aumento del Manganeso “Mn” (ppm) en todos los tratamiento que contenían Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación, este aumento se puede explicar por los aditivos utilizados para la producción de Biocarbón (vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación), el aumento del Manganeso “Mn” (ppm) más significativo con respecto al control “1.8 ppm” lo tuvo el tratamiento 3 (15% de Biocarbón) con “4.5 ppm” , seguido por el tratamiento 2 (10% de Biocarbón) con “4.15 ppm” y el tratamiento 1 (5% de Biocarbón) con “2.5 ppm” respectivamente. Se puede observar una tendencia en los tratamiento, que ha mayor aplicación de Biocarbón se observa una mayor cantidad de Manganeso “Mn” ppm. Sin embargo según (Lehmann & Joseph, Biochar for Environmental Management, 2010) la aplicación máxima de Biocarbón que puede asimilar un suelo es el 30%. El tratamiento 3 el cual fue el que obtuvo el resultado más alto puede ser clasificado como un suelo con alto contenido de Manganeso y el rendimiento en comparación al estado inicial fue del 150%.

k. Zinc disponible (ppm)

Tabla N°53: Zinc disponible "Zn" (ppm) Vs tratamiento

	Tratamientos (% de Biocarbón)			
	T1 (5%)	T2 (10%)	T3 (15%)	T4 (0% Control)
Zn (ppm)	3.30	6.30	6.60	1.4
	3.10	5.90	8.30	1.4
	3.20	4.70	7.90	1.4
	3.40	7.40	8.10	1.4

Fuente: Elaboración propia, 2015.

*Pruebas estadísticas Zinc disponible "Zn" (ppm)

- Prueba de Normalidad de errores

Hipótesis:

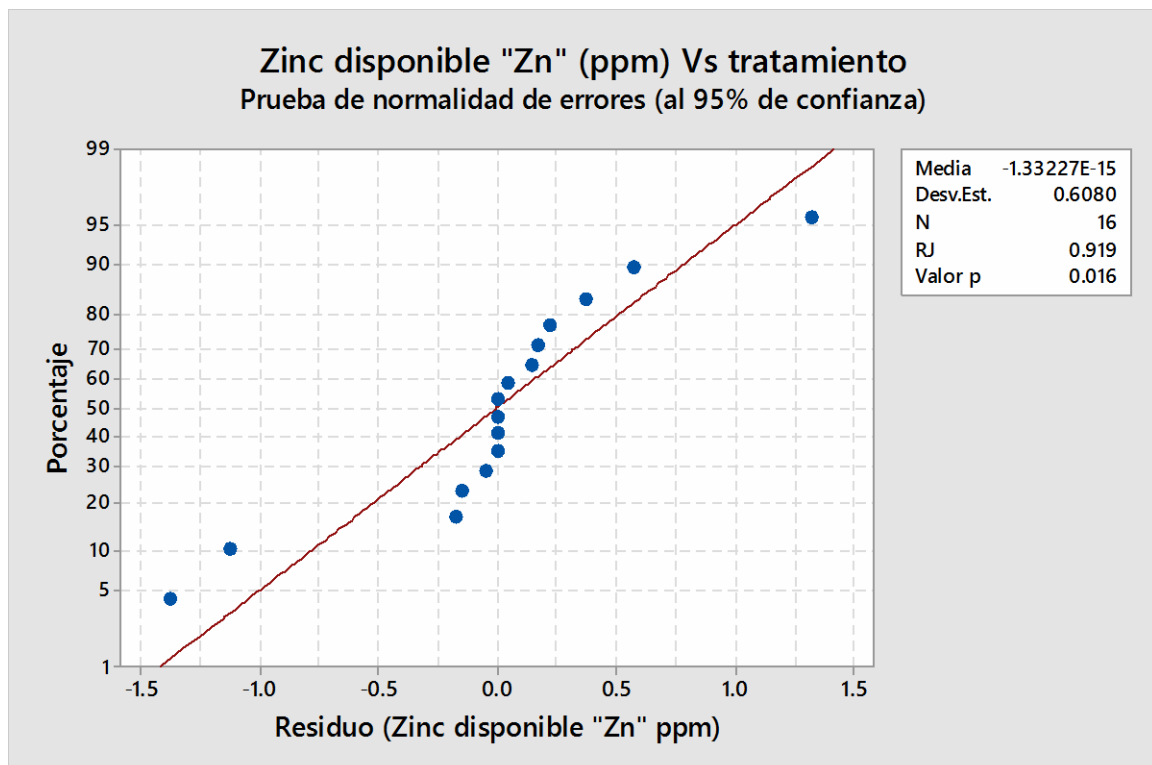
$$H_0 =$$

$$H_1 =$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Gráfico N° 33: Resultados prueba de normalidad de errores, Minitab 17



Fuente: Elaboración propia, 2015

P-valor: $P = 0.016$

Decisión: $P = 0.016 < \alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que los residuos de los tratamientos con respecto al Zinc disponible "Zn" (ppm) no tienen distribución normal.

- **Homogeneidad de varianzas**

Hipótesis:

$$H_0 = \sigma^2 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2$$

$$H_1 = A$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Se utiliza el método de Bartlett

Tabla N° 54: Prueba de Bartlett, Zinc disponible "Zn" (ppm) Vs tratamiento

Método	Estadística de prueba	Valor de P
Bartlett	7.72	0.021

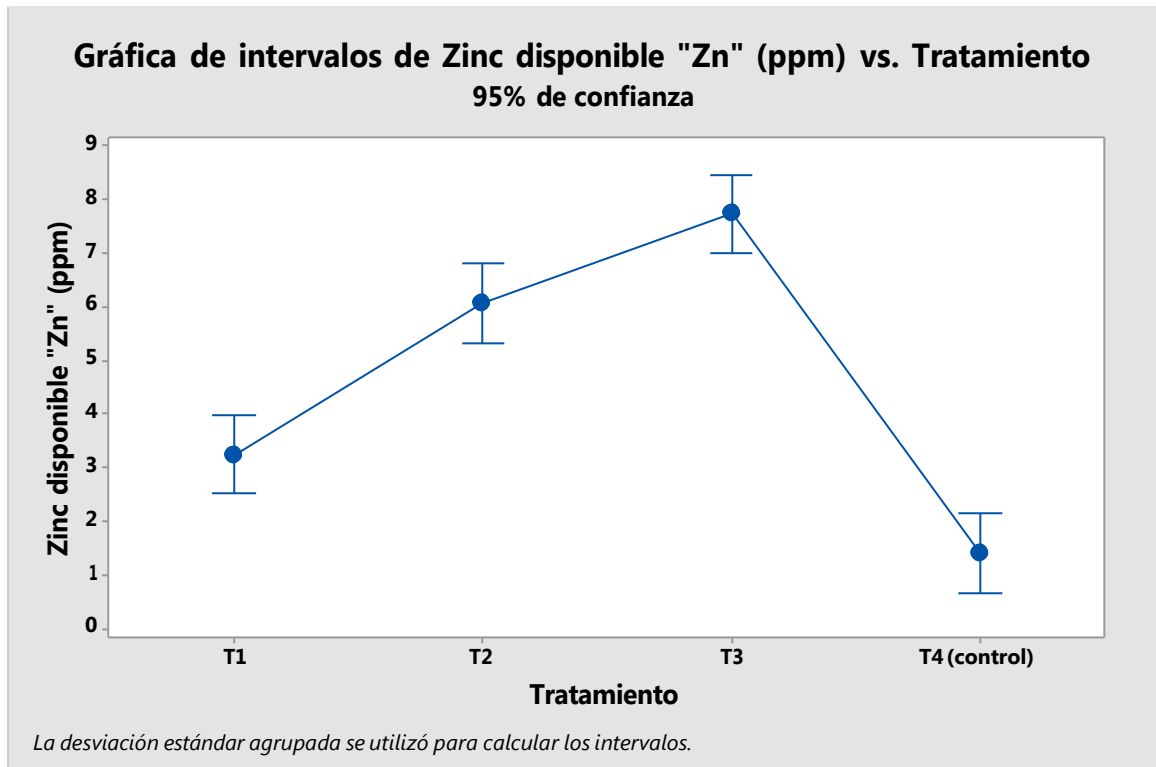
Fuente: Elaboración propia, 2015.

P-valor: $P = 0.021$

Decisión: $P = 0.021 < \alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que las varianzas de los tratamientos con respecto al Zinc disponible "Zinc" (ppm) no son homogéneas entre los 4 tratamientos.

Gráfico N° 34: Intervalos de Zinc disponible "Zn" (ppm) por tratamiento,
Minitab 17



Fuente: Elaboración propia, 2015

Las pruebas de normalidad de errores y homogeneidad de varianza demostraron que los resultados concernientes al Zinc disponible "Zn" (ppm) tienen una distribución no paramétrica, entonces se aplica la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

- **Prueba de Kruskal- Wallis**

Hipótesis:

$$H_0 = 1 = 2 = 3 = 4$$

$$H_1 = A_1$$

Nivel de significancia:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Tabla N° 55: Prueba de Kruskal- Wallis, Zinc disponible “Zn” (ppm) Vs tratamiento

Tratamiento	N	Mediana	Clasificación del promedio	z
T1	4	3.250	6.5	-0.97
T2	4	6.100	10.8	1.09
T3	4	8.000	14.3	2.79
T4 (control)	4	1.400	2.5	-2.91
General	16		8.5	

Fuente: Elaboración propia, 2015

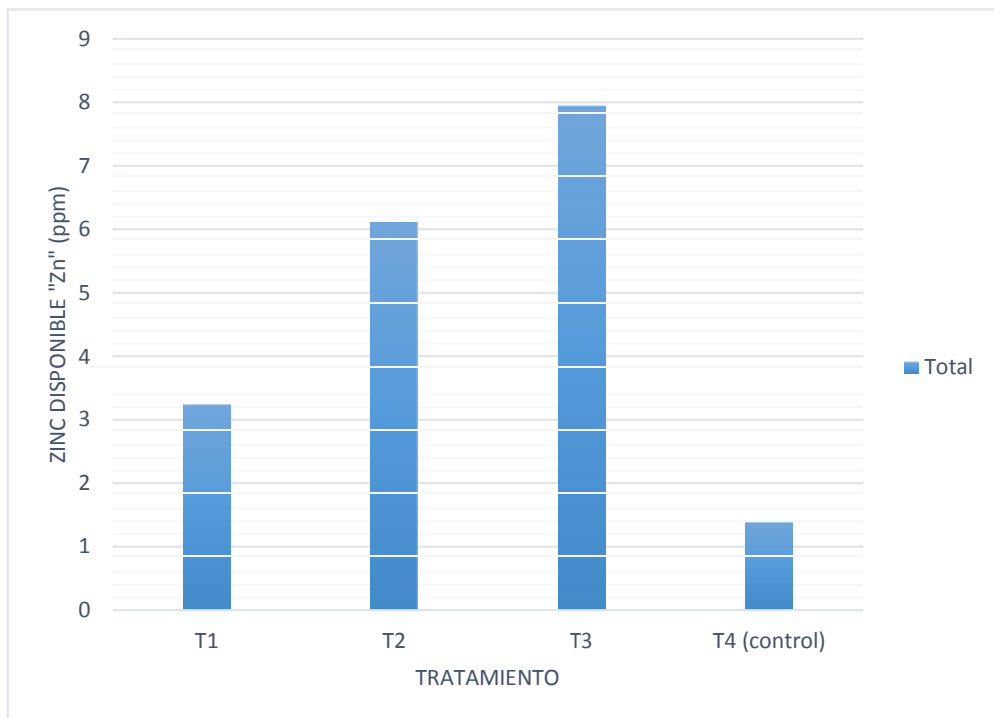
H =13.79 GL = 3 P = 0.003

P-valor: P = 0.003

Decisión: P = 0.003 < α = 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con una significancia del 5%, se afirma que los promedios del Zinc disponible “Zn” son diferentes entre los tratamientos. Es decir existen diferencias significativas entre los tratamiento.

Gráfico N° 35: Zinc disponible “Zn” (ppm) Vs Tratamiento



Fuente: Elaboración propia, 2015

Tabla N° 52: Rendimiento; Zinc disponible “Zn” (ppm) Vs tratamiento

Tratamiento	Rendimiento (%)
T1	132.1
T2	335.7
T3	471.4
T4 (control)	0.0

Fuente: Elaboración propia, 2015

En el gráfico N° 35 se evidencio un aumento del Zinc “Zn” (ppm) en todos los tratamiento que contenían Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación, este aumento se puede explicar por los aditivos utilizados para la producción de Biocarbón (vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación), el aumento del Zinc “Zn” (ppm) más significativo con respecto al control “1.4 ppm” lo tuvo el tratamiento 3 (15% de Biocarbón) con “8.00 ppm” , seguido por el tratamiento 2 (10% de Biocarbón) con “6.1 ppm” y el tratamiento 1 (5% de Biocarbón) con “3.25 ppm” respectivamente. Se puede observar una tendencia en los tratamiento, que ha mayor aplicación de Biocarbón se observa una mayor cantidad de Zinc “Zn” ppm. Sin embargo según (Lehmann & Joseph, Biochar for Environmental Management, 2010) la aplicación máxima de Biocarbón que puede asimilar un suelo es el 30%. El tratamiento 3 el cual fue el que obtuvo el resultado más alto puede ser clasificado como un suelo con alto contenido de Zinc y el rendimiento en comparación al estado inicial fue del 471.4%.

3.1.3. Con respecto a los análisis de cobertura vegetal (*Solanum Multifidum Lam*)

a. Porcentaje y velocidad de germinación

Todos los tratamiento obtuvieron un porcentaje de germinación del 100% sin embargo se pudo evidenciar diferencias significativas en cuanto a la velocidad de germinación. Siendo los tratamientos que tienen Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación predominantes en cuanto a velocidad de germinación.

