

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS SAN QUINTÍN**



**EVALUACIÓN AGRONÓMICA DEL CULTIVO DE ALBAHACA  
(*Ocimum basilicum* L.) CON SISTEMA DE PRODUCCIÓN  
ORGÁNICO BAJO INVERNADERO**

**T E S I S**

**COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTA**

**YAILIN AMAIRANY MUÑOZ HERNÁNDEZ**

**DIRECTOR**

**DR. JUAN CARLOS VÁZQUEZ ANGULO**

**CO-DIRECTOR**

**DR. FIDEL NÚÑEZ RAMÍREZ**

**SAN QUINTÍN, BAJA CALIFORNIA**

**DICIEMBRE DEL 2022**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS SAN QUINTÍN**

Evaluación agronómica del cultivo de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) con sistema de producción orgánico bajo invernadero

TESIS

PARA CUBRIR LOS REQUISITOS NECESARIOS PARA OBTENER EL TÍTULO

DE

INGENIERO AGRONOMO

PRESENTA

YAILIN AMAIRANY MUÑOZ HERNÁNDEZ

Aprobada por:

A blue ink signature of Dr. Juan Carlos Vázquez Angulo, consisting of several overlapping loops and lines.

---

Dr. Juan Carlos Vázquez Angulo  
Director

A blue ink signature of Dr. Fidel Núñez Ramírez, written in a cursive style.

---

Dr. Fidel Núñez Ramírez  
Codirector

A blue ink signature of M.C. Isidro Bazante González, featuring a stylized 'I' and 'B'.

---

M.C. Isidro Bazante González  
Asesor

A blue ink signature of Dra. Aurelia Mendoza Gómez, written in a cursive style.

---

Dra. Aurelia Mendoza Gómez  
Asesor

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA DEL CULTIVO DE ALBAHACA  
(*Ocimum basilicum* L.) CON SISTEMA DE PRODUCCIÓN  
ORGÁNICO BAJO INVERNADERO**

**TESIS**

**Sometida a la consideración del programa de Ingeniero Agrónomo**

**De la**

**Facultad de Ingeniería y Negocios San Quintín**

**Por**

**Yailin Amairany Muñoz Hernández**

**SAN QUINTÍN, BAJA CALIFORNIA**

**DICIEMBRE DEL 2022**

**AGRADECIMIENTOS:**

A mi director de tesis el **Dr. Juan Carlos Vázquez Ángulo**, que con paciencia y dedicación me guío por el camino del saber, compartió su conocimiento y me brindó su apoyo incondicional en esta investigación.

A la **Universidad Autónoma de Baja California - Facultad de Ingeniería y Negocios San Quintín** que proporciono un espacio para poder llevar a cabo este proyecto. Así como también por formarme como profesional.

**DEDICATORIA:**

*Este trabajo es dedicado con mucho cariño y respeto.*

*Estaré eternamente agradecida.*

A mis padres

**Jesús Cruz Muñoz Cebreros y Victoria Hernández Rocha**

Por siempre creer en mí, por su amor, comprensión y por motivarme cada día a lograr mis objetivos. Gracias por todo padres, sin ustedes no sería lo que hoy soy.

A mi abuelo

**Raúl Hernández Martínez**

Siempre me demostró lo orgulloso que estaba de mí, este también fue su sueño, un abrazo en donde quiera que se encuentre, gracias por todo abuelo.

A mi abuela

**Gloria Rocha Valdez**

Siempre me brindo su amor y sus consejos, sé que estaría muy feliz por mí, gracias por todo abuela.

**ÍNDICE**

<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
ÍNDICE DE CUADROS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	11
I. INTRODUCCIÓN	12
II. OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo general	13
2.1.1 Objetivos específicos	13
III. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS	14
3.1 Hipótesis nula	14
3.2 Hipótesis alterna	14
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	15
4.1 Producción de albahaca en el valle de San Quintín y Maneadero	15
4.2 Descripción botánica del cultivo de albahaca	15
4.3 Roca fosfórica	15
4.4 Extracto de algas marinas	17
4.5 Lixiviado de lombriz	19
4.6 El análisis de suelo como indicador de su calidad	20
4.7 La utilización del análisis de extracto celular de peciolo	21
4.8 La medición de clorofila (SPAD 502)	22
4.9 La medición del Greenseeker NDVI	22
V. MATERIALES Y MÉTODOS	24
5.1 Ubicación del estudio y condiciones ambientales	24
5.2 Logística del experimento	24

	6
5.3 Siembra y topología del cultivo	26
5.4 Riego y fertilización	28
5.5 Malezas, plagas y enfermedades	29
5.6 Muestreo de suelo	31
5.7 Aplicación de los tratamientos	31
5.8 Variables de medición	33
5.8.1 Determinación de NO <sub>3</sub> y K en el extracto celular de peciolo	33
5.8.2 Determinación de °Brix en el extracto celular de peciolo	34
5.8.3 Determinación de la clorofila (SPAD 502)	36
5.8.4 Medición con el sensor greenseeker (NDVI)	38
5.8.5 Determinación de la altura de la planta de albahaca	38
5.8.6 Determinación del peso seco de la planta de albahaca	39
5.8.7 Determinación del rendimiento de la planta de albahaca	39
5.9 Análisis estadístico	40
VI. RESULTADOS Y DISCUSION	41
VII. CONCLUSIONES	49
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Concentración de NO <sub>3</sub> en el extracto celular de peciolo en albahaca por la adición de roca fosfórica como fertilización de fondo en combinación con la aplicación líquida de lixiviado de lombriz o algas marinas .....	41
Cuadro 2. Concentración de K en el extracto celular de peciolo en albahaca por la adición de roca fosfórica como fertilización de fondo en combinación con la aplicación líquida de lixiviado de lombriz o algas marinas .....	42
Cuadro 3. Grados brix en el extracto celular de peciolo en albahaca por la adición de roca fosfórica como fertilización de fondo en combinación con la aplicación líquida de lixiviado de lombriz o algas marinas .....	43
Cuadro 4. Valores SPAD y temperatura foliar en albahaca por la adición de roca fosfórica como fertilización de fondo en combinación con la aplicación líquida de lixiviado de lombriz o algas marinas. ....	44
Cuadro 5. NDVI de la planta de albahaca por la adición de roca fosfórica como fertilización de fondo en combinación con la aplicación líquida de lixiviado de lombriz o algas marinas.....	45
Cuadro 6. Altura de la planta de albahaca por la adición de roca fosfórica como fertilización de fondo en combinación con la aplicación líquida de lixiviado de lombriz o algas marinas.....	46

Cuadro 7. Peso fresco de las hojas, peso fresco del tallo, peso fresco aéreo, numero de hojas, peso fresco de raíz y peso fresco total de la planta de albahaca por la adición de roca fosfórica como fertilización de fondo en combinación con la aplicación líquida de lixiviado de lombriz o algas marinas .....	47
---	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Macrocystis pyrifira</i> . (Fuente: CONABIO). .....	18
Figura 2. Mapa de distribución de <i>Macrocystis pyrifira</i> en el océano pacífico en costas de la Península de Baja California. (Fuente: CONABIO).....	19
Figura 3. Detalle ilustrativo del suelo en el cual se realizó el experimento.....	24
Figura 4. Detalle de siembra de albahaca morada en charolas. ....	26
Figura 5. Detalle de supervisión de plantas de albahaca morada.....	27
Figura 6. Detalle de plántulas de albahaca morada .....	27
Figura 7. Trasplante de plántulas de albahaca morada .....	27
Figura 8. Detalle de supervisión de plántulas de albahaca morada .....	28
Figura 9. Detalle de preparación de aspersora .....	29
Figura 10. Detalle de experimento en el cultivo de albahaca morada .....	29
Figura 11. Detalle de aplicación foliar en plantas de albahaca .....	30
Figura 12. Detalle de preparación de aplicación de <i>Trichoderma</i> sp .....	31
Figura 13. Detalle de aplicación de roca fosfórica.....	32
Figura 14. Detalle de incorporación de roca fosfórica .....	33
Figura 15. Detalle de aplicación de tratamientos .....	33
Figura 16. Detalle de recolección de tallos .....	34
Figura 17. Detalle de sensores para determinar nitratos y potasio en el extracto celular.....	35

