



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTILÁN

**Efecto de la aplicación de biofertilizantes y un  
bioestimulante vegetal en el cultivo de espinaca  
(*Spinacia oleracea* L).**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRÍCOLA**

PRESENTA

**MENDOZA BARRIGA JULIO CESAR**

ASESOR:

M.C. JUAN ROBERTO GUERRERO AGAMA

**CUAUTILÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO 2019**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



VIIVERIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**  
**SECRETARÍA GENERAL**  
**DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales  
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Efecto de la Aplicación de Biofertilizantes y un Bioestimulante Vegetal, en el Cultivo de Espinaca  
(Spinacia oleracea L.)

Que presenta el pasante: JULIO CESAR MENDOZA BARRIGA

Con número de cuenta: 30822452-0 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

**ATENTAMENTE**

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 14 de junio de 2019.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	Dr. Gustavo Mercado Mancera	
<b>VOCAL</b>	M. en C. Juan Roberto Guerrero Agama	
<b>SECRETARIO</b>	M.C. Oscar Horacio Guillén Ayala	
<b>1er. SUPLENTE</b>	M.C. Nancy Berenice Martínez Valles	
<b>2do. SUPLENTE</b>	Ing. Fernando Ortiz Salgado	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/ntm\*

## *Dedicatoria*

A mis padres:

Julio Mendoza Rosas y Elizabet Barriga Santiago

“Por ser las bases para mi desarrollo personal y profesional, por el apoyo dándome ánimos para continuar. Jamás me impusieron sus ideas, respetaron las mías, me dieron sabios consejos y me alegra que hoy me acompañen en uno de mis logros, el cual se lo dedico a ustedes, juntos lo pudimos lograr. ¡Les agradezco de corazón!”

A mis hermanos:

Víctor Hugo, Juan Pablo e Itzel Guadalupe

Quienes espero que esto sea una motivación para desempeñarse académicamente y valorar el esfuerzo que realizan nuestros padres día a día para darnos una educación de calidad.

Ariadna Guadalupe

Por el estar a mi lado con su cariño incondicional así como su apoyo para poder realizar el presente trabajo.

A mi familia

Por el apoyo brindado en los momentos difíciles que hemos pasado y saber que siempre contaré con su apoyo.

Para ellos es esta dedicatoria de tesis, pues es a ellos a quienes se las debo por su apoyo incondicional.

## *Agradecimientos*

A la UNAM por darme la oportunidad de estudiar en la Universidad más grande de América Latina, así como una de las mejores carreras: Ingeniería Agrícola.

Al profesor Juan Roberto Guerrero Agama por el tiempo, la paciencia y el apoyo para elaborar el presente trabajo

A la Dra. Martha Elena Domínguez Hernández por su apoyo y tiempo para el desarrollo de los análisis estadísticos elaborados en el trabajo.

A mis profesores de la carrera quienes nunca desistieron al enseñarme, aun sin importar que muchas veces no ponía atención en clase, a ellos que continuaron depositando su esperanza en mí.

A los sinodales por las observaciones y correcciones que fueron de gran utilidad para la conclusión de mi tesis.

A mis amigos y compañeros de la generación 36.

A la profesora Nara Medina y al doctor Salvador Lorrabaquio por el apoyo a lo largo en mi desarrollo personal.

Al Ing. Adolfo Ochoa Ibarra por compartir sus conocimientos conmigo durante mi servicio social y el apoyo en los conocimientos de fruticultura.

Al Ing. José García por darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente y su confianza para elaborar este trabajo.

## INDICE

	Pág.
Índice de cuadros	iii
Índice de figuras	iv
Resumen	v
Introducción	1
II.    Objetivos e hipótesis	3
2.1.  Objetivo general	3
2.2.  Objetivos particulares	3
2.3.  Hipótesis	3
III.   Revisión de bibliografía	4
3.1.  Importancia del cultivo de espinaca	4
3.2.  Producción estatal	4
3.3.  Demanda de mercado	6
3.3.1.  Empacadoras	6
3.3.2.  Indicadores de calidad en espinaca	8
3.4.  Sistemas de producción en la agricultura protegida para el cultivo de espinaca	9
3.4.1.  Macrotúneles	10
3.4.2.  Producción intensiva de hortalizas de hoja	11
3.4.3.  Ventajas y desventajas en la producción intensiva de espinaca bajo macro túnel	12
3.5.  Nutrición en el cultivo de espinaca	13
3.5.1.  Aplicación de sustancias húmicas en la producción de hortalizas de hoja	14
3.5.2.  Aplicación de guano en cultivos hortícolas de hoja	15
3.5.3.  Aplicación de bioestimulantes en cultivos hortícolas de hoja	16