Tabla N° 53: Porcentaje de germinación Vs tratamiento

	Tratamientos (% de Biocarbón)			
	T1 (5%)	T2 (10%)	T3 (15%)	T4 (0% Control)
Porcentaje de germinación (%)	100%	100%	100%	100%
	100%	100%	100%	100%
	100%	100%	100%	100%
	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla N° 54: Velocidad de germinación Vs tratamiento

	Tratamientos (% de Biocarbón)			
	T1 (5%)	T2 (10%)	T3 (15%)	T4 (0% Control)
Velocidad de Germinación (n° planta / día)	2.00	2.50	1.67	1.25
	1.70	2.50	1.67	1.11
	2.00	3.33	2.00	1.25
	2.00	2.50	1.67	1.11

Fuente: Elaboración propia, 2015.

*Pruebas estadísticas velocidad de germinación (n° planta / día)

- Prueba de Normalidad de errores

Hipótesis:

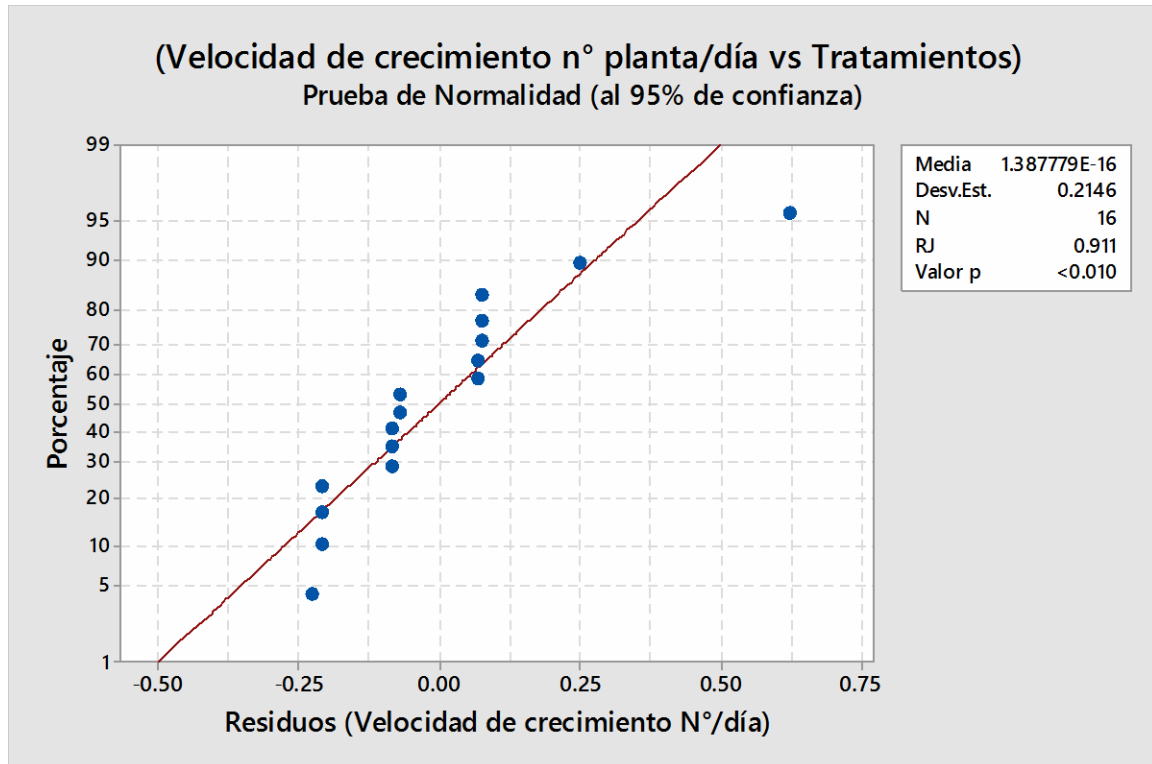
$$H_0 =$$

$$H_1 =$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Gráfico N° 36: Resultados prueba de normalidad de errores, Minitab 17



Fuente: Elaboración propia, 2015

P-valor: $P = 0.01$

Decisión: $P = 0.01 < \alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que los residuos de los tratamientos con respecto a la velocidad de germinación no tienen distribución normal.

- **Homogeneidad de varianzas**

Hipótesis:

$$H_0 = \sigma^2 = \sigma^2_1 = \sigma^2_2 = \sigma^2_3$$

$$H_1 = A$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Se utiliza el método de Bartlett

Tabla N° 55: Prueba de Bartlett, velocidad de germinación Vs tratamiento

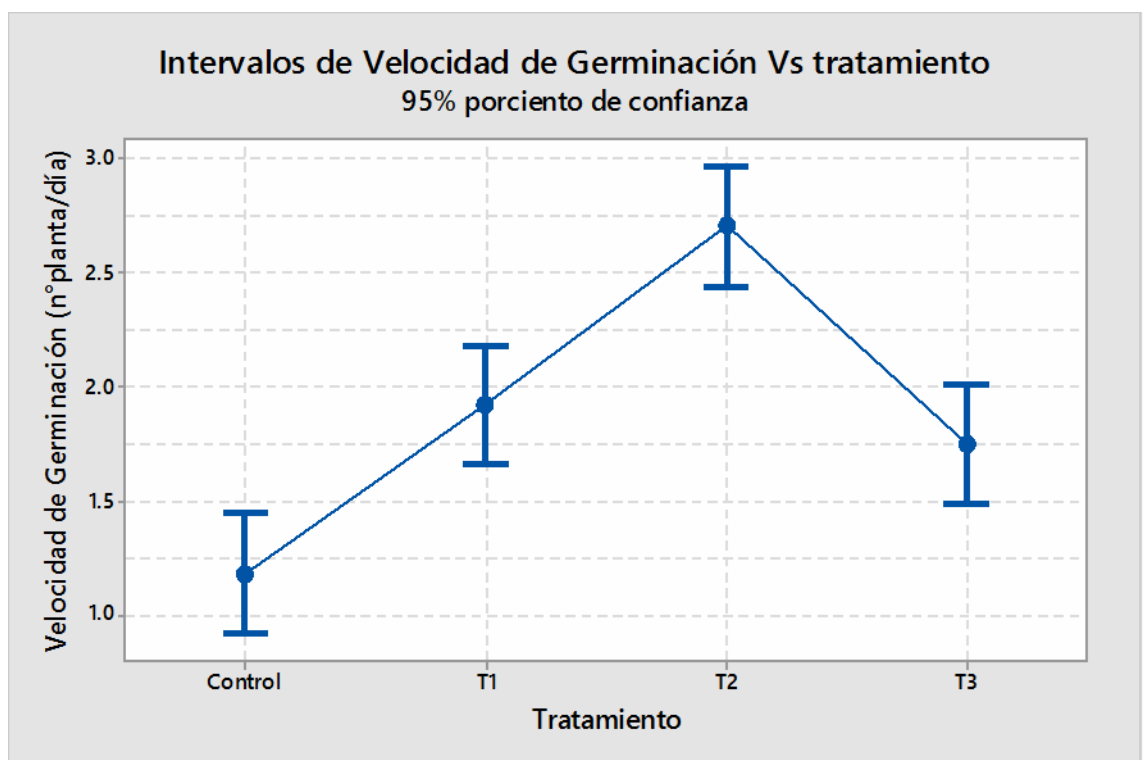
Método	Estadística de prueba	Valor de P
Bartlett	7.26	0.064

P-valor: $P = 0.064$

Decisión: $P = 0.064 > \alpha = 0.05$, entonces no se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que las varianzas de los tratamientos con respecto a la velocidad de germinación son homogéneas entre los 4 tratamientos.

Gráfico N° 37 Intervalos de velocidad de germinación por tratamiento, Minitab 17



Fuente: Elaboración propia, 2015

Las pruebas de normalidad de errores y homogeneidad de varianza demostraron que los resultados concernientes a la velocidad de germinación tienen una distribución no paramétrica, entonces se aplica la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

- **Prueba de Kruskal- Wallis**
Hipótesis:

$$H_0 = 1 = 2 = 3 = 4$$

$$H_1 = A_1$$

Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$

Resultados del Minitab 17:

Tabla N° 56: Prueba de Kruskal- Wallis, velocidad de germinación Vs tratamiento

Tratamiento	N	Mediana	Clasificación del promedio	z
T1	4	2.000	9.9	0.67
T2	4	2.500	14.5	2.91
T3	4	1.667	7.1	- 0.67
T4 (control)	4	1.181	2.5	- 2.91
General	16		8.5	

Fuente: Elaboración propia, 2015

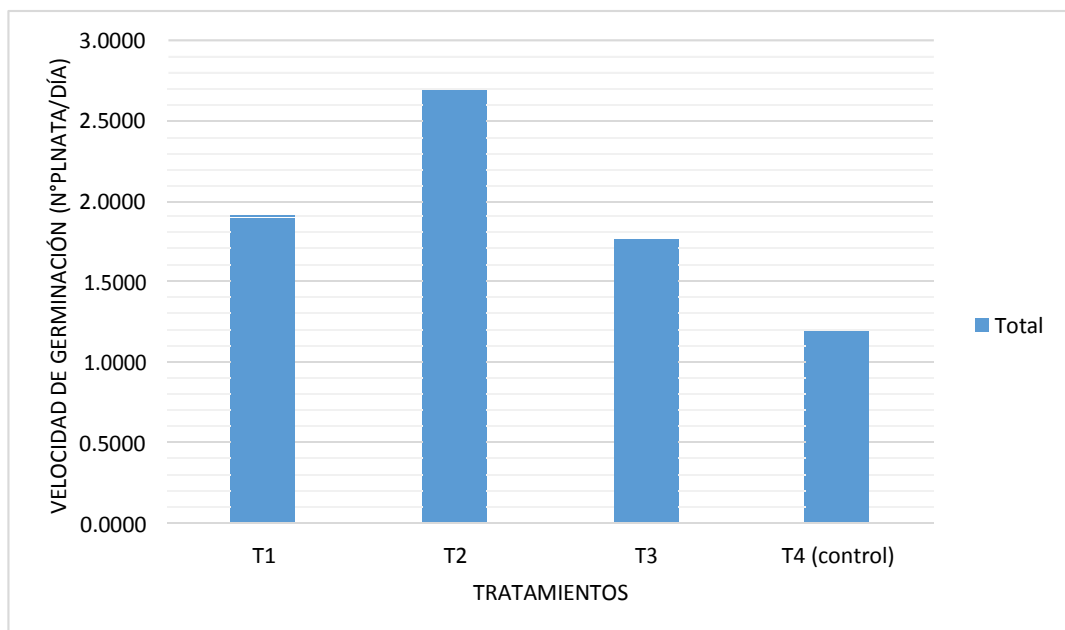
H = 13.78 GL = 3 P = 0.003

P-valor: P = 0.003

Decisión: P = 0.003 < $\alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con una significancia del 5%, se afirma que los promedios de la velocidad de germinación son diferentes entre los tratamientos.

Gráfico N° 38: Velocidad de germinación Vs Tratamiento



Fuente: Elaboración propia, 2015

Se demuestra que el uso de Biocarbón a base de vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación acelera la germinación de las semillas de la especie *Solanum Multifidum Lam* esto se puede deber a la capacidad del Biocarbón de retener humedad, brindándole a la semilla de la planta las condiciones idóneas para su germinación, el mejor resultado lo tuvo el tratamiento 2 (10% de Biocarbón) el tratamiento con menor rendimiento fue el tratamiento 4 (control).

Se evidencio que en todos los tratamientos, incluido el tratamiento 4 el cual es el control, un 100% de germinación esto es debido a que la especie crece por si sola con esas condiciones, sin embargo el Biocarbón tuvo mejor resultado en cuanto a velocidad de germinación.



Figura N° 32 Cuadrante T1-R1 con 100% de germinación al 6 día de siembra.

Fuente: Elaboración propia, 2015



Figura N° 33 Cuadrante T4-R1 con 100% de germinación al 8 día de siembra.

Fuente: Elaboración propia, 2015

b. Crecimiento y velocidad de crecimiento

El crecimiento y la velocidad de crecimiento fueron mucho mayor en los tratamientos con Biocarbón, esto debido al aporte de micro y macro nutriente.

Tabla N° 57: Crecimiento (cm) Vs tratamiento

	Tratamientos (% de Biocarbón)			
	T1 (5%)	T2 (10%)	T3 (15%)	T4 (0% Control)
Crecimiento (cm)	50.860	52.860	42.330	14.770
	48.220	53.010	43.330	15.620
	48.250	53.110	42.340	13.720
	51.900	53.190	41.330	16.270

Fuente: Elaboración propia, 2015

Tabla N° 58: Velocidad de crecimiento (cm/día) Vs tratamiento

	Tratamientos (% de Biocarbón)			
	T1 (5%)	T2 (10%)	T3 (15%)	T4 (0% Control)
Velocidad de crecimiento (cm/día)	2.422	2.517	2.040	0.703
	2.296	2.524	2.063	0.744
	2.298	2.529	2.016	0.653
	2.471	2.533	1.968	0.775

Fuente: Elaboración propia, 2015

b.1. Crecimiento de la especie *Solanum Multifidum Lam.*

*Pruebas estadísticas de crecimiento (cm)

- Prueba de Normalidad de errores

Hipótesis:

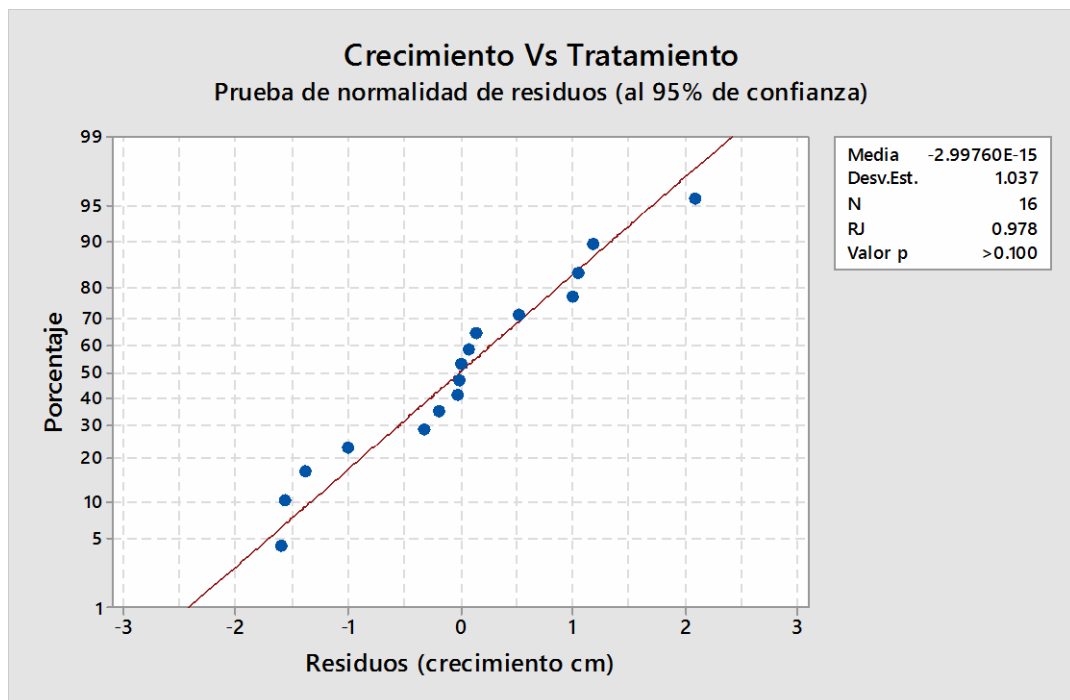
$$H_0 =$$

$$H_1 =$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Gráfico N° 39 Resultados prueba de normalidad de errores, Minitab 17



Fuente: Elaboración propia, 2015

P-valor: P = 0.100

Decisión: P = 0.100 > α = 0.05, entonces no se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que los residuos de los tratamientos con respecto al crecimiento tienen distribución normal.