Figura 18. Detalle de determinación nitratos y potasio en el extracto celular.....	35
Figura 19. Detalle de determinación de la clorofila (SPAD 502). .....	36
Figura 20. Detalle de determinación de la clorofila en parte central de la hoja. ....	37
Figura 21. Detalle de determinación de la primera medición de clorofila .....	37
Figura 22. Detalle de medición con el sensor greenseeker (NDVI).....	39
Figura 23. Peso seco en albahaca por la adición de roca fosfórica como fertilización de fondo y por la aplicación líquida de lixiviado de lombriz o algas marinas.....	48

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento de tres biofertilizantes los cuales fueron: algas marinas, lixiviado de lombriz y la combinación de ambos, bajo dos condiciones con y sin la aplicación de roca fosfórica, en el cultivo de albahaca morada (*Ocimum Basilicum* L.), utilizando un mini invernadero (superficie de 6 x 8 m<sup>2</sup>). Esta investigación se llevó a cabo en el ciclo agrícola otoño-invierno del año 2021, en el valle de San Quintín, Baja California. Se utilizó una fertilización completamente orgánica y con un sistema de riego por goteo. Se utilizó un diseño experimental con parcelas divididas distribuidas completamente al azar y los tratamientos fueron: aplicación o no de roca fosfórica al suelo (parcela principal), además tres tratamientos: algas marinas, lixiviado de lombriz y la combinación de ambos (subparcelas). En el transcurso en que se desarrollaba el cultivo se tomaron mediciones de la altura de la planta, número de hojas, se tomaron tallos para la medición de extracto celular, con el fin de conocer las concentraciones de nitrato y potasio. Se determinó el índice SPAD, se evaluó el rendimiento del peso de las plantas en fresco así como también la biomasa seca de la misma. Se determinó que los tratamientos de algas marinas y de lixiviado de lombriz, afectan el estado nutrimental del cultivo de albahaca bajo manejo orgánico solo al inicio de su establecimiento, observando así que favorecen al crecimiento y desarrollo.

## I. INTRODUCCIÓN

La albahaca (*Ocimum basilicum* L.) es una planta de origen asiático, que se cultiva actualmente en muchas regiones cálidas y templadas, especialmente en la zona mediterránea. Es una planta anual que puede crecer de 20 a 50 cm de altura, se consideran plantas aromáticas, su tallo es ramificado con hojas opuestas, pecioladas, de forma oval y bordes ligeramente dentados. Las flores de esta planta tienden a ser de color blanco rosáceo reunidas en corimbos axilares.

La albahaca prefiere suelos fértiles, con buena aireación y humedad, así como también con buena exposición solar. Su propagación es mediante semilla, se pueden sembrar en almácigos, bandejas o directamente en el suelo. La siembra de albahaca suele efectuarse en primavera ya que es un cultivo que prefiere temperaturas cálidas, pero esta podría sembrarse en condiciones protegidas utilizando otros sistemas de producción como lo son los túneles o invernaderos.

En México la albahaca es un cultivo de suma importancia estableciéndose en 1295 ha, con una producción de hasta 10,951 t, con un rendimiento aproximado de 8.5 t/ha. Los estados donde más se destaca el cultivo de albahaca son; Baja California, Baja California Sur, Morelos, así como también el estado de Nayarit (SIAP, 2012). Siendo así Baja California Sur, México, el principal productor.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Identificar el efecto de la aplicación de tratamientos biofertilizantes evaluando si estos favorecen al desarrollo y producción del cultivo de albahaca.

#### 2.1.1 Objetivos específicos

2.1.1.1 Identificar el efecto de la aplicación de tratamientos biofertilizantes en el cultivo de albahaca.

2.1.1.2 Identificar el efecto de la aplicación de tratamientos biofertilizantes en el contenido nutrimental ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$ ) del cultivo e índice SPAD en hojas.

2.1.1.3 Identificar el efecto de la aplicación de tratamientos biofertilizantes en el estado fenológico, crecimiento (altura, número de hojas, greenseeker), así como el rendimiento del cultivo.

### III. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

#### 3.1 Hipótesis nula

La aplicación de los distintos tratamientos de biofertilizantes modifica favorablemente el desarrollo fenológico, crecimiento y rendimiento del cultivo de albahaca.

#### 3.2 Hipótesis alterna

La aplicación de los distintos tratamientos de biofertilizantes modifica negativamente el desarrollo fenológico, crecimiento y rendimiento del cultivo de albahaca.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 Producción de albahaca en el valle de San Quintín y Maneadero

En el Valle de San Quintín no hay producción de albahaca, por lo que este cultivo sería nuevo para la región, siendo esta investigación el primer establecimiento de albahaca bajo invernadero y con producción orgánica. Por otra parte, en el poblado de Maneadero, Baja California, si cuenta con registró del establecimiento de este cultivo siendo un aproximado de 52.52 hectáreas según índices de SAGARPA en 2015.

### 4.2 Descripción botánica del cultivo de albahaca

La planta de albahaca pertenece al género *Ocimum* de la familia *Lamiaceae*, la especie *Ocimum basilicum* fue descrita en 1753 por Carlos Linneo. La albahaca es una planta aromática y medicinal, así como también es reconocida en el área gourmet, es herbácea, presenta tallos ramificados y erectos, estos pueden ser de hasta un metro de alto y se considera como una planta anual.

Las plantas aromáticas desde la antigüedad son utilizadas en el ámbito medicinal esto gracias a sus propiedades antimicrobianas, antioxidantes, antiparasitarias, antiprotozoarias, antifúngicas y antiinflamatorias. En la actualidad la demanda de estas plantas se ha incrementado debido a que los consumidores prefieren productos naturales, de origen orgánico y que sean seguros para la salud.

### 4.3 Roca fosfórica

El fósforo se manifiesta de dos formas en el suelo, orgánico e inorgánico, por lo regular las plantas absorben el fósforo de manera inorgánico.

El fósforo es un elemento esencial que constituye en los seres vivos, plantas y animales, este se distribuye ampliamente en la naturaleza. Es un nutriente que es requerido en el crecimiento de las plantas, su función principal se desempeña en las macromoléculas como lo son los ácidos nucleicos y en los procesos metabólicos de biosíntesis y degradación.

El fósforo es absorbido por la planta durante el crecimiento vegetativo y la mayoría del fosforo que se absorbe es movilizadado a los frutos y semillas mientras se encuentra en la etapa reproductiva. Por otra parte, cuando la planta tiene deficiencia de este elemento tiende a tener un crecimiento retardado reduciendo así su follaje, crecimiento celular y con esto también reduciendo su respiración y fotosíntesis, visiblemente la planta se muestra con un color verde oscuro esto se debe a la alta concentración de clorofila, y también se puede mostrar un color rojizo debido al aumento de la formación de antocianinas.

Se le señala roca fosfórica al producto obtenido de la extracción de una mina y del proceso metalúrgico que sufre subsiguiente de los minerales fosfatados. Además de los fosfatos principales, los depósitos de roca fosfórica también poseen minerales accesorios e impurezas, las cuales incluyen sílice, minerales arcillosos, calcita, dolomita y óxidos hidratados de hierro y aluminio en distintas combinaciones y concentraciones.

