

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE BIOCHAR EN DOS VARIEDADES
DE ALBAHACA (*Ocimum basilicum* L.), EN AMBIENTE
CONTROLADO EN EL MUNICIPIO DE LA PAZ**

FERNANDO RODRIGO VARGAS BASCOPE

LA PAZ – BOLIVIA

2024

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE BIOCHAR EN DOS VARIEDADES
DE ALBAHACA (*Ocimum basilicum L.*), EN AMBIENTE
CONTROLADO EN EL MUNICIPIO DE LA PAZ**

Tesis de grado presentado como requisito

Parcial para optar el título de

Ingeniero Agrónomo

Presentado Por:

FERNANDO RODRIGO VARGAS BASCOPE

Asesor:

Ing. Ph D. José Antonio Cortez Torrez

Comité Revisor:

Ing. Rene Calatayud Valdez.

Ing. Luis Humberto Ortuño Rojas

Ing. Félix Rojas Ponce.

Aprobado:

Presidente Tribunal Examinador.

La Paz – Bolivia

2024

DEDICATORIA:

El presente trabajo de investigación está dedicado en primer lugar a Dios, porque con su voluntad y bendición logre acabar satisfactoriamente mi tesis.

También a todas las personas que confiaron en mí, en particular a mi hijita ANDREA, que siempre me apoya en todo.

Por otro lado, también a mis padres por toda la comprensión incondicional que me brindaron durante mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

Siempre en primer lugar a Dios quiero agradecerle por no abandonarme nunca, por cuidarme, por darme esa voluntad y sabiduría para poder culminar el presente trabajo.

Quiero también agradecer a la Universidad Mayor de San Andrés a la Facultad de Agronomía por haberme acogido y formado académicamente en sus aulas durante los años de estudio y al plantel docente por los conocimientos impartidos durante mi carrera universitaria.

También agradecer a mi asesor Ing. José Antonio Cortez Torrez por guiarme, por la confianza y apoyo durante el trabajo de investigación y dedicación al revisar mi proyecto de tesis.

A mis revisores Ing. Rene Calatayud Valdez, Ing. Félix Rojas Ponce, Ing. Luis Humberto Ortuño Rojas quienes me orientaron y colaboraron en la culminación de mi investigación

Finalmente agradezco a toda mi Familia por todo su apoyo que me brindó desde el primer momento que entre a estudiar hasta el día de hoy.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Justificación.....	2
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivos específicos	4
3. HIPÓTESIS	4
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA O DE LITERATURA.....	4
4.1. Cultivo de la Albahaca	4
4.2. Clasificación taxonómica	5
4.3. Características morfológicas.....	6
4.3.1. Raíz	6
4.3.2. Tallos	6
4.3.3. Hojas	6
4.3.4. Flores.....	7
4.3.5. Fruto-semilla.....	7
4.4. Importancia económica y distribución geográfica.....	7
4.4.1. Zonas de producción de albahaca en el mundo.....	8
4.4.2. Situación del cultivo en Bolivia y en La Paz.....	8
4.5. Requerimiento del cultivo.....	8
4.5.1. Clima	8
4.5.2. Altitud.....	8
4.5.3. Precipitación	9
4.5.4. Humedad relativa	9
4.6. Exigencia del suelo	9
4.6.1. Suelo	9
4.6.2. Agua	9
4.6.3. P.H.....	9
4.7. Variedades importantes	9

4.7.1.	Variedad Italian Large (genovese).....	9
4.7.2.	Variedad Tailandesa (thai)	10
4.7.3.	Variedad Proseur (Lima-limón)	10
4.7.4.	Variedad morada	10
4.7.5.	Variedad hibrida Nuflar f-1	10
4.7.6.	Variedad albahaca violeta (purpurascens)	11
4.8.	Composición química y usos de la albahaca	11
4.8.1.	Usos de la albahaca.....	11
4.8.2.	Usos medicinales	12
4.8.3.	Almacenamiento de la albahaca	12
4.9.	Manejo del cultivo	13
4.9.1.	Preparación del terreno.....	13
4.9.2.	Elaboración de Semilleros	13
4.9.3.	Raleo	13
4.9.4.	Trasplante.....	14
4.9.5.	Densidad de siembra	14
4.9.6.	Siembra	14
4.9.7.	Propagación	14
4.9.8.	Fertilización	14
4.9.9.	Para suelos suficientes provistos de elementos minerales se recomienda	15
4.9.10.	Riego	16
4.9.11.	Cosecha	16
4.9.12.	Rendimiento	17
4.10.	Control de malezas.....	17
4.11.	Principales plagas y enfermedades	18
4.11.1.	Plagas.....	18
4.11.1.1.	Minador de la hoja	18
4.11.1.2.	Pulgón.....	18
4.11.1.3.	Gusanos.....	19
4.11.2.	Manchas negras.....	19

4.12.	Biocarbón o Biochar	20
4.12.1.	Historia de Biochar	20
4.12.2.	Naturaleza: ¿Qué es el Biocarbón?	21
4.12.3.	Biochar como sumidero de carbono	22
4.12.4.	Efecto de enmiendas de Biochar sobre cultivos agrícolas	24
4.12.5.	Secuestro de Carbono y Cambio Climático	26
4.12.6.	Composición química del biochar	26
4.13.	Abonos orgánicos	30
4.13.1.	Abonos orgánicos o estiércol como insumo adicional al biocarbón ...	30
4.13.1.1.	Humus de lombriz	30
4.13.1.2.	Estiércol bovino	32
5.	MATERIALES Y MÉTODOS	35
5.1.	Descripción del área de estudio	35
5.1.1.	Ubicación geográfica	35
5.1.2.	Características agroecológicas	35
5.1.3.	Temperatura promedio en La Paz	36
5.1.4.	Nubes	36
5.1.5.	Precipitación	36
5.1.6.	Lluvia	37
5.1.7.	Humedad	37
5.1.8.	Vías de comunicación	38
5.2.	Materiales	38
5.2.1.	Material vegetal	38
5.2.2.	Variedades	38
5.2.2.1.	Variedad Larga	38
5.2.2.2.	Variedad Proseur (Lima-limón)	38
5.2.3.	Materiales	39
5.3.	Metodología	40
5.3.1.	Descripción del ambiente atemperado	40
5.3.2.	Procedimiento experimental	40
5.3.2.1.	Activación del Biochar	40

5.3.2.2.	Preparación pre-siembra	42
5.3.2.3.	Riego preemergencia	42
5.3.2.4.	Preparación del almacigo y siembra	43
5.3.2.5.	Manejo del almacigo.....	43
5.3.2.6.	Diseño y delimitación de las unidades experimentales.....	43
5.3.2.7.	Aplicación de Biochar al suelo.....	43
5.3.2.8.	Trasplante.....	44
5.3.3.	Labores culturales	44
5.3.3.1.	Riego.....	44
5.3.3.2.	Desmalezado.....	45
5.3.3.3.	Control sanitario.....	45
5.3.3.4.	Seguimiento del cultivo.....	45
5.3.3.5.	Cosecha.....	46
5.4.	Diseño experimental	46
5.4.1.	Tratamientos.....	47
5.4.2.	Croquis del experimento	47
5.4.3.	Características del campo experimental.....	48
5.4.4.	Variables de respuesta.....	48
5.4.4.1.	Variables climáticas	48
5.4.4.2.	Variables agronómicas	48
5.4.4.3.	Variables económicas	49
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
6.1.	Variables climáticas	50
6.1.1.	Temperatura en el ambiente controlado	50
6.2.	Variables agronómicas	51
6.2.1.	Altura de planta	51
6.2.2.	Ancho de hoja	54
6.2.3.	Largo de hoja	56
6.2.4.	Número de hojas	58
6.2.5.	Peso de materia verde por metro cuadrado	60
7.	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	62

7.1.	Costos variables.....	63
7.2.	Ingreso neto	65
7.3.	Relación beneficio costo	66
8.	CONCLUSIONES.....	67
9.	RECOMENDACIONES.....	68
10.	BIBLIOGRAFÍA	69
	ANEXOS	75

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición química de la albahaca	11
Cuadro 2. Productos fitosanitarios permitidos para la Albahaca Resolución SENASAG 608/2012.....	19
Cuadro 3. Caracterización química del biochar	26
Cuadro 4. Efectos y cambios en las características químicas del suelo aplicado con diferentes cantidades de Biochar	27
Cuadro 5. Composición química de estiércol de bovino y ovino.	32
Cuadro 6. Características del estiércol de ovino, en 100% de materia seca	34
Cuadro 7. Características del campo experimental	48
Cuadro 8. Análisis de varianza de la variable altura de planta.....	51
Cuadro 9. Prueba de medias Duncan al 5 % Variedades de Albahaca	52
Cuadro 10. Prueba de medias Duncan al 5 % tipos de activador	53
Cuadro 11. Análisis de varianza de la variable ancho de hoja.....	54
Cuadro 12. Prueba de medias Duncan al 5% para el factor B (tipo de activador). 55	
Cuadro 13. Análisis de varianza de la variable largo de hoja.....	56
Cuadro 14. Prueba de medias Duncan al 5% para el factor B (tipo de activador) Variable larga de hoja	57
Cuadro 15. Análisis de varianza de la variable número de hojas.....	58
Cuadro 16. Prueba de medias Duncan al 5% para el factor B (tipo de activador). 59	
Cuadro 17. Análisis de varianza de la variable peso de materia verde por planta (g/m ²)	60
Cuadro 18. Prueba de medias Duncan al 5% variable peso de materia verde por metro cuadrado tipo de activador.....	61
Cuadro 19. Costos variables por ciclo productivo	63
Cuadro 20. Ingreso neto por ciclo productivo de la Albahaca	65
Cuadro 21. Relación beneficio/costo por ciclo productivo de la Albahaca.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Impacto del Biochar sobre el ciclo de Carbón (reducción de las emisiones de CO ₂ hacia la atmósfera).	24
Figura 2. Resumen de los principales efectos del Biocarbón sobre las características del suelo.....	25
Figura 3. Ubicación Geográfica.....	35
Figura 4. Diseño del ambiente atemperado.....	40
Figura 5. Activación del Biochar.....	41
Figura 6. Preparado del terreno de producción	42
Figura 7. Plántulas listas para el trasplante	44
Figura 8. Distribución del experimento	47
Figura 9. Diagrama dinámico de temperaturas máximas y mínimas	50

RESUMEN

La agricultura urbana está ganando importancia debido a su papel en asegurar una alimentación sostenible y sustentable en el tiempo, como también mejorar la economía local con alimentos saludables y libres de agrotóxicos.

El biocarbón o biochar se destaca por su capacidad para mejorar los suelos y fijar carbono por largos periodos, beneficiando el crecimiento de cultivos y también puede combinarse con otros insumos orgánicos líquidos y sólidos como: (abono bovino, abono ovino y humus de lombriz) y aplicarse en diversos sistemas agrícolas y cultivos.

La albahaca (*Ocimum basilicum* L.) es una planta aromática anual de la familia de las Lamiaceas. Es sensible a las heladas y altas temperaturas, cultivándose desde semillas en suelos fértiles y húmedos. Sus hojas tienen propiedades antisépticas, antiinflamatorias, antibacterianas, antifúngicas y digestivas, utilizadas en gastronomía y medicina. Tiene usos en perfumería, jabonería, cremas, y como repelente de insectos, siendo un producto destacado en mercados gourmet y vegetarianos.

La investigación se realizó en la zona Obrajes del municipio de La Paz, en un ambiente controlado construido específicamente para esta investigación. El ambiente es colindante con el club hípico de sargentos. Geográficamente ubicada en 16°31'41" latitud sur, 68°06'42" longitud oeste, a una altura de 3357 m.s.n.m. Tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de Biochar en dos variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en ambiente controlado en el municipio de La Paz. Para la investigación que se realizó se utilizó el modelo de Diseño Completamente al Azar (DCA), con arreglo bi-factorial con cuatro tratamientos y tres repeticiones

FACTOR A: D1= Semilla Variedad Proseur D2= Semilla Variedad Larga

FACTOR B: T0 = sustrato con Biochar sin ningún activador. T1 = sustrato con Biochar activado con estiércol de ovino T2 = sustrato con Biochar activado con estiércol de bovino T3 = sustrato con Biochar activado con humus de lombriz

El Biochar es un insumo que mejora las características del suelo, tanto físico como químico, esta característica influye directamente en la producción de los cultivos.

En cuanto a la variable Altura de planta, se obtuvo una varianza muy significativa en el factor tipo de activador, con en tratamiento T3 (Activador Humus de Lombriz) con un promedio de altura de planta de 35.5 cm. En este caso el humus de lombriz demostró que tiene mejores cualidades en cuanto a la activación biológica del biochar.

Si hablamos de la variable Ancho de hoja, se obtuvo una varianza muy significativa en el factor tipo de activador, con en tratamiento T3 (Activador Humus de Lombriz) con un promedio de ancho de hoja de 4.62 cm. Nuevamente el tratamiento Humus de lombriz obtuvo mejores resultados agronómicos, ratificando su poder activador biológico.

En la variable largo de hoja, se obtuvo una varianza muy significativa en el factor tipo de activador, con en tratamiento T3 (Activador Humus de Lombriz) con un promedio de largo de hoja de 7,02 cm, nuevamente el caldo de humus presentó mejores resultados en las variables agronómicas, demostrando que los abonos orgánicos pre elaborados son más activos biológicamente.

En cuanto a la variable número de hojas, se obtuvo una varianza muy significativa en el factor tipo de activador, con en tratamiento T3 (Activador Humus de Lombriz) con un promedio de 24 hojas por planta, esto también es un resultado positivo para el tratamiento caldo de humus.

En cuanto al rendimiento por metro cuadrado, el panorama no es diferente a las demás variables. De nuevo el tratamiento T3 (activador humus de lombriz) obtuvo mejores resultados, con 216.5 g/m². Estos resultados nos afirman que el caldo de humus es el mejor activador biológico en comparación a otros insumos.

Según el análisis de Beneficio /costo, todos los tratamientos obtuvieron un resultado menor a uno, esto significa que ningún tratamiento es sostenible en el tiempo, lo que indica que no es recomendable usarlo en una agricultura extensiva.

SUMMARY

Urban agriculture is gaining importance due to its role in ensuring a sustainable and sustainable diet over time, as well as improving the local economy with healthy foods free of pesticides.

Biochar or biochar stands out for its ability to improve soils and fix carbon for long periods, benefiting the growth of crops and can also be combined with other liquid and solid organic inputs such as: (bovine manure, sheep manure and worm castings) and applied in various agricultural systems and crops.

Basil (*Ocimum basilicum* L.) is an annual aromatic plant of the Lamiaceae family. It is sensitive to frost and high temperatures, being grown from seeds in fertile and humid soils. Its leaves have antiseptic, anti-inflammatory, antibacterial, antifungal and digestive properties, used in gastronomy and medicine. It has uses in perfumery, soap making, creams, and as an insect repellent, being a prominent product in gourmet and vegetarian markets.

The research was carried out in the Obrajés area of the municipality of La Paz, in a controlled environment built specifically for this research. The environment is adjacent to the sergeants' equestrian club. Geographically located at 16°31'41" south latitude, 68°06'42" west longitude, at an altitude of 3357 meters above sea level. The objective was to evaluate the effect of applying Biochar on two varieties of basil (*Ocimum basilicum* L.) in a controlled environment in the municipality of La Paz. For the research carried out, the Completely Randomized Design (DCA) model was used, with a bi-factorial arrangement with four treatments and three repetitions.

FACTOR A: D1= Proseur Variety Seed D2= Long Variety Seed

FACTOR B: T0 = substrate with Biochar without any activator. T1 = substrate with Biochar activated with sheep manure T2 = substrate with Biochar activated with bovine manure T3 = substrate with Biochar activated with worm castings

Regarding the variable Plant height, a very significant variance was obtained in the factor type of activator, with treatment T3 (Worm Humus Activator) with an average plant height of 35.5 cm. In this case, the worm humus demonstrated that it has better qualities in terms of the biological activation of biochar.

If we talk about the Leaf Width variable, a very significant variance was obtained in the type of activator factor, with treatment T3 (Worm Humus Activator) with an average leaf width of 4.62 cm. Once again, the worm humus treatment obtained better agronomic results, confirming its biological activating power.

In the leaf length variable, a very significant variance was obtained in the factor type of activator, with treatment T3 (Worm Humus Activator) with an average leaf length of 7.02 cm, again the humus broth presented better results in the agronomic variables, demonstrating that pre-processed organic fertilizers are more biologically active.

Regarding the variable number of leaves, a very significant variance was obtained in the type of activator factor, with in treatment T3 (Worm Humus Activator) with an average of 24 leaves per plant, this is also a positive result for the treatment. hummus broth.

Regarding performance per square meter, the picture is no different from the other variables. Again, treatment T3 (worm humus activator) obtained better results, with 216.5 g/m². These results tell us that humus broth is the best biological activator compared to other inputs.

According to the Benefit/cost analysis, all treatments obtained a result less than one, this means that no treatment is sustainable over time, which indicates that it is not advisable to use it in extensive agriculture.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura urbana está tomando fuerza en los últimos años, tanto para desarrollar una seguridad alimentaria sostenible y sustentable, como también para mejorar la economía local con la producción de alimentos sanos y libres de agrotóxicos. Estas actividades agrícolas también se vienen enfocando en el cuidado del medio ambiente desarrollando trabajos de agricultura sostenible en el tiempo, usando insumos que puedan satisfacer las necesidades ambientales de la región.

El Biocarbón o Biochar como mejorador para suelos, ha sido tomado con mucho interés estos últimos años, por sus múltiples cualidades benéficas, pero una de las más importantes es la capacidad de fijar carbono durante mucho tiempo, incluso algunos autores afirman que el carbono del Biochar usado como mejorador de suelos, puede mantenerse estable durante cientos de años. Además de sus múltiples beneficios agronómicos para el desarrollo de los cultivos (Quispe, 2019).

El Biochar puede obtenerse de diferentes maneras, como también puede combinarse con otros insumos como abonos orgánicos sólidos y abonos orgánicos líquidos y su aplicación tiene un amplio rango, sea en diferentes sistemas agrícolas y diferentes cultivos.

La albahaca (*Ocimum basilicum L.*) es una planta o hierba aromática anual de la familia de las Lamiaceas, es originaria de la antigua Persia, India y regiones tropicales de Asia menor, se ha extendido el cultivo por las regiones templadas de la cuenca del Mediterráneo que fue cultivada por varios milenios.

Es una planta anual muy sensible a heladas y altas temperaturas, se cultiva únicamente por semillas, se puede sembrar en semilleros o macetas, en un invernadero, campo libre a principios o mediados de primavera, requiere una posición soleada, aunque en climas muy cálidos es necesario usar media sombra y también en suelos blandos fértiles, permeables y húmedos.