- **Homogeneidad de varianzas**

Hipótesis:

$$H_0 = \sigma^2 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2$$

$$H_1 = A$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Se utiliza el método de Bartlett

Tabla N° 59: Prueba de Bartlett, crecimiento Vs tratamiento

Método	Estadística de prueba	Valor de P
Bartlett	10.67	0.014

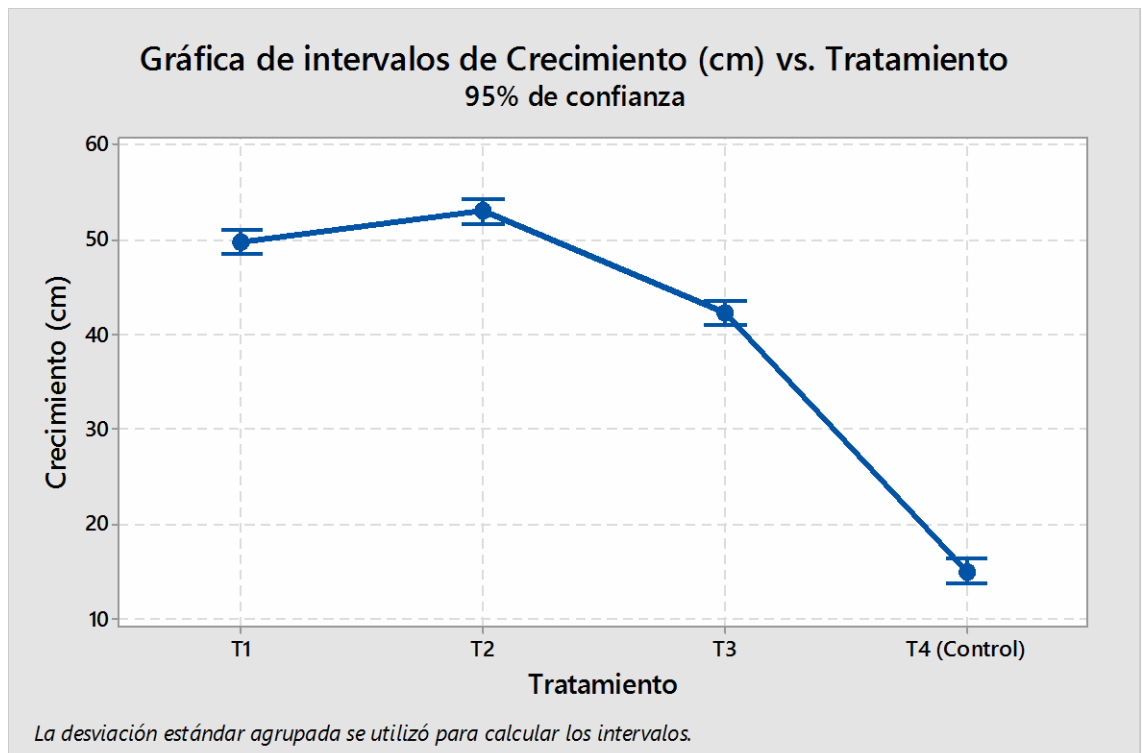
Fuente: Elaboración propia, 2015

P-valor: $P = 0.014$

Decisión: $P = 0.014 < \alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que las varianzas de los tratamientos con respecto a al crecimiento no son homogéneas entre los 4 tratamientos.

Gráfico N° 40 Intervalos de crecimiento (cm) Vs tratamiento, Minitab 17



Fuente: Elaboración propia, 2015

Las pruebas de normalidad de errores y homogeneidad de varianza demostraron que los resultados concernientes a al crecimiento tienen una distribución no paramétrica, entonces se aplica la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

- **Prueba de Kruskal- Wallis**
Hipótesis:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$$

Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$

Resultados del Minitab 17:

Tabla N° 60: Prueba de Kruskal- Wallis, crecimiento (cm) Vs tratamiento

Tratamiento	N	Mediana	Clasificación del promedio	z
T1	4	49.56	10.5	0.97
T2	4	53.06	14.5	2.91
T3	4	42.34	6.5	0.97
T4 (control)	4	15.20	2.5	- 2.91
General	16		8.5	

Fuente: Elaboración propia, 2015

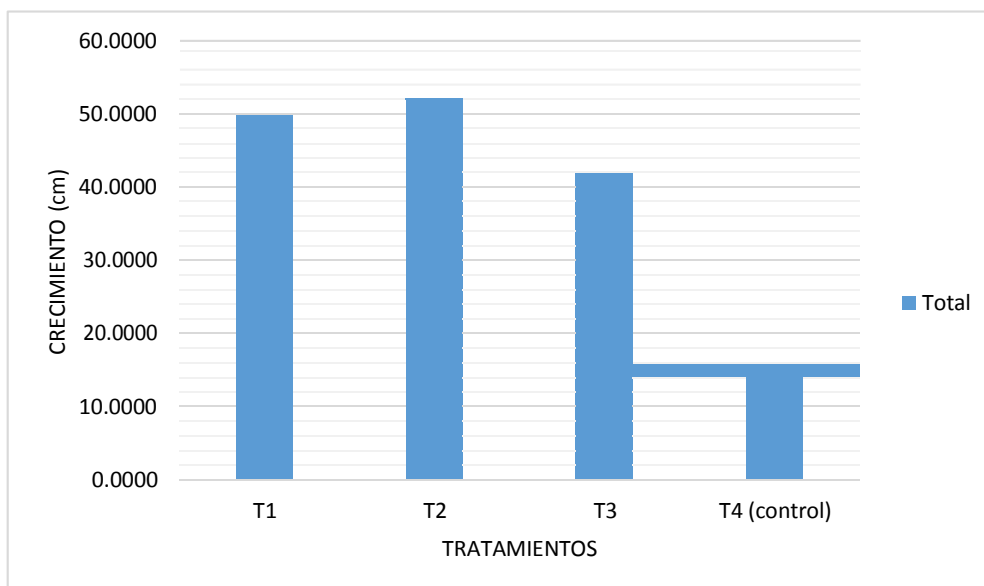
H = 14.12 GL = 3 P = 0.003

P-valor: P = 0.003

Decisión: P = 0.003 < $\alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con una significancia del 5%, se afirma que los promedios del crecimiento son diferentes entre los tratamientos.

Gráfico N° 41: Crecimiento (cm) Vs Tratamiento



Fuente: Elaboración propia, 2015

Se demuestra que el uso de Biocarbón a base de vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación favorece el crecimiento de la especie *Solanum Multifidum Lam*, esto se debe a que el Biocarbón proporciona micro y macro nutrientes que acelera su crecimiento, el mejor resultado lo tuvo el tratamiento 2 (10% de Biocarbón) seguido del tratamiento 1 (5% de Biocarbón), sin embargo se evidenció que el tratamiento 3 (15% de Biocarbón) tuvo un menor resultado en comparación a los tratamiento 1 y 2, esto se pudo deber a que al llegar al 15% de biocarbón en el sustrato el crecimiento de la especie *Solanum Multifidum Lam* se ve afectada por saturación. El tratamiento con menor rendimiento fue el tratamiento 4 (control).



Figura N° 34: Cuadrante T2-R1, *Solanum Multifidum Lam*.

Fuente: Elaboración propia, 2015



Figura N° 35: Cuadrante T4-R1, *Solanum Multifidum Lam*.

Fuente: Elaboración propia, 2015

b.2. Velocidad de Crecimiento de la especie *Solanum Multifidum* Lam.

***Pruebas estadísticas velocidad de crecimiento (cm/día)**

- **Prueba de Normalidad de errores**

Hipótesis:

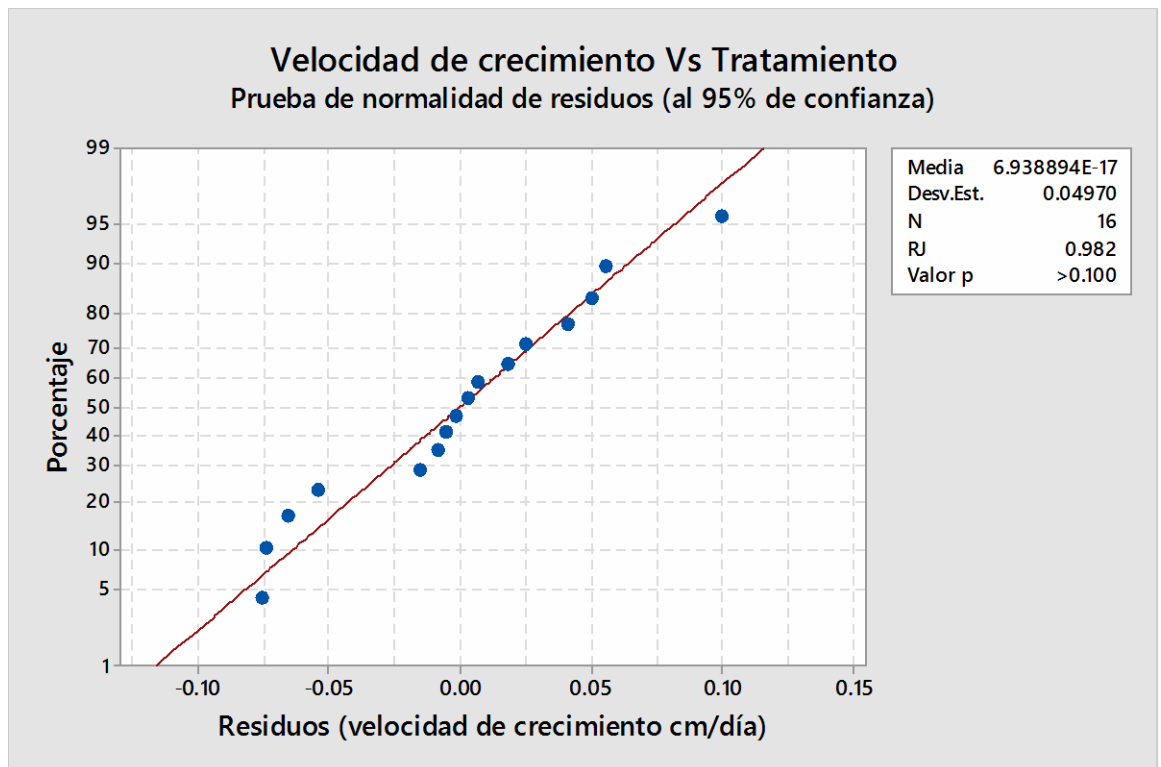
$$H_0 =$$

$$H_1 =$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Gráfico N° 42: Resultados prueba de normalidad de errores, Minitab 17



Fuente: Elaboración propia, 2015

P-valor: $P = 0.100$

Decisión: $P = 0.100 > \alpha = 0.05$, entonces no se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que los residuos de los tratamientos con respecto a la velocidad de crecimiento tienen distribución normal.

- **Homogeneidad de varianzas**

Hipótesis:

$$H_0 = \sigma^2_1 = \sigma^2_2 = \sigma^2_3 = \sigma^2_4$$

$$H_1 = A$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Se utiliza el método de Bartlett

Tabla N° 61: Prueba de Bartlett, velocidad de crecimiento Vs tratamiento

Método	Estadística de prueba	Valor de P
Bartlett	10.55	0.014

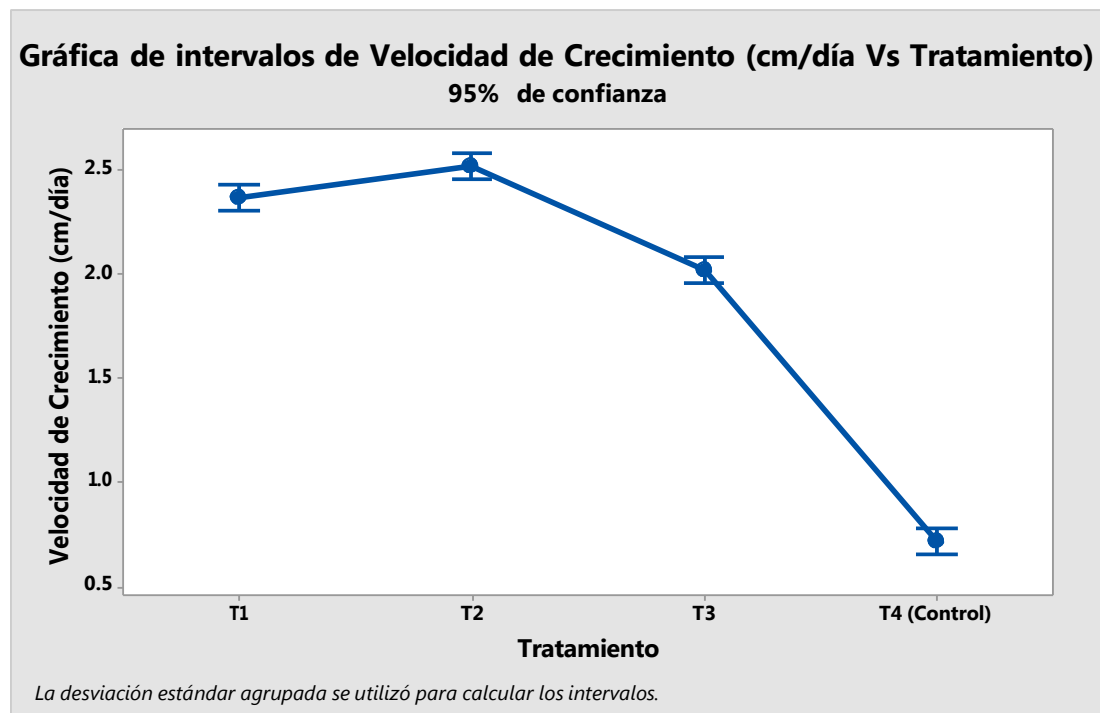
Fuente: Elaboración propia, 2015

P-valor: P = 0.014

Decisión: P = 0.014 < $\alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que las varianzas de los tratamientos con respecto a al crecimiento no son homogéneas entre los 4 tratamientos.