IV.	Materiales y métodos	18
4.1.	Localización del experimento	18
4.2.	Características de las cubiertas utilizadas	18
4.3.	Material vegetativo	19
4.4.	Fuentes nutricionales	19
4.5.	Diseño experimental	20
4.5.1.	Tratamientos	21
4.5.2.	Variables evaluadas	24
4.5.3.	Análisis estadístico	25
4.6.	Manejo agronómico	25
V.	Resultados y discusión	27
5.1.	Peso de hoja·planta <sup>-1</sup>	27
5.2.	Peso de hoja·m <sup>-2</sup>	30
5.3.	Ancho de hoja	33
5.4.	Análisis de varianza en el largo de hoja	35
VI.	Conclusiones	39
VII.	Bibliografía	40
Anexos		45

## Índice de Cuadros

	Pág.
<b>Cuadro 1.</b> Producción nacional de espinaca 2017	5
<b>Cuadro 2.</b> Calidad de hojas de espinaca que demanda el mercado	6
<b>Cuadro 3.</b> Ventajas y Desventajas del uso de Macrotúneles	11
<b>Cuadro 4.</b> Tratamientos para determinar el efecto de la aplicación de biofertilizantes y un bioestimulante vegetal en el cultivo de ( <i>Spinacia oleracea</i> L).	22
<b>Cuadro 5.</b> Comparación de Medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) de la variable de peso de hoja·planta <sup>-1</sup> plantas por corte de Espinaca, con diferentes tratamientos de fertilización.	28
<b>Cuadro 6.</b> Comparación de Medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) de la variable de peso·m <sup>-2</sup> , en plantas de Espinaca para corte, con diferentes tratamientos de fertilización.	31
<b>Cuadro 7.</b> Comparación de Medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) de la variable ancho de hoja, en plantas de Espinaca para corte, con diferentes tratamientos de fertilización.	34
<b>Cuadro 8.</b> Comparación de Medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) de la variable largo de hoja, en plantas de Espinaca para corte, con diferentes tratamientos de fertilización.	36



## Índice de Figuras

	Pág.
<b>Figura 1:</b> Diseño de macro túnel para producción de <i>Spinacia oleracea</i> .	19
<b>Figura 2:</b> División de los macro túneles durante el experimento	23
<b>Figura 3:</b> Distribución de la unidad experimental y la toma de muestras	24
<b>Figura 4:</b> Peso de hoja·planta <sup>-1</sup> durante los tres cortes de espinaca	29
<b>Figura 5:</b> Peso de hoja·m <sup>-2</sup> de durante los tres cortes de espinaca.	33
<b>Figura 6:</b> Ancho de hoja (cm) en espinaca durante los tres cortes de espinaca.	35
<b>Figura 7:</b> Largos de hoja en espinaca durante los tres cortes de espinaca.	37

## Resumen

La demanda de espinaca de corte ha ido en aumento en los últimos años, esto se debe a que las exigencias de los compradores en cuanto a la calidad se han vuelto más específicas, particularmente en el tamaño de las hojas, pues exigen menor tamaño, lo cual generan que los productores tengan una reducción de rendimiento en el cultivo. El presente trabajo se realizó en la empresa AGRISA S.P.R. de R.L. la cual se dedica a la producción de espinaca de corte, esta empresa busca mantener los rendimientos durante todo el año, por lo cual se evaluó el efecto de ácidos húmicos, bioestimulantes y una fuente de nitrógeno foliar sobre el cultivo, con la finalidad de obtener un aumento en el peso fresco de hojas sin alterar los parámetros que demanda del mercado meta. El trabajo se realizó considerando 10 tratamientos de fertilización, siendo estos los siguientes:

<b>Tratamiento</b>	<b>Fuentes nutrimentales</b>
T1	Guanofol
T2	Guanofol + Humistar
T3	Guanofol + Nutrí-humus
T4	Guanofol + Humistar + KNO <sub>3</sub>
T5	Guanofol + Nutrí-humus + KNO <sub>3</sub>
T6	Biozyme
T7	Biozyme + Humistar
T8	Biozyme + Nutrí-humus
T9	Biozyme + Humistar + KNO <sub>3</sub>
T10	Biozyme + Nutrí-humus + KNO <sub>3</sub>