La albahaca (*Ocimum basilicum L.*), es una especie hortícola aromática de la cual se emplea especialmente las hojas, el cual posee diferentes propiedades antisépticas, antiinflamatorias, antibacterial, antifúngicas, digestivo, medicinal, aromatizante de comida y aromatizante ambiental.

Es una especie que por sus características tiene muchos beneficios en su consumo en verde como también en seco, por lo que el productor del lugar debe producirlo y consumirlo como una alternativa dentro de su dieta alimenticia, también se tiene un mercado exigente y competitivo donde los consumidores demandan productos de excelente calidad (Alcón, 2019).

Usos e importancia económica utilizados en perfumes, jabonería, cremas, licorería, productos dentales y productos alimenticios, en lo económico se hace énfasis en la comida gourmet, como en ensaladas y platos vegetarianos y repelentes para insectos.

Los países que se dedican a la producción en grandes cantidades de la albahaca (*Ocimum basilicum L.*) son España, Egipto, México, Estados Unidos, Argentina, Colombia, Canadá y Alemania.

En nuestro País Bolivia las regiones del valle (Cochabamba, Tarija y Sucre) dan un uso significativo en la época de carnaval (compadres, comadres), donde se ve diferentes usos para adornar canastas, enflorar las casas, las movilidades, donde el aroma se trasmite por las calles de la ciudad y alrededores. Estas costumbres son tradicionales generalmente en el Sur de Bolivia.

1.1. Justificación

En el departamento de La Paz, si bien existen diversas variedades de albahaca que tienen sus cualidades nutricionales y aromáticas aptas para el consumo humano las que son apetecibles por los consumidores, sin embargo, pocos toman en cuenta esta especie de albahaca de mucha importancia.

Debido a la demanda creciente de alimentos producidos de forma orgánica y aun mejor aplicando uno de los novedosos insumos mejoradores del suelo como el Biochar, es importante mostrar al productor esta alternativa de producción de hortalizas en ambientes atemperados, para así poder mejorar la economía del productor urbano. También dar una alternativa para mitigar y/o reducir las concentraciones de CO₂ de forma sostenible y sustentable.

La idea principal de este experimento es incorporar nuevas variedades a nuestro mercado local y darle un panorama más amplio de variedades de albahaca para distintos usos. En este caso las variedades a ser introducidas son la Proseur y la Larga que son cultivadas en una parte de Argentina y partes del mundo, donde se da un uso muy adecuado, donde estas variedades son utilizadas para el consumo alimenticio, medicinal e industrial. Que por sus cualidades culinarias son bien requeridas por los consumidores, que podrían ser introducidas a nuestro medio, por el cual se podrá realizar una previa evaluación de su comportamiento agronómico con las condiciones que requiere el cultivo de albahaca, esta investigación se realizó en un ambiente controlado en el Municipio de La Paz Provincia Murillo, siendo la sede de gobierno, lugar estratégico donde se desarrollan negocios importantes tanto públicos y privados, donde depende de otras localidades para abastecerse de alimentos, por lo cual es una debilidad y dependencia de otras regiones cuando hay problemas de transporte interdepartamental por los problemas político – sociales de los gobiernos.

Es por lo que la agricultura urbana es una solución para que las ciudades capitales lleguen a producir alimentos sanos y seguros y así abastecer para el mercado interno de la ciudad de La Paz.

En este experimento se determinó los comportamientos de las variedades Proseur y larga de la albahaca con la aplicación de Biochar (carbón vegetal) y abonos orgánicos (humus de lombriz, estiércol ovino y estiércol bovino) en ambiente controlado, esto para poder controlar las condiciones climáticas y poder producir la albahaca en condiciones óptimas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de Biochar en dos variedades de albahaca (*Ocimum basilicum L.*) en ambiente controlado en el municipio de La Paz.

2.2. Objetivos específicos

1. Identificar las variables agronómicas y fenológicas del cultivo de albahaca por efecto de la aplicación de tres activadores biológicos en Biochar.
2. Determinar el efecto sobre el rendimiento del cultivo de albahaca aplicando tres activadores biológicos en Biochar.
3. Realizar el análisis económico de los diferentes tratamientos.

3. HIPÓTESIS

H^o Los tres tipos de abonos orgánicos mezclados con el Biochar estudiados en la investigación no tienen diferentes comportamientos en los parámetros probados, como también en las dos variedades de albahaca.

H_i Los tres tipos de abonos orgánicos mezclados con el Biochar estudiados en la investigación tienen diferentes comportamientos en los parámetros probados, como también en las dos variedades de albahaca.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA O DE LITERATURA

4.1. Cultivo de la Albahaca

El nombre genérico deriva de la palabra griega okimon, significa oloroso, en alusión a la fragancia de sus hojas. El nombre específico proviene de la palabra basilikun real o riego expresando su carácter de principal (Briseño, S., Aguilar, M., Villegas, J., 2013)

Es originaria de la India, la antigua Persia, Asia tropical, islas del Pacífico, hace más de 400 años que salió de la India para propagarse por Asia y llegar a Egipto de donde remonta hasta Roma expandiéndose por Europa meridional a América. Llegó en el siglo XXVI con los primeros inmigrantes y se ha extendido su cultivo por las regiones templadas del mundo, en estos años se usaba en rituales, ofrendas para embalsamar cadáveres y también para uso culinario y medicinal.

El género *Ocimum* está representado por más de 150 especies y tiene una amplia distribución geográfica por todas las regiones del clima tropical y subtropical, se solía cultivarse en jardines y macetas (Cartagena, Y., 2002)

La albahaca es una de las plantas aromáticas más apetecidas en el ámbito culinario, por tener un sabor dulce y fragante. Para obtener hojas con altas concentraciones de aceites esenciales, se deben colectar poco antes de la floración, ya que contienen una mayor cantidad de sustancias oleosas, que determinan su aroma; las hojas adultas, se caracterizan por tener un sabor picante (Bareño, P., 2013).

Hoy en día la albahaca es producida para muchos fines, como se utiliza para la cocina por su agradable sabor y aroma, en los platos gourmet, pizzas, platos vegetarianos. Es utilizada por sus propiedades terapéuticas: estimulantes, antiespasmódico, antiséptico, además tiene propiedades digestivas combate la halitosis, la molestia gástrica y el cansancio general.

La albahaca es una planta aromática y medicinal compuesta por altos contenidos de aceites esenciales tales como monoterpenos, sesquiterpenos y sus análogos oxigenados, presentes en bajas concentraciones (Cartagena, Y. 2002).

4.2. Clasificación taxonómica

La albahaca (*Ocimum basilicum* L.) es una planta herbácea anual perteneciente a la familia de las Lamiaceae, que es conocida por su distintivo aroma y sabor. Aquí tienes algunas de sus características botánicas: Marzoca (1985) y Barroso. L. (2002.), realizan la clasificación taxonómica de la siguiente manera:

- División: Magnoliophytina
- Sub División: Angiospermae
- Clase: Dicotyledoneae
- Sub clase: Lamidae
- Orden: Lamiales
- Familia: Lamiaceae
- Género: Ocimum
- Especie: basilicum
- Nombre científico: *Ocimum basilicum* L.
- Nombre común: Albahaca

4.3. Características morfológicas

4.3.1. Raíz

Las raíces son ramificadas con raíces primarias y secundarias, presenta una estructura bien desarrollada, aunque carece de la raíz principal (López, 1996 citado por Quispe 2019).

4.3.2. Tallos

Los tallos de esta planta aromática son de formas cuadrangulares, rectas, con abundantes ramificaciones que crecen en la base y en la zona media de la planta, pueden alcanzar los 30 a 50 cm de altura (López, 1996 citado por Quispe 2019).

4.3.3. Hojas

Presentan numerosas hojas de 2 a 5 cm de largo, opuestas, pecioladas y de forma ovadas, de bordes lisos a dentados y lanceoladas son los órganos económicos de

la planta ya que son las portadoras de tricoma y glándulas donde se sintetizan los aceites esenciales (López, 1996 citado por Quispe 2019).

4.3.4. Flores

Son de color blanco a ligeramente purpuras dispuestas en espigas o tirso alargadas, axilares, se ubican en la parte superior del tallo y en los extremos de las ramas laterales.

El cáliz es de forma ovoide con cinco dientes, el labio superior de la corola se caracteriza por presentar cuatro hendiduras similares. Las glándulas conteniendo aceites esenciales se encuentran entre los carpelos, posee cuatro estambres y dos estigmas (López, 1996 citado por Quispe 2019).

4.3.5. Fruto-semilla

Los frutos son de forma ovoide, están formados por cuatro aquenios pequeños, lisos, indehiscentes y con el pericarpio separado del tegumento de la semilla, la semilla es dura pequeña y está envuelta en una sustancia mucilaginosa que se hincha en contacto con el agua (López, 1996, citado por Quispe 2019).

4.4. Importancia económica y distribución geográfica

La albahaca es una hierba aromática anual que adquiere cada día mayor importancia por el elevado valor nutritivo de sus hojas por sus altos contenidos de hidratos de carbono, proteínas, minerales e (elementos indispensables en toda dieta alimenticia) han hecho que la albahaca se convierta en uno de los recursos importantes de la alimentación (Torrez, D. 2014)

La planta de albahaca es de gran importancia económica a nivel mundial, estas plantas se cultivan anualmente en invernaderos o campo abierto, requiere muchos cuidados, se utilizan las hojas y tallos para en consumo como verduras o ensaladas, utilizándose crudas, cocidas, procesos industriales aceites y cosméticos (INTA, 2010 citado por Quispe 2019).

4.4.1. Zonas de producción de albahaca en el mundo

En el ámbito internacional, los principales países productores de *Ocimum basilicum* L. son: España, Egipto, México, Estados Unidos, Argentina, Colombia, Canadá, Alemania y Hungría, sin embargo, no existe información confiable que refleje volúmenes de producción exactos

4.4.2. Situación del cultivo en Bolivia y en La Paz

La albahaca en Bolivia se cultiva en todo el país, especialmente en lugares frescos o de climas templados, en invernaderos o campo abierto, en jardines en poca cantidad, se usa para el consumo alimenticio, protección de cultivos, como una planta aromática y especialmente para uso medicinal.

El cultivo en La Paz está un poco limitado por el motivo de mercado, sin embargo, todas las poblaciones, etnias producen tanto para consumo alimenticio, protección de insectos y para usos tradicionales como una planta aromática (carnaval).

4.5. Requerimiento del cultivo

4.5.1. Clima

El cultivo de la albahaca necesita un clima templado-cálido, (no resiste heladas ni temperaturas inferiores a 0°C), temperaturas entre 24-30°C durante el día y 16-20°C durante la noche, combinados con una longitud del día de 16 horas, inducen una alta tasa de desarrollo, temperaturas mayores causan estrés y pueden causar marchitamiento durante la parte más caliente del día, y es cultivada en media sombra (INTA, 2010 citado por Quispe 2019).

4.5.2. Altitud

La albahaca se cultiva entre los 0-3000 m.s.n.m generalmente en campo abierto. Se siembra albahaca bajo invernadero en pisos térmicos más altos de 3000 m.s.n.m. La albahaca producida bajo invernadero posee hojas más pequeñas y de color más intenso.

4.5.3. Precipitación

Amplia y regular precipitación durante el periodo de crecimiento y poca lluvia durante el periodo de cosecha.

4.5.4. Humedad relativa

La humedad relativa media promedio es (HR): media (60-80 %) (INTA, 2010 citado por Quispe 2019).

4.6. Exigencia del suelo

4.6.1. Suelo

El suelo debe tener las condiciones ricas de materia orgánica de mediana fertilidad, ligeras, de tipo franco-arcilloso o humífero, permeables, más bien fresco, los fuertes y arcillosos son inadecuados, debe cultivarse en parcelas situadas a mediodía soleadas, en terrenos bien mullidos, asilados y con posibilidad de riegos eventuales (INTA, 2010 citado por Quispe 2019).

4.6.2. Agua

La cantidad de riego ha de ser moderada, necesita suelos húmedos con 80% de humedad, pero no encharcados, ya que sus raíces no soportan los suelos con exceso de humedad (INTA, 2010 citado por Quispe 2019).

4.6.3. P.H

La planta de la albahaca se adapta a suelos mayormente neutros y no muy salinos.

4.7. Variedades importantes

4.7.1. Variedad Italian Large (*genovese*).

Esta variedad de albahaca se cultiva todo el año y es, por definición, la que se vende como albahaca. Es de color más oscuro la hoja, planta de porte más bajo, contiene

excelentes aceites esenciales, su sabor combina con todas las comidas italianas muy aceptable en todo el mundo es sensible a heladas y altas temperaturas.

4.7.2. Variedad Tailandesa (*thai*)

Esta variedad de albahaca sus hojas son pequeñas y delgadas, su aroma a clavo, con toques a menta y cítricos, funciona de maravilla con platos asiáticos. Respecto al sabor, combina con sabores picantes y postres de maravilla, es muy sensible a bajas temperaturas en el invierno y necesita muchos cuidados.

4.7.3. Variedad Proseur (*Lima-limón*)

Esta variedad tiene un marcado aroma a cítrico cuyo olor recuerda a la deliciosa lima, funciona para un sinfín de platos, pero tal vez una de las mejores formas usarla en las comidas gourmets y en el mojito, el clásico trago cubano donde sus sabores alcanzan niveles legendarios, en el requerimiento del cultivo es muy exigente a suelos profundo con bastante nutrientes y sensible a heladas y temperaturas arriba de los 25°C, se cultiva bajo media sombra.

4.7.4. Variedad morada

Esta variedad de albahaca lo usan los egipcios en sus actividades rituales. Es de color purpura intenso, esta albahaca tiene prácticamente es el mismo sabor que la genovesa y similar al anís, es muy hermosa por su color intenso, funciona de maravilla con sabores como los jitomates, el queso parmesano, las almendras y piñones. Es más resistente heladas, suelos y altas temperaturas.

4.7.5. Variedad híbrida *Nuflar f-1*

Esta variedad de albahaca es de porte más vigoroso, mayor productividad que las anteriores variedades.

4.7.6. Variedad albahaca violeta (*purpurascens*)

Esta variedad es la más ideal para comidas ya que deja un sabor rosado en ellas es ideal para salsas y cremas y ensaladas en verde

4.8. Composición química y usos de la albahaca

Composición de la albahaca por cada 100/g.

Cuadro 1. Composición química de la albahaca

NUTRIENTES	CANTIDAD
Calorías	23 K cal
Proteína	3.15 g
grasa total (g)	1.60
Glúcidos	5.20
Carbohidratos	2.65 g
Fibra	1.6 g
Calcio	177 mg
Hierro	3.17 mg
Fosforo	56 mg
Potasio	295 mg
Sodio	4 mg
Zinc	0.81 mg
Vitamina C	18 mg
Niacina	0.902 mg
Vitamina B-6	0.155 mg
Riboflavina	0.076 mg

Fuente: Elaboración en base a (Forero, 2010).

4.8.1. Usos de la albahaca

La albahaca es una de las plantas aromáticas más apreciadas en cocina, es considerada insustituible por un gourmet. Tiene un gusto dulce y fragante, las hojas

más perfumadas son aquellas que se recogen poco antes de la floración, ya que contienen una mayor cantidad de sustancias oleosas que determinan su aroma, sus hojas más viejas tienen a tener un sabor más picante.

El aceite esencial contiene sobre todo estragol, eugenol y linalol, timol, taninos y alcanfor de albahaca. El estragol es un potente carcinógeno y genotóxico, sin embargo, no se ha determinado directamente la carcinogenicidad en la dieta humana. (Uñatawi 2003 citado por Quispe 2019).

Sus principales virtudes son: estimulante y antiespasmódica, es un eficaz sedante del sistema nervioso, además sus hojas son carminativas, estimulantes, antieméticas, sudoríficas y diuréticas.

Hay especies cultivadas de albahaca que se diferencian por el color, tamaño, cantidad de hojas, la fragancia, el sabor y el contenido en aceites volátiles. Estas plantas son también empleadas como decoración de ambiente y como repelente natural.

La albahaca también tiene un uso cosmético farmacéutico y un elevado valor curativo para varias enfermedades. El aceite esencial se utiliza en la elaboración de jabones, cosméticos y perfumes.

4.8.2. Usos medicinales

Actúa como digestivo, antiespasmódico, antimicrobiano, emenagogo y laxante.

4.8.3. Almacenamiento de la albahaca

Las condiciones de almacenamiento son las siguientes.

Temperatura 10-12°C. Humedad relativa 80-90%.

4.9. Manejo del cultivo

4.9.1. Preparación del terreno

Para la preparación del terreno se recomienda la labranza profunda, aplicar materia orgánica y estiércol, (uso reducido de maquinaria agrícola), realizando un pase de cincel y dos pases de desinfección del suelo en terrenos que presenten problemas fitosanitarios. (Chilón, 1997 citado por Quispe 2019)

4.9.2. Elaboración de semilleros

En una planta para trasplante, es preciso que en su etapa inicial de desarrollo sea sembrada en almacigo o semillero, para posteriormente ser trasplantada. Para esto se abre surquitos y se siembra la semilla minuciosamente, a una profundidad de tres veces del tamaño de la misma.

Se selecciona un lugar donde se va a establecer el semillero, es importante considerar las condiciones físicas y químicas del suelo, siendo mejores aquellos que presentan buen drenaje, adecuada aeración y una textura franco arenoso con un alto contenido de materia orgánica y un pH den 6.2, este ambiente debe estar protegido de vientos, lluvias, fuertes, granizadas y recibir el sol para facilitar la germinación de la semilla, debe estar cerca del sitio definitivo para facilitar la movilización. Es más ventajoso si se efectúa en un semillero, el cual permite cultivar un gran número de plantas que estarán listas para trasplantar cuando se disponga de un bancal o una parcela libre.

4.9.3. Raleo

En semilleros o almacigos es muy importante realizar el raleo de plántulas, dejando una separación de 1 cm entre ellas, al fin de obtener plántulas vigorosas, de un buen tamaño y que puedan soportar el trasplante. (Chilon, 1997 citado por Quispe 2019)

4.9.4. Trasplante

El trasplante se hace a los 20 a 25 días de estar en el semillero, cuando la plántula tiene dos pares de hojas verdaderas y un tamaño adecuado de 4 a 6 cm de altura se hace a esta edad para que la plántula no sufra estrés en su suelo fijo.

4.9.5. Densidad de siembra

Las densidades más utilizadas son de 50.000, 60.000 y 100.000 plantas por hectárea, esto depende de los manejos que se realiza en el cultivo, para consumo en fresco se siembra en doble surco o al voleo.

4.9.6. Siembra

Para realizar la siembra es necesario tener semillas con un alto porcentaje de germinación y vigor. Este cultivo se puede hacer por semilla en semillero o almacigo. Se siembra en bandejas especiales y se trasplanta cuando tienen 4 -6 hojas verdaderas, se trasplanta a los 20 a 25 días, la germinación se produce entre los 7 a 10 días después de la siembra. Se trasplanta a mano o con máquina de trasplantar. La densidad de siembra es de 100 000 plantas por hectárea.