Gráfico N° 43: Intervalos de velocidad de crecimiento (cm/día) Vs tratamiento.



Fuente: Elaboración propia, 2015

Las pruebas de normalidad de errores y homogeneidad de varianza demostraron que los resultados concernientes a la velocidad de crecimiento tienen una distribución no paramétrica, entonces se aplica la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

- **Prueba de Kruskal- Wallis**
Hipótesis:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$$H_1 = A \neq A_1$$

Nivel de significancia:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Tabla N° 62: Prueba de Kruskal- Wallis, velocidad de crecimiento Vs tratamiento

Tratamiento	N	Mediana	Clasificación del promedio	z
T1	4	2.3598	10.5	0.97
T2	4	2.5267	14.5	2.91
T3	4	2.0281	6.5	-0.97
T4 (control)	4	0.7236	2.5	- 2.91
General	16		8.5	

Fuente: Elaboración propia, 2015

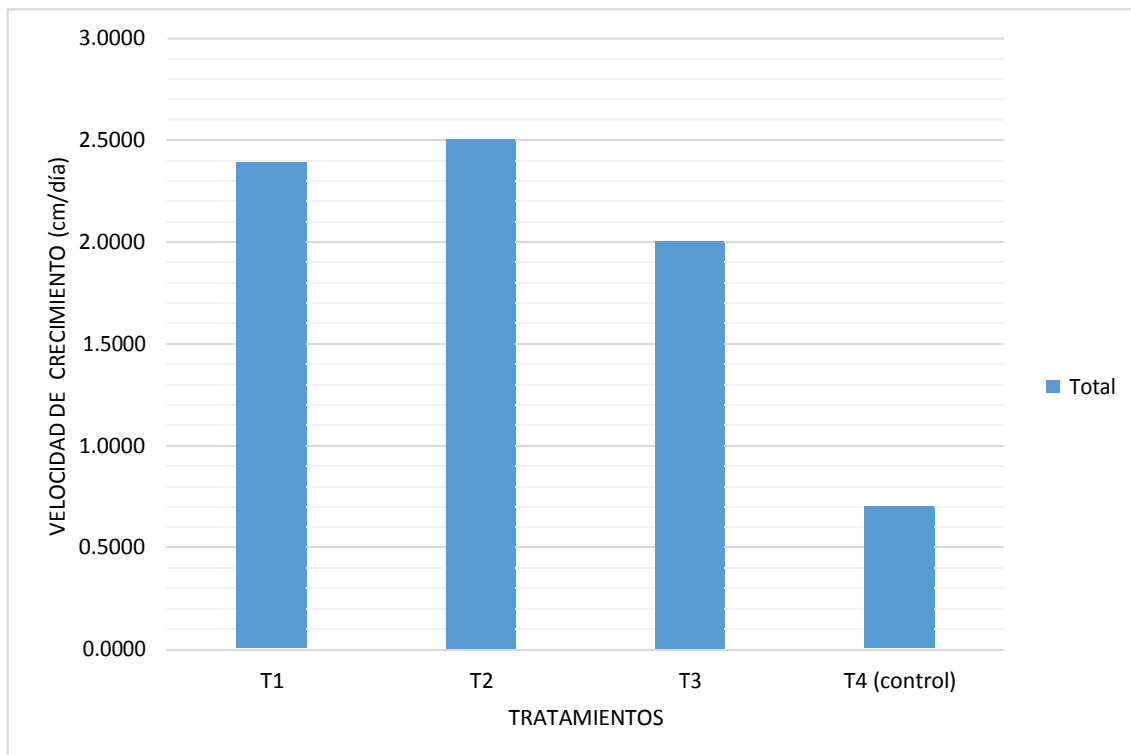
$$H = 14.12 \quad GL = 3 \quad P = 0.003$$

P-valor: $P = 0.003$

Decisión: $P = 0.003 < \alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con una significancia del 5%, se afirma que los promedios de la velocidad de crecimiento son diferentes entre los tratamientos.

Gráfico N° 44: Velocidad de crecimiento Vs Tratamiento



Fuente: Elaboración propia, 2015

Se demuestra que el uso de Biocarbón a base de vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación favorece en la velocidad de crecimiento de la especie *Solanum Multifidum Lam*, esto se debe a que el Biocarbón proporciona micro y macro nutrientes que acelera la velocidad de crecimiento, el mejor resultado lo tuvo el tratamiento 2 (10% de Biocarbón) seguido del tratamiento 1 (5% de Biocarbón), sin embargo se evidenció que el tratamiento 3 (15% de Biocarbón) tuvo un menor resultado en comparación a los tratamiento 1 y 2, esto se pudo deber a que al llegar al 15% de Biocarbón en el sustrato la velocidad de crecimiento de la especie *Solanum Multifidum Lam* se ve afectada por esa proporción de aditamento. El tratamiento con menor rendimiento fue el tratamiento 4 (control).



Figura N° 36 Cuadrante T2-R1, *Solanum Multifidum* Lam.

Fuente: Elaboración propia, 2015



Figura N° 37 Cuadrante T4-R1, *Solanum Multifidum* Lam.

Fuente: Elaboración propia, 2015

c. Estado fitosanitario

El estado fitosanitario de las *Solanum Multifidum Lam* fue muy bueno, las plantas que contenían Biocarbón en su sustrato y el control (0% de Biocarbón) presentaron un estado aceptable. Sin embargo la floración y fructificación fue mucho mayor en los tratamientos que contenía Biocarbón.

Tabla N° 63: Rango establecido para clasificar el estado fitosanitario

Codificación	Clasificación	Observaciones
5	Excelente	Floración y fructificación abundante
4	Bueno	Floración y fructificación aceptable
3	Regular	Floración y fructificación escasa
2	Malo	Floración y fructificación deficiente
1	Muy Malo	Sin Floración y fructificación

Fuente: Elaboración propia, 2015

Tabla N° 64: Estado fitosanitario Vs tratamiento

	Tratamientos (% de Biocarbón)			
	T1 (5%)	T2 (10%)	T3 (15%)	T4 (0% Control)
Estado Fitosanitario	4.75	4.50	4.75	3.25
	5.00	5.00	4.50	3.75
	4.50	5.00	5.00	3.75
	5.00	4.50	4.75	3.75

Fuente: Elaboración propia, 2015

***Pruebas estadísticas velocidad de crecimiento (cm/día)**

- Prueba de Normalidad de errores**

Hipótesis:

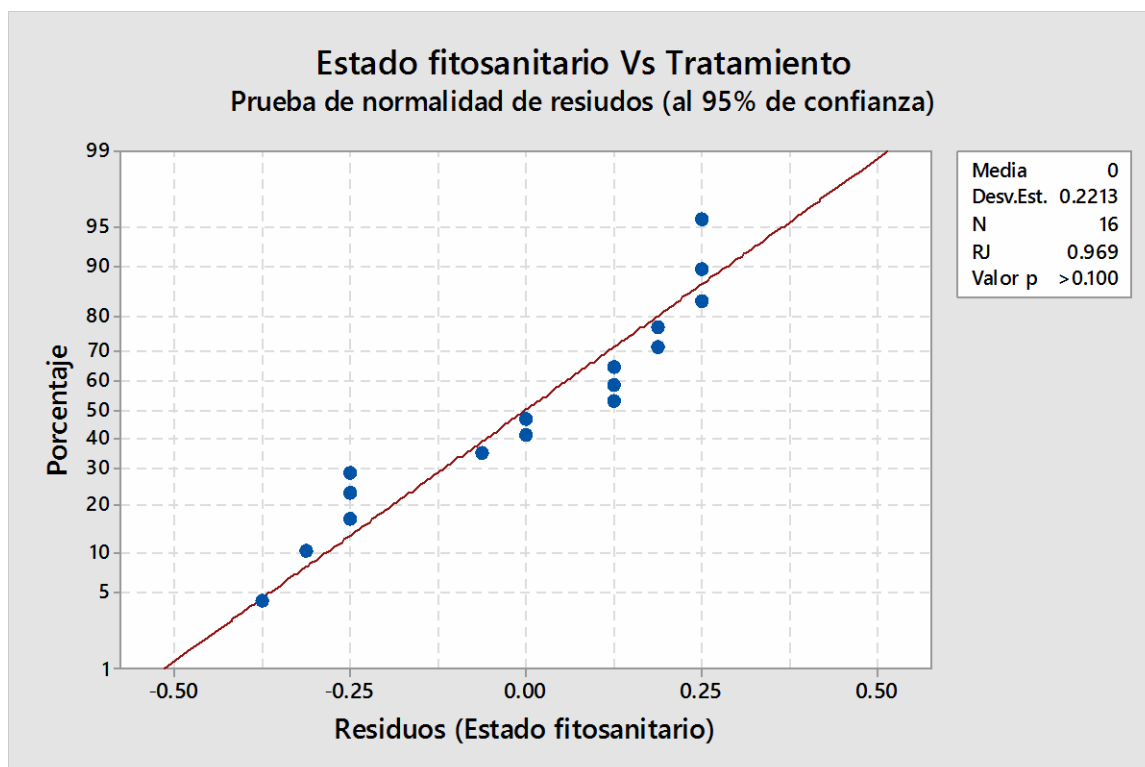
$$H_0 =$$

$$H_1 =$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Gráfico N° 45: Resultados prueba de normalidad de errores, Minitab 17



Fuente: Elaboración propia, 2015

P-valor: $P = 0.100$

Decisión: $P = 0.100 > \alpha = 0.05$, entonces no se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que los residuos de los tratamientos con respecto al estado fitosanitario tienen distribución normal.

- **Homogeneidad de varianzas**

Hipótesis:

$$H_0 = \sigma^2 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2$$

$$H_1 = A$$

Nivel de significación:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Se utiliza el método de Bartlett

Tabla N° 63: Prueba de Bartlett, Estado fitosanitario Vs tratamiento

Método	Estadística de prueba	Valor de P
Bartlett	0.32	0.957

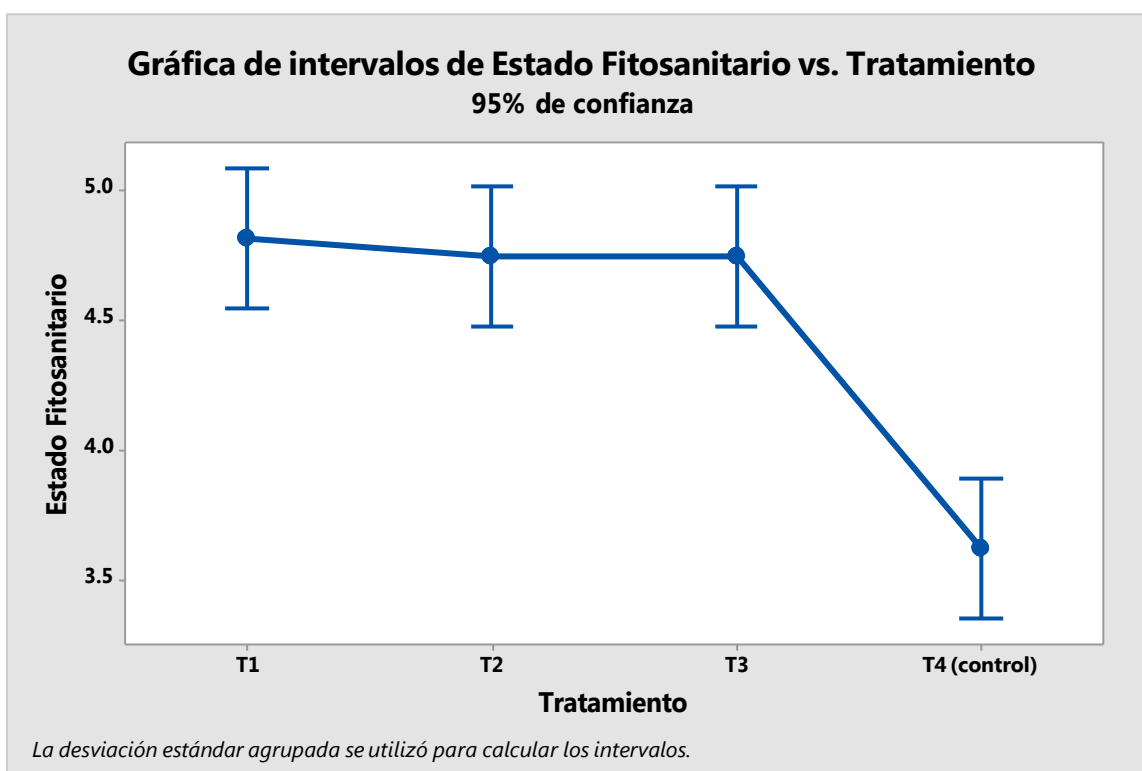
Fuente: Elaboración propia, 2015

P-valor: $P = 0.957$

Decisión: $P = 0.957 > \alpha = 0.05$, entonces no se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con un nivel de significancia del 5%, se afirma que las varianzas de los tratamientos con respecto al estado fitosanitario son homogéneas entre los 4 tratamientos.