Los parámetros que se consideraron para determinar el efecto de los tratamientos, fueron: peso de hoja·planta<sup>-1</sup>, peso de hoja·m<sup>-2</sup>, ancho de hoja y largo de hoja; para tal fin, se tomaron muestras de cada tratamiento, esto fue cada uno de los cortes. Los resultados arrojaron que no existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, pero aquellos donde se aplicó KNO<sub>3</sub>, presentaron los mayores valores en comparación con los tratamientos sin la aplicación de este nutriente, observando la variable de largo de hoja, que es la más importante debido a que esta es la que determina el precio de venta ante el mercado meta y es uno de los

estándares que solicitan los compradores; de tal forma se observa que el tratamiento T5 (Biozyme + Nutrí-humus +  $\text{KNO}_3$ ), es el que cumple con los requerimientos buscados en el presente trabajo.

## INTRODUCCIÓN

La producción de espinaca ha cambiado de manera continua los últimos años, debido a que se han presentado retos y problemáticas en su producción en los últimos años. La revista de Productores de Hortalizas (2016) menciona que esta hortaliza cuya parte aprovechable son las hojas, está asociada con una dieta saludable, debido a que es una planta con alto valor nutricional, comparte un sabor muy similar a la remolacha en su amargura y el sabor ligeramente salado de acelgas.

Su uso principal está destinado al consumo en fresco, principalmente se comercializan en los mercados locales en presentaciones de manojos; sin embargo, existe otro destino de venta que consiste en la presentación de hojas, con un proceso de lavado y desinfección para después ser empacadas en bolsas o en domos de plástico, con lo cual se genera un valor agregado en el cultivo. Esto permite que a una planta de espinaca se le puedan realizar hasta tres cortes (semanalmente cada corte) y con ello lograr una mayor ganancia del cultivo (AGRISA S.P.R. de R.L., 2018).

La empresa semillera “Grupo Treviño, S.A. de C.V.” (2015) realizó encuestas sobre las nuevas tendencias de los mercados y las exigencias de los consumidores, entendiendo que se buscan espinacas más tiernas, hortalizas tipo “baby”, de excelente calidad, sin daños por agentes climáticos, plagas ni enfermedades, esto ha generado que la protección de este cultivo sea una necesidad.

Bajo un sistema de agricultura protegida, la reducción de factores abióticos que interfieren en la producción de espinaca, genera un microclima favorable para el cultivo durante todo el año, mejora la calidad de hoja en el cultivo y reduce los días de cosecha, generando un aumento en rendimiento (Bielinski *et al.*, 2010). El sistema, permite una producción de hojas más uniforme, sin daños y con la

oportunidad de incursionar en un mercado más amplio y competitivo con referencia a plantaciones a cielo abierto.

Sin embargo, los estándares que impone el mercado de hojas de espinaca son menores a 10 cm de largo, de color verde intenso, lo cual se reduce en el segundo y tercer corte, lo que ocasiona una disminución en la rentabilidad del cultivo, pues la venta se lleva a cabo por peso de hojas. Ante este escenario el presente trabajo busca aumentar la rentabilidad del cultivo, con base en una nutrición que permita sostener la calidad que demanda el mercado, pero con hojas de mayor peso en cada uno de los cortes.

## **II. Objetivos e hipótesis**

### **2.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto en el rendimiento de *Spinacia oleracea L.* para corte, mediante el uso de ácidos húmicos, bioestimulantes y una fuente de nitrógeno foliar, sobre el cultivo en condiciones semi-controladas.

### **2.2. Objetivos particulares**

- Analizar el efecto de dos fuentes de ácidos húmicos en el rendimiento de *Spinacia oleracea L.* para corte.
- Analizar el efecto de un bioestimulante en el rendimiento y la calidad de hoja, en un cultivo de espinaca para corte.
- Determinar el mejor tratamiento de fertilización, que permita mantener la calidad de hoja que demanda el mercado.

### **2.3. Hipótesis**

El suministro de mejoradores de suelo (ácidos húmicos) complementados con un bioestimulante y una mayor cantidad de nitrógeno, genera un mayor volumen de producción de *Spinacia oleracea L.* para corte, manteniendo la calidad que demanda el mercado.

### **III. Revisión de bibliografía**

#### **3.1. Importancia del cultivo de espinaca**

La producción de espinaca en México está destinada para la elaboración de manojos o empacada en bolsas de distintas presentaciones, esto es para obtener una mayor ganancia económica (TECNOAGRO, 2010). Casi toda la producción se basa en híbridos que son comercializados por casas semilleras, principalmente se comercializan dos tipos, baby y orientales.