La albahaca de siembra directa se hace enterrando las semillas a 0.3 cm de profundidad, la mejor época es en primavera-verano se siembra al voleo y en surcos en esta siembra se emplea una densidad de 150 000 plantas por hectárea, una vez germinada se tiene que hacer el raleo correspondiente.

4.9.7. Propagación

La albahaca por ser una planta anual, la propagación es mediante semillas en siembra directa, esquejes y trasplante, esta última se aplica más, por ser más eficiente en los cultivos comerciales.

4.9.8. Fertilización

Se recomienda realizar en la preparación del suelo los abonos orgánicos

En la siembra directa se incorpora un fertilizante multiuso 16-16-16 en los primeros 20 cm del suelo, tenemos que incorporar el fertilizante al suelo antes de sembrar, esto asegura que la albahaca tenga los nutrientes suficientes para germinar y establecer un sistema radicular fuerte. En la siembra por semillero o trasplante de albahaca se añade un fertilizante líquido de algas marinas para agregar nutrientes minerales y un fertilizante especialmente diseñado para estimular el crecimiento de las raíces como ser la harina de hueso. La fertilización de la albahaca en el campo se hace con N P K 5-10-5 una o dos veces durante la temporada de crecimiento, se necesita 85 g por 3 o 4 m² de plantas de albahaca, una vez que se empieza a cosechar se puede agregar N extra en forma de emulsión, para que apoye al crecimiento foliar.

El exceso de fertilizantes en la albahaca puede reducir los aceites aromáticos en las hojas que lo dan el sabor, y hacen que las plantas sean susceptibles a plagas y enfermedades, preferentemente aplicar cuando las temperaturas sean bajas.

4.9.9. Para suelos suficientes provistos de elementos minerales se recomienda

- De 100-150 unidades de nitrógeno en tres aplicaciones de forma de sulfato de amonio.
- De 100-140 unidades de fósforo en forma de superfosfato de cal.
- De 100-140 unidades de potasio en forma de sulfato de potasio.

También puede emplearse un abono complejo de 12-12-12 en una dosis de 1.000 kg/ha.

En el cultivo en invernadero se realiza la fertilización nitrogenada a través del riego aplicando una dosis de 100 kg/ha de urea y fertilización foliar completa (Foliar Bayer) al 0.5 % P.C cada 15 días. (INTA, 2010 citado por Quispe 2019).

4.9.10. Riego

La cantidad de riego ha de ser moderado, necesita suelos húmedos, pero no encharcados, ya que sus raíces no soportan suelos con exceso de humedad.

Los riegos deben mantenerse a la capacidad de campo del terreno y especialmente durante el desarrollo vegetativo y si es para semilla hasta los llenados de semillas donde es el requerimiento máximo, para la producción en fresco y deshidratada es recomendable hacer una aplicación de 6 riegos por surco y un aporque cuando las plantas tienen 40 cm de altura.

4.9.11. Cosecha

Según sea el destino de la producción tendremos tres tipos de cosecha.

- Si el cultivo es destinado para la deshidratación se emplean maquinas cosechadoras del tipo segadoras el corte se lo hace antes de la floración, el corte se hace a 15-20 cm de altura del suelo con efecto de preservar las yemas basales de los tallos y favorecer el rebrote, luego se hace el secado hasta el 11% de humedad esto se hace en la planta procesadora, se seca en hornos a 40 grados durante diez horas y por último se guarda. (INTA, 2010 citado por Quispe 2019).
- Cuando es destinado a la obtención de aceites esenciales, la cosecha debe efectuarse en plena floración y de preferencia solo las inflorescencias para lograr la mejor calidad de aromas.
- Si está destinada la producción para consumo en fresco, se extrae las plantas con raíces y se efectúan manojos de 3 a 4 plantas atándose por la base, se lo transporta en cajas se lo recubre con papel resimite transparente para evitar la deshidratación hasta su comercialización y consumo.

4.9.12. Rendimiento

La albahaca en promedio produce 160 gr durante su ciclo de producción, los rendimientos de albahaca son de 12-20 Tn/ha en fresco y en un tiempo comprendido entre 4 y 8 semanas, deshidratada se puede obtener 10 ton/ha de albahaca seca y cerca de 80 kg/ha de aceite esencial. (INTA, 2010 citado por Quispe 2019).

4.10. Control de malezas

El control de las malezas en el cultivo de la albahaca se puede hacer de forma, mecánica o manual, utilizando escardillos o cultivadoras del campo, también se puede usar herbicidas selectivos muy eficientes.

Herbicidas selectivos para el cultivo de Albahaca (Diaz, A. 2009 citado por Quispe 2019).

Momento de aplicación: Pre emergentes

- Producto p.a.: Metobromuron
- Dosis g p.a he: 1000
- Residualidad (meses): 3-4
- Condiciones de uso: Aplicar sobres plantas jóvenes

Momento de aplicación: Pre emergentes

- Producto p.a.: Monolide
- Dosis g p.a he: 3960
- Residualidad (meses): 1- 1.5
- Condiciones de uso: Suelos húmedos, malezas dicotiledóneas.

Momento de aplicación: Pre emergentes

- Producto p.a.: Tebutame
- Dosis g p.a he: 2880
- Residualidad (meses): 3
- Condiciones de uso: Suelo húmedo incorpóralo

Momento de aplicación: Pos emergentes

- Producto p.a.: Napropamide
- Dosis g p.a he: 1125
- Residualidad (meses): 6
- Condiciones de uso: Aplicar en suelo húmedo

4.11. Principales plagas y enfermedades

4.11.1. Plagas

4.11.1.1. *Minador de la hoja*

Es un insecto minador que pica la hoja de la planta y pone un huevo. La larva del minador se va alimentado de la hoja y formando alrededor de un punto negro. El método de control biológico es quitar las hojas dañadas.

4.11.1.2. *Pulgón*

Este insecto suele ser del mismo color de la hoja se detecta cuando empieza a subir las temperaturas, son pequeños de colores amarillos, verdes, negros grises, su propagación es constante.

Su control es biológico con insectos benéficos (crisopas mariquitas, avispas y chinches) y control químico.

4.11.1.3. Gusanos

Las orugas son las plagas principales porque la gran mayoría proliferas que atacan a los cultivos, los síntomas que presentan son agujeros en las hojas su control es químico y biológico a través de insectos benéficos.

4.11.2. Manchas negras

Se vemos manchas negras en las orillas de la hoja de la albahaca son quemaduras producidas por el frio, para esto debemos tomar en cuenta las condiciones climáticas.

Cuadro 2. Productos fitosanitarios permitidos para la Albahaca Resolución SENASAG 608/2012.

ABAMECTINA	INSECTICIDA ACARICIDA	ARAÑUELAS
Azoxistrobina	Fungicida	Mildiu Sclerotina
Formetanato	Insecticida	Trips
Spinosad	Insecticida	Trips
Bifentrin	Insecticida Pulgones	M.blanca, Trips
Acetamiprid+Bifentrin	Insecticida	M. blanca, Pulgones, Trips, Orugas
Insecticida Procimidone	Fungicida	Sclerotina
Acetamiprid Pulgones	Insecticida	Mosca, Blanca

Fuente: Elaboración en base a Paco 2012

4.12. Biocarbón o Biochar

4.12.1. Historia de Biochar

Los estudios y los usos del Biochar o Biocarbón son relativamente recientes, pero en otras partes del mundo ya se tiene registros de investigaciones y se documentó los beneficios para la agricultura y el medio ambiente.

Según Enciso, A. J. (2004) citado por Paco, (2012), en Japón, es común el uso del Biochar en suelos, así se ha encontrado detallado su uso en viejos textos de agricultura del año 1967, y fue durante la década de los años ochenta cuando se intensificó su investigación.

También el mismo autor afirma que la base existente detrás del interés originado en los últimos años por la aplicación en suelos de este material pirogénico se debe principalmente a dos hechos: en primer lugar, debido al descubrimiento de partículas similares al carbón en suelos muy fértiles y de alto contenido en carbono del Amazonas en Brasil, denominados localmente como **Terra Preta do indio (Tierra negra del indio)**. Y, en segundo lugar, debido a investigaciones publicadas que han demostrado la recalcitrancia de este material frente a otras enmiendas orgánicas y su contribución al incremento de la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

La denominada Terra Preta (**Tierra negra**) es consecuencia de prácticas de manejo de suelos ancestrales (500-2500 años BP) y parecidas al carboneo de leña y otros restos de biomasa, llevadas a cabo por culturas indígenas anteriores a la colonización europea (Fabian, V. 2016, citado por Paco, 2012)

Estos suelos se identifican por el color negro de su perfil edáfico y contienen altos niveles de materia orgánica y nutriente como N, P, K y Ca. Estas características se atribuyen en parte a su elevado contenido en carbón. Se han encontrado concentraciones de 150 g C/kg de suelo frente a 20-30 g C/kg de suelo en suelos adyacentes (Camargo, J. 2008, citado por Paco, 2012).

El fenómeno de la Terra Preta (**Tierra negra**) ha tenido un fuerte impacto en el campo de la ciencia del suelo, lo que se ha traducido en numerosas publicaciones científicas, pero también en el público en general por medio de diversas páginas web (Lehmann, 2015 citado por Paco, 2012).

El interés potencial de la tierra negra como modelo de uso para subproductos de procesos bioenergéticos que se basan en la pirolisis ha tenido amplia difusión (Lehmann, 2015, citado por Paco, 2012).

De esta manera y en el contexto actual de cambio climático, ha surgido la posibilidad de desarrollo de antrosoles (suelos muy modificados por la intervención humana) para almacenamiento de carbono denominados como Terra nova (sumideros de CO₂), y como mejora de suelos agrícolas en base a la utilidad del Biochar como enmienda orgánica, a través de modernas técnicas de manejo similares a las que originaron la **Tierra negra del indio**.

4.12.2. Naturaleza

¿Qué es el Biocarbón?

El Biocarbón es el producto de la descomposición térmica de materiales orgánicos (biomasa) con escaso o limitado suministro de oxígeno (pirólisis), a temperaturas relativamente bajas (inferiores a los 700 °C) y que es destinado a uso agrícola, lo que hace que sea diferente al carbón usado como combustible y al carbón activado. La International Biochar Initiative o IBI (2012) en su “Standardized Product Definition and Product Testing Guidelines for Biochar that is Used in Soil”, define al biocarbón como “un material sólido obtenido de una conversión termoquímica de biomasa en un ambiente limitado de oxígeno”. (Escalante *et al.*, 2016).

Numerosos estudios (Lehmann, 2015; Singh, B. P., & Cowie, A. L. 2014; Major, 2010 citados por Escalante *et al.*, 2016) sugieren que los componentes del Biocarbón son altamente recalcitrantes en los suelos. Esto es, que resisten la oxidación química y biológica, por lo que su tiempo de residencia es de cientos a miles de años, al menos de 10 a 10 mil veces más grande que los tiempos de residencia de

la mayoría de la materia orgánica del suelo. Por esta característica de recalcitrancia, la adición de este producto al suelo puede actuar como un sumidero potencial de carbono (Singh, B. P., & Cowie, A. L., 2014, citado por Escalante *et al.* 2016).

Según Flores, J. (2010), la pirolisis es el proceso de conversión termoquímico por el cual se pueden producir productos más estables de la transformación de la biomasa. Pirolisis es la descomposición térmica química (a temperaturas >300°C) de materiales orgánicos (como residuos agrícolas, astillas de madera, estiércol, residuos municipales y animales) en un sistema cerrado en ausencia o casi ausencia de oxígeno que genera Syngas por sus siglas en inglés (principalmente hidrógeno, metano y monóxido de carbono) es un combustible gaseoso obtenido a partir de sustancias ricas en carbono (hulla, carbón, coque, nafta, biomasa) sometidas a un proceso químico a alta temperatura. Contiene cantidades variables de monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H₂), bioaceite (alcoholes, aceites, alquitranes y ácidos) y Biochar (principalmente C y contiene O, H, N y cenizas).

Si bien la pirolisis es un proceso químico complejo, se puede realizar de manera artesanal como se realizó en el experimento. Dando opciones de ser realizadas con muy pocos insumos, reduciendo los costos, siendo factible para los productores que quieran utilizar este innovador producto (Quispe, 2019).

Si bien el proceso de obtención del carbón es muy complejo químicamente, es más fácil de lo que parece, y hay diversas formas de obtención del carbón en sí. Prácticamente se puede obtener de todo tipo de material vegetal, residuos de la agroindustria, residuos de la industria maderera. No es necesario la deforestación.

Es por lo cual que el Biocarbón es un bioinsumo muy versátil para el uso como mejorador de suelo. Sus características benéficas ayudan a mejorar la producción en casi todos los aspectos.

4.12.3. Biochar como sumidero de carbono

El suelo actúa como un gran almacén de Carbón, ya que más del 80% del Carbón terrestre se encuentra almacenado en él (Singh, B. P., & Cowie, A. L., 2014 citado

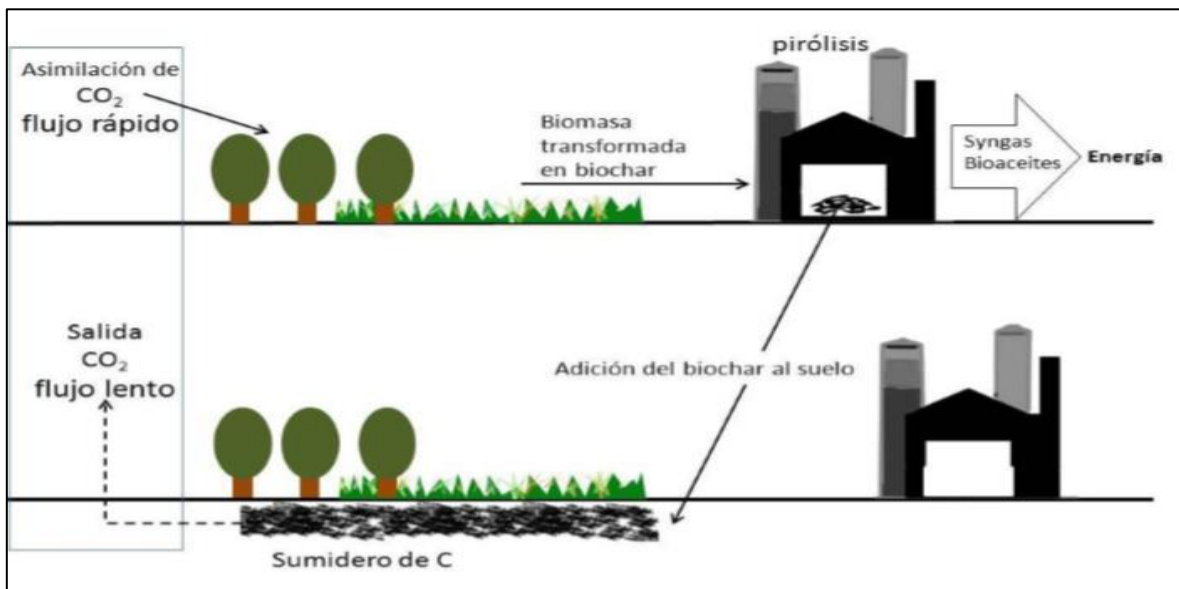
por Olmo, 2016). Sin embargo, el potencial del suelo para actuar como sumidero de C es reducido, ya que la captura de este no es permanente, sino que existe un balance entre la incorporación de materia orgánica al suelo y la salida de C en forma de CO₂ a la atmósfera asociada a procesos tales como descomposición, erosión y lavado (Singh, B. P., & Cowie, A. L. 2014, citado por Olmo, 2016).

Por otra parte, la captura del C en el suelo es compensada con la emisión de otros gases que contribuyen al efecto invernadero. Por lo tanto, para mitigar el cambio climático es necesario reducir el flujo neto de estos gases a la atmósfera, tratando de incidir sobre el ciclo del C (Olmo, 2016).

El potencial del Biochar como sumidero de C se debe a su naturaleza recalcitrante, lo que ralentiza la velocidad a la que se degrada en el suelo y por tanto la velocidad a la que el C se emite a la atmósfera (Jeffery, S *et al.* 2011 citado por Olmo, 2016).

Según Sánchez, M., García, R., & López-Mosquera, M. (2019), citado por Olmo, (2016). El tiempo de residencia media del C del Biochar en los suelos es variable, pero según estimaciones alcanza los 1000 años, pudiendo llegar hasta los 10000 años.

Figura 1. Impacto del Biochar sobre el ciclo de Carbón (reducción de las emisiones de CO₂ hacia la atmósfera).



Fuente: Olmo (2016).

4.12.4. Efecto de enmiendas de Biochar sobre cultivos agrícolas

Según investigaciones y autores afirman que hubo un incremento importante hablando de la producción de los cultivos, cuando se administra este producto como el Biochar cuando se asocia con otros insumos como los abonos orgánicos. De hecho, se han reportado incrementos de 200% en comparación con los tratamientos que no tienen fertilizantes y sin enmiendas de Biochar (Jeffery, S., *et al.*, 2011 citado por Martínez, 2015). Mientras que se ha reportado también respuestas neutras cuando solo se administra Biochar sin ningún insumo.

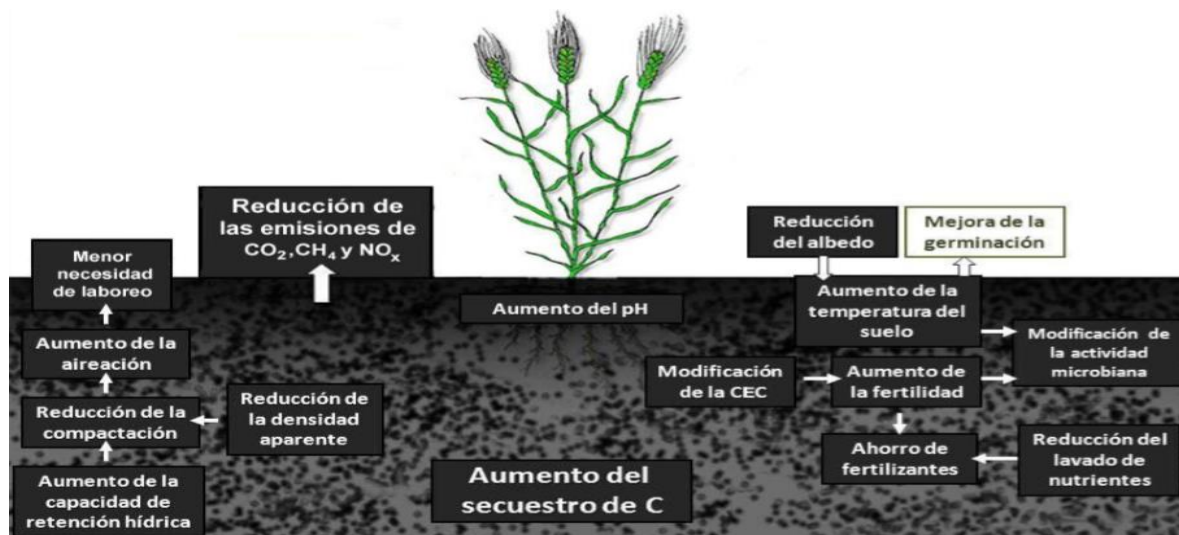
En trabajo de invernadero, Lehmann *et al.* (2015) citado por Major, (2011). Encontraron que, además de su efecto sobre los rendimientos, el Biochar reduce la lixiviación de nutrientes. Así se podría disminuir la contaminación de aguas subterráneas por residuos de fertilizantes.