Gráfico N° 46: Intervalos del Estado fitosanitario Vs tratamiento.



Fuente: Elaboración propia, 2015

Las pruebas de normalidad de errores y homogeneidad de varianza demostraron que los resultados concernientes al estado fitosanitario tienen una distribución paramétrica, entonces se aplica la prueba de ANOVA con un factor (unidireccional).

- **ANOVA unidireccional: Estado Fitosanitario vs. Tratamiento**

Hipótesis:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2$$

Nivel de significancia:

$$\alpha = 0.05$$

Resultados del Minitab 17:

Tabla N° 64: Prueba de ANOVA unidireccional, Estado fitosanitario Vs tratamiento

Fuente	GL	SC. Ajust.	MC. Ajust.	Valor F	Valor P
Tratamiento	3	3.9492	1.31642	21.51	0.000
Error	12	0.7344	0.06120		
Total	15	4.6836			

Fuente: Elaboración propia, 2015

P-valor: P = 0.000

Decisión: P = 0.000 < α = 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula.

Conclusión: Con una significancia del 5%, se afirma que los promedios del estado fitosanitario son diferentes entre los tratamientos.

- **Prueba de Tukey**

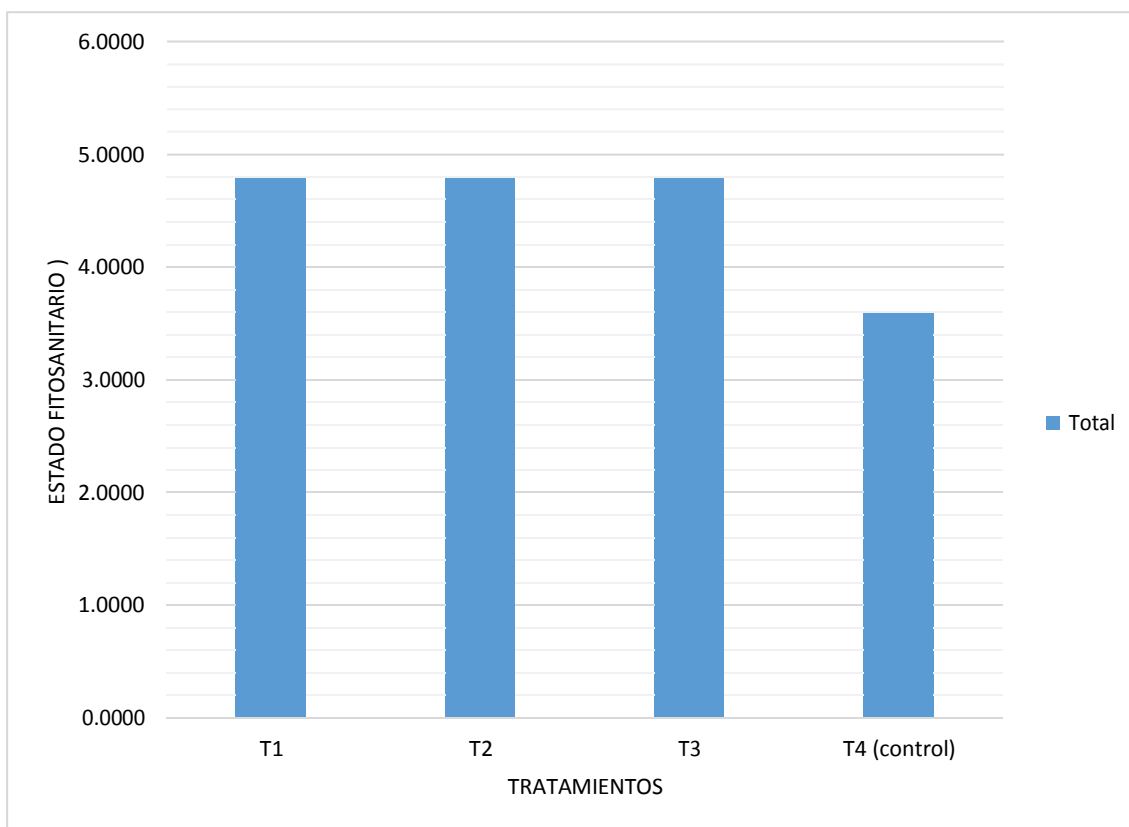
Tabla N° 65: Prueba de Tukey, Estado fitosanitario Vs tratamiento

Tratamiento	N	Media	Agrupación
T1	4	4.813	A
T2	4	4.750	A
T3	4	4.750	A
T4 (control)	4	3.625	B

Fuente: Elaboración propia, 2015

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Gráfico N° 47: Estado Fitosanitario Vs Tratamiento



Fuente: Elaboración propia, 2015

Se demuestra que el uso de Biocarbón a base de vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación favorece el desarrollo de la especie *Solanum Multifidum Lam*, esto se debe a que el Biocarbón proporciona micro y macro nutrientes que favorece el desarrollo de esta especie. Si bien es cierto todos los tratamiento ha demostrado tener un estado fitosanitario aceptable es evidente que los tratamiento 1, 2 y 3 que contienen Biocarbón han tenido un mejor resultado que el control (0% de Biocarbón).

La floración y fructificación fue mucho mayor en los tratamientos con Biocarbón.



Figura N° 38: Cuadrante T2-R1, *Solanum Multifidum* Lam.

Fuente: Elaboración propia, 2015



Figura N° 39 Cuadrante T4-R1, *Solanum Multifidum* Lam.

Fuente: Elaboración propia, 2015



Figura N° 40: Floración Cuadrante T2-R1, *Solanum Multifidum* Lam.

Fuente: Elaboración propia, 2015



Figura N° 41: Fructificación Cuadrante T2-R1, *Solanum Multifidum* Lam.

Fuente: Elaboración propia, 2015

IV. DISCUSIÓN

4.1. Con respecto a los análisis del Biocarbón Producido.

El Biocarbón producido a base de restos vegetales con aditivos de vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación muestra condiciones de haber adherido a su estructura micro y macro nutrientes. Esto se puede afirmar debido a los análisis de suelos realizados, que demuestran un aumento significativo. El Biocarbón producido a 600°C presentó una buena porosidad que facilitó la fijación de los aditivos, tal como expone (Mohan et al, 2006). La relación C: N del Biocarbón es 12.10 lo cual es bajo y a la vez es bueno esto significa que hay mucho nitrógeno y poca energía. Una parte del N liberado es tomado por los microorganismos y el resto es incorporado al suelo y puede ser absorbido por las plantas. En cuanto a la CIC que fue de 8 meq/100g él es bajo no perjudica en nada el efecto del Biocarbón dado que este es un estructurador de suelos mas no un abono, tal como expone (Lehmann, et al., 2002) la CIC del Biocarbón es cambiante en el tiempo y tiende en ir en aumento.

4.2. Con respecto a los análisis de caracterización de suelo

Según manifiesta (Glaser, Haumaier, Guggerberger, & Zech, 2001) “Los cambios que se puede evidenciar tras la aplicación del Biocarbón en el suelo es un aumento del pH”, Asimismo (Lehmann, et al., 2002) sostiene que los suelos a los cuales se le incorpora Biocarbón presentan una mayor fijación y disponibilidad de macronutrientes y micronutrientes como el fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B) y molibdeno (Mo) asociada con una mayor retención del nitrógeno (N) y la ausencia de lixiviación de magnesio (Mg) y calcio (Ca), además de un aumento de la materia orgánica.

Los resultados de los tratamientos que contenían Biocarbón elaborado a base de vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación mostraron lo siguiente:

- **pH:** El pH en todos los tratamientos que contenían biocarbón aumento ligeramente. No se observó una tendencia de aumento con relación a mayor adición de biocarbón. Sin embargo la variación de los datos no fue significativa.
- **CE:** Los tratamiento no presentan ninguna variación significativa en cuanto a la conductividad eléctrica, esto demuestra que el Biocarbón no tiene relación con el aumento o disminución de CE.
- **Materia Orgánica (MO%):** La materia orgánica de los tratamiento con Biocarbón mostraron un aumento significativo, mostrando una tendencia directamente proporcional en cuando a la adición de Biocarbón, llegando a tener el tratamiento 3 un rendimiento del 760.9% en función al control.
- **Fósforo disponible “P” (ppm):** Se evidencio un aumento significativo en el aumento del fósforo este se pudo deber a la adición de las vísceras de pescado, se mostró una tendencia directamente proporcional en cuanto a la adición de Biocarbón. Sin embargo la concentración de fósforo es alta.
- **Potasio disponible “K” (ppm):** Se evidencio un aumento significativo en el aumento del Potasio este se pudo deber a la adición de las vísceras de pescado, se mostró una tendencia directamente proporcional en cuanto a la adición de Biocarbón. Sin embargo la concentración de Potasio es alta.
- **Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) meq/100g:** La CIC de los tratamientos con Biocarbón experimentó un aumento, esto cumple con lo expuesto por todos autores que trabajan con Biocarbón y está directamente relacionado con el aumento de la materia orgánica y la fijación de los macro y micro nutriente (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+)
- **Boro disponible “B” (ppm):** Se evidencio un aumento significativo en el aumento del Boro, se mostró una tendencia directamente proporcional en cuanto a la adición de Biocarbón.
- **Cobre disponible “Cu” (ppm):** Se evidencio un aumento significativo en el aumento del Boro, se mostró una tendencia directamente proporcional en cuanto a la adición de Biocarbón.

- Hierro disponible “Fe” (ppm): Se evidencio un aumento significativo en el aumento del Hierro, se mostró una tendencia directamente proporcional en cuanto a la adición de Biocarbón.
- Manganeso disponible “Mn” (ppm): Se evidencio un aumento significativo en el aumento del Manganeso, se mostró una tendencia directamente proporcional en cuanto a la adición de Biocarbón.
- Zinc disponible “Zn” (ppm): Se evidencio un aumento significativo en el aumento del Zinc, se mostró una tendencia directamente proporcional en cuanto a la adición de Biocarbón.

Los resultados descritos muestra un aumento significativo en la mayoría de los parámetros analizados esto está dentro de lo esperado y coincide con los descrito por (Glaser, Haumaier, Guggerberger, & Zech, 2001) y (Lehmann, et al., 2002).

4.3. Con respecto a los análisis de cobertura vegetal (*Solanum Multifidum Lam*)

El porcentaje de germinación fue igual en todos los tratamientos, incluido el control (0% de biocarbón) esto se debe a que la especie *Solanum Multifidum Lam* crece naturalmente en este tipo de suelos, sin embargo la velocidad de germinación fue mucho mayor en los tratamientos que contienen Biocarbón. Esto se debe a que el Biocarbón pudo retener mucho más tiempo la humedad, lo cual es muy importante para la germinación.

El crecimiento y la velocidad de crecimiento de la especie fue mucho mayor en los tratamientos con Biocarbón principalmente el tratamiento 2, es importante entender que muchas adiciones de Biocarbón pueden ser benéfica para algunas especies y para otras no, llegamos al término de saturación. En cuanto al estado fitosanitario se consideró floración y fructificación en una escala personalizada, los tratamientos con Biocarbón han mostrado un notable desarrollo en comparación al control. (De Luca,

Mac Kenzie, & Gundale, 2009) expone que la mejora de las propiedades químicas y físicas del suelo van a beneficiar el desarrollo óptimo de la cobertura vegetal, lo que permite la obtención de una mayor producción y mejores defensas.

V. CONCLUSIÓN

- El Biocarbón elaborado a base vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación influye directamente en la mejora de los suelos áridos del distrito de Ancón, apreciándose un notable aumento en los micro y macronutrientes en el suelo, así como un aumento de la materia orgánica. Esto ha ayudado a que el suelo mejore sus condiciones iniciales, asimismo la adición del Biocarbón al suelos árido no ha representado condiciones adversas.

- El porcentaje de Biocarbón que ha mostrado un mejor resultado en cuanto a la mejora del suelo ha sido el tratamiento 3 (15% de Biocarbón) aumentado las concentraciones de micro y macronutriente, así como la CIC y el aumento de la materia orgánica. Sin embargo este tratamiento contiene una alta concentración de fósforo que se pudo deber a la cantidad de vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación, la cual pudo ser excesivo. A pesar de ello los demás parámetros analizados mostraron una tendencia ascendente.

- Los tratamiento con Biocarbón mostraron:
 - Aumento en pH
 - Ninguna interacción con la CE
 - Aumento de la materia orgánica
 - Aumento del Fósforo disponible “P” (ppm)
 - Aumento del Potasio disponible “K” (ppm)
 - Aumento en la Capacidad de Intercambio Catiónico CIC (meq/100g)
 - Aumento del Boro disponible “B” (ppm)
 - Aumento del Cobre disponible “Cu” (ppm)
 - Aumento del Hierro disponible “Fe” (ppm)
 - Aumento del Manganeso disponible “Mn” (ppm)
 - Aumento del Zinc disponible “Zn” (ppm)

- Ninguna interacción con la textura del suelo.

- El Biocarbón elaborado a base de vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación mejora el desarrollo de la especie *Solanum multifidum Lam*, la mejora se evidencio en la velocidad de germinación, crecimiento, velocidad de crecimiento y el estado fitosanitario de la especie. Obteniéndose resultado notablemente sobresaliente en comparación al control.