Las rocas fosfóricas de origen sedimentario son aptas para su aplicación directa en la agricultura y la práctica de la aplicación directa de diversas fuentes de rocas fosfóricas como fertilizantes presenta muchas ventajas; ya que, al ser productos naturales, las rocas fosfóricas pueden ser utilizadas en la agricultura

biológica. Bajo ciertas condiciones, las rocas fosfóricas reactivas pueden ser más eficientes que los fertilizantes fosfatados solubles en agua en base a la recuperación del fósforo por las plantas.

#### **4.4 Extracto de algas marinas**

Senn (1987), indica que la incorporación de algas al suelo favorece en las cosechas e incrementa la calidad de los frutos, esto porque se administra a los cultivos no sólo todos los macros y micronutrientes que necesita la planta, sino también 27 sustancias naturales cuyos efectos son similares a los reguladores de crecimiento. Dentro de los compuestos ya identificados en las algas se tienen agentes quelatantes como ácidos algínicos, fúlvicos y manitol, así como vitaminas, cerca de 5000 enzimas y algunos compuestos biocidas que controlan algunas plagas y enfermedades.

En su utilización como fertilizantes, un sector de crecimiento actual es el de los extractos líquidos de algas, que pueden producirse en forma concentrada para ser diluidos en el uso. Pueden aplicarse a las plantas (de forma foliar) o pueden agregarse directamente al suelo en conjunto con el riego.

Una de las especies de algas marinas que se utiliza para realizar extractos para su uso en la agricultura es *Macrocystis pyrifera* (Figura 1) esta crece en el océano pacífico formando grandes mantos que pueden llegar a medir desde unos pocos metros, hasta hectáreas y tener una altura aproximada de hasta 30 metros, también se les conoce como Bosques de Kelp.



Figura 1. *Macrocystis pyrifira*. (Fuente: CONABIO).

En el océano su distribución fluctúa en profundidades desde unos pocos metros bajo el agua hasta los 30 metros de profundidad. Estos bosques necesitan una gran cantidad de nutrientes en el agua, una temperatura por debajo de los 20° grados centígrados, así como un fondo que sea rocoso para la fijación o anclaje de las macroalgas y de esta manera tengan un óptimo desarrollo. (Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2022).

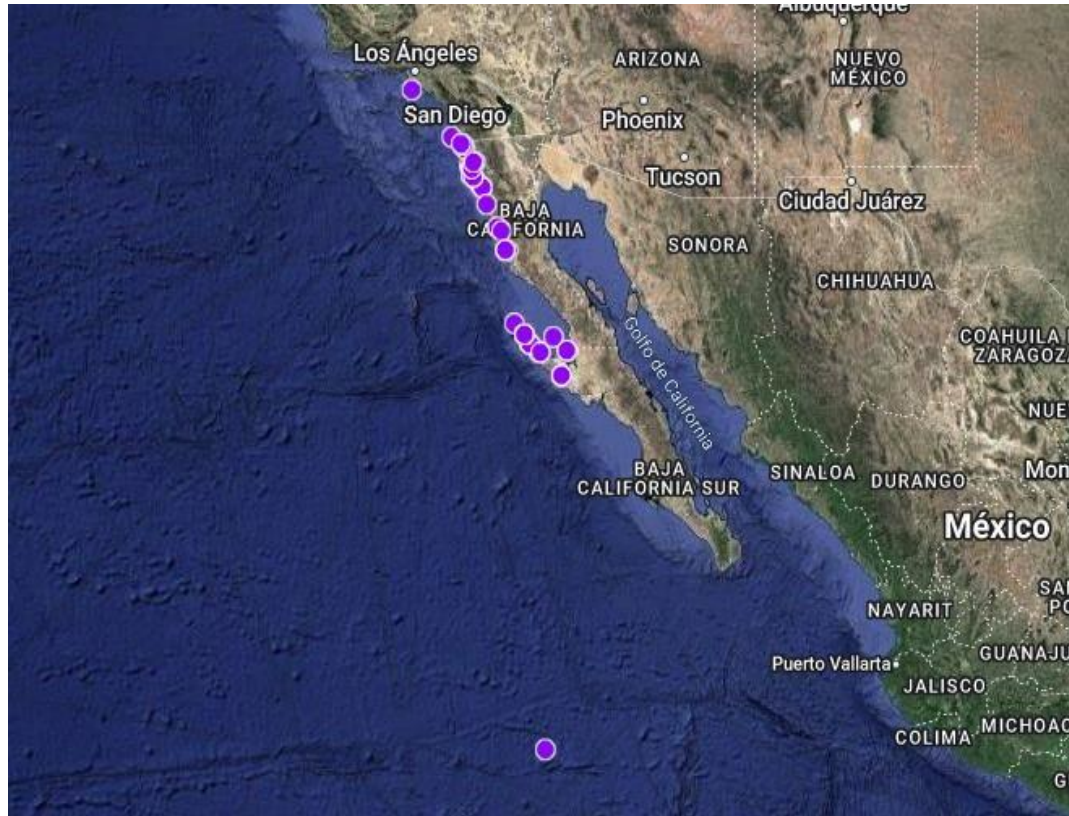


Figura 2. Mapa de distribución de *Macrocystis pyrifera* en el océano pacífico en costas de la Península de Baja California. (Fuente: CONABIO).

En México (Figura 2), la distribución de los bosques de *Macrocystis pyrifera* de mayor tamaño están en el océano Pacífico en las costas de la Península de Baja California. (Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad [CONABIO], 2022).

Efecto de la aplicación de un extracto de algas marinas (*Durvillea antártica*) en el crecimiento vegetativo de plántulas de arándano y ciruelo.

#### 4.5 Lixiviado de lombriz

En México la lombricultura inició en 1990 como actividad económica, la primera empresa que se estableció fue Lombrimex.

La lombricultura tiene por objeto la regeneración de residuos biodegradables, estos son transformados en fertilizantes orgánicos. Representa una alternativa para el manejo de los desechos orgánicos, proporciona beneficios dados que favorece la fertilidad del suelo, mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo, y los cultivos son más resistentes a plagas y enfermedades.

El humus de lombriz, es un abono orgánico obtenido mediante el proceso de digestión que realizan las lombrices ante la materia orgánica dando esto como resultado, ácidos húmicos y fúlvicos, que puede manejarse en forma sólida como humus o en forma líquida como lixiviado de humus o te de humus de lombriz.

#### **4.6 El análisis de suelo como indicador de su calidad**

Adriaanse (1993) refirió que los instrumentos de medición son indicadores que permiten cuantificar, simplificar y hacer saber sobre fenómenos complejos y son utilizados en muchas ramas del conocimiento como lo es: la economía, salud, recursos naturales, entre otros. Hablando de los recursos naturales y específicamente del suelo se pueden medir las propiedades físicas, químicas y biológicas, así como también los procesos que ocurren en él (SQI, 1996).

Dentro de los indicadores de la calidad de los suelos, Ramírez (2004) señaló que deben ser susceptibles a cambios que sufre el suelo, tanto como en los procesos de degradación como en los de regeneración Se debe de integrar en los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo y así como también deben de ser relativamente fáciles de medir en condiciones de campo tanto para productores como para especialistas en el ámbito.

La calidad física del suelo está asociada con el uso responsable y eficiente del agua, los nutrientes y los pesticidas que por lo tanto reduce el efecto invernadero (Navarro *et al.*, 2008).

El uso de indicadores de calidad para el suelo suelen ser una herramienta rápida y eficaz para la toma de decisiones, ya que estos son sensibles al manejo en un periodo corto, mediano y a largo plazo.