Si hablamos de características propias del suelo podemos citar, según Liu, X., *et al.*, (2013) citado por Olmo, (2016). Los cambios incluyen la reducción de su

densidad aparente, el aumento de su capacidad de retención de agua y la mejora de su estructura. Estas mejoras también incluyen un aumento de la porosidad del suelo que puede mejorar su capacidad de infiltración y su permeabilidad. Teniendo estas características de mejora en los diferentes caracteres del suelo, podemos afirmar que el Biocarbón actúa positivamente al desarrollo de la raíz y a la respiración microbiana y favoreciendo el intercambio gaseoso y las condiciones de oxigenación.

Se han hecho pruebas que muestran que el Biochar no solo es más estable que cualquier otra enmienda para suelo y que incrementa la disponibilidad de nutrientes más allá que un efecto de fertilizante, por lo que las propiedades básicas de estabilidad y capacidad de retener nutrientes son fundamentalmente más efectivas que otras materias orgánicas en el suelo. Esto significa que el Biochar no es simplemente otro tipo de composta o abono que mejora las propiedades de los suelos, estudios han demostrado que es más eficiente en mejorar la calidad del suelo que cualquier otra enmienda orgánica de suelo (Lehmann y Joseph, 2015. citado por Martínez, 2015).

Figura 2. Resumen de los principales efectos del Biocarbón sobre las características del suelo.



Fuente: Olmo (2016)

4.12.5. Secuestro de Carbono y Cambio Climático

En el ciclo del carbono las plantas toman CO₂ de la atmósfera para la fotosíntesis y al morir forman parte de la materia orgánica del suelo, presentando carbono en sus estructuras. Sin embargo, la mayor parte de esta materia es mineralizada por los microorganismos del suelo, en este proceso se libera CO₂ a la atmósfera, que se suma al producido por la respiración de las plantas. Las cantidades de CO₂ absorbidas y liberadas en este proceso están balanceadas, este es el caso de un balance de carbono neutral, es decir, que no incrementa la cantidad neta de este gas en la atmósfera. La adición neta de carbono a la atmósfera representa el carbono positivo, en tanto que la reducción neta de este gas refiere al carbono negativo. En este sentido, cuando se aplica Biocarbón al suelo, dado que el carbono está en forma recalcitrante, tarda mucho tiempo en degradarse, convirtiéndose en carbono negativo (Agegnehu, G., *et al.*, 2016 citado por Escalante *et al.*, 2016).

El Biochar posee alto contenido de carbono orgánico, altamente resistente a la descomposición, por lo que funciona como un almacén de formas recalcitrante de este elemento cuando aplicado al suelo como mejorador (Shaaban, M., 2017 citado por Escalante *et al.*, 2016) por lo que se puede considerar como un factor inhibidor del cambio climático (Pandit, N. R., *et al.*, 2018 citado por Escalante *et al.*, 2019).

4.12.6. Composición química del biochar

Cuadro 3. Caracterización química del biochar

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO
NITRÓGENO	0,67	%N	Kjeldahl
FOSFORO	0,09	%P	Espectrofotometría
POTASIO	0,52	%P	Emisión atómica
CARBONO ORGÁNICO	2,68	%	Walkletblack
Ph (1.5)	10,03	-	Potenciometría
C.E.	1,37	mS/cm	Conductancia

HUMEDAD	51,68	%	Gravimetría
MATERIA SECA	48,32	%	Gravimetría

Fuente: Quispe (2019)

Estas características nos indican que el Biochar tiene beneficios que ayudan a mejorar las características orgánicas de suelo, lo que incide directamente con los resultados agrícolas en los cultivos (Quispe, 2019).

Estos datos que se obtuvieron son datos referenciales, si bien sabemos que el verdadero efecto del Biochar esta cuando se aplica al suelo, es importante conocer los valores obtenidos en la caracterización.

Análisis de las principales características químicas de las diferentes muestras de suelos de los tratamientos en estudio

Cuadro 4. Efectos y cambios en las características químicas del suelo aplicado con diferentes cantidades de Biochar

PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	T0	T1	T2	T3
pH en agua 1:5	Potenciometría	-	8,42	8,21	8,1	8,16
CE 1:5	Conductacia	dS/m	1,045	1,076	1,096	1,056
Nitrógeno total (N)	Kjendahl	%	0,14	0,2	0,23	0,18
Fosforo asimilable (P)	Espectrofotometría UV	Ppm	45,07	68,75	66,96	115,28
Potasio (k)	Emisión atómica	meq/100g	3,2	3,57	3,26	3,66
C.I.C.	Volumetría	meq/100g	22,3	24,43	24,5	22,38
Carbono orgánico	Walkley black	%	0,7	2,04	2,05	1,7
Materia orgánica	Walkley black	%	3,09	4,08	4,1	3,39

Fuente: Quispe (2019)

El Biochar por lo general incrementa la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo y, por lo tanto, la retención de NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , lo que probablemente se atribuye a su elevada superficie específica, alta carga superficial negativa y elevada densidad de carga, aspectos que no son frecuentemente

desarrollados en los estudios sobre Biochar (Escalante *et al.*, 2016, citado por Quispe, 2019).

Quispe, 2019 en su investigación "Evaluación de tres niveles de Biochar en el cultivo de Canónigo (*Valerianella locusta*) bajo ambiente atemperado en la estación experimental de Patacamaya realizó los análisis de suelo de diferentes tratamientos donde se usó diferentes niveles de Biochar activados con Humus de lombriz.

Según muestra el cuadro, en cuanto al pH, se muestra una reducción del pH, de los tratamientos que se aplicaron Biocarbón. Siendo el tratamiento T2 (sustrato con 4 % de Biochar) el que más redujo el pH con 8,1 seguidamente del tratamiento T1 y T3 (sustrato con 2% de Biochar, sustrato con 6% de Biochar) con 8,21 y 8,16 respectivamente. Todos respecto al tratamiento testigo que obtuvo un pH 8,42. Esto demuestra que la aplicación del Biochar reduce el pH de los suelos (Quispe, 2019).

El cuadro también muestra que la CE, también muestra diferencia en cuanto al tratamiento testigo y los tratamientos aplicados con Biochar siendo el tratamiento T2 (sustrato con 4 % de Biocarbón) que obtuvo más CE con 1,096 dS/m. seguidamente del tratamiento T1 y T3 (sustrato con 2% de Biochar, sustrato con 6% de Biochar) con 1,045 dS/m y 1,056 dS/m respectivamente. Todos los anteriores respecto al tratamiento testigo que obtuvo 1,045 dS/m. Siendo la CE un indicador de concentraciones de sales disueltas que facilita el paso de corriente eléctrica en el suelo, los datos mostrados muestran que el Biochar en el suelo aumenta la concentración de sales disponibles en el suelo. Aunque esta no sea significativa (Quispe, 2019).

También se puede observar que los macronutrientes NPK tuvieron cambios en cuanto la cantidad disponibles en el suelo.

Quispe, (2019) en su investigación indica que el nitrógeno mostro un incremento en los tratamientos aplicados con Biochar, siendo el tratamiento T2 (sustrato con 4 % de Biochar) con 0,23 % de nitrógeno total. Seguidamente de los tratamientos T1 y T3 (sustrato con 2% de Biochar, sustrato con 6% de Biochar) con 0,2% y 0,18% de

nitrógeno total respectivamente. Todos anteriores respectivamente al tratamiento testigo (T0) que obtuvo 0,14% de nitrógeno total. Esto demuestra que el Biochar aumenta la disponibilidad de los macronutrientes, en particular del nitrógeno.

El fósforo mostro un incremento en los tratamientos aplicados con Biochar, siendo el tratamiento T3 (sustrato con 6 % de Biochar) con 115,28 ppm de fósforo asimilable. Seguidamente de los tratamientos T1 y T2 (sustrato con 2% de Biochar, sustrato con 4% de Biochar) con 68,75 ppm y 66,96 ppm de fósforo asimilable respectivamente. Todos anteriores respectivamente al tratamiento testigo (T0) que obtuvo 45,07 ppm de fósforo asimilable. Esto demuestra que el Biochar aumenta de gran manera la disponibilidad de nutrientes en especial del fósforo (Quispe, 2019)

El potasio también mostro un incremento en los tratamientos aplicados con Biochar, siendo el tratamiento T3 (sustrato con 6 % de Biochar) con 3,66 meq/100g de potasio. Seguidamente de los tratamientos T1 y T2 (sustrato con 2% de Biochar, sustrato con 4% de Biochar) con 3,57 meq/100g y 3,26 meq/100g. Todos anteriores respectivamente al tratamiento testigo (T0) que obtuvo 3,2 meq/100g. Esto demuestra que el Biochar aumenta la disponibilidad de nutrientes en especial del potasio.

Una variable que también mostro mejorías es el CIC (capacidad de intercambio catiónico) que es un factor importante en el estudio químico de suelos.

El tratamiento T2 (sustrato con 4 % de Biochar) con 24,5 meq/100g. Seguidamente de los tratamientos T1 y T3 (sustrato con 2% de Biochar, sustrato con 6 % de Biochar) con 24,42 meq/100g y 22,38 meq/100g respectivamente. Todos anteriores respectivamente al tratamiento testigo (T0) que obtuvo 22,3 meq/100g. Esto demuestra que el Biochar aumenta la disponibilidad de nutrientes esenciales para el desarrollo de los cultivos (Quispe,2019)

Esta investigación nos muestra los cambios que causa el Biochar en el suelo, cambios que mejoran la fertilidad del suelo a largo plazo.

4.13. Abonos orgánicos

Los abonos orgánicos incluyen todo material de origen orgánico utilizado para la fertilización de cultivos o como mejoradores de suelos

Son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden en el suelo, se pueden descomponer por la acción de microbios y del trabajo del ser humano incluyendo además al estiércol de las lombrices y el de millones de hongos, bacterias y actinomicetos con el objeto de mejorar las características físicas, biológicas y químicas.

Los abonos orgánicos son una de las soluciones más difundidas en la presente agricultura convencional, ya que en sus características están las soluciones a las deficiencias de diferentes características del suelo.

Algunos autores han reportado aumentos en el rendimiento cuando el Biochar es aplicado a los suelos de los cultivos, y en especial cuando éstos se añaden en conjunto con fertilizantes orgánicos o inorgánicos (Lehmann *et al.*, 2015 citado por Martínez 2015).

4.13.1. Abonos orgánicos o estiércol como insumo adicional al biocarbón

4.13.1.1. Humus de lombriz

El humus de lombriz posee una elevada carga microbiana del orden de los 20 mil millones de grano seco, contribuyendo a la protección de la raíz de bacterias y hormonas como el ácido indol acético y ácido liberalice, estimulando el crecimiento y las funciones vitales de la planta. (Soto, 2013).

Es uno de los pocos fertilizantes orgánicos, y es el único abono orgánico con fibra bacteriana (40 a 60 millones de microorganismo por cm³), capaz de enriquecer y regenerar las tierras. Su aplicación baja hasta un 40% los costos de fertilización. La actividad residual del humus de lombriz se mantiene en el suelo hasta cinco años. Al tener un pH neutro no presenta problemas de dosificación ni de fitotoxicidad, aún en aquellos casos en que se utiliza puro. (Soto, 2013).

Con estas características, el humus es uno de los abonos más ricos con beneficios casi completos para el enriquecimiento del Biocarbón.

a) Composición del humus de lombriz

El abono por las lombrices no tiene restricciones para su uso y contribuyente a lograr resultados positivos en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Es un material natural que no es tóxico para los humanos, los animales, las plantas o el ambiente a diferencia de los fertilizantes químicos, este puede ser utilizado puro, sin riesgo de afectar a las plantas, además de mejorar la producción de ellas, también conserva e incrementa la fertilidad de los suelos, mejora su estructura, retiene de manera óptima el agua, reduce la contaminación y tiene sustancias activas que favorecen las condiciones del suelo y de las plantas que crecen sobre el suelo.

La composición y calidad de la lombricomposta está en función del valor nutritivo de los desechos que consume la lombriz. Un manejo adecuado de los desechos una mezcla bien balanceada, permite obtener un material de excelente calidad.

Sin embargo, se puede mencionar que esta contiene altas tasas de microorganismos como bacterias, actinomicetos, y hongos. También contiene niveles medios de fitohormonas como citoquininas, giberelinas y auxinas. Así mismo se ha consignado que tiene un alto nivel de actividad enzimática de los grupos deshidrogenasa, fosfatasa y ureasa. (Arratia, 2018)

Es sobresaliente su contenido de materia orgánica (55-70%), humina, ácido húmico y ácidos fulvicos su pH generalmente oscila entre 6.7 y 7.2, contiene la mayoría de los nutrientes esenciales requeridos por las plantas (macro y micronutrientes). (Capistrán *et al.*, 2004).

b) Propiedades nutricionales

Es importante tener presente que el lombricompost contiene, además de los macronutrientes nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y calcio, pequeñas

cantidades de micronutrientes como boro, zinc, hierro, manganeso y cobre. Significa que el lombricompost proporciona una dieta completa a las plantas (Arratia, 2018)

4.13.1.2. Estiércol bovino

Tiene una importante presencia de compuestos de lenta degradabilidad, su descomposición es lenta, pero contribuye altamente a la mejora de la estructura del suelo. Su efecto nutritivo puede equivaler en el primer año de su aportación hasta el 30% del N total presente y el efecto residual tiene importancia relevante después de varios años del cese de los aportes, en función del tipo de suelo, del clima, de las labores, de otros abonados y de los cultivos que se siembren además de presentar características fuertemente diferenciadas. En general, se trata de un abono de eficiencia media en el curso del primer año y de buen efecto residual, aunque presenta gran variabilidad (Sohi, S. P., et al., 2010)

a) Características químicas del estiércol

La calidad del estiércol depende de varios factores, como la especie, edad del animal, el tipo de alimentación y el manejo, por lo tanto, sus efectos en el suelo también son variables, como menciona (Major, J., 2010 citado por Sohi, S. P., et al., 2010)

Cuadro 5. Composición química de estiércol de bovino y ovino.

Tipo de estiércol	PH	% M.S.	% Sobre materia seca							
			N	P	K	Ca	Mg	MO	C/N	
Vacuno	8.1.	71	1,24	0,39	1,65	1,16	0,44	37,2	17,4	
Ovino	-	87	1,35	0,59	1,7	1,4	0,3	58,7	25,2	

Fuente: Sohi, S. P., et al., 2010

Según el cuadro se puede observar que los estiércoles son ricos en nutrientes muy vitales para las plantas, esto favorece a la activación biológica del Carbón o Biocarbón.

b) Composición del estiércol de ovino

Comparado 1000 kg de estiércol descompuesta, corresponden a 100 kg de humus, según su contenido de paja, puede tener sólo de 40 a 80 kg (Sohi, S. P., et al., 2010). Así mismo el estiércol debe considerarse primeramente como abono nitrogenado y en niveles menores como un abono potásico. El contenido de elementos nutritivos en abonos orgánicos varía de un lugar a otro y depende de la calidad del forraje que consumen los animales (Hussein, H. S., 2019 citado por Quispe, 2007).

Los estiércoles frescos de ovino contienen nitrógeno total (N) 2.0 %, anhídrido fosfórico total (P₂O₅) 1.5 % y potasio total (K₂O) 3.0 %, estas cifras son aproximadas Los estiércoles líquidos de ovino contienen 9 % de sustancia orgánica, 1.6 % de nitrógeno (N), 0.1 % de anhídrido fosfórico (P₂O₅) y 2.3 % de potasio (K₂O); en cambio el estiércol de ovino sólido tiene una composición química de 3.0 % de sustancia orgánica, 0.6 % de nitrógeno (N), 0.4 % de anhídrido fosfórico (P₂O₅) y 0.3 % de potasio (K₂O) (Hussein, H. S., 2019 citado por Quispe, 2007).

c) Características del estiércol ovino

Las principales ventajas que se logra con la incorporación de estiércol de ovino, es el aporte de nutrientes, sus propiedades oscilan entre las del estiércol bovino y la gallinaza; es el estiércol de riquezas más elevadas en N y K₂O en comparación de los demás animales. El efecto sobre la estructura del suelo es mediano, la persistencia es de tres años, mineralizándose aproximadamente el 50% el primer año, 35% el segundo año y el 15% el tercer año (Agegnehu, G., 2016 citado por Hussein, H. S., 2019).

Según Talaat, N. B., & Shalaby, E. A. (2020) citado por Baldivieso, (2011), el estiércol de oveja es considerado un abono orgánico, que presenta las siguientes características:

Cuadro 6. Características del estiércol de ovino, en 100% de materia seca

Composición porcentual media del estiércol fresco de algunos animales						
tipo de animal	% Humedad	% N	% P2O5	% K2O	% CaO	% MgO
vacunos	80	0,55	0,23	0,6	0,8	0,2
ovinos	65	1,45	0,5	0,13	1,75	0,7
gallinas	70	5,4	4,05	2,4	4,2	2,3

Estiércol ovino						
% N	% P2O5	% K2O	% Ca	% Mg	MO	PH
1,73	1,23	1,62	1,1	0,5	68,8	7,8

Fuente: Baldivieso, 2011

Existen tres formas de abono de ovino utilizado en la agricultura andina: La “jira” con alta concentración de nutrientes, hormonas y enzimas; el cual es acumulado en el corral con una coloración verde, semi pastosa y olor penetrante; el más fresco con una humedad del 50% compactado por el pisoteo de las ovejas, deyecciones, agua de lluvia, etc., (Yao, Y., 2011 citado por Baldivieso, 2011).

El “wanu”, contiene un color amarillento, café oscuro, medianamente húmedo en un 30 %, se produce también por pisoteo de los ovinos que forman una capa medianamente compacta, la de mayor proporción en el corral, (Yao, Y., 2011 citado por Baldivieso, 2011).

Y por último la “Tha`ja”, es un estiércol granulado y de forma ovoide, color negro en su parte central, se observa el pasto seco de color amarillo, se acumula durante los meses secos del año.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Descripción del área de estudio

5.1.1. Ubicación geográfica

La investigación se realizó en la zona Obrajes del municipio de La Paz, en un ambiente controlado construido específicamente para esta investigación. El ambiente es colindante con el club hípico de sargentos. Geográficamente ubicada en 16°31'41" latitud sur, 68°06'42" longitud oeste, a una altura de 3357 m.s.n.m.