VI. RECOMENDACIONES

- Debido a que el Biocarbón elaborado con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación, tal como todos los tipos de Biocarbón estudiados hasta la fecha por investigadores, no guardan ninguna relación con el aumento o disminución de la Conductividad eléctrica, se recomienda antes de su aplicación en las enmiendas un previo lavado del suelos antes de su aplicación esto para asegurar que la conductividad del suelo baje.
- Se recomienda que en próximas producciones del Biocarbón con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación reducir el porcentaje de los mismos, esto con el fin de reducir la cantidad de fósforo disponible en el Biocarbón, ya que la proporción utilizada en la presente tesis para la producción, demuestra que la cantidad de aditivos utilizados fue muy alta.
- Se recomienda experimentar con otras especies de tipo agrícola, para continuar con la experimentación y analizar más a fondo los beneficios del Biocarbón producido con vísceras de pescado y lodos de lagunas de oxidación.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Borchard, N., Ladd, B., Eschemann, S., Hegenberg, D., Mösel, M., & Amelung, W. (2014). *Black carbon and soil properties at historical charcoal production sites in Germany*. Geoderma.
- Brack, A., & Mendiola, C. (1997). *Ecología del Perú*. Lima: DGANMPE;INRENA.
- Cross, A., & Sohi, S. P. (2011). *The priming potential of biochar products in relation to labile carbon contents and soil organic matter status*. Edinburgh: ELSEVIER.
- De Luca, T., Mac Kenzie, M., & Gundale, M. (2009). *Biochar effects on soil nutrient transformations*. London: Earthscan.
- Dirección General de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre. (2015). *Guía de Flora de las Lomas de Lima*. Lima: Ministerio de Agricultura ,.
- Eguren, F. (2005). *La agricultura de la costa peruana*. Lima: Centro Peruano de Estudios Sociales.
- Fischer, D., & Glaser, B. (2012). *Synergisms between Compost and Biochar for Sustainable Soil Amelioration*. Halle-Germany: Institute of Agricultural and Nutritional Sciences, Soil Biogeochemistry.
- Gálvez, J. F. (2002). *El recursos suelos-agua en medios áridos y semiáridos*. Departamento Geoquímica Ambiental. Estación Experimental del Zaidín.
- geoinstitutos. (2010). *Geoinstitutos*. Obtenido de http://www.geoinstitutos.com/art_03_cober2.asp
- Glaser, B., Haumaier, L., Guggerberger, G., & Zech, W. (2001). *The "Tierra Preta" phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics*. Naturwissenschaften.
- Glaser, B., Lehmann, J., & Zech, W. (2002). *Biology and Fertility of Soils*.
- Gomero Osorio, L., & Velásquez Alcántara, H. (2000). *Manejo Ecológico de suelos*. Lima: Red de Acción en Alternativas al uso de Agroquímicos.

- Holdridge, L. R. (1967). *Life zone ecology*. San José, Costa Rica: Tropical Science Center.
- INEI. (2014). *11 de julio*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- Kolb, S. E., Fermanich, K. J., & Dornbush, M. E. (2009). *Effect of Charcoal Quantity on Microbial Biomass and Activity in Temperate Soils*. Wisconsin: Univ. of Wisconsin.
- Koutcheiko, S., Monreal, C., Kodama, H., McCracken, T., & Kotlyar, L. (2007). *Preparation and characterization of activated carbon derived from the thermo-chemical*. Bioresource Technology.
- Lehmann, J., & Joseph, S. (2010). Biochar for Environmental Management. En J. Lehmann, & S. Joseph, *Biochar for Environmental Management: An Introduction* (págs. 1-9). London; Washington,DC: Earthscan.
- Lehmann, J., Pereira da Silva, J., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W., & Glaser, B. (2002). *Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Limón Macías, J. (2013). *Los lodos de las plantas de tratamiento de agua residual, ¿Problema o recurso?* Guadalajara.
- Mao, J.-D., Johnson, R., Lehmann, J., Oik, D., Neves, E., Thompson, M., & Schmidt-Rohr, K. (2012). *Abundant and Stable Char Residues in Soils: Implications for Soil Fertility and Carbon Sequestration*. Environmental Science & Technology.
- Ministerio del Ambiente. (2011). *La desertificación en el Perú*. Lima: MINAM.
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. ONERN. (1976). *Mapa Ecológico del Perú*. 33-34: Guía Explicativa.
- Pinto Fontanillo, J. A. (2005). *El pescado en la dieta*. Madrid: Nueva Imprenta S.A.
- Purevsuren, B., Avida, B., & Gerelmaa, T. (2004). *The characterisation of tar from the pyrolysis of animal bones*. Fuel.

- Raveendran, K., Ganesh, A., & Khilart, K. (1995). *Influence of mineral matter on biomass pyrolysis characteristics*. Fuel.
- Reynolds, J. (2001). *Desertificación*. San Diego-USA: Academic Press.
- Santana Rodríguez, W. P. (2004). *INCREMENTO EN LA PRODUCCIÓN DE HARINA Y ACEITE DE PESCADO PARA ABASTECER EL MERCADO LOCAL, NACIONAL E INTERNACIONAL*. Manta.
- Sarmiento, C., Sánchez, J., García, C., Rincón, Y., Benítez, A., & Ramírez, J. (2004). *Preparación de carbón activado mediante la activación química de carbón mineral*. Maracaibo, Venezuela: Scientific Journal from the Experimental Faculty of Sciences Universidad de Zulia.
- Solarízate. (2013). *Biomasa*. Madrid.
- Stephen, J., & James E., A. (2009). Characteristics of Biochar: Microchemical Properties. En *Biochar science and technology* (págs. 33-52). London: Earthscan.
- UNEP. (2006). *Los desiertos: perspectivas*.

ANEXOS

ANEXO N°01: Mapa General del Parque Ecológico Nacional Antonio Raimondi.

ANEXO N°02: Ficha de la especie *Solanum Multifidum Lam.*

ANEXO N°03: Mapa de la zona de trabajo del Instituto Geofísico del Perú.

ANEXO N°04: Mapa del área Experimental.

ANEXO N°05: Imagen Satelital del Área del PENAR

ANEXO N°06: Mapa de los lugares donde se va conseguir los aditivos.

ANEXO N°07: Ficha de Germinación.

ANEXO N°08: Ficha de crecimiento.

ANEXO N°09: Ficha de producción de Biocarbón.

ANEXO N°10: Fecha de muestreo de suelos.

ANEXO N°11: Declaraciones juradas de validación de la metodología de investigación.

ANEXO N°12: Análisis de Laboratorio Pre-Tratamiento

ANEXO N°13: Análisis de Laboratorio Post-Tratamiento

ANEXO N°14: Análisis de Biocarbón

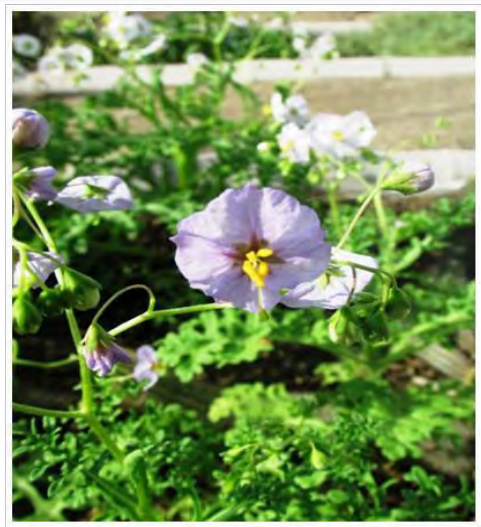
ANEXO N°15: Cuadros de análisis realizados y límites críticos

ANEXO N° 02: Ficha de la especie *Solanum Multifidum* Lam

Nombre común: Papa Nativa

Nombre científico: *Solanum multifidum*

Familia: Solanaceae



Fuente: Catálogo de especies de Lomas SERFOR 2015

José Ricardo Campos de la Cruz

CONSULTOR BOTÁNICO

C. B. P. N° 3796

Tel: 6785327RPM 963689079

RD N° 0311-2013- MINAGRI-DGFFS-DGEFFS.



CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACION BOTÁNICA

JOSÉ R. CAMPOS DE LA CRUZ. BIÓLOGO COLEGIADO- N° 3796 – INSCRITO CON EL N° 36 EN EL REGISTRO DE PROFESIONALES QUE REALIZAN CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE ESPECÍMENES Y PRODUCTOS DE FLORA - RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0311-2013- MINAGRI-DGFFS-DGEFFS.

Certifica:

Que, **STALIN EDUARDO, ZEGARRA TORRES**, estudiante de la E.A.P. Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería, de la Universidad César Vallejo, con fines de investigación, durante el desarrollo de la tesis “Uso de Biocarbón elaborado con víscera de pescado y lodos de lagunas de oxidación en el mejoramiento de suelos áridos del distrito de Ancón- Lima – Perú”, ha solicitado la certificación botánica de la planta conocida con el nombre vulgar de “**papa nativa**”, procedente del Proyecto Especia Parque Ecológico Nacional Antonio Raimondi Cerro Blanco - Ancón, Lima; la muestra ha sido determinada como *Solanum multifidum* Lam. Y el Sistema de Clasificación Botánica de Arthur Cronquist, ocupa las siguientes categorías taxonómicas

REINO	:	Plantae
DIVISIÓN	:	Magnoliophyta
CLASE	:	Magnoliopsida
SUBCLASE	:	Asteridae
ORDEN	:	Solanales
FAMILIA	:	Solanaceae
GENERO	:	<i>Solanum</i>
ESPECIE	:	<i>Solanum multifidum</i> Lam.

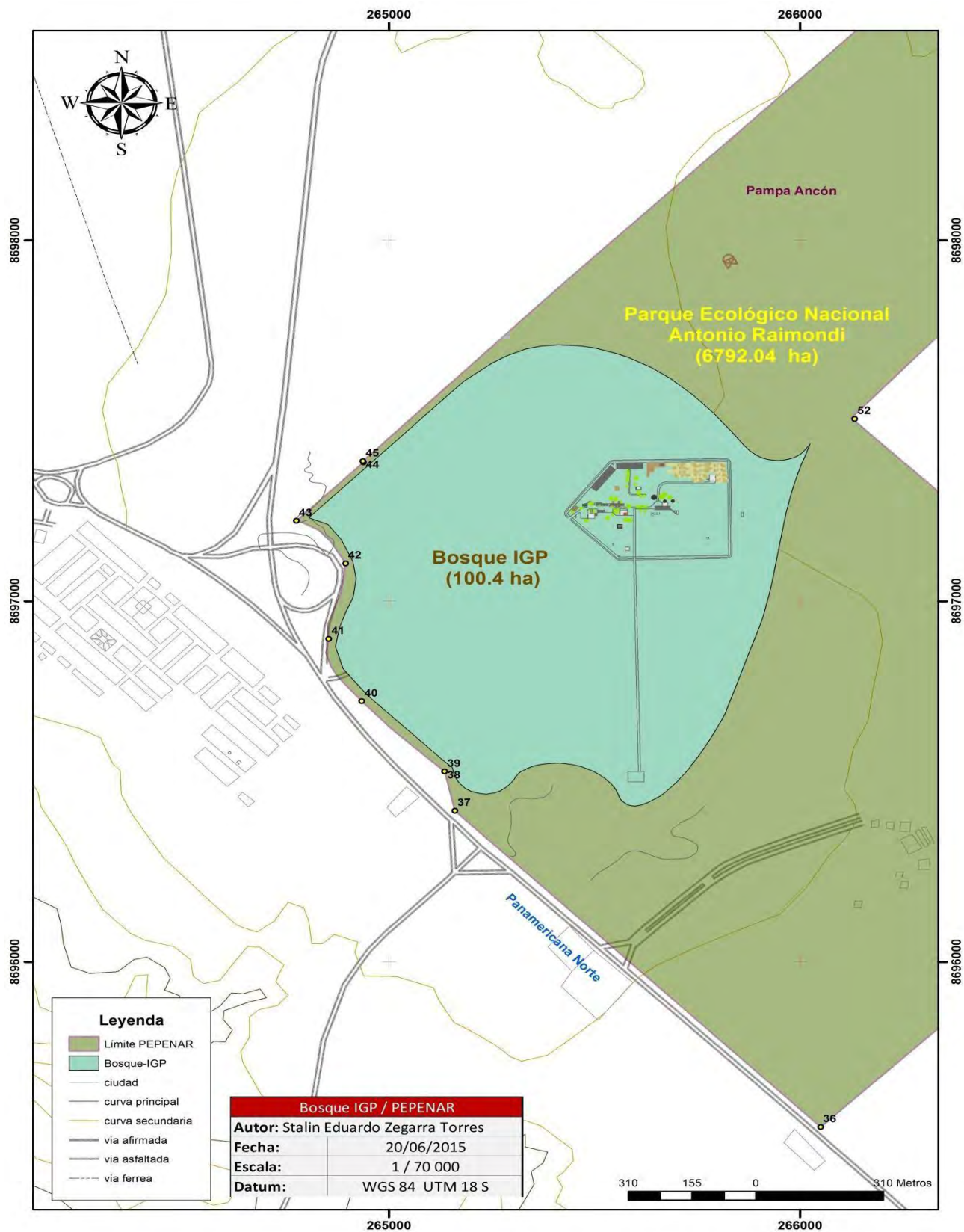
Se expide la presente certificación para los fines que estime conveniente.