#### **4.7 La utilización del análisis de extracto celular de peciolo**

La prueba de extracto celular de peciolo en el cultivo de albahaca nos sirve para poder detectar las deficiencias en las plantas principalmente de nitrógeno y potasio la cual puede realizarse *insitu* o en el laboratorio. Para tener un análisis de savia que apoye a programar una fertilización más eficiente, las muestras deben ser tomadas en un horario de 10:00 hasta las 14:00 horas para que la obtención de los datos sea más confiable (Johnson, 2019).

La extracción celular del peciolo se refiere a la extracción de jugo de peciolo, este está compuesto por una mezcla de savia, líquidos citoplasmáticos y vacuolares. A partir de este extracto se pueden determinar elementos minerales, orgánicos y fracciones orgánicas.

Esta herramienta se empleó por primera vez en 1920 a diferencia que anteriormente llevaba por nombre "Análisis de savia".

Una de sus ventajas de emplear esta herramienta es que permite la determinación de los distintos elementos de forma rápida y precisa mediante medidores portátiles, gracias a esto se pueden tomar medidas inmediatas para ajustar el programa de nutrición en caso de ser necesario.

#### **4.8 La medición de clorofila (SPAD 502)**

El SPAD es un medidor portátil que ayuda a conocer y determinar la clorofila concentrada en las hojas de una planta, esto es de gran ayuda para el cultivo ya que detecta en qué estado se encuentra el cultivo y así poder mejorarlo.

El contenido de clorofila en las hojas está relacionado con el estado nutrimental en el que se encuentra la planta y es por ello que ayuda a determinar si la planta necesita algún fertilizante adicional o si bien este se encuentra en óptimas condiciones.

Es de suma importancia conocer que el índice SPAD incrementara conforme a la presencia de nitrógeno que se encuentre en las hojas es por ello que un valor de SPAD más alto se concluye que se encuentra más sana.

#### **4.9 La medición del Greenseeker NDVI**

El GreenSeeker es un instrumento que indica un índice vegetativo que determina alguna diferencia en cuanto a lo normalizado, esta interpretación puede dar un diagnóstico rápido y concreto esto dirigido a las condiciones nutrimentales en las que se encuentra el cultivo, especialmente con la concentración de nitrógeno, con su estado fenológico, incidencia de estrés y el rendimiento potencial del cultivo. (Inman et al. 2005, Lan et al. 2009).

Este instrumento trabaja con un sensor, este emite una luz roja con sensores próximos a las plantas y así con esto identificando la presencia de vegetación verdosa. Estos resultados ayudan a disminuir costos de producción ya que ayuda a conocer si el cultivo necesita la aplicación de fertilizantes y agua o también si la

planta está sufriendo algún tipo de estrés que afecten a las plantas a su crecimiento o rendimiento.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Ubicación del estudio y condiciones ambientales

La investigación se llevó a cabo en un invernadero MiniGreen de la Facultad de Ingeniería y Negocios San Quintín de la Universidad Autónoma de Baja California, con ubicación geográfica de 30°39'00" latitud norte y 115°57'53" longitud oeste con una altitud 20 *m.s.n.m.* El clima de esta región se considera como veranos cálidos y áridos, clima muy seco y templado (PIAME, 2010). Los inviernos son largos y frescos, está mayormente despejado todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura varía de 13 °C a 31 °C y pocas veces baja a menos de 9 °C o sube a más de 34 °C.



Figura 3. Detalle ilustrativo del suelo en el cual se realizó el experimento.

### 5.2 Logística del experimento

Los tratamientos evaluados fueron seis. Se utilizó un diseño experimental con parcelas divididas distribuidas completamente al azar, con cuatro repeticiones (2x3x4). La parcela principal fue la aplicación de roca fosfórica (0 kg/ha y 1000 kg/ha de roca fosfórica [Fosforita de México ]) y la subparcela fue la aplicación de algas marinas (6 l/ha [Bio Agrinor, San Quintín, B.C., México]), lixiviado de lombriz

(30 l/ha [Bio Agrinor, San Quintín, B.C., México]) y la mezcla de ambas 10 l/ha (5 l/ha algas marinas + 5 l/ha lixiviado de lombriz [Mix]).

Conforme el cultivo de albahaca se iba desarrollando, periódicamente se tomaban muestras del crecimiento (altura, follaje), número de hojas, a los 12 días de trasplante el índice de SPAD cada ocho días, se tomaron muestras del extracto celular de peciolo (cada 15 días) para observar sus concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$ .

Por cada repetición se seleccionaron 10 plantas al azar, estas fueron cosechadas desde la raíz para pesar y medir cada una de ellas, teniendo como parámetros: peso fresco hojas, peso fresco tallo (peso aéreo: la suma de ambos), peso fresco raíz y peso total, así como también se mantuvieron en bolsas de papel para posteriormente secar las plantas y determinar el peso seco de las mismas.

### 5.3 Siembra y topología del cultivo

El trasplante se llevó a cabo el día cuatro de noviembre del 2021, fueron seis camas a doble hilera con una separación de 30 cm, y 20 cm entre planta, con un total de 160 plantas por cama, dando un total de 960 plantas por los seis surcos de cultivo. Se utilizó semilla de albahaca morada, esta fue sembrada en charolas de germinación, se utilizó sustrato BERGER BM 2, la plántula de albahaca tardó en estar lista para trasplante 40 días aproximadamente. La superficie total que se utilizó para el experimento fue de 6x8 m<sup>2</sup>.



Figura 4. Detalle de siembra de albahaca morada en charolas.



Figura 5. Detalle de supervisión de plantas de albahaca morada.

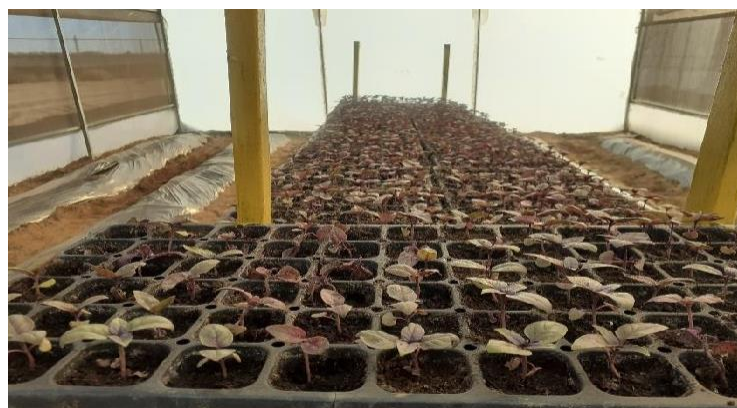


Figura 6. Detalle de plántulas de albahaca morada.



Figura 7. Trasplante de plántulas de albahaca morada.



Figura 8. Detalle de supervisión de plántulas de albahaca morada.

#### 5.4 Riego y fertilización

La fertilización que se utilizó fue orgánica y se empleó de la siguiente manera; Té de composta 600 ml, *Trichoderma sp.* + Melaza 600 ml, Guano 600ml, Urea orgánica 600 ml, esto en una solución de 15 ml de agua, esta dosis se modificó conforme el cultivo se iba desarrollando, quedando de la siguiente manera; Té de composta 800ml. *Trichoderma sp.* + Melaza 800 ml, Guano de aves 800 ml, Urea orgánica (Base gallinaza) 800 ml esto en una solución de 15 ml de agua. La primera fertilización se aplicó a los 4 días DDT y la aplicación de los tratamientos a los 5 días DDT. Al trasplante se utilizó riego por goteo durante todo el establecimiento del cultivo, se empleaba un riego de 1hr, conforme se tomaban las lecturas de humedad el riego variaba entre días, ya que como era un clima controlado no había mucha evaporación de agua.