El uso de híbridos trae consigo un aumento en rendimiento, por lo anterior la exportación de espinaca de México a Estados Unidos en 2014 fue por un valor de 23, 636,805.00 dólares, aunque en un menor porcentaje también se accede a mercados como Belice, Canadá, Guatemala y Costa Rica. (Grupo Treviño, SA de CV, 2015). México se encuentra en el 5° lugar de exportación de espinaca a nivel mundial, por lo cual es de gran importancia mejorar la calidad e inocuidad de la espinaca, esto permita incrementar el mercado de exportación (Rojas, 2017).

#### **3.2. Producción estatal**

El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2018) señala que en el año 2017 la producción nacional de espinaca fue de 47,630 toneladas (Cuadro 1). El estado de Guanajuato fue el principal productor de este cultivo, seguido de Puebla y Baja California. El Estado de México se ubica en cuarto a lugar con una producción anual de 4,879.5 toneladas, lo cual representó el 10.24% del total de la producción nacional.

En el municipio de Acolman se desconoce la superficie cultivada de espinaca, lo que coloca a AGRISA S.P.R .de R.L. como la única empresa en la región dedicada a la producción intensiva de esa hortaliza, esto es una gran oportunidad comercial,

ya que el mercado meta de esta empresa son dos empacadoras, la primera de estas se llama PROAGRO ubicada aproximadamente a 40 km de AGRISA, esta es una ventaja la cercanía para entregar el producto; la segunda empresa de hortalizas conocida como LEVIC, esta se encarga de recoger la espinaca empacada y distribuirla en su tiendas, el inconveniente es que su demanda es menor a la primera empacadora (AGRISA S.P.R. de R.L., 2018).

**Cuadro 1.** Producción nacional de espinaca 2017. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2018).

Entidad federativa	Superficie sembrada	Superficie Cosechada	Producción	Rendimiento	PMR (\$/udm)	Valor (miles de Pesos)
Aguascalientes	113	113	2,382.90	21.09	4,277.74	10,193.4
Baja California	565.5	565	10,984.5	19.44	6,753.27	74,181.2
Chihuahua	1	1	15.55	15.55	2,500.00	38.88
Ciudad de México / DF	100.9	99.9	1,591.53	15.93	5,101.15	8,118.63
Guanajuato	620.5	620.5	11,799.6	19.02	4,595.99	54,230.8
Hidalgo	21	21	399	19	4,125.00	1,645.88
México	263.05	263.0	4,879.50	18.55	5,117.12	24,969.0
Michoacán	8	8	166.4	20.8	5,000.00	832
Nayarit	23	23	357	15.52	9,951.00	3,552.51
Puebla	621.3	621.3	11,412.1	18.37	3,494.93	39,884.5
Querétaro	35	35	892.5	25.5	1,895.00	1,691.29
San Luis Potosí	22.5	22.5	262.88	11.68	5,641.25	1,482.97
Sonora	18	18	271	15.06	9,715.04	2,632.78
Tlaxcala	105	105	2,054.60	19.57	4,947.25	10,164.6
Veracruz	8	8	161.6	20.2	3,650.00	589.84
<b>Total:</b>	<b>2,525</b>	<b>2,524</b>	<b>47,630.6</b>	<b>18.87</b>	<b>4,917.18</b>	<b>234,208</b>



### 3.3. Demanda de mercado

La demanda de espinaca de corte está en aumento, por lo tanto, la inocuidad alimentaria debe de estar garantizada por las Buenas Prácticas Agrícolas en este cultivo, así como estar bajo ciertas certificaciones que garanticen la inocuidad. El Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (2015) tiene una certificación en “Sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación” (SRRC), donde la inocuidad de los alimentos está garantizada. La producción de espinaca dentro de la empresa se realiza todo el año, basados en la inocuidad y la demanda del mercado meta y las características que demandan los compradores se muestran en el Cuadro 2.

**Cuadro 2** Calidad de hojas de espinaca que demanda el mercado (AGRISA, 2018)

Espinaca tipo baby	
Calidad: baby	La hoja no debe ser mayor a 10.5 cm. Libres de problemas fitosanitarios, con un 1% de malezas.
Espinaca oriental	
Calidad: tierna	La hoja mide 12 cm, aproximadamente.
Calidad: lista	