Lima, 25 de setiembre del 2015



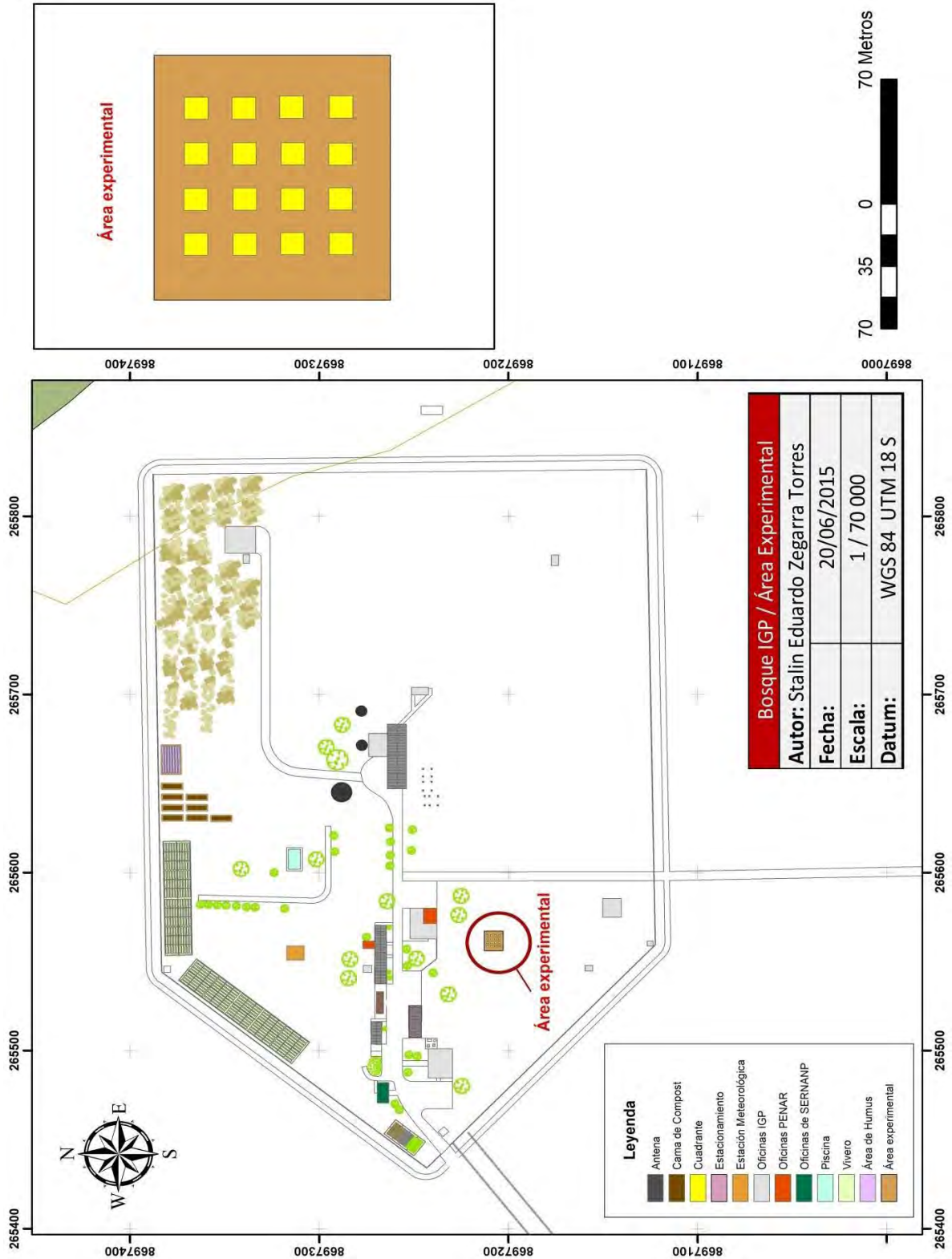
Jr. Sánchez Silva # 156 – Urb. Santa Luzmila - Lima 07 / e-mail: joricampos@yahoo.es

ANEXO N° 03: Mapa de la zona de trabajo del Instituto Geofísico del Perú



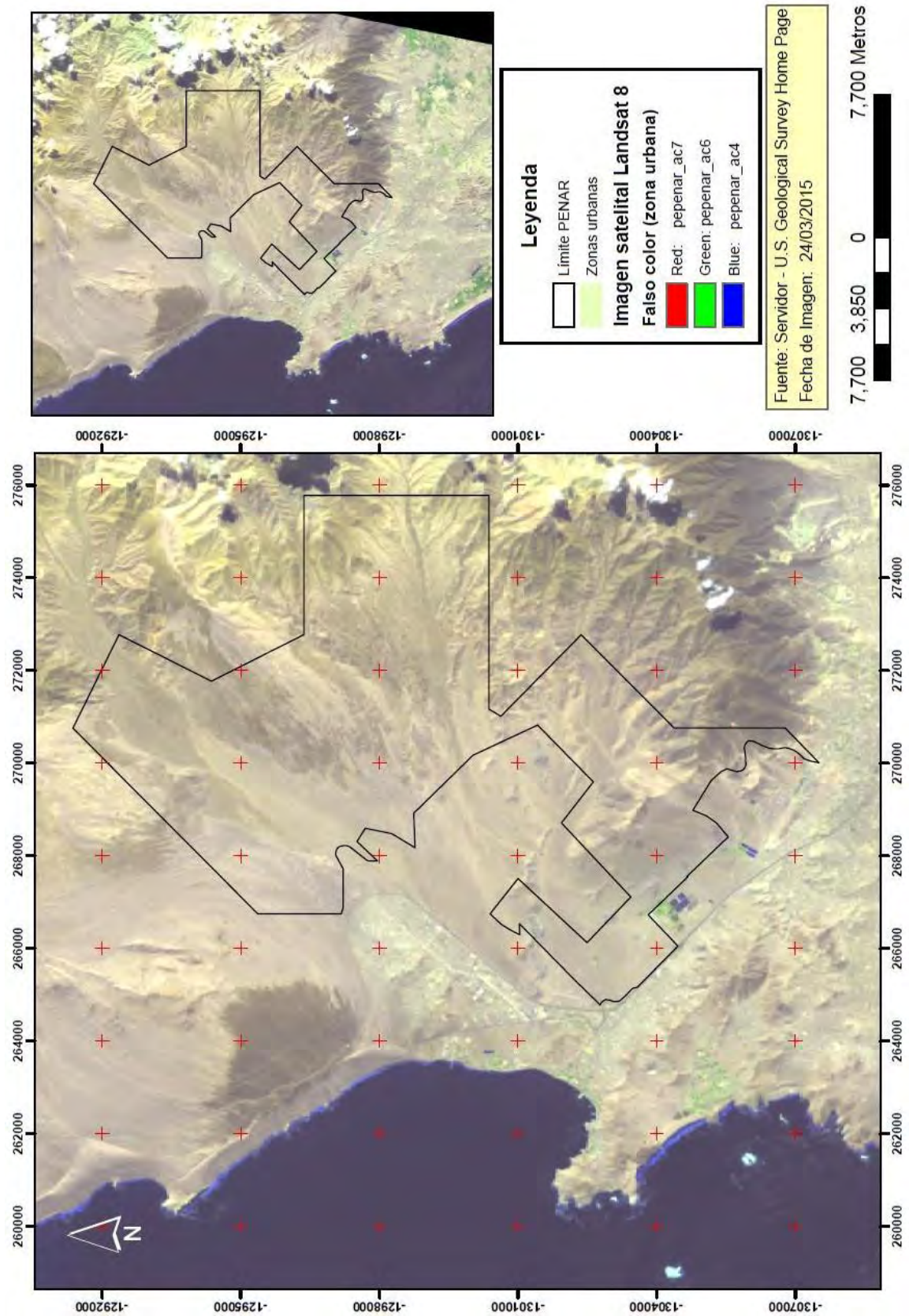
Fuente: Elaboración Propia, 2015.

ANEXO N° 04: Mapa del área Experimental



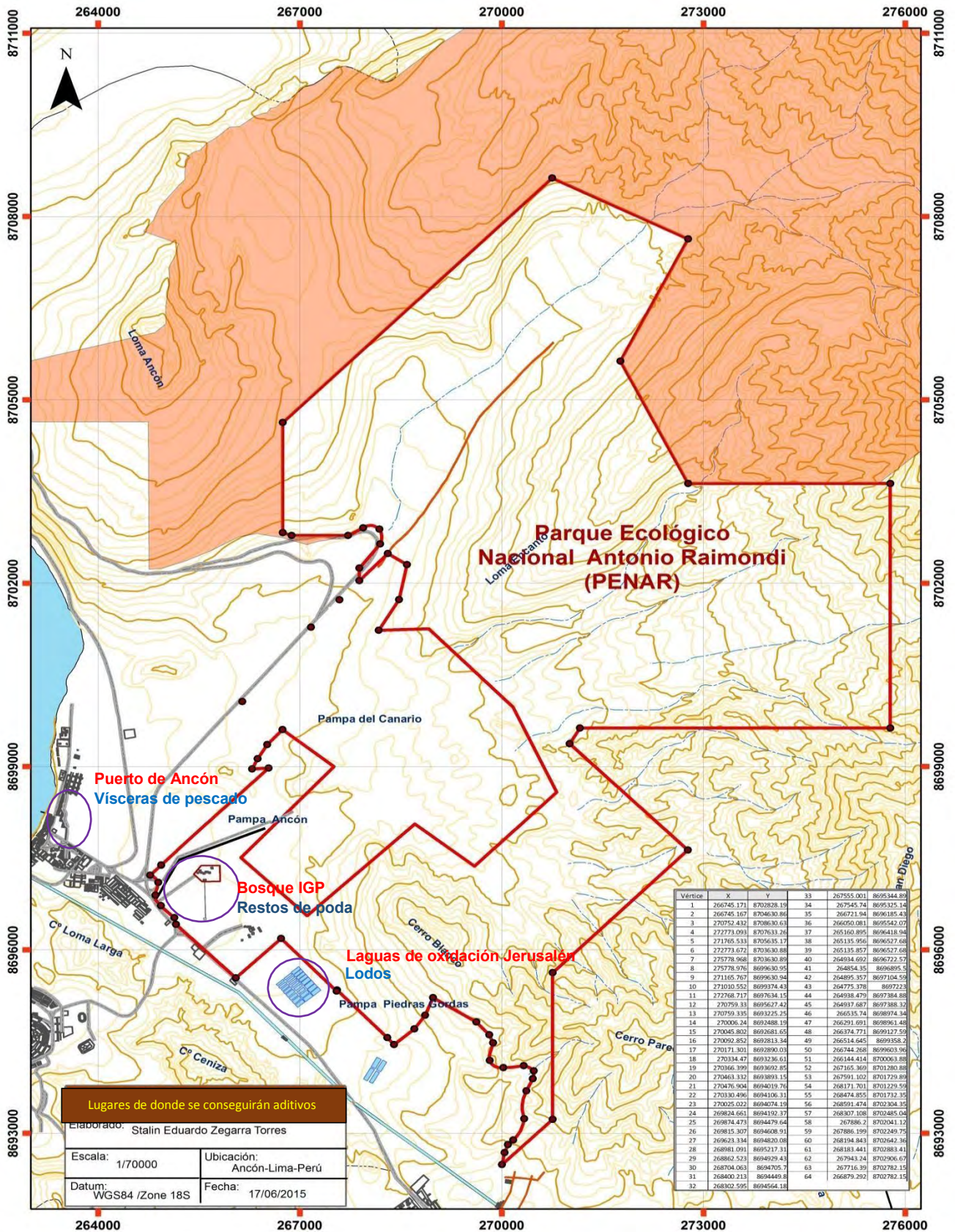
Fuente: Elaboración Propia, 2015.

ANEXO N°05: Imagen Satelital del Área del PENAR



Fuente: Elaboración Propia, 2015.

ANEXO N°06: Mapa de los lugares donde se va conseguir los aditivos



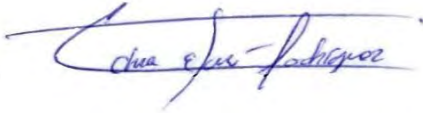
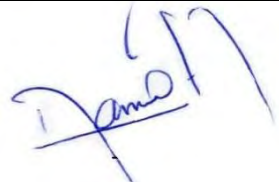
Fuente: Elaboración Propia, 2015

ANEXO N° 07: Ficha de Germinación

Especie		Cuadrante (codificación)	
Fecha de siembra			
Procedencia			
Propagación		Evaluador	
N° Semillas			
Tratamiento			
Evaluación			
N°	Fecha	N° de plantas	Observaciones
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

Fuente: Elaboración Propia, 2015

Validación de expertos:

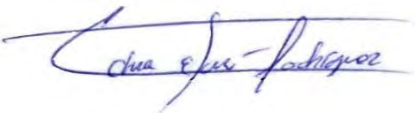
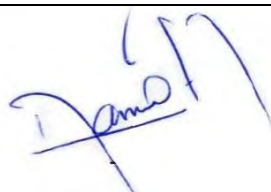
Nombres y Apellido	DNI	Firma
Esaú Abel Echía Rodríguez	47499451	
Dario Flores Mamani	02299712	

ANEXO N° 08: Ficha de crecimiento

Especie										Cuadrante (codificación)	
Fecha de siembra											
Procedencia											
Propagación										Evaluador	
N° Semillas											
Tratamiento											
Evaluación (cm)											
N° de planta	Código	Fecha								Observaciones	
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											

Fuente: Elaboración Propia, 2015

Validación de expertos:

Nombres y Apellido	DNI	Firma
Esaú Abel Echía Rodríguez	47499451	
Dario Flores Mamani	02299712	

ANEXO N° 09: Ficha de producción de Biocarbón

Producción de biocarbón			
Número de quema			
Operario			
Fecha de inicio		Fecha de termino	
Hora de carga	Inicio:	Hora de descarga	Inicio:
	Fin:		Fin:
Hora de encendido		Tiempo de combustión	
Cerrado del horno			

Material de producción			
Material chipiado		Lodos	
Maleza		Arcilla	
Polvo de piedra		Guano de pollo	
Concha de abanico		Compost	

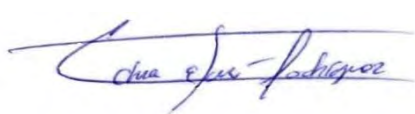
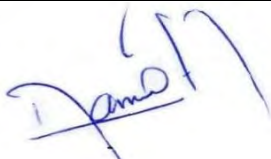
Temperatura estándar		Humedad	
----------------------	--	---------	--

Rendimiento			
Peso biocarbón (kg)		Peso total (kg)	

Observación			

Fuente: Elaboración Propia, 2015

Validación de expertos:

Nombres y Apellido	DNI	Firma
Esaú Abel Echía Rodríguez	47499451	
Dario Flores Mamani	02299712	

ANEXO N°10: Ficha de muestreo de suelos

Datos generales	
Nombre del sitio en estudio	
Departamento	
Provincia	
Dirección del predio	
Datos del Puntos de muestreo	
Código de punto de muestreo	
Coordenadas	
Temperatura	
Técnica de muestreo	
Profundidad	
Instrumentos usados	
Datos de las muestras	
Clave de la muestra	
Fecha	
Hora	
Profundidad	
Características	
Color	
Textura	
Cantidad de la muestra	
Medidas de conservación	
Tipo de muestra (simple/ compuesta)	
Comentario	Croquis

Fuente: Elaboración Propia, 2015

ANEXO N° 11: Validación de metodología de Investigación

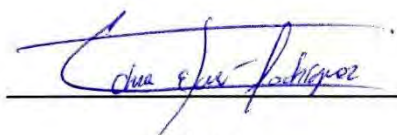
DECLARACIÓN JURADA DE VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Yo, Esau Echia Rodríguez
de Nacionalidad peruana con documento de identidad
N° 47499451, de profesión Ing. Forestal Natural del
Departamento de Junín de la Provincia de
Huancayo del distrito de Huancayo.