Figura 9. Detalle de preparación de aspersora.



Figura 10. Detalle de experimento en el cultivo de albahaca morada.

### 5.5 Malezas, plagas y enfermedades

El terreno antes de ser utilizado ya presentaba maleza en menor cantidad como: verdolaga silvestre (*Portulaca Oleracea* L.) y esta fue erradicada manualmente, durante el desarrollo del cultivo no fue notoria la aparición de

maleza por lo que no fue necesario tomar medidas para este problema. Así como tampoco se presentaron problemas de plagas o enfermedades como; trips (*Thysanoptera*), araña roja (*Tetranychus urticae*), mildiu (*Pseudoperonospora cubensis*) entre otras, por lo que tampoco fue necesario ninguna aplicación para estas problemáticas en el cultivo de albahaca. Como uso preventivo de enfermedades se aplicó *Trichoderma* sp. se realizó su reproducción en laboratorio, para después aplicarlo en el cultivo de albahaca y también se utilizaron extractos de neem (*Azadirachta indica*), ajo (*Allium sativum*), mostaza (*Sinapis alba*), para la prevención de plagas.



Figura 11. Detalle de aplicación foliar en plantas de albahaca.



Figura 12. Detalle de preparación de aplicación de *Trichoderma sp.*

### 5.6 Muestreo de suelo

Se tomaron muestras al principio de la investigación, antes de aplicar los tratamientos, las muestras fueron tomadas con una pala a distintas profundidades (20 y 40 cm), estas fueron analizadas en el laboratorio.

Al finalizar la investigación también se tomaron muestras de suelo a las mismas profundidades, esto para verificar en qué estado se encontraba el suelo después de trabajar con estos biofertilizantes.

### 5.7 Aplicación de los tratamientos

En total fueron seis surcos los que utilizamos para la investigación, de los cuales tres contaban con roca fosfórica (.8 kg por surco) y tres no recibieron esta enmienda. Solamente fue una sola aplicación de roca fosfórica la cual se suministró al inicio, junto con la preparación de las camas.

La aplicación de tratamientos se ajustó a la superficie con la que contábamos que era una superficie de  $6 \times 8 \text{ m}^2$  por lo cual la aplicación de tratamientos fue de la siguiente manera: algas 28.8 ml por 4L de agua, lixiviado de lombriz 144 ml por 4L de agua y Mix 48 ml por 4L de agua. Estos se aplicaban una vez por semana en una cantidad por planta de 20 ml, en total fueron 7 aplicaciones durante la investigación.



Figura 13. Detalle de aplicación de roca fosfórica



Figura 14. Detalle de incorporación de roca fosfórica



Figura 15. Detalle de aplicación de tratamientos

## 5.8 Variables de medición

### 5.8.1 Determinación de $\text{NO}_3$ y $\text{K}$ en el extracto celular de pecíolo

La prueba de savia del pecíolo implica tomar pecíolos de hojas y extraer la savia, que luego se analiza para detectar nitrato y/o potasio utilizando medidores

portátiles LAQUAtwin permiten realizar mediciones confiables, rápidas y sencillas. Esta prueba se realizó tomando la hoja de más recientemente formada.

El extracto celular de peciolo se realizó de la siguiente manera; fueron 3 tomas de peciolo, se cortaron los tallos a los 15, 23 y a los 31 días DDT, las muestras se guardaron por tratamiento en bolsas de plástico, estas fueron puestas a congelar para conservar la savia y tener una mejor lectura de nitratos y potasio. Una vez que se obtuvieron los tallos se procedió por la extracción de la savia, fue con ayuda de un exprimidor, colocando la savia en los aparatos de medición correspondientes ya listos y calibrados.

#### 5.8.2 Determinación de °Brix en el extracto celular de peciolo

La determinación de los °Brix, se realizó en las mismas muestras utilizadas para medir nitratos y potasio. Se utilizó un refractómetro manual.



Figura 16. Detalle de recolección de tallos



Figura 17. Detalle de sensores para determinar nitratos y potasio en el extracto celular.

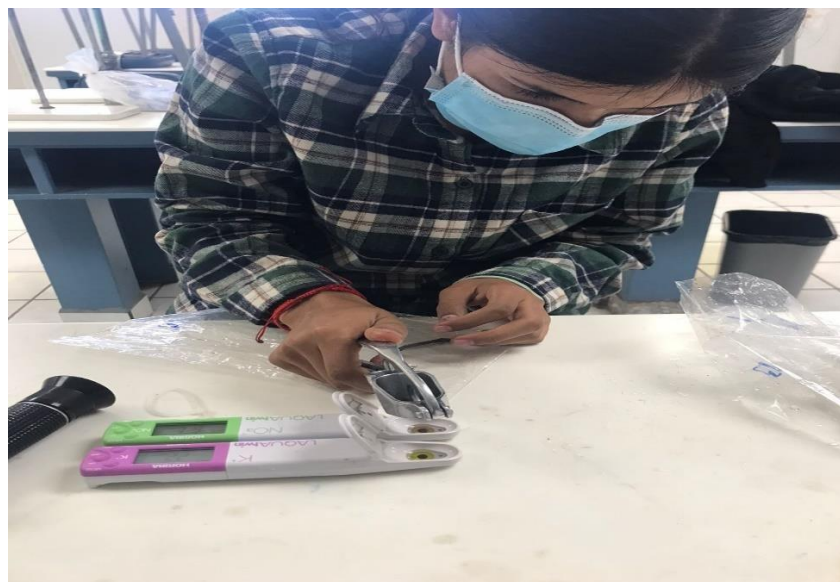


Figura 18. Detalle de determinación nitratos y potasio en el extracto celular.

### 5.8.3 Determinación de la clorofila (SPAD 502)

El sensor SPAD 502 Plus Chlorophyll Meters es un medidor de clorofila este es una de las herramientas de diagnóstico más utilizadas para medir el estado de nitrógeno de los cultivos se utiliza para medir el "verdor" de las hojas individuales. Es una medición no invasiva; solo se coloca la pinza del medidor sobre la hoja y se registra una lectura indexada del contenido de clorofila valor SPAD (de -9.99 a 199.9) en menos de dos segundos.

La medición de SPAD se realizó tres veces en todo el establecimiento del cultivo, midiendo cuatro hojas de cinco plantas, al final se sumó el resultado de índice SPAD por planta y sacando un promedio por las 4 hojas, arrojando un solo dato. Esto con la finalidad de conocer su concentración de clorofila. Esta prueba se realizó con el equipo medidor de clorofila SPAD 502 se realizó tomando la hoja.



Figura 19. Detalle de determinación de la clorofila (SPAD 502).



Figura 20. Detalle de determinación de la clorofila en parte central de la hoja.



Figura 21. Detalle de determinación de la primera medición de clorofila.

#### *5.8.4 Medición con el sensor greenseeker (NDVI)*

El sensor de NDVI es el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada es un indicador simple de biomasa fotosintéticamente activa o, en términos simples, un cálculo de la salud de la vegetación se utiliza sobre la parte superior de las copas de los cultivos para medir la cantidad de follaje verde.

La medición de NDVI se realizó 6 veces en todo el establecimiento del cultivo, esto con el fin de conocer cómo se encontraba el desarrollo vegetativo de la planta. Esta prueba se realizó con el equipo Greenseeker

#### *5.8.5 Determinación de la altura de la planta de albahaca*

El sensor de NDVI es el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada es un indicador simple de biomasa fotosintéticamente activa o, en términos simples, un cálculo de la salud de la vegetación.

La medición con el sensor se necesita que este a una altura que pueda alcanzar a la planta con el pulso infrarrojo, esto para que de una lectura acertada, se colocó por encima de la planta pulsando el botón y así obteniendo el índice NDVI.