Figura 3. Ubicación Geográfica



Fuente: Google maps, 2024

5.1.2. Características agroecológicas

En La Paz, los veranos son cortos, frescos y nublados y los inviernos son cortos, muy frío, secos y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de -2 °C a 15 °C y rara vez baja a menos de -5 °C o sube a más de 18 °C. (GAMLP, 2018)

5.1.3. Temperatura promedio en La Paz

La temporada templada dura 2,1 meses, del 11 de octubre al 13 de diciembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 15 °C. El mes más cálido del año en La Paz es noviembre, con una temperatura máxima promedio de 15 °C y mínima de 4 °C.

La temporada fría dura 1,5 meses, del 10 de junio al 25 de julio, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 14 °C. El mes más frío del año en La Paz es julio, con una temperatura mínima promedio de -2 °C y máxima de 13 °C (GAML, 2018).

5.1.4. Nubes

En La Paz, el promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía considerablemente en el transcurso del año. La parte más despejada del año en La Paz comienza aproximadamente el 26 de abril; dura 4,9 meses y se termina aproximadamente el 23 de septiembre. El mes más despejado del año en La Paz es julio, durante el cual en promedio el cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 61 % del tiempo. La parte más nublada del año comienza aproximadamente el 23 de septiembre; dura 7,1 meses y se termina aproximadamente el 26 de abril.

El mes más nublado del año en La Paz es enero, durante el cual en promedio el cielo está nublado o mayormente nublado el 86 % del tiempo (GAML, 2018).

5.1.5. Precipitación

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en La Paz varía considerablemente durante el año. La temporada más mojada dura 3,5 meses, de 9 de diciembre a 26 de marzo, con una probabilidad de más del 26 % de que cierto día será un día mojado. El mes con más días mojados en La Paz es enero, con un promedio de 14,8 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

La temporada más seca dura 8,5 meses, del 26 de marzo al 9 de diciembre. El mes con menos días mojados en La Paz es julio, con un promedio de 0,9 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, nieve o una combinación de las dos. El mes con más días con solo lluvia en La Paz es enero, con un promedio de 14,8 días. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 50 % el 9 de enero (GAMLP, 2018)

5.1.6. Lluvia

Para mostrar la variación durante un mes y no solamente los totales mensuales, mostramos la precipitación de lluvia acumulada durante un período de 31 días en una escala móvil centrado alrededor de cada día del año. La Paz tiene una variación considerable de lluvia mensual por estación.

La temporada de lluvia dura 7,4 meses, del 14 de septiembre al 26 de abril, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 milímetros. El mes con más lluvia en La Paz es enero, con un promedio de 90 milímetros de lluvia.

El periodo del año sin lluvia dura 4,6 meses, del 26 de abril al 14 de septiembre. El mes con menos lluvia en La Paz es junio, con un promedio de 4 milímetros de lluvia. (GAMLP, 2018).

5.1.7. Humedad

Basamos el nivel de comodidad de la humedad en el punto de rocío, ya que éste determina si el sudor se evaporará de la piel enfriando así el cuerpo. Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así es que, aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda.

El nivel de humedad percibido en La Paz, medido por el porcentaje de tiempo en el cual el nivel de comodidad de humedad es bochornoso, opresivo o insoportable, no varía considerablemente durante el año, y permanece prácticamente constante en 0 %. (GAMLP, 2018).

5.1.8. Vías de comunicación

El acceso al lugar del estudio es por dos vías, una que es por la avenida Costanera subiendo a la avenida Los Sargentos y la otra es directamente por la avenida los Sargentos. El lugar de estudio es totalmente asfaltado que hace fácil el acceso

5.2. Materiales

5.2.1. Material vegetal

EL presente estudio de investigación se realizó con 2 variedades de semillas de albahaca, Proseur (Lima-limón) y Italian Larga, estas dos variedades son de mucha importancia en los diferentes usos que se le da adecuadamente y que son cultivadas en el mundo aplicando varias técnicas.

5.2.2. Variedades

5.2.2.1. Variedad Larga

Esta variedad de albahaca es vigorosa se cultiva todo el año, es de color de hoja más oscuro, más pequeñas alargadas, es una planta de porte alto de 30 a 50 cm y crecimiento precoz, su flor es de color blanco-azulado, contiene excelentes aceites esenciales para el mercado y es un ingrediente estrella para las comidas italianas muy aceptable en todo el mundo es sensible a heladas y altas temperaturas.

5.2.2.2. Variedad Proseur (Lima-limón)

Esta variedad tiene una altura de 25 a 45 cm tiene un marcado aroma a cítrico cuyo olor recuerda a la deliciosa lima, funciona para un sinfín de platos, pero tal vez una de las mejores formas usarla en las comidas gourmets y en el mojito, el clásico trago

cubano donde sus sabores alcanzan niveles legendarios, en el requerimiento del cultivo es muy exigente a suelos profundo con bastante nutrientes y sensible a heladas y temperaturas arriba de los 25°C, se cultiva bajo media sombra.

5.2.3. Materiales

En el presente trabajo se empleó semilla garantizada de albahaca de las variedades Larga y Proseur (Lima Limón), donde se compró en el mercado Rodríguez

- Carbón vegetal

Materiales de campo

- Flexómetro
- Picotas
- Palas
- Cordel
- Marbetes
- Regaderas
- Carretillas
- Planillas de registro
- Baldes
- Cámara fotográfica

Material de laboratorio

- Balanza analítica
- Probeta

3.3.1 Material de gabinete

- Computadora
- Calculadora
- Hojas de papel
- Bolígrafos, lápiz, reglas, etc.

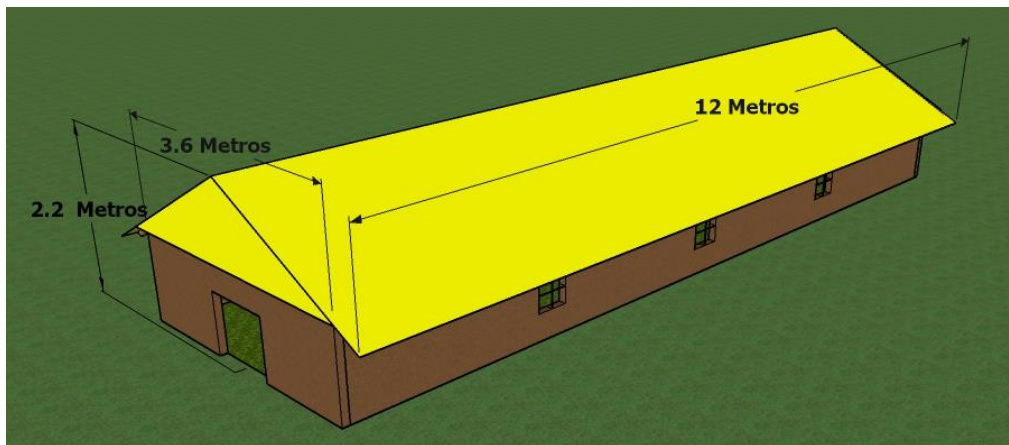
5.3. Metodología

5.3.1. Descripción del ambiente atemperado

Los ambientes atemperados o invernaderos son ambientes que crean microclimas aptos para el desarrollo de los cultivos, que de otra manera no se desarrollarían en campo abierto. La construcción por lo general es sencilla, se utilizan adobes para los muros, maderas o fierros de construcción para el armazón del techo y agro film o calamina plástica para la cubierta (Hartmann, 1990).

En este caso se usó un ambiente ubicado en la zona obrajes, en una propiedad colindante a el club hípico los sargentos del municipio de la paz, en ese ambiente se producen diversos tipos de hortalizas para la comercialización en el mercado local.

Figura 4. Diseño del ambiente atemperado



Fuente: Elaboración propia

5.3.2. Procedimiento experimental

5.3.2.1. Activación del Biochar

El Biochar es un producto obtenido por la combustión de material vegetal, resultado de la pirolisis, pero este al ser un ser inerte o carente de vida, necesita ser activada

con material biológico de alto valor nutritivo. En este caso se usó activadores que generalmente se utiliza para el abonamiento de los suelos agrícolas.

El uso de los estiércoles es muy común como abones orgánicos, por la facilidad de obtención, pero su aplicación carece de manejo técnico, por lo que se optó por probar dos de los más usados en la región occidental, la de ovino y de bovino.

La composición y calidad de la lombricomposta está en función del valor nutritivo de los desechos que consume la lombriz. Un manejo adecuado de los desechos, una mezcla bien balanceada, permite obtener un material de excelente calidad (Martínez, 1996).

Su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas a las plagas, enfermedades y organismos patógenos, también puede incrementar la producción de frutas, hortalizas y otros productos agrícolas (Moreno, 2006).

Figura 5. Activación del Biochar



Fuente: Elaboración propia

Según Restrepo, (2016) La relación adecuada entre el carbón y el insumo adicional es de 1:1 y en este caso usaremos 1 kg de carbón con 1 Lt de activador biológico.

También el mismo autor, menciona otras formulaciones aplicadas al Biochar, entre 1,2 y 3 activadores, pero siempre y cuando sumadas tengan similar volumen que el Biochar. (Restrepo, 2016)

5.3.2.2. Preparación pre-siembra

Se procedió al preparado del suelo, para poder dar condiciones para el crecimiento adecuado del cultivo, removiendo y desmalezando el suelo.

En este caso se hizo la siembra en almácigos, previo a la parcela de producción.

Se realizó el preparado del suelo a una profundidad de 0,10 m, esto para dar condiciones a las raíces de la albahaca, para su óptimo desarrollo.

5.3.2.3. Riego preemergencia

Se aplicó en los baldes 3 días antes de la preparación del terreno, con el propósito de lograr que el suelo tenga humedad para poder preparar el terreno sin dificultad, ya que la preparación del suelo fue manual.

Figura 6. Preparado del terreno de producción



Fuente: Elaboración propia

5.3.2.4. Preparación del almacigo y siembra

Se marcó una pequeña parcela para el almacigo de una dimensión de 0.7 m de largo por 0.9 m de ancho se realizó dos parcelas para las dos variedades estudiadas el suelo estaba ya incorporado tierra vegetal. La siembra se lo realizo en líneas longitudinales donde se distribuyó la semilla a mano uniformemente en los surquitos se depositaron a una profundidad de tres tantos de la semilla normal, se cubrió con una capa superficial de tierra para tener una mejor germinación, se aplicó riego necesario, se armó los túneles se cubrió con nailon al almacigo, para poder evitar daños de plagas y dar las condiciones necesarias para la germinación.

5.3.2.5. Manejo del almacigo

Las plántulas emergieron a los 7-10 días de la siembra se lo dio un cuidado y riego necesario, a los 28 días ya tenían dos pares de hojas verdaderas y una altura de 4-6 cm, estaban en su momento propicio para el trasplante. La frecuencia del riego se realizaba cada 3 días, 10 regaderas de 4 litros por riego

5.3.2.6. Diseño y delimitación de las unidades experimentales

Cada unidad experimental mide 1 m² de superficie (1 m * 1 m) con un total de 16 unidades experimentales, el área total de la investigación es 43.2 m².

5.3.2.7. Aplicación de Biochar al suelo

Una vez delimitados las áreas de trabajo, se preparó el sustrato. Se extrajo todo el suelo en una profundidad de 10 cm (0,10 m) para la mezcla adecuada del suelo con el Biochar.

Se procedió a la mezcla con el suelo y el Biochar, una vez mezclado el sustrato se introdujo a la unidad experimental.

Tomando en cuenta el volumen del sustrato preparado para la investigación, se obtuvo 0,1m³ de sustrato, este dato se usará para el cálculo de dosis de los tratamientos que se administraran en cada unidad experimental.

5.3.2.8. *Trasplante*

El trasplante se realizó a los 28 días del almacigo, cuando la plántula tenía una altura de 4-6 cm y 4 hojas verdaderas, se hizo de forma manual extrayendo las plántulas de la almaciguera con un poco de tierra húmeda, poniendo en las parcelas a su vez el suelo estaba húmedo para que la planta no sufra estrés hídrico, y pueda prender la mayoría de las plantas trasplantadas en el suelo fijo, se hizo tomando en cuenta la variedad y la densidad, posteriormente se regó, con una densidad de 10 cm* 10 cm.

Figura 7. Plántulas listas para el trasplante



Fuente: Elaboración propia

5.3.3. Labores culturales

5.3.3.1. *Riego*

El riego se realizó tres veces por semana, para mantener el suelo en capacidad de campo y no estresar al cultivo. Con una cantidad de 4 litros por unidad experimental,

y teniendo en cuenta el horario, se realizó el riego al finalizar la tarde para evitar la evaporación por altas temperaturas en el interior del ambiente.

Se usó una regadera manual para el riego. Se trató de realizar el riego lo más homogéneamente posible, para evitar un error indebido que pueda repercutir en el análisis estadístico final.

5.3.3.2. Desmalezado

El desmalezado se hizo de forma manual, se realizó en tres ocasiones, la primera en el almacigo, la segunda a los 10 días después del prendimiento y a los a 25 días que estaba estableció el cultivo, no se usó ningún herbicida selectivo en esta investigación, a continuación, se encontraron algunas malezas, algunos del tipo monocotiledóneas y dicotiledóneas, se detalla las malezas que estaban presentes en el cultivo:

- Gramínea corredora
- Portulaca oleracea
- Digitalia sanguinalis

5.3.3.3. Control sanitario

Se realizó un monitoreo frecuente para poder ver si alguna plaga o enfermedad estaban atacando al cultivo, durante todo el ciclo vegetativo de cultivo no se presentaron síntomas de enfermedades y daños mecánicos. Así que no fue necesario la aplicación de productos fitosanitarios.

5.3.3.4. Seguimiento del cultivo

El seguimiento se realizó desde el momento de la siembra del almacigo cada 15 días tomando datos de las variables propuestas, con la ayuda de instrumentos de medición; flexómetro, vernier, regla.

Los datos se tomaron tratando de minimizar el error que puede causar el tacto humano. Es por eso que se tomaron 10 muestras.

Se empezó a tomar los datos necesarios para el análisis, en el transcurso del ciclo del cultivo. Se procedió con un seguimiento minucioso en cada etapa del cultivo hasta la cosecha, observando si se presentan plagas, enfermedades etc. Tomando los datos para analizarlas distintas variables que serán analizadas.

5.3.3.5. Cosecha

La cosecha de la albahaca se efectuó de forma manual, extrayendo las plantas de albahaca completas y se evaluó cada tratamiento para determinar cuál es la mejor variedad que se comportó en la zona y cuál es el rendimiento óptimo y también evaluar como fue el desarrollo vegetativo de especie.

5.4. Diseño experimental

Para la investigación que se realizó se utilizó el modelo de Diseño Completamente al Azar (DCA), con arreglo bi-factorial con cuatro tratamientos y tres repeticiones, con el siguiente modelo lineal estadístico (Arteaga, 2010)

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Una observación cualquiera

μ = Media general del experimento

α_i = Efecto del factor A (variedades)

β_j = Efecto del factor B (Activador para biochar)

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre dos factores (AxB)

ϵ_{ijk} = Error Experimental

5.4.1. Tratamientos

FACTOR A:

D1= Semilla Variedad Proseur

D2= Semilla Variedad Larga

FACTOR B:

T0 = sustrato con Biochar sin ningún activador.

T1 = sustrato con Biochar activado con estiércol de ovino

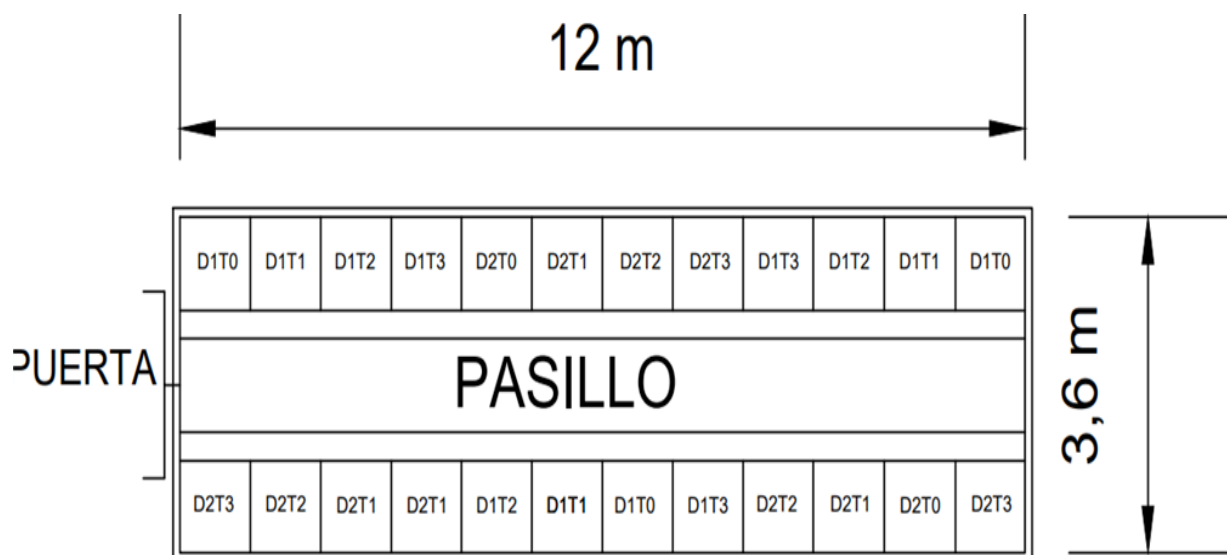
T2 = sustrato con Biochar activado con estiércol de bovino

T3 = sustrato con Biochar activado con humus de lombriz

5.4.2. Croquis del experimento

La figura 8 presenta la distribución de experimento.

Figura 8. Distribución del experimento



5.4.3. Características del campo experimental

El espacio destinado para la investigación tiene las siguientes características:

Cuadro 7. Características del campo experimental

Área neta de experimento	24 m ²
Número total de repeticiones	4
Número total de tratamientos	24
Distancia entre plantas	10 cm

Fuente: Elaboración propia

5.4.4. Variables de respuesta

Las variables de respuesta que se tomaron en cuenta son: Las variables climáticas, agronómicas, caracterización del suelo, caracterización del biochar y variables económicas, son las que se miden durante todo el ciclo fenológico de la planta y las variables de producción o agronómicas son los que se tomaran al final de la investigación.

5.4.4.1. Variables climáticas

Se tomaron los registros de temperatura, dentro del ambiente atemperado durante todo el ciclo de la albahaca desde la siembra hasta la cosecha, esto se realizó con un termómetro de máxima y mínima.