Declaro bajo juramento que:

- Haber revisado la metodología del proceso de investigación del proyecto de tesis titulado: "Uso de biocarbón elaborado con vísceras de pescados y lodos de lagunas de oxidación en el mejoramiento de suelos áridos del distrito de Ancón" del tesista Stalin Eduardo Zegarra Torres; considerando ser aceptable la metodología empleada.

Me afirmo y me ratifico en lo expresado, en señal de lo cual firmo el presente documento en la ciudad de Lima, a los 19 días del mes de junio del año 2015



Firma

DECLARACIÓN JURADA DE VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Yo, Dono Floro Naman
de Nacionalidad Peruana con documento de identidad
N° 02299712, de profesión Zoologo Natural del
Departamento de Puno de la Provincia de
Nelzor del distrito de Ajaviro.

Declaro bajo juramento que:


- Haber revisado la metodología del proceso de investigación del proyecto de tesis titulado: "Uso de biocarbón elaborado con vísceras de pescados y lodos de lagunas de oxidación en el mejoramiento de suelos áridos del distrito de Ancón" del tesista Stalin Eduardo Zegarra Torres; considerando ser aceptable la metodología empleada.

Me afirmo y me ratifico en lo expresado, en señal de lo cual firmo el presente documento en la ciudad de Lima, a los 17 días del mes de Junio del año 2015


Firma

ANEXO N° 12: Análisis de Laboratorio Pre-Tratamiento


Carta de Autorización de uso de Información del estudio de suelo del PENAR

	PERÚ	Ministerio del Ambiente	Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales	Proyecto Especial Parque Ecológico Nacional Antonio Raimondi
<i>Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú</i> <i>"Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación"</i>				
<u>CARTA N°021-2015-MINAM/DVMDERN/PPNAR/KPUENTE</u>				
PARA	:	STALIN EDUARDO ZEGARRA TORRES Auxiliar de Ingeniería Proyecto Especial Parque Ecológico Nacional Antonio Raimondi		
DE	:	KARINA MARÍA PUENTE FRANTZEN Directora Ejecutiva Proyecto Especial Parque Ecológico Nacional Antonio Raimondi		
ASUNTO	:	Autorización para el uso de los datos obtenidos en el Estudio de suelos con fines Forestales-ETAPA 1 del Proyecto Especial Parque Ecológico Nacional Antonio Raimondi para el desarrollo de la tesis titulada "Uso de biocarbón elaborado con vísceras de pescados y lodos de lagunas de oxidación para el mejoramiento de suelos áridos del distrito de Ancón-Lima-Perú".		
FECHA	:	San Isidro, 13 de noviembre del 2015		

Mediante el presente autorizo al joven **Stalin Eduardo Zegarra Torres** trabajador del Ministerio del Ambiente mediante el método de contratación (CAS) y estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad Privada Cesar Vallejo con sede Lima-Norte, utilizar la información generada por el Proyecto Especial Parque Ecológico Nacional Antonio Raimondi concerniente al Estudio de suelos con fines Forestales-ETAPA 1; dicha información según expresa el solicitante será únicamente utilizada con fines académicos para el desarrollo de su tesis titulada "Uso de biocarbón elaborado con vísceras de pescados y lodos de lagunas de oxidación para el mejoramiento de suelos áridos del distrito de Ancón-Lima-Perú", en tal sentido la autorización solo se extiende a dicho fin, caso contrario quedará bajo la responsabilidad del solicitante las medidas legales concernientes al derecho de autoría.

Sin otro en particular

Atentamente.


Karina Puente Frantzen
Directora Ejecutiva
Proyecto Especial
Parque Ecológico Nacional
Ministerio del Ambiente

Certificado de análisis de suelos del estudio de suelos del PENAR



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



ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

Solicitante : MINISTERIO DEL AMBIENTE/ PARQUE ECOLÓGICO NACIONAL ANTONIO RAYMONDI

Departamento : LIMA
 Distrito : ANCON
 Referencia : H.R. 36115-051C-2012

Provincia : LIMA
 Fundo :
 Fecha : 17/07/2012

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E (1:1) dSm	CaCO ₃ %	M.O %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			CIC	Cationes Cambiables meq/100g			Suma de Cationes	% Sat. de Bases			
								Arena %	Limo %	Arcilla %		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺			Na ⁺	Al ³⁺ + H ⁺	
7772	Calicata 1 C1	7.77	8.90	1.00	0.23	5.00	189	3	0	A	2.40	1.81	0.27	0.19	0.33	0.00	2.40	2.40	100
7773	Calicata 1 C2	7.93	7.19	1.00	0.11	0.00	193	99	1	A	2.02	1.39	0.23	0.14	0.26	0.00	2.02	2.02	100
7774	Calicata 1 C3	7.85	11.08	1.00	0.07	5.30	288	85	12	A.Fr.	3.20	2.21	0.42	0.26	0.32	0.00	3.20	3.20	100
7775	Calicata 1 C4	8.02	3.83	0.20	0.02	5.20	175	99	1	A	3.20	2.18	0.22	0.14	0.66	0.00	3.20	3.20	100
7776	Calicata 2 C1	8.11	4.73	0.20	0.02	2.00	317	95	5	A	4.00	1.88	1.05	0.35	0.72	0.00	4.00	4.00	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; F/A.A. = Franco Acido 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	B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
7773	Calicata 1 C2	1.5	0.8	3.7	1.5	1.4
7774	Calicata 1 C3	3.9	0.6	2.9	1.2	1.9
7775	Calicata 1 C4	1.9	0.7	10.2	2.0	1.2
7776	Calicata 2 C1	5.3	0.7	6.1	2.4	1.8

Ing. Beaulio La Torre Martinez
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

ANEXO N° 13: Análisis de Laboratorio Post-Tratamiento
Tratamiento 1 (5% Biocarbón)



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



ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

Solicitante : STALIN EDUARDO ZEGARRA TORRES

Departamento : LIMA
 Distrito : ANCÓN
 Referencia : H.R. 52151-129C-15

Provincia : LIMA
 Predio :
 Fecha : 23/11/15

Bolt.: 12670

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 meq/100g			Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases		
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺				Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺
14573	T1-R1	7.89	8.10	0.90	0.58	45.0	313	96	4	0	A	3.84	1.49	1.52	0.26	0.57	0.00	3.84	3.84	100
14574	T1-R2	8.02	8.80	0.90	0.40	39.4	347	94	6	0	A	5.60	4.37	0.37	0.24	0.63	0.00	5.60	5.60	100
14575	T1-R3	8.09	8.50	0.90	0.47	34.3	244	94	6	0	A	4.80	3.61	0.35	0.23	0.62	0.00	4.80	4.80	100
14576	T1-R4	7.96	9.80	0.90	0.63	59.6	295	94	4	2	A	5.12	3.87	0.37	0.26	0.63	0.00	5.12	5.12	100

A = Arena ; A.Fr. = 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	B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
14574	T1-R2	4.38	0.70	7.10	2.40	3.10
14575	T1-R3	5.35	1.00	8.30	2.50	3.20
14576	T1-R4	4.87	0.90	5.30	2.60	3.40

Lady Garcia Bendeza
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Tratamiento 2 (10% Biocarbón)



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 : STALIN EDUARDO ZEGARRA TORRES

Departamento : LIMA
 Distrito : ANCÓN
 Referencia : H.R. 52151-129C-15

Provincia : LIMA
 Predio :
 Fecha : 23/11/15

Bolt.: 12670

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 meq/100g			Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases		
								Arena %	Limo %			Arcilla %	Ca ⁺²	Mg ⁺²				K ⁺	Na ⁺
14577	T2-R1	7.82	8.20	1.10	1.57	257.5	542	94	4	2	A.	5.92	4.20	0.62	0.35	0.75	0.00	5.92	100
14578	T2-R2	7.76	8.30	1.10	1.48	108.9	527	94	4	2	A.	5.28	3.85	0.18	0.44	0.81	0.00	5.28	100
14579	T2-R3	7.94	8.70	1.00	1.06	52.5	402	96	4	0	A.	4.48	2.84	0.57	0.35	0.72	0.00	4.48	100
14580	T2-R4	7.93	8.50	1.40	1.74	96.1	686	94	6	0	A.	5.28	3.58	0.42	0.51	0.77	0.00	5.28	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco Arcilloso ; 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					
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
14577	5.56	1.20	14.60	4.50	6.30	
14578	5.10	1.20	14.20	4.10	5.90	
14579	5.06	1.10	12.10	3.20	4.70	
14580	3.83	1.50	16.20	4.20	7.40	

Sady Garcia Bendeza
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Tratamiento 3 (15% Biocarbón)



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 : STALIN EDUARDO ZEGARRA TORRES

Departamento : LIMA
 Distrito : ANCON
 Referencia : H.R. 52151-129C-15

Provincia : LIMA
 Predio :
 Fecha : 23/11/15

Boit.: 12670

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 meq/100g				Suma de Cationes Bases	Suma de Bases	% Sat. De Bases	
								Arena %	Limo %			Arcilla %	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺				Na ⁺
14581	T3-R1	7.84	8.50	1.00	1.33	79.4	630	94	6	0	5.28	3.43	0.68	0.48	0.69	0.00	5.28	5.28	100
14582	T3-R2	7.98	8.60	1.50	1.84	148.2	776	94	4	2	5.76	4.20	0.47	0.63	0.00	5.76	5.76	100	
14583	T3-R3	7.90	8.80	1.40	2.12	146.5	768	92	6	2	5.60	3.79	0.75	0.47	0.59	0.00	5.60	5.60	100
14584	T3-R4	8.00	9.10	1.50	2.76	138.5	738	92	6	2	5.92	4.00	0.83	0.46	0.63	0.00	5.92	5.92	100

A = Arena ; A.Fr. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; 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	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
14581	T3-R1	4.36	1.20	13.60	3.90	6.60
14582	T3-R2	5.56	1.50	15.40	4.60	8.30
14583	T3-R3	2.86	1.50	14.80	4.60	7.90
14584	T3-R4	4.44	1.60	15.50	4.40	8.10

Sady García Bendeja
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

ANEXO N° 14: Análisis de Biocarbón producido



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



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE : STALIN EDUARDO ZEGARRA TORRES
PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ ANCÓN
MUESTRA DE : CARBÓN
REFERENCIA : H.R. 52152
BOLETA : 12670
FECHA : 24/11/15

N° LAB	CLAVES	Relación C/N	CIC meq/100g
4853		12.10	8.00



Sady García Bendezu
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

ANEXO N° 15: Cuadros de análisis realizados y límites críticos

MÉTODOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS DE SUELOS

1. Textura de suelo: % de arena, limo y arcilla; método del hidrómetro.
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 o en el extracto de la pasta de saturación(es).
3. PH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:1 ó en suspensión suelo: KCl N, relación 1:2.5.
4. Calcio total (CaCO3): método gaso-volumétrico utilizando un calcímetro.
5. Materia orgánica: método de Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio. %M.O.= %Cx1.724.
6. Nitrogeno total: método del micro-Kjeldahl.
7. Fósforo disponible: método del Olsen modificado, extracción con NaHCO3=0.5M, pH 8.5
8. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio (CH₃ - COONH₄)N, pH 7.0
9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio (CH₃ - COOH)₄N; pH 7.0
10. Ca⁺², Mg⁺², Na⁺, K⁺ cambiabiles: reemplazamiento con acetato de amonio

- (CH₃ - COONH₄)N; pH 7.0 cuantificación por fotometría de llama y/o absorción atómica.
11. Al⁺³+ H⁺: método de Yuan. Extracción con KCl, N
 12. Iones solubles:
 - a) Ca⁺², Mg⁺², K⁺, Na⁺ solubles: fotometría de llama y/o absorción atómica.
 - b) Cl, Co₃²⁻, HCO₃⁻, NO₃ solubles: volumetría y colorimetría. SO₄ turbidimetría con cloruro de Bario.
 - c) Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcumina.
 - d) Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetona.

Equivalencias:

- 1 ppm=1 mg/Kilogramo
- 1 millimho (mmho/cm) = 1 deciSiemens/metro
- 1 miliequivalente / 100 g = 1 cmol(+)/kg
- Salas solubles totales (TDS) en ppm ó mg/kg = 640 x CEes
- CE (1 : 1) mmho/cm x 2 = CE(es) mmho/cm

TABLA DE INTERPRETACION

Salinidad	CE(es)	Materia Orgánica	Fósforo disponible	Potasio disponible	Relaciones Catiónicas
Clasificación del Suelo					
*muy ligeramente salino	<2	% <2.0	ppm P <7.0	ppm K <100	Clasificación
*ligeramente salino	2 - 4	2 - 4	7.0 - 14.0	100 - 240	*Normal
*moderadamente salino	4 - 8	>4.0	>14.0	>240	*defc. Mg
*fuertemente salino	>8				*defc. K
					*defc. Mg
					Ca/Mg
					0.2 - 0.3
					>0.5
					>0.2
					>10

Reacción o pH	CLASIFICACIÓN	CLASES TEXTURALES	Distribución de Cationes %
Clasificación del Suelo			
*fuertemente ácido	A = arena	Fr.Ar.A = franco arcillo arenoso	Ca ⁺² = 60 - 75
*moderadamente ácido	A.Fr = arena franca	Fr.Ar = franco arcilloso	mg ⁺² = 15 - 20
*ligeramente ácido	Fr.A = franco arenoso	Fr.Ar.L = franco arcilloso limoso	K ⁺ = 3 - 7
*neutro	Fr.L = franco limoso	Ar.A = arcilloso arenoso	Na ⁺ = <15
*ligeramente alcalino	L = limoso	Ar.L = arcilloso limoso	
*moderadamente alcalino		Ar. = arcilloso	
*fuertemente alcalino			