Figura 22. Detalle de Medición con el sensor greenseeker (NDVI).

#### *5.8.6 Determinación del peso seco de la planta de albahaca*

Se cortaron las plantas de albahaca y se fueron pesando por partes (raíz, tallo, hojas e inflorescencias) estas al ser pesadas en estado fresco se guardaron en bolsas de papel para que posteriormente se deshidrataran y así poder saber su peso en seco.

#### *5.8.7 Determinación del rendimiento de la planta de albahaca*

El rendimiento de la albahaca se evaluó de la siguiente manera se cortó la parte área de la planta (tallitos) y se pesó en estado fresco en una báscula digital dándonos el rendimiento total para la obtención de este se evaluaron las siguientes variables peso fresco de las hojas, peso fresco del tallo, peso fresco aéreo,

número de hojas, peso fresco de raíz y peso fresco total de la planta de albahaca.

### **5.9 Análisis estadístico**

Los datos en todos los análisis estadísticos realizados se utilizó el programa Minitab. Cuando se detectaron diferencias entre los tratamientos, se corrió la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

## VI. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados mostraron que la concentración de nitratos (Cuadro 1), no se afectó por la aplicación de los tratamientos ni su interacción. Sin embargo, a los 15 ddt la concentración de potasio resultó afectada por la aplicación individual de algas marinas y lixiviado de lombriz ( $4,025 \text{ mg L}^{-1}$ ) versus la aplicación combinada ( $3300 \text{ mg L}^{-1}$ ) (Cuadro 2).

Cuadro 1. Concentración de  $\text{NO}_3$  en el extracto celular de peciolo en albahaca por la adición de roca fosfórica como fertilización de fondo en combinación con la aplicación líquida de lixiviado de lombriz o algas marinas.

Factor/variable	$\text{NO}_3$ ( $\text{mg L}^{-1}$ ) 15 ddt	$\text{NO}_3$ ( $\text{mg L}^{-1}$ ) 23 ddt	$\text{NO}_3$ ( $\text{mg L}^{-1}$ ) 31 ddt
Fertilización de fondo (FF)			
Con roca fosfórica	1778	2008	1400
Sin roca fosfórica	1731	2250	1368
Significancia	0.825	0.483	0.837
Aplicación líquida (AL)			
Algas marinas	1626	2300	1563
Lixiviado de lombriz	1888	2263	1271
Lixiviado + algas	1750	1825	1318
Significancia	0.609	0.458	0.284
Interacción AL x FF			
Significancia	0.101	0.813	0.597

Cuadro 2. Concentración de K en el extracto celular de peciolo en albahaca por la adición de roca fosfórica como fertilización de fondo en combinación con la aplicación líquida de lixiviado de lombriz o algas marinas.

Factor/variable	K (mg L <sup>-1</sup> ) 15 ddt	K (mg L <sup>-1</sup> ) 23 ddt	K (mg L <sup>-1</sup> ) 31 ddt
Fertilización de fondo (FF)			
Con roca fosfórica	3983	3142	3958
Sin roca fosfórica	3626	3433	3842
Significancia	0.126	0.449	0.554
Aplicación líquida (AL)			
Algas marinas	4094 a†	3238	3875
Lixiviado de lombriz	4025 a	3500	3800
Lixiviado + algas	3300 b	3125	4025
Significancia	0.016	0.711	0.634
Interacción AL x FF			
Significancia	0.877	0.663	0.567

†: Letras diferentes dentro de la columna denotan diferencias significativas según Tukey.

Al realizar las mediciones con el refractómetro analógico los grados °Brix, los resultados (Cuadro 3), nos indicaron que la concentración total de sacarosa disuelta en las muestras colectadas de las plantas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.), no se observó efecto significativo por la aplicación de ninguno de los tratamientos.

Cuadro 3. Grados brix en el extracto celular de peciolo en albahaca por la adición de roca fosfórica como fertilización de fondo en combinación con la aplicación líquida de lixiviado de lombriz o algas marinas.

Factor/variable	°Brix (15 ddt)	°Brix (23 ddt)	°Brix (31 ddt)
Fertilización de fondo (FF)			
Con roca fosfórica	1.79	1.67	1.50
Sin roca fosfórica	2.08	1.33	1.55
Significancia	0.156	0.321	0.875
Aplicación líquida (AL)			
Algas marinas	2.00	1.12	1.46
Lixiviado de lombriz	2.00	1.31	1.50
Lixiviado + algas	1.81	1.31	1.62
Significancia	0.674	0.566	0.931
Interacción AL x FF			
Significancia	0.569	0.118	0.559

†: Letras diferentes dentro de la columna denotan diferencias significativas según Tukey.

En cuanto a los resultados obtenidos de las plantas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) con los valores SPAD o índice de verdor mostraron (Cuadro 4), que afecto significativamente a los 13 y 37 ddt con la adición de fertilización de fondo con roca fosfórica (44.95) y (28.06) respectivamente; no así a los 27 ddt ya que se obtuvo un valor SPAD significativo sin fertilización de fondo.

Para la interacción o relación de la aplicación líquida de algas marinas, lixiviado de lombriz y la mezcla de estos dos, junto a la fertilización de fondo de roca fosfórica se observó en el cuadro 4; que afecto de manera significativa los valores SPAD a los 13 y 27 ddt en las plantas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.).

En el cuadro 4; nos muestra los resultados de la temperatura foliar de la albahaca (*Ocimum basilicum* L.), en la fertilización de fondo de roca fosfórica a los 37 ddt se obtuvo efecto significativo. En relación a la aplicación de algas marinas,

lixiviado de lombriz y la mezcla de estos dos, junto a la fertilización de fondo de roca fosfórica la temperatura foliar se observó significancia en las tres fechas.

Cuadro 4. Valores SPAD y temperatura foliar en albahaca por la adición de roca fosfórica como fertilización de fondo en combinación con la aplicación líquida de lixiviado de lombriz o algas marinas.

Factor/variable	SPAD			Temperatura foliar (°C)		
	13 ddt	27 ddt	37 ddt	13 ddt	27 ddt	37 ddt
Fertilización de fondo (FF)						
Con roca fosfórica	44.95 a†	28.10 a	28.06 a	26.60	26.70	24.98 a
Sin roca fosfórica	39.45 b	31.43 b	26.62 b	25.88	26.07	25.87 b
Significancia	< 0.0001	0.003	0.010	0.061	0.092	< 0.0001
Aplicación líquida (AL)						
Algas marinas	43.09	30.22	26.64	26.41	26.39	25.12
Lixiviado de lombriz	42.22	30.30	27.48	25.87	26.13	25.58
Lixiviado + algas	41.55	28.77	27.90	26.44	26.64	25.58
Significancia	0.422	0.430	0.172	0.401	0.536	0.248
Interacción AL x FF						
Significancia	0.046	0.035	0.870	0.037	0.008	0.006

†: Letras diferentes dentro de la columna denotan diferencias significativas según Tukey.

Los resultados en el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) (cuadro 5), en referente a la fertilización de fondo con roca fosfórica se observó un efecto significativo del indicador de biomasa o cobertura fotosintéticamente activa en todas las fechas tomadas.

En relación al efecto que se obtuvo en el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) a la aplicación de algas marinas, lixiviado de lombriz y la mezcla de estos dos, junto a la fertilización de fondo de roca fosfórica se observó significancia en todas las fechas tomadas menos en la de 37 ddt. En lo concerniente, a la interacción de fertilización líquida de algas marinas, lixiviado de

lombriz y la mezcla de ambos, junto con fertilización de fondo se observó un efecto significativo del NDVI a los 27 y 37 ddt.