5.4.4.2. Variables agronómicas

a) Altura de la planta (cm). - Se tomó la altura de las plantas muestreadas al azar por unidad experimental, desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la hoja superior, utilizando un flexómetro, cada dos semanas.

b) largo de hoja (cm). - Se realizó la medición con un flexómetro, las plantas muestreadas al azar de cada unidad experimental, realizando la medida desde cada extremo de las hojas más largas de la planta, cada 15 días.

c) Ancho de hoja Se realizó la medición con un flexómetro, las plantas muestreadas al azar de cada unidad experimental, realizando la medida desde cada extremo de las hojas más largas de la planta, cada 15 días

d) número de hojas (unidades). - se tomó datos de número de hojas durante toda la etapa de la investigación

e) Peso de materia verde por metro cuadrado (kg/m^2).- Para su evaluación se pesó las muestras de cada tratamiento. La unidad que se utilizará será en (kg), peso de materia verde por unidad cosechada.

5.4.4.3. Variables económicas

a) Análisis Económico. - El análisis económico consistió en el cálculo del Beneficio Neto y las relaciones Beneficio Costo (B/C) en base a los rendimientos y costos obtenidos por cada tratamiento.

b) Beneficio Bruto. - El beneficio bruto se calculó multiplicando el rendimiento ajustado por el precio promedio de 100 g de la albahaca

c) Beneficio Neto (BN). - Se consideró todos los tratamientos; el análisis de beneficios netos se realizó en función a los costos variables y al beneficio bruto que se obtuvieron con las cantidades producidas y la relación de cantidades de insumos utilizados para cada tratamiento.

d) Costos variables (CV). - Los costos variables son los costos relacionados con los insumos comprados y la mano de obra utilizada para las actividades productivas, que varían de un tratamiento a otro.

e) Relación Beneficio y Costo (B/C). - La relación de beneficio/costo, es la comparación sistemática entre el beneficio o resultado de una actividad y el costo de realizar esa actividad.

La regla básica de beneficio/costo (B/C), es que una inversión será rentable, si los beneficios son mayores que la unidad ($B/C > 1$), es aceptable cuando es igual a la unidad ($B/C = 1$), y no es rentable si es menor a la unidad ($B/C < 1$).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

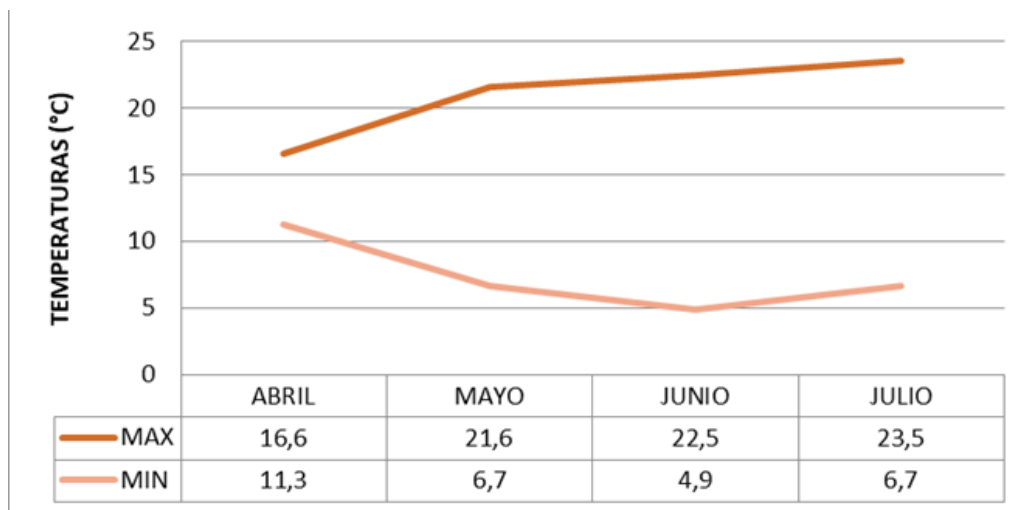
Se presentarán los resultados de la investigación, posteriormente se dará una interpretación adecuada para cada análisis estadístico.

6.1. Variables climáticas

6.1.1. Temperatura en el ambiente controlado

Las temperaturas promedio (microclima) registradas durante la producción del cultivo de albahaca fueron tomadas con un termómetro de mínimas y máximas en el interior del ambiente.

Figura 9. Diagrama dinámico de temperaturas máximas y mínimas



Fuente: Elaboración propia

En la figura, se puede observar la variación de las temperaturas máximas y las mínimas registradas durante el tiempo de evaluación, la misma que fueron registradas a partir del mes de abril hasta fines del mes de julio, en la figura se observa que la temperatura máxima en el mes de julio fue de 23,5 °C y una mínima de 6,7 °C. Esto nos indica que la temperatura bajo ambiente controlado durante el día resultó bastante favorable para las actividades fisiológicas del material vegetal en la fase de multiplicación vegetativa.

Esta variación de la temperatura durante el día es desfavorable para las actividades fisiológicas y tecnológicas del material vegetal ya que se presentan heladas y sequías por estas temperaturas bajas, que ciertamente ocasionaría desequilibrios fisiológicos y la muerte súbita de los cultivos.

6.2. Variables agronómicas

En los siguientes cuadros se observa el análisis de varianza respecto a las variables agronómicas propuestas por la investigación, cuyos datos se tomaron a los 60 días después de la siembra.

6.2.1. Altura de planta

Cuadro 8. Análisis de varianza de la variable altura de planta

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR	
VARIEDAD	187,04	1	187,04	7,22	0,0162	*
TIPO DE ACTIVADOR	775,46	3	258,49	9,97	0,0006	**
VARIEDAD * TIPO DE ACTIVADOR	89,79	3	29,93	1,15	0,3575	NS
ERROR	414,67	16	25,92			
TOTAL	1466,96	23				

CV: 19,36

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis de varianza, el coeficiente de variabilidad es de 19,36% lo que indican que hubo un buen manejo de los tratamientos en estudio.

Según el análisis de varianza no se obtuvo significancia importante en la interacción entre los factores A (variedades de Albahaca) y el factor B (tipos de activadores), lo que nos indica que las interacciones de estos factores no afectan en la variable altura de planta. Ya que los resultados son similares entre interacciones.

En cuanto al factor A (variedad de Albahaca) se obtuvo significancia, lo que indica que este factor influyo en esta variable, una de las variedades obtuvo mejores resultados al resto, en la variable altura de planta.

También se puede constatar que el factor B (tipos de activadores) se obtuvo un resultado muy significativo para la variable altura de planta, lo que indica que uno de los tratamientos supero ampliamente a los demás tratamientos, en la variable altura de planta.

Cuadro 9. Prueba de medias Duncan al 5 % Variedades de Albahaca

VARIEDAD	PROMEDIO (cm)	DUNCAN 5%
LARGA	29,08	A
PROSEUR	23,5	B

Fuente: Elaboración propia

Según la prueba de medias Duncan al 5% nos indica que ambas variedades presentan diferentes resultados promedio de Altura de planta, siendo la variedad Larga la que obtuvo mejores resultados con una media de 29,08 cm de altura de planta. En contraste la variedad Proseur obtuvo un resultado inferior, con una media de 23,5 cm.

En este factor, nos podemos constatar que la variedad Larga es la que obtuvo un mejor resultado en la variable altura de planta, como su nombre lo indica. También podemos mencionar que el Biochar tiene ciertas características benéficas al suelo

que ayudaron al crecimiento de la albahaca, siendo la variedad Larga la que obtuvo los mejores resultados.

Cuadro 10. Prueba de medias Duncan al 5 % tipos de activador

TIPO DE ACTIVADOR	PROMEDIO (cm)	DUNCAN 5%
HUMUS DE LOMBRIZ	35,5	A
SIN ACTIVADOR	25,33	B
ESTIÉRCOL DE BOVINO	23,67	B
ESTIÉRCOL DE OVINO	20,5	B

Fuente: Elaboración propia

Según la prueba de medias Duncan al 5% nos indica que el Biochar con humus de lombriz como activador tiene un efecto positivo en el desarrollo y crecimiento de las plantas de Albahaca. Obteniendo una media de altura de 35,5 cm de altura de planta.

Torrez, 2014 en su investigación Evaluación del rendimiento de dos variedades de albahaca (*Ocimum basilicum*) hasta la etapa comercial con relación a la biofertilización en carpa solar. Obtuvo una altura de planta en el cultivo de Albahaca de 27,98 cm. Una media mucho menor al obtenido en la presente investigación. Se pudo justificar este resultado por las características físico – químicas que tiene el Biochar cuando se aplica a los sistemas agrícolas.

Algunos autores han reportado aumentos en el rendimiento cuando el biochar es aplicado a los suelos de los cultivos, y en especial cuando éstos se añaden en conjunto con fertilizantes orgánicos o inorgánicos (Inyang, M., Gao, B., Yao, Y., Xue, Y., Zimmerman, A., Mosa, A., ... & Pullammanappallil, P. (2016).). Según los resultados se han mostrado un incremento de los rendimientos, particularmente hablando de la altura de planta. Esto se ha demostrado en los resultados.

En este caso, el humus de lombriz ha mostrado mejores cualidades activadores para combinarlo con el Biochar.

6.2.2. Ancho de hoja

Cuadro 11. Análisis de varianza de la variable ancho de hoja

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR	
VARIEDAD	0,18	1	0,18	0,29	0,6002	NS
TIPO DE ACTIVADOR	12,7	3	4,23	6,59	0,0042	**
VARIEDAD * TIPO DE ACTIVADOR	3,8	3	1,27	1,97	0,1586	NS
ERROR	10,28	16	0,64			
TOTAL	23,97	23				

CV: 23,60

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis de varianza, que se obtuvo realizando el análisis estadístico correspondiente. Se obtuvo un coeficiente de variabilidad de 23,60. Lo que indica que el manejo agronómico que se impartió en las diferentes unidades experimentales fue homogéneo y no influyo en la obtención de resultados.

Según el análisis de varianza, no se obtuvo significancia en el factor A (variedades de albahaca) también en la interacción entre los factores A y B (variedades * tipos de activadores) lo que indica que ambos factores no influyeron en los resultados de la variable ancho de hoja.

En cuanto al factor B (tipos de activadores) si se tuvo una alta significancia en cuanto a la variable ancho de hoja, donde nos indica que este factor influyo de gran manera en la obtención de los resultados de la variable ancho de hoja. Y uno de los tratamientos obtuvo resultados diferentes al resto de los tratamientos (tipo de activadores).

Cuadro 12. Prueba de medias Duncan al 5% para el factor B (tipo de activador)

TIPO DE ACTIVADOR	PROMEDIO (cm)	DUNCAN 5%
HUMUS DE LOMBRIZ	4,62	A
ESTIÉRCOL DE OVINO	3,27	B
ESTIÉRCOL DE BOVINO	2,93	B
SIBN ACTIVADOR	2,77	B

Fuente: Elaboración propia

Según la prueba de medias Duncan al 5% indican que el tratamiento T3 (Activador humus de lombriz) obtuvo un promedio de 4,62 cm de ancho de hoja, superando a los demás tratamientos, lo que se recomendaría para su uso en los sistemas agrícolas.

Mientras que los tratamientos T0, T1, T2 (sin activador, activador estiércol de ovino, activador estiércol de bovino, respectivamente) obtuvieron resultados estadísticamente similares, lo que sería indiferente el uso de cualquiera de esos tratamientos.

Torrez, (2014) en su investigación Evaluación del rendimiento de dos variedades de albahaca (*Ocimum basilicum*) hasta la etapa comercial con relación a la biofertilización en carpa solar. Obtuvo un ancho de hoja promedio de 6,88 cm de ancho de hoja, en su tratamiento nivel alto de humus de lombriz. Este resultado supera al resultado obtenido en la presente investigación. en similitud, en ambas investigaciones, el humus de lombriz influyo de manera directa en los resultados de las variables agronómicas en particular del ancho de hoja.

Los cambios del biochar sobre el pH y las condiciones redox del suelo, así como sobre la actividad biológica del suelo también pueden aumentar la disponibilidad de nutrientes para la planta (De Lucca, M. 2009. citado por Olmo, 2016). Estas bondades que cuenta el biochar, inciden en las características del suelo, que

repercuten en la producción de cultivos. Estas características mejoradoras de PH del suelo inciden de manera directa en las características de los cultivos.

6.2.3. Largo de hoja

Cuadro 13. Análisis de varianza de la variable largo de hoja

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR	
VARIEDAD	0,88	1	0,88	1,04	0,3228	NS
TIPO DE ACTIVADOR	15,98	3	5,33	6,29	0,0051	**
VARIEDAD * TIPO DE ACTIVADOR	4,44	3	1,48	1,75	0,1981	NS
ERROR	13,55	16	0,85			
TOTAL	34,85	23				

CV: 15,80

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis de varianza, que se obtuvo realizando el análisis estadístico correspondiente. Se obtuvo un coeficiente de variabilidad de 15,80. Lo que indica que el manejo agronómico que se impartió en las diferentes unidades experimentales fue óptimo y no influyó en la obtención de resultados.

Según el análisis de varianza, no se obtuvo significancia en el factor A (variedades de albahaca) también en la interacción entre los factores A y B (variedades * tipos de activadores) lo que indica que ambos factores no influyeron en los resultados de la variable largo de hoja.

En cuanto al factor B (tipos de activadores) si se tuvo una alta significancia en cuanto a la variable largo de hoja, donde nos indica que este factor influyó de gran manera en la obtención de los resultados de la variable largo de hoja. Y uno de los tratamientos obtuvo resultados diferentes al resto de los tratamientos (tipo de activadores).

Cuadro 14. Prueba de medias Duncan al 5% para el factor B (tipo de activador)

Variable larga de hoja

TIPO DE ACTIVADOR	PROMEDIO (cm)	DUNCAN
HUMUS DE LOMBRIZ	7,02	A
ESTIÉRCOL DE BOVINO	5,97	A B
ESTIÉRCOL DE OVINO	5,57	B C
SIBN ACTIVADOR	4,75	C

Fuente: Elaboración propia

Según la prueba de medias Duncan al 5% el activador humus aplicado junto al biochar obtuvo mejores resultados en cuanto a la variable largo de hoja, lo que nos vuelve a constatar que el caldo de humus de lombriz como activador para biochar influye de manera positiva en las variables agronómicas de cultivo de Albahaca.

En contraste los tratamientos T2, T1, (Activador estiércol de bovino, activador estiércol de ovino) obtuvieron resultados estadísticamente iguales (5,97 y 5,57 respectivamente) lo que su aplicación sería indiferente en cuanto a la variable largo de hoja.

El T2, T0 (Activador estiércol de ovino, sin activador) obtuvieron resultados estadísticamente iguales, en cuanto a la variable largo de hoja. Lo que su aplicación sería indiferente. Pero a su vez el T0 y T1 son diferentes estadísticamente, siendo que el tratamiento T2 el que obtuvo mejores resultados lo que se recomendaría su uso para una agricultura orgánica sostenible.

Algunas evidencias muestran que el biochar funciona como portador de microorganismos, por lo que su adición al suelo puede incrementar la población de hongos micorrízicos y los niveles de infección por *Rhizobium* siendo por ello incorporado a los trabajos de bioremediación de suelos (De Lucca, M. 2009) citado por (Escalante *et al.*, 2016). Teniendo estos beneficios en los microorganismos al ser aplicados al suelo, el biochar aumenta la actividad microbiológica del suelo, y esto incide directamente con la disponibilidad de nutrientes.

Siendo un material poroso, donde se alojan los microorganismos benéficos, proporcionando un ambiente adecuado para que los organismos desarrollen actividades biológicas, así teniendo una dinámica saludable y flujo normal bioquímica en el suelo.

Torrez, (2014) en su investigación Evaluación del rendimiento de dos variedades de albahaca (*Ocimum basilicum*) hasta la etapa comercial con relación a la biofertilización en carpa solar. Obtuvo un largo de hoja promedio de 10,30 cm de largo de hoja, en su tratamiento nivel alto de humus de lombriz. Este resultado supera al resultado obtenido en la presente investigación. en similitud, en ambas investigaciones, el humus de lombriz influyo de manera directa en los resultados de las variables agronómicas en particular del largo de hoja.

6.2.4. Número de hojas

Cuadro 15. Análisis de varianza de la variable número de hojas

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR
VARIEDAD	0,17	1	0,17	0,01	0,91 NS
TIPO DE ACTIVADOR	211	3	70,33	5,29	0,01 *
VARIEDAD * TIPO DE ACTIVADOR	31,5	3	10,5	0,79	0,517 NS
ERROR	212,67	16	13,29		
TOTAL	455,33	23			

CV: 18,54

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis de varianza, que se obtuvo realizando el análisis estadístico correspondiente. Se obtuvo un coeficiente de variabilidad de 18,54. Lo que indica que el manejo agronómico que se impartió en las diferentes unidades experimentales fue optimo y no influyo en la obtención de resultados.

El análisis de varianza muestra que el factor A (variedades de semilla de Albahaca) no es significativo en los resultados de la variable número de hojas, lo que indica que los resultados promedios resultaron estadísticamente iguales, lo que se acepta la hipótesis nula. Lo mismo ocurre con la interacción factor A y B (variedad* tipo de activador). Los resultados obtenidos son estadísticamente iguales, lo que también se acepta la hipótesis nula.

En contraste, el factor B obtuvo resultados significativos, lo que indica que unos de los tratamientos obtuvieron resultados superiores al resto.

Cuadro 16. Prueba de medias Duncan al 5% para el factor B (tipo de activador)
Variable número de hojas

TIPO DE ACTIVADOR	PROMEDIO (unid)	DUNCAN 5%
HUMUS DE LOMBRIZ	24	A
ESTIÉRCOL DE BOVINO	20,5	A B
SIN ACTIVADOR	18,17	B
ESTIÉRCOL DE OVINO	16	B

Fuente: Elaboración propia

Según la prueba de medias Duncan al 5% muestra que nuevamente el humus de lombriz como activador tiene mayor eficacia en cuanto a la producción de numero de hojas en el cultivo de Albahaca, también estadísticamente el T2, T3 obtuvieron resultados similares (24 cm y 20,5 cm respectivamente). Lo que su aplicación seria indiferente.

El tratamiento T2, T1, T0, mostraron tener resultados similares en cuanto a la variable número de hojas. Lo que su aplicación se obtendría resultados similares estadísticamente.

Torrez, (2014) en su investigación Evaluación del rendimiento de dos variedades de albahaca (*Ocimum basilicum*) hasta la etapa comercial con relación a la biofertilización en carpa solar. Obtuvo un numero de hojas promedio de 27,8 unidades de hoja, en su tratamiento nivel alto de humus de lombriz. Este resultado

supera al resultado obtenido en la presente investigación. en similitud, en ambas investigaciones, el humus de lombriz influyo de manera directa en los resultados de las variables agronómicas en particular la variable número de hojas.

El dato obtenido en la presente investigación es muy inferior a la investigación de Torrez, (2014). El humus de lombriz incide de manera directa e inmediata en la producción de los diferentes cultivos, en cambio el biochar presenta resultados e largo plazo, gracias a su alta recalcitrancia, característica que lo hace un componente importante en la biorremediación de suelos.

Los cambios del biochar sobre el pH y las condiciones redox del suelo, así como sobre la actividad biológica del suelo también pueden aumentar la disponibilidad de nutrientes para la planta (Inyang, M., Gao, B., Yao, Y., Xue, Y., Zimmerman, A., Mosa, A., & Pullammanappallil, P. (2016); De Lucca 2009; citado por Olmo, 2016). Estas bondades que cuenta el biochar, inciden en las características del suelo, que repercuten en la producción de cultivos.

Estas características químicas inciden en la producción de los cultivos, en este caso del cultivo de Albahaca, características importantes que mejoran las propiedades del suelo a largo plazo.

6.2.5. Peso de materia verde por metro cuadrado

Cuadro 17. Análisis de varianza de la variable peso de materia verde por planta (g/m²)

FV	SC	GL	CM	F	P-VALOR	
VARIEDAD	198,38	1	198,38	0,55	0,4684	NS
TIPO DE ACTIVADOR	9538,13	3	3179,38	8,84	0,0011	**
VARIEDAD * TIPO DE ACTIVADOR	172,12	3	57,37	0,16	0,922	NS
ERROR	5753,33	16	359,58			
TOTAL	15661,96	23				

CV: 10,23

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis de varianza, que se obtuvo realizando el análisis estadístico correspondiente. Se obtuvo un coeficiente de variabilidad de 10,23. Lo que indica que el manejo agronómico que se impartió en las diferentes unidades experimentales fue óptimo y no influyó en la obtención de resultados.

Según el análisis de varianza, nos muestra que en el factor A (variedades de Albahaca) no obtuvo significancia en los resultados. No influyó en los resultados obtenidos en la investigación, lo que se aceptaría la hipótesis nula. Al igual que la interacción de los factores A y B (variedades de Albahaca* tipo de activador). No obtuvieron resultados significativos, lo que también se aceptaría la hipótesis nula.

De lo contrario, el factor B (tipos de activador), obtuvo resultados muy significativos. Lo que se aceptaría la hipótesis alterna. Ya que uno de los tratamientos superó a los demás tratamientos, en la variable peso de materia verde por metro cuadrado.

Cuadro 18. Prueba de medias Duncan al 5% variable peso de materia verde por metro cuadrado tipo de activador

TIPO DE ACTIVADOR	PROMEDIO (g/m ²)	DUNCAN 5%
HUMUS DE LOMBRIZ	216,5	A
ESTIÉRCOL DE BOVINO	184,5	B
ESTIÉRCOL DE OVINO	173,33	B
SIN ACTIVADOR	163,5	B

Fuente: Elaboración propia

Según la prueba de medias Duncan al 5%, muestra que el tratamiento T3 (activador humus de lombriz) muestra mejores resultados en la variable peso de materia verde por metro cuadrado, muestra mejores resultados con un promedio de 216,50 g/m². Superando a los demás tratamientos.

En cuanto a los demás tratamientos T0, T2, T1 obtuvieron resultados estadísticamente iguales con promedios de 184,5 g/m² 173,33 g/m² y 163,5 g/m² respectivamente. Lo que su aplicación sería indiferente.

El biochar posee alto contenido de carbono orgánico, altamente resistente a la descomposición, por lo que funciona como un almacén de formas recalcitrante de este elemento cuando aplicado al suelo como mejorador (Shaaban, M., 2017 citado por Escalante *et al.*, 2016)

La materia orgánica procede de compuestos orgánicos, principalmente de origen vegetal pero también animal, con diferentes etapas de descomposición gradual a causa de la transformación química, física y biológica, en donde el carbón pirogénico es la fracción más recalcitrante. (Shaaban, M., 2017 citado por Escalante *et al.*, 2016). Siendo estas características las causales que puedan aumentar la materia y el carbono orgánicos, este último presentado de manera más estable, resistente a la descomposición.

7. EVALUACIÓN ECONÓMICA

La evaluación económica nos permite proporcionar parámetros claros para determinar la rentabilidad o no de un tratamiento, para realizar un cambio tecnológico en nuestro sistema de producción, en este caso la producción de Albahaca, con diferentes niveles de Biochar.

Es considerado de mucha importancia debido a que proporciona información económica, procurando siempre hacerlo desde la perspectiva del agricultor para poder informar de los beneficios que podría obtener en términos de rentabilidad.

Perrín (1988), indica que, para poder obtener el presupuesto del experimento, se calcula el ingreso bruto, los costos variables, beneficio neto de los tratamientos.

Según CIMMYT (1988), es el rendimiento promedio de cada tratamiento menos 10% que refleja la diferencia entre el rendimiento experimental y el posible rendimiento que podría obtener el agricultor. Este ajuste toma en cuenta la diferencia entre el

tamaño de una parcela experimental y una parcela de producción, al mismo tiempo tomando en cuenta el manejo del cultivo

7.1. Costos variables

Cuadro 19. Costos variables por ciclo productivo

ÍTEM	VARIEDAD PROSEUR				VARIEDAD LARGA			
	D1T0	D1T1	D1T2	D1T3	D2T0	D2T1	D2T2	D2T3
SEMILLA ALBAHACA VAR. PROSEUR (g/Bs)	4	4	4	4				
SEMILLA ALBAHACA VAR. LARGA (g/Bs)					4	4	4	4
CARBÓN (Bs)	3	3	3	3	3	3	3	3
ESTIÉRCOL DE OVINO (Bs)		2				2		
ESTIÉRCOL DE BOVINO (Bs)			2				2	
HUMUS (Bs)				4				4
TOTAL COSTOS VARIABLES (Bs/m²)	7	9	9	11	7	9	9	11

Fuente: Elaboración propia

Los costos variables son los costos relacionados con los insumos utilizados, en este caso se toma en cuenta el carbón utilizado, el humus de lombriz, los estiércoles de Ovino y Bovino y la cantidad de semillas de la albahaca que se empleó en la investigación.

- Precio de la Albahaca de 50 gramos = 3 Bs.
- Precio de la semilla de Albahaca 28 Gramos = 25 Bs
- Precio del carbón = 2 Bs/kg Ceja El Alto
- Estiércol de Ovino y Bovino = 1 Bs/ kg

Según el cuadro de datos, el tratamiento con mayor costo variable es el tratamiento D1T3 y D2T3 con 11 Bs/m² cada uno, esto ocurre porque el humus es un insumo con mayor valor económico, por la elaboración minuciosa que requiere, por otro lado, los tratamientos que presentaron menor costo variable son los tratamientos D1T0 y D2T0, con 7 Bs/m², ya que solo se usó carbón como insumo investigativo. En cuanto a los tratamientos D1T1, D1T2, D2T1, D2T2 mostraron costos variables medios con 9 Bs/ m².

7.2. Ingreso neto

El ingreso se obtiene al restar el beneficio bruto con los costos variables de cada tratamiento.

Cuadro 20. Ingreso neto por ciclo productivo de la Albahaca

ÍTEM	VARIEDAD PROSEUR				VARIEDAD LARGA			
	D1T0	D1T1	D1T2	D1T3	D2T0	D2T1	D2T2	D2T3
TOTAL, COSTOS DE PRODUCCIÓN (Bs/m²)	7	9	9	11	7	9	9	11
RENDIMIENTO (kg/m²)	0,16	0,17	0,18	0,21	0,16	0,17	0,19	0,22
PRECIO (Bs/kg)	60	60	60	60	60	60	60	60
INGRESO BRUTO	9,86	10,3	10,7	12,72	9,76	10,44	11,44	13,26
INGRESO NETO	2,9	1,3	1,7	1,7	2,8	1,4	2,4	2,3

Fuente: Elaboración propia

Según el cuadro de ingreso neto, los tratamientos D1T0 y D2T0 mostraron mayor ingreso neto con 2.9 Bs/m² y 2,8 Bs/m² respectivamente. Esto es consecuencia a que solo se usó carbón como insumo de investigación y los rendimientos fueron casi similares a los demás tratamientos que se usaron más insumos.

En cuanto a los tratamientos D1T1 y D2T1 obtuvieron un ingreso neto de 1.3 Bs/m² y 1.4 Bs/m² respectivamente, los más bajos de entre los tratamientos de investigación, por los bajos rendimientos que obtuvieron ambos tratamientos.

En cuanto a los de más tratamientos, el ingreso es moderado, con una ganancia media, D1T2, D1T3, D2T2, D2T3 con 1,7 Bs/m², 1,7 Bs/m², 2,4 Bs/m², 2,3 Bs/m² respectivamente.

Estos datos nos indican la cantidad de ganancia que obtendremos si realizamos una producción extensiva, la ganancia por metro cuadrado. Esta ganancia es por ciclo productivo.

7.3. Relación beneficio costo

A continuación, en el cuadro siguiente, mostramos el beneficio/costo por tratamiento para lo cual necesitamos considerar los siguientes puntos.

- $B/C < 1$ Significa que los beneficios son menores a los costos y en consecuencia el proyecto no se debe realizar.
- $B/C = 1$ Significa que los beneficios son iguales a los costos, por lo tanto, se cumple la expectativa del proyecto y para el inversionista es indiferente hacer la inversión en este proyecto o seguir con sus inversiones normales.
- $B/C > 1$ Significa que en valor presente los ingresos son iguales a los egresos y en consecuencia el proyecto es aconsejable realizarlo.

Cuadro 21. Relación beneficio/costo por ciclo productivo de la Albahaca

ÍTEM	PROSEUR				LARGA			
	V1D	V1D	V1D	V1D	V2D	V2D	V2D	V2D
	1	2	3	4	1	2	3	4
INGRESO NETO	2,9	1,3	1,7	1,7	2,8	1,4	2,4	2,3
TOTAL COSTOS DE PRODUCCIÓN (Bs/m2)	7	9	9	11	7	9	9	11
RELACIÓN BENEFICIO/COSTO	0,4	0,1	0,2	0,2	0,4	0,2	0,3	0,2

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis de Beneficio /costo, todos los tratamientos obtuvieron un resultado menor a uno, esto significa que ningún tratamiento es sostenible en el tiempo, lo que indica que no es recomendable usarlo en una agricultura extensiva.

El factor determinante que ocasiono este resultado es el rendimiento de los diferentes tratamientos, esto se tendrá que tomar en cuenta para los siguientes trabajos a ser realizados.

8. CONCLUSIONES

Según los resultados de la investigación, se puede tipificar las siguientes conclusiones, que os ayudaran a entender mejor los resultados obtenidos.

El Biochar en un insumo que mejora las características del suelo, tanto físico como químico, esta característica influye directamente en la producción de los cultivos.

En cuanto a la variable Altura de planta, se obtuvo una varianza muy significativa en el factor tipo de activador, con en tratamiento T3 (Activador Humus de Lombriz) con un promedio de altura de planta de 35.5 cm. En este caso el humus de lombriz demostró que tiene mejores cualidades en cuanto a la activación biológica del biochar.

Si hablamos de la variable Ancho de hoja, se obtuvo una varianza muy significativa en el factor tipo de activador, con en tratamiento T3 (Activador Humus de Lombriz) con un promedio de ancho de hoja de 4.62 cm. Nuevamente el tratamiento Hu8mus de lombriz obtuvo mejores resultados agronómicos, ratificando su poder activador biológico.

En la variable largo de hoja, se obtuvo una varianza muy significativa en el factor tipo de activador, con en tratamiento T3 (Activador Humus de Lombriz) con un promedio de largo de hoja de 7,02 cm, nuevamente el caldo de humus presento mejores resultados en las variables agronómicas, demostrando que los abonos orgánicos pre elaborados son más activos biológicamente.

En cuanto a la variable número de hojas, se obtuvo una varianza muy significativa en el factor tipo de activador, con en tratamiento T3 (Activador Humus de Lombriz) con un promedio de 24 hojas por planta, esto también es un resultado positivo para el tratamiento caldo de humus.

En cuanto al rendimiento por metro cuadrado, el panorama no es diferente a las demás variables. De nuevo el tratamiento T3 (activador humus de lombriz) obtuvo mejores resultados, con 216.5 g/m². Estos resultados nos afirman que el caldo de humus es el mejor activador biológico en comparación a otros insumos

Según el análisis de Beneficio /costo, todos los tratamientos obtuvieron un resultado menor a uno, esto significa que ningún tratamiento es sostenible en el tiempo, lo que indica que no es recomendable usarlo en una agricultura extensiva.

El factor determinante que ocasiono este resultado es el rendimiento de los diferentes tratamientos, esto se tendrá que tomar en cuenta para los siguientes trabajos a ser realizados

9. RECOMENDACIONES.

En futuras investigaciones, se debe realizar un análisis de suelo previo a la investigación, para tener datos exactos de las características físico químico del suelo, esto nos ayudara a establecer los cambios que genera el biochar al suelo.

Realizar investigaciones en otros pisos ecológicos usando el biochar, para verificar el efecto que tiene la tasa de mineralización sobre el biochar.

En posteriores investigaciones probar con otros abonos orgánicos líquidos, junto con el biochar, para poder ver el efecto que tiene el biochar activado con otros abonos.

Investigar más sobre el procesamiento y obtención del biochar, y realizar un estudio de mercado para industrializar este insumo sin dañar el medio ambiente.

Realizar investigaciones acerca del efecto fisiológico que tuvo la albahaca al producirse con un sustrato biochar.

Realizar investigaciones a nivel suelo, para poder comprender más la dinámica del biochar en el suelo

10. BIBLIOGRAFÍA

- Agegnehu, G., Bass, A. M., Nelson, P. N., & Bird, M. I. (2016). Beneficios del biocarbón, el compost y el biocarbón-compost para la calidad del suelo, el rendimiento del maíz y las emisiones de gases de efecto invernadero en un suelo agrícola tropical. *Ciencia del Medio Ambiente Total*, 543, 295-306.
- Alcón, W., (2019). *Comportamiento productivo de dos variedades de albahaca (Ocimum basilicum L.) con dos densidades de siembra en ambientes atemperados en la localidad de Viacha-departamento de La Paz*. Tesis de grado. Facultad de Agronomía UMSA.
- Arratia, C., (2018). *Efecto del fertilizante té de humus de lombriz en dos variedades de vainita (Phaseolus vulgaris L.), en ambiente protegido en el centro experimental cota-cota*. Tesis de grado. Facultad de Agronomía UMSA.
- Baldivieso, S., (2011). *Efecto del biol y niveles de estiércol ovino en el comportamiento productivo de la cebolla (Allium cepa) variedad rosada criolla en la comunidad de Kasa Achuta*. Facultad de Agronomía UMSA.
- Bareño, P. (2013). *Albahaca (Ocimum basilicum L.). Últimas tendencias en hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco*. Curso de extensión. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Editorial Produmedios.
- Barroso. L. (2002). Fenología de la albahaca blanca (*Ocimum basilicum L.*) cultivada en diferentes fechas de siembra. *Cultivos tropicales*. pp. 5 - 8.
- Briseño, S., Aguilar, M., Villegas, J., (2013). *El cultivo de la albahaca*. Edit. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.
- Camargo, J. (2008). *Medicina de plantas aromáticas*. Edición Issues.
- Capistran, F., Aranda, D., Romero, J.C. (2004). *Manual de Reciclaje, Compostaje, y Lombricompostaje* Instituto de ecología, A.C.

- Cartagena, Y. (2002). *Abonos líquidos caseros para mejoramiento de rendimientos de plantas hortícolas*.
- Chilón, E. (1997). *Manual de fertilidad de suelos y nutrición de plantas*. CIDAT. 1ra. Impresión.
- CIMMYT, (1991). *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos; un manual metodológico de evaluación económica*. Ediciones completamente revisadas México.
- De Lucca, M. (2009). *Flora medicinal boliviana*. Diccionario enciclopédico. Editorial Los Amigos del Libro.
- Díaz, A. 2009. *Optimización de la tecnología de producción de canónigos Valerianella locusta en bandeja flotante*. Escuela técnica Superior de Ingeniería Agronómica.
- Enciso, A. J. (2004). *Producción y comercialización de Plantas aromáticas y especies desecadas*.
<http://www.almeriscan.com/ápices/default.htm>.27oct.ISO 9001.
- Escalante, A et al., (2016). *Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo*. Artículo científico. Terra Latinoamericana.
- Fabian, V. 2016. *Efecto de tres abonos orgánicos líquidos, aplicados al suelo, en el cultivo de Canónigo (Valerianella locusta), en ambientes atemperados en la ciudad de El Alto*. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía UMSA.
- Flores, J. (2010). *Carpas solares, Técnicas de Construcción*. Ed. Huellas.
- Forero, C. (2010). *Implementación de buenas prácticas agrícolas en hierbas aromáticas culinarias*. Tesis. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Departamento de Ingeniería Agronómica. Bogotá, D.C.

- Forlin, A. (2012). *Plantas aromáticas. Diferentes formas de multiplicación*. Estación experimental Agropecuaria El Colorado - INTA.
- Fundación Uñatatawi. (2003). *Producción, Aprovechamiento y Uso de Especies Aromáticas y Medicinales*. Editorial Aguila S.R.L. Ministerio de Desarrollo Sostenible, Viceministerio de Recursos Naturales y Medio Ambiente - Dirección General de Biodiversidad.
- Hartmann, F. (1990). *Invernaderos y Ambientes atemperados*. FADES Ed. CECIM.
- Hussein, H. S., & Al-Mallah, M. K. (2019). El uso de biocarbón sobre el crecimiento y productividad de dos variedades de plantas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) bajo riego por goteo. *Revista Iraquí de Ciencia*, 60(5), 1126-1134.
- Inyang, M., Gao, B., Yao, Y., Xue, Y., Zimmerman, A., Mosa, A., ... & Pullammanappallil, P. (2016). Una revisión del biocarbón como adsorbente de bajo costo para la eliminación acuosa de metales pesados. *Revisiones Críticas en Ciencia y Tecnología Ambientales*, 46 (4), 406-433.
- Jeffery, S., Verheijen, F. G., Van der Velde, M., & Bastos, A. C. (2011). Una revisión cuantitativa de los efectos de la aplicación de biocarbón a los suelos en la productividad de los cultivos mediante un metaanálisis. *Agricultura, Ecosistemas y Medio Ambiente*, 144(1), 175-187.
- Lehmann, J., & Joseph, S. (2015). *Biocarbón para la gestión ambiental: ciencia, tecnología e implementación*. Routledge.
- Liu, X., Zhang, A., Ji, C., Joseph, S., Bian, R., Li, L., & Pan, G. (2013) El efecto del biocarbón en la productividad de los cultivos y la dependencia de las condiciones experimentales: un metaanálisis de datos de la literatura. *Planta y Suelo*, 373(1-2), 583-594.
- López, M. (1998). Cultivo de plantas medicinales: ¿Una alternativa? *Revista de Plantas Medicinales para la Salud*, CETAAR.