Cuadro 5. NDVI de la planta de albahaca por la adición de roca fosfórica como fertilización de fondo en combinación con la aplicación líquida de lixiviado de lombriz o algas marinas.

Factor/variable	3	13	19	27	33	37
Fertilización de fondo (FF)						
Con roca fosfórica	0.33 a†	0.47 a	0.48 a	0.65 a	0.68 a	0.57 a
Sin roca fosfórica	0.25 b	0.42 b	0.41 b	0.63 b	0.66 b	0.43 b
Significancia	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.020	< 0.0001	< 0.0001
Aplicación líquida (AL)						
Algas marinas	0.30 a	0.45 a	0.45 a	0.65 a	0.68 a	0.50
Lixiviado de lombriz	0.31 a	0.46 a	0.48 a	0.66 a	0.68 a	0.51
Lixiviado + algas	0.27 b	0.43 b	0.41 b	0.62 b	0.66 b	0.48
Significancia	0.012	0.020	0.020	< 0.0001	0.003	0.627
Interacción AL x FF						
Significancia	0.399	0.902	0.093	0.039	0.465	0.001

†: Letras diferentes dentro de la columna denotan diferencias significativas según Tukey.

Los resultados obtenidos en la altura de planta de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) (Cuadro 6), en base a la fertilización de fondo con roca fosfórica se mostraron un efecto altamente significativo en todas las mediciones hasta los 33 ddt, no existiendo diferencia significativa a la aplicación en la medición a los 37 ddt. Así mismo en cuanto a las aplicaciones de los tratamientos de algas marinas, lixiviado de lombriz y la mezcla de estos dos, se obtuvo un efecto altamente significativo en cinco mediciones no teniendo un valor significativo en la última evaluación de medición de la altura de planta de albahaca (*Ocimum basilicum* L.)

. En cuanto a la interacción se observó únicamente significancia en la variable altura de planta a los 37 ddt.

Cuadro 6. Altura de la planta de albahaca por la adición de roca fosfórica como fertilización de fondo en combinación con la aplicación líquida de lixiviado de lombriz o algas marinas.

Factor/variable	3	13	19	27	33	37
Fertilización de fondo (FF)						
Con roca fosfórica	6.18 a†	9.44 a	14.82 a	22.09 a	26.83 a	45.15 a
Sin roca fosfórica	5.38 b	8.21 b	10.83 b	19.88 b	24.97 b	56.94 b
Significancia	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Aplicación líquida (AL)						
Algas marinas	5.73 a	8.91 a	13.08 a	20.92 a	25.68 a	50.26 b
Lixiviado de lombriz	6.21 a	9.48 a	13.96 a	22.31 a	27.22 a	52.59 a
Lixiviado + algas	5.42 b	8.09 b	11.43 b	19.74 b	24.79 b	50.28 b
Significancia	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.670
Interacción AL x FF						
Significancia	0.160	0.670	0.636	0.903	0.585	0.001

†: Letras diferentes dentro de la columna denotan diferencias significativas según Tukey.

Los resultados obtenidos en las plantas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en peso fresco de las hojas, peso fresco del tallo, peso fresco aéreo, número de hojas, peso fresco de la raíz y peso fresco total (cuadro 7), en base a la fertilización de fondo con roca fosfórica se obtuvieron un efecto altamente significativo en las variables, no existiendo diferencia significativa a la aplicación en la variable peso fresco de raíz. Así mismo en cuanto a las aplicaciones de los tratamientos de algas marinas, lixiviado de lombriz y la mezcla de estos dos se obtuvo un efecto positivo altamente significativo en todas las variables medidas. En cuanto a la interacción de aplicación líquida y fertilización de fondo se observó

en todas las variables alta significancia en las plantas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) .

Cuadro 7. Peso fresco de las hojas, peso fresco del tallo, peso fresco aéreo, número de hojas, peso fresco de raíz y peso fresco total de la planta de albahaca por la adición de roca fosfórica como fertilización de fondo en combinación con la aplicación líquida de lixiviado de lombriz o algas marinas.

Factor/variable	PFH	PFT	PFA	NH	PFR	PFT
Fertilización de fondo (FF)						
Con roca fosfórica	18.05 a†	9.84 a	27.89 a	50.75 a	3.10	31.00 a
Sin roca fosfórica	16.29 b	8.30 b	24.60 b	47.36 b	2.46	27.07 b
Significancia	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.124	< 0.0001
Aplicación líquida (AL)						
Algas marinas	16.00 b	8.08 b	24.09 b	49.45 a	2.63 b	26.73 b
Lixiviado de lombriz	19.64 a	10.71 a	30.35 a	52.13 a	2.93 a	33.29 a
Lixiviado + algas	15.88 b	8.42 a	24.30 b	15.59 b	2.78 ab	27.09 b
Significancia	0.004	< 0.0001	0.001	0.012	< 0.0001	< 0.0001
Interacción AL x FF						
Significancia	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.029	0.013	< 0.0001

†: Letras diferentes dentro de la columna denotan diferencias significativas según Tukey.

En la figura 23, nos muestra los resultados del peso seco ( $\text{g planta}^{-1}$ ) no se observó efecto en las plantas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) a la aplicación de fertilización de fondo de roca fosfórica, pero en los concerniente a las aplicaciones líquidas el lixiviado de lombriz, se obtuvo mayor efecto; en comparación a las algas marinas y a la mezcla de los dos.

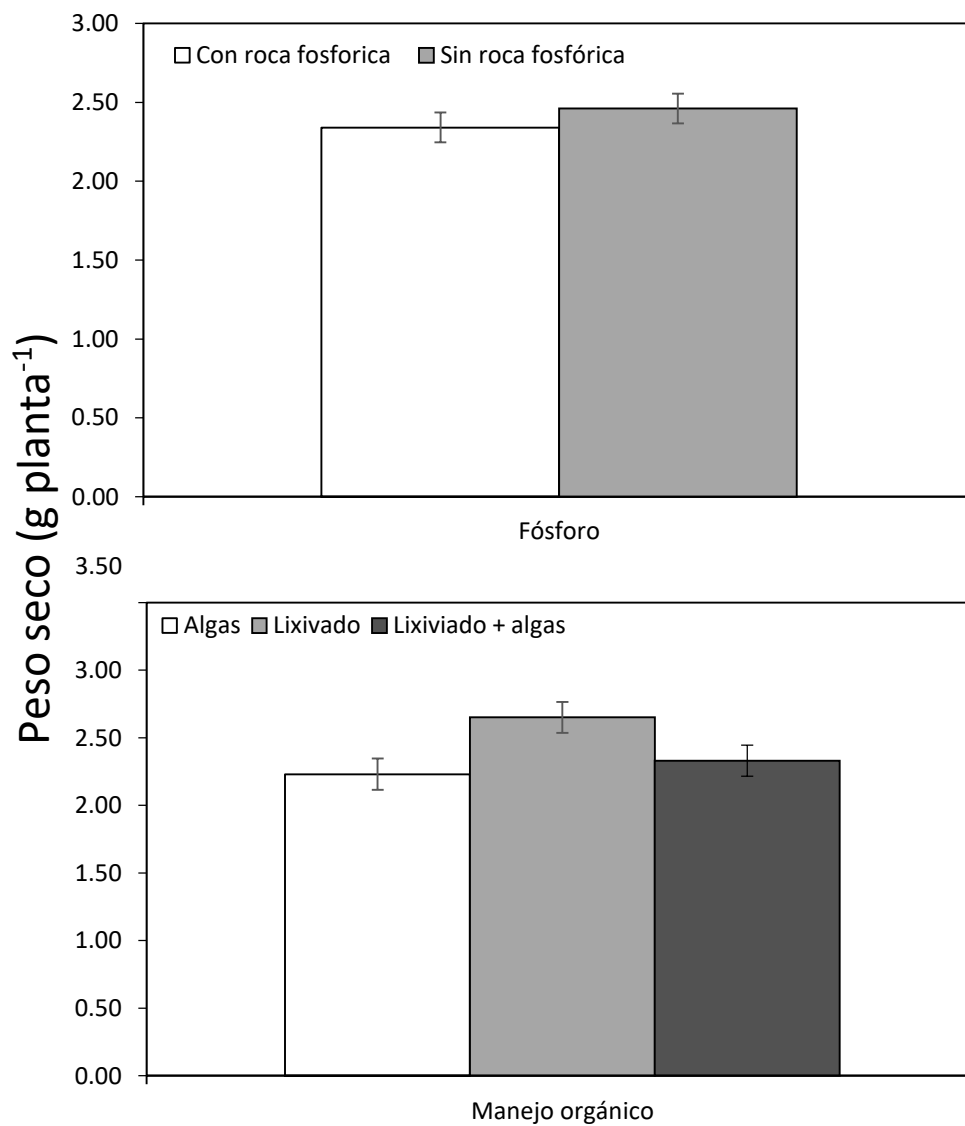


Figura 23. Peso seco en albahaca por la adición de roca fosfórica como fertilización de fondo y por la aplicación líquida de lixiviado de lombriz o algasmarinas.

## VII. CONCLUSIONES

1. Se concluye que la utilización de algas marinas y el lixiviado de lombriz, afectan el estado nutrimental (K) del cultivo de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) bajo manejo orgánico solo al inicio de su establecimiento.

2. En los valores SPAD se encontró un efecto positivo con la aplicación de fertilización de fondo de roca fosfórica a los 13 y 37 días después del trasplante, así mismo se aprecia un efecto positivo en las unidades SPAD con la interacción de las mezclas de algas marinas, lixiviado de lombriz junto a la fertilización de fondo con roca fosfórica a los 13 y 27 días después del trasplante en las plantas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.)

3. En el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) con aplicación de fondo de roca fosfórica se encontró efecto positivo en todo el ciclo del cultivo de albahaca (*Ocimum basilicum* L.), también se apreció un efecto positivo del NDVI a la fertilización de algas marinas, lixiviado de lombriz y la mezcla de estos dos juntos en todas fechas, menos en la última toma de datos a los 37 ddt. En lo concerniente, a la interacción de los tres tratamientos de fertilización líquida, junto con la aplicación de fondo de roca fosfórica se observó un efecto positivo del NDVI a los 27 y 37 ddt.

4. En la altura de la planta de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) se encontró un efecto positivo hasta los 33 ddt, a la fertilización de fondo de roca fosfórica. El efecto se mostró positivo en la altura de la planta con la aplicación de fertilización líquida de algas marinas, lixiviado de lombriz y la mezcla de estos dos juntos hasta los 33 ddt. Sin embargo, en la interacción de los tratamientos de fertilización

liquida con la aplicación de fondo de roca fosfórica se observó efecto positivo en la altura de planta a los 37 ddt.

5. En el cultivo de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en cuanto al peso fresco de las hojas, peso fresco del tallo, peso fresco aéreo, número de hojas, y peso fresco total, con fertilización de fondo con roca fosfórica se obtuvo un efecto positivo. También se apreció un efecto positivo a la fertilización de algas marinas, lixiviado de lombriz y la mezcla de estos dos juntos en todo el ciclo del cultivo, en peso fresco de las hojas, peso fresco del tallo, peso fresco aéreo, número de hojas, peso fresco de la raíz y peso fresco total. En referente a la interacción de los tratamientos de aplicación liquida y fertilización de fondo, se observó un efecto positivo en todas las variables antes mencionadas.

6. En el peso seco ( $\text{g planta}^{-1}$ ), se obtuvo un mejor efecto en la aplicación de fertilización liquida de lixiviado de lombriz.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adriaanse, A. (1993). Environmental policy performance indicators: a study on the development of indicators for environmental policy in the netherlands. Sdu. Uitgeverij Koninginnergrach, The Netherlands.

Canales López, Benito. (1999). Enzimas-algas: Posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. Terra Latinoamericana, 17(3). 271-276 Sitio web: <https://www.redalyc.org/pdf/573/57317312.pdf>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Biodiversidad mexicana). (2022). Bosque de macroalgas. <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/bosqueMacroalgas>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Enciclovida). (2022). <https://enciclovida.mx/especies/11076-macrocytis-pyrifera>

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2012). Informe nacional. México, D. F. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v33n1/2395-8030-tl-33-01-00069.pdf>

Christaki E, Bonos E, Giannenas I, and Florou-Paneri, P. (2012). Aromatic Plants as a Source of Bioactive Compounds. *Agriculture*, 2(3),228-243. <https://doi.org/10.3390/agriculture2030228>

F. Zapata y R.N Roy. (2007). Utilización de las rocas fosfóricas para una agricultura sostenible. 28/03/2021, de ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Página web: <http://fosfatosdelhuila.com/fhportal/wp-content/uploads/2014/02/LIBRO-APLICACION-ROCA-FOSFORICA1.pdf>

García, Y, Ramírez, Wendy, y Sánchez, Saray. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos y Forrajes*, 35(2), 125-138.[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S086403942012000200001&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S086403942012000200001&lng=es&tlng=es).

Gutiérrez-Soto, Marco V, Cadet-Piedra, Eduardo, Rodríguez-Montero, Werner y Araya-Alfaro, José Miguel. (2011). El GreenSeeker™ y el diagnóstico del estado de salud de los cultivos. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2),397-403.  
[http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-13212011000200016&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212011000200016&lng=en&tlng=es)

Hochmuth, G. (2015). Plant petiole sap-testing for vegetable crops (Circular 1144). Florida: Florida Cooperative Extension Service. p. 5.

<https://edis.ifas.ufl.edu/publication/CV004>

INTAGRI. (2020). Extracto Celular de Peciolo: Herramienta de Diagnóstico del Estado Nutricional del Cultivo. Serie Nutrición Vegetal, Núm. 143. Artículos Técnicos de INTAGRI. México.4p.

Página web: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/extracto-celular-de-peciolo>

Johnson, G. (2019). Monitoring nutrient status in vegetable crops. Horti daily.

<https://www.hortidaily.com/article/9110570/monitoring-nutrient-status-in-vegetable-crops/>

Mohamed MHM, Ali M, Eid RSM, El-Desouky HS, Petropoulos SA, Sami R, Al-Mushhin AAM, Ismail KA, and Zewail RMY. (2021). Phosphorus and Biofertilizer Application Effects on Growth Parameters, Yield and Chemical Constituents of Broccoli. *Agronomy*, 11(11):2210. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112210>

Navarro Bravo, Agustín, Figueroa Sandoval, Benjamín, Martínez Menes, Mario, González Cossio, Félix, y Osuna Ceja, Esteban Salvador. (2008). Indicadores físicos del suelo bajo labranza de conservación y su relación con el rendimiento de tres cultivos. *Agricultura técnica en México*, 34(2), 151-158. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0568-25172008000200002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172008000200002&lng=es&tlng=es).

Programa Integral del Agua del Municipio de Ensenada, B.C. (PIAME, 2010)

Sitio web: [http://www.imipens.org/IMIP\\_files/subcomMA/PIAME.pdf](http://www.imipens.org/IMIP_files/subcomMA/PIAME.pdf)

Senn, T.L. (1987). Seaweed and plant growth. Traducido al Español por Benito Canales López. Crecimiento de alga y planta. Ed. Alpha Publishing Group, Houston, Texas, USA.