- Major, J., (2011). Biocarbón para mejorar la calidad del suelo, mitigar el cambio climático y más. Una revisión de la literatura.
- Major, J., Rondon, M., Molina, D., Riha, S. J., & Lehmann, J. (2010). Rendimiento y nutrición de maíz durante 4 años después de la aplicación de biocarbón a un oxisol de sabana colombiana. *Planta y Suelo*, 333(1-2), 117-128.
- Martínez C. (1999). Potencial de la Lombricultura, Elementos Básicos para Subdesarrollo. 2ª Edición. Lombricultura Técnica Mexicana.
- Martínez, C., (2015). Efectos de enmiendas de biochar sobre el desarrollo en *Cucumis sativus* L. Var. SMR-58. Tesis de Grado. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.
- Marzoca, A. (1985). Nociones básicas de taxonomía vegetal. IICA. San José - Costa Rica.
- Moreno, A. (2006). Origen, Importancia y Aplicación de Vermicomposta para el Desarrollo de Especies Hortícolas y Ornamentales. México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Olmo, E., (2016). Efectos del biochar sobre el suelo, las características de la raíz y la producción vegetal Tesis Doctoral Departamento de botánica, ecología y fisiología vegetal Universidad de Córdoba.
- P.D.M. (2012-2016). Plan de Desarrollo Municipal Patacamaya. Consultora COMAT S.R.L.
- Paco, D. (2012). Evaluación de Efectos de Varios Tipos de Biochar en Suelo y Planta. Memoria del Proyecto fin de carrera Licenciatura en Ciencias Ambientales.
- Pandit, N. R., Mulder, J., Hale, L., Schmidt, H. P., Cornelissen, G., & Martinsen, V. (2018). El biocarbón mejora el crecimiento del maíz aliviando el estrés de

nutrientes en un suelo nepalés moderadamente ácido y con bajos insumos. *Ciencia del Medio Ambiente Total*, 612, 804-814.

Perrin, R. (1988). La formulación de recomendaciones a partir de datos Agronómicos Manual metodológico de Evaluación Económico CIMMYT.

Quispe, J., (2019). Evaluación de tres niveles de biochar en el cultivo de canónigo (valerianella locusta) bajo ambiente atemperado en la estación experimental de Patacamaya. Facultad de Agronomía UMSA.

Quispe, S., (2007). *Respuesta de Tres Ecotipos de Maca (Iepidium meyenii walp.) a Cinco Niveles de Estiércol de Ovino en la Comunidad Yampupata (Provincia Manco Kapac - La Paz)*. Facultad de Agronomía UMSA.

Restrepo, J. (2016). *Biocarbón como Prepararlo Jairo Restrepo, fertilizante orgánico de carbón activado inoculado con microorganismos*. (En línea, video), Bogotá Colombia, 12 min, 11 seg. Consultado 24 abril 2019. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=nS9DbrpvXxo>

Restrepo, J. (2018). Jairo Restrepo, *Biochar, Biocarbón, Microorganismos Activados, Hidrolatos-Quelatos*. El taller teórico práctico completo de "agricultura regenerativa y diagnóstico agroecológico" de Jairo Restrepo, compartido en febrero del 2018 en la buap en Puebla México. (En Línea, Video), Puebla, México. 1 hora, 8 min. Consultado 24 de abril 2019. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=9z6bW4T3Nzs>

Sánchez, M., García, R., & López-Mosquera, M. (2019). Efecto de la enmienda con biochar en el rendimiento y calidad de la albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en suelos degradados. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*, 19(3), 432-447.

SENAMHI, (2012). Boletín Climatología, La Paz - Bolivia.

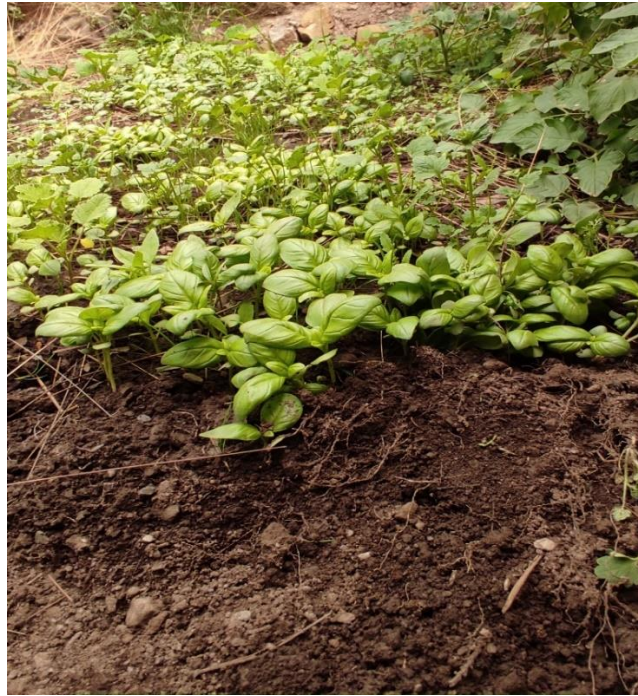
Shaaban, M., El-Din, A. A. S., & Ismaiel, M. A. (2017). Respuesta de *Ocimum basilicum* a la aplicación de biocarbón en condiciones de estrés por sequía.

Revista de Investigación de Ciencias Farmacéuticas, Biológicas y Químicas, 8(1), 2135-2144.

- Singh, B. P., & Cowie, A. L. (2014). Influencia a largo plazo del biocarbón en la mineralización de carbono orgánico nativo en un suelo arcilloso con bajo contenido de carbono. *Investigación del Suelo*, 52(7), 696-705.
- Soto, M. G. (2003). Abonos orgánicos: definiciones y procesos. En: Abonos orgánicos: principios, aplicaciones e impactos en la agricultura. Ed. Meléndez, G.
- Talaat, N. B., & Shalaby, E. A. (2020). Impacto del biocarbón en las propiedades del suelo y la productividad de las plantas de albahaca cultivadas en suelos arenosos recién recuperados. *Agricultura Abierta*, 5(1), 501-509.
- Torrez, L., (2014). Evaluación del rendimiento de dos variedades de albahaca (*Ocimum basilicum*) hasta la etapa comercial con relación a la biofertilización en carpa solar. Tesis de grado. Facultad de Agronomía UMSA.
- Yao, Y., Gao, B., Inyang, M., Zimmerman, A. R., Cao, X., Pullammanappallil, P., & Yang, L. (2011). Biocarbón derivado de relaves de remolacha azucarera digeridos anaeróbicamente: caracterización y potencial de eliminación de fosfatos. *Tecnología de Recursos Biológicos*, 102(10), 6273-6278.

ANEXOS

FOTOS













ANÁLISIS DE VARIANZA

ALTURA DE PLANTA

Nueva tabla

Variable N R² R² Aj CV

PROMEDIO 24 0,72 0,59 19,36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1052,29	7	150,33	5,80	0,0018
VARIEDAD	187,04	1	187,04	7,22	0,0162
TIPO DE ACTIVADOR	775,46	3	258,49	9,97	0,0006
VARIEDAD*TIPO DE ACTIVADOR..	89,79	3	29,93	1,15	0,3575
Error	414,67	16	25,92		
Total	1466,96	23			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 25,9167 gl: 16

VARIEDAD Medias n E.E.

LARGA 29,08 12 1,47 A

PROSEUR 23,50 12 1,47 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 25,9167 gl: 16

TIPO DE ACTIVADOR Medias n E.E.

Caldo de humus de lombriz 35,67 6 2,08 A

Sin activador 25,33 6 2,08 B

Estiercol de bovino 23,67 6 2,08 B

Estiercol de ovino 20,50 6 2,08 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 25,9167 gl: 16

VARIEDAD TIPO DE ACTIVADOR Medias n E.E.

LARGA Caldo de humus de lombriz 37,67 3 2,94 A

PROSEUR Caldo de humus de lombriz 33,67 3 2,94 A B

LARGA Sin activador 31,33 3 2,94 A B

LARGA Estiercol de bovino 26,00 3 2,94 B C

PROSEUR Estiercol de bovino 21,33 3 2,94 C

LARGA Estiercol de ovino 21,33 3 2,94 C

PROSEUR Estiercol de ovino 19,67 3 2,94 C

PROSEUR Sin activador 19,33 3 2,94 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANÁLISIS DE VARIANZA

ANCHO DE HOJA

Nueva tabla

Análisis de la varianza

Variable N R² R² Aj CV
 PROMEDIO 24 0,62 0,45 23,60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	16,69	7	2,38	3,71	0,0142
VARIEDAD	0,18	1	0,18	0,29	0,6002
TIPO DE ACTIVADOR	12,70	3	4,23	6,59	0,0042
VARIEDAD*TIPO DE ACTIVADOR..	3,80	3	1,27	1,97	0,1586
Error	10,28	16	0,64		
Total	26,97	23			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,6425 gl: 16

VARIEDAD Medias n E.E.
 PROSEUR 3,48 12 0,23 A
 LARGA 3,31 12 0,23 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,6425 gl: 16

TIPO DE ACTIVADOR Medias n E.E.
 Caldo de humus de lombriz 4,62 6 0,33 A
 Estiercol de ovino 3,27 6 0,33 B
 Estiercol de bovino 2,93 6 0,33 B
 Sin activador 2,77 6 0,33 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,6425 gl: 16

VARIEDAD TIPO DE ACTIVADOR Medias n E.E.
 PROSEUR Caldo de humus de lombriz 5,03 3 0,46 A
 LARGA Caldo de humus de lombriz 4,20 3 0,46 A B
 PROSEUR Estiercol de ovino 3,67 3 0,46 A B C
 LARGA Sin activador 3,33 3 0,46 B C
 PROSEUR Estiercol de bovino 3,03 3 0,46 B C
 LARGA Estiercol de ovino 2,87 3 0,46 B C
 LARGA Estiercol de bovino 2,83 3 0,46 B C
 PROSEUR Sin activador 2,20 3 0,46 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANÁLISIS DE VARIANZA

LARGO DE HOJA

Nueva tabla

Análisis de la varianza

Variable N R² R² Aj CV

PROMEDIO 24 0,61 0,44 15,80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	21,29	7	3,04	3,59	0,0162
VARIEDAD	0,88	1	0,88	1,04	0,3228
TIPO DE ACTIVADOR	15,98	3	5,33	6,29	0,0051
VARIEDAD*TIPO DE ACTIVADOR..	4,44	3	1,48	1,75	0,1981
Error	13,55	16	0,85		
Total	34,85	23			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,8471 gl: 16

VARIEDAD Medias n E.E.

LARGA 6,02 12 0,27 A

PROSEUR 5,63 12 0,27 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,8471 gl: 16

TIPO DE ACTIVADOR Medias n E.E.

Caldo de humus de lombriz 7,02 6 0,38 A

Estiercol de bovino 5,97 6 0,38 A B

Estiercol de ovino 5,57 6 0,38 B C

Sin activador 4,75 6 0,38 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,8471 gl: 16

VARIEDAD TIPO DE ACTIVADOR Medias n E.E.

LARGA Caldo de humus de lombriz 7,43 3 0,53 A

PROSEUR Caldo de humus de lombriz 6,60 3 0,53 A B

LARGA Estiercol de ovino 6,30 3 0,53 A B

LARGA Estiercol de bovino 6,00 3 0,53 A B C

PROSEUR Estiercol de bovino 5,93 3 0,53 A B C

PROSEUR Sin activador 5,17 3 0,53 B C

PROSEUR Estiercol de ovino 4,83 3 0,53 B C

LARGA Sin activador 4,33 3 0,53 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANÁLISIS DE VARIANZA

NUMERO DE HOJAS

Nueva tabla

Análisis de la varianza

Variable N R² R² Aj CV

PROMEDIO 24 0,63 0,47 10,28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9908,63	7	1415,52	3,94	0,0110
VARIEDAD	198,38	1	198,38	0,55	0,4684
TIPO DE ACTIVADOR	9538,13	3	3179,38	8,84	0,0011
VARIEDAD*TIPO DE ACTIVADOR..	172,12	3	57,37	0,16	0,9220
Error	5753,33	16	359,58		
Total	15661,96	23			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 359,5833 gl: 16

VARIEDAD Medias n E.E.

LARGA 187,33 12 5,47 A

PROSEUR 181,58 12 5,47 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 359,5833 gl: 16

TIPO DE ACTIVADOR Medias n E.E.

Caldo de humus de lombriz 216,50 6 7,74 A

Estiercol de bovino 184,50 6 7,74 B

Estiercol de ovino 173,33 6 7,74 B

Sin activador 163,50 6 7,74 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 359,5833 gl: 16

VARIEDAD TIPO DE ACTIVADOR Medias n E.E.

LARGA Caldo de humus de lombriz 221,00 3 10,95 A

PROSEUR Caldo de humus de lombriz 212,00 3 10,95 A B

LARGA Estiercol de bovino 190,67 3 10,95 A B C

PROSEUR Estiercol de bovino 178,33 3 10,95 B C

LARGA Estiercol de ovino 175,00 3 10,95 C

PROSEUR Estiercol de ovino 171,67 3 10,95 C

PROSEUR Sin activador 164,33 3 10,95 C

LARGA Sin activador 162,67 3 10,95 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

BASE DE DATOS

ALTURA DE PLANTA (cm)			
	VARIEDAD	TIPO DE ACTIVADOR	PROMEDIO
D1T0	PROSEUR	Sin activador	20
D1T1	PROSEUR	Estiercol de ovino	25
D1T2	PROSEUR	Estiercol de bovino	25
D1T3	PROSEUR	Caldo de humus de lombriz	35
D2T0	LARGA	Sin activador	36
D2T1	LARGA	Estiercol de ovino	21
D2T2	LARGA	Estiercol de bovino	36
D2T3	LARGA	Caldo de humus de lombriz	39
D1T0	PROSEUR	Sin activador	19
D1T1	PROSEUR	Estiercol de ovino	19
D1T2	PROSEUR	Estiercol de bovino	18
D1T3	PROSEUR	Caldo de humus de lombriz	36
D2T0	LARGA	Sin activador	36
D2T1	LARGA	Estiercol de ovino	18
D2T2	LARGA	Estiercol de bovino	19
D2T3	LARGA	Caldo de humus de lombriz	36
D1T0	PROSEUR	Sin activador	19
D1T1	PROSEUR	Estiercol de ovino	15
D1T2	PROSEUR	Estiercol de bovino	21
D1T3	PROSEUR	Caldo de humus de lombriz	30
D2T0	LARGA	Sin activador	22
D2T1	LARGA	Estiercol de ovino	25
D2T2	LARGA	Estiercol de bovino	23
D2T3	LARGA	Caldo de humus de lombriz	38
LARGO DE HOJA (cm)			
	VARIEDAD	TIPO DE ACTIVADOR	PROMEDIO
D1T0	PROSEUR	Sin activador	5
D1T1	PROSEUR	Estiercol de ovino	6
D1T2	PROSEUR	Estiercol de bovino	5,8
D1T3	PROSEUR	Caldo de humus de lombriz	7,5
D2T0	LARGA	Sin activador	4,5
D2T1	LARGA	Estiercol de ovino	6,5
D2T2	LARGA	Estiercol de bovino	5,5
D2T3	LARGA	Caldo de humus de lombriz	6,3
D1T0	PROSEUR	Sin activador	4
D1T1	PROSEUR	Estiercol de ovino	4
D1T2	PROSEUR	Estiercol de bovino	5,5
D1T3	PROSEUR	Caldo de humus de lombriz	5,8
D2T0	LARGA	Sin activador	3
D2T1	LARGA	Estiercol de ovino	6
D2T2	LARGA	Estiercol de bovino	6,5
D2T3	LARGA	Caldo de humus de lombriz	8,5
D1T0	PROSEUR	Sin activador	6,5
D1T1	PROSEUR	Estiercol de ovino	4,5
D1T2	PROSEUR	Estiercol de bovino	6,5
D1T3	PROSEUR	Caldo de humus de lombriz	6,5
D2T0	LARGA	Sin activador	5,5
D2T1	LARGA	Estiercol de ovino	6,4
D2T2	LARGA	Estiercol de bovino	6
D2T3	LARGA	Caldo de humus de lombriz	7,5

ANCHO DE HOJA (cm)			
	VARIEDAD	TIPO DE ACTIVADOR	PROMEDIO
D1T0	PROSEUR	Sin activador	2,5
D1T1	PROSEUR	Estiercol de ovino	3
D1T2	PROSEUR	Estiercol de bovino	3
D1T3	PROSEUR	Caldo de humus de lombriz	4,5
D2T0	LARGA	Sin activador	3,5
D2T1	LARGA	Estiercol de ovino	2
D2T2	LARGA	Estiercol de bovino	2,5
D2T3	LARGA	Caldo de humus de lombriz	4,8
D1T0	PROSEUR	Sin activador	2,2
D1T1	PROSEUR	Estiercol de ovino	3,5
D1T2	PROSEUR	Estiercol de bovino	3,6
D1T3	PROSEUR	Caldo de humus de lombriz	5,8
D2T0	LARGA	Sin activador	3
D2T1	LARGA	Estiercol de ovino	2
D2T2	LARGA	Estiercol de bovino	2
D2T3	LARGA	Caldo de humus de lombriz	3,8
D1T0	PROSEUR	Sin activador	1,9
D1T1	PROSEUR	Estiercol de ovino	4,5
D1T2	PROSEUR	Estiercol de bovino	2,5
D1T3	PROSEUR	Caldo de humus de lombriz	4,8
D2T0	LARGA	Sin activador	3,5
D2T1	LARGA	Estiercol de ovino	4,6
D2T2	LARGA	Estiercol de bovino	4
D2T3	LARGA	Caldo de humus de lombriz	4

PESO DE HOJAS VERDES (g/m2)			
	VARIEDAD	TIPO DE ACTIVADOR	PROMEDIO
D1T0	PROSEUR	Sin activador	135
D1T1	PROSEUR	Estiercol de ovino	168
D1T2	PROSEUR	Estiercol de bovino	169
D1T3	PROSEUR	Caldo de humus de lombriz	210
D2T0	LARGA	Sin activador	125
D2T1	LARGA	Estiercol de ovino	168
D2T2	LARGA	Estiercol de bovino	198
D2T3	LARGA	Caldo de humus de lombriz	230
D1T0	PROSEUR	Sin activador	169
D1T1	PROSEUR	Estiercol de ovino	189
D1T2	PROSEUR	Estiercol de bovino	198
D1T3	PROSEUR	Caldo de humus de lombriz	212
D2T0	LARGA	Sin activador	198
D2T1	LARGA	Estiercol de ovino	168
D2T2	LARGA	Estiercol de bovino	187
D2T3	LARGA	Caldo de humus de lombriz	215
D1T0	PROSEUR	Sin activador	189
D1T1	PROSEUR	Estiercol de ovino	158
D1T2	PROSEUR	Estiercol de bovino	168
D1T3	PROSEUR	Caldo de humus de lombriz	214
D2T0	LARGA	Sin activador	165
D2T1	LARGA	Estiercol de ovino	189
D2T2	LARGA	Estiercol de bovino	187
D2T3	LARGA	Caldo de humus de lombriz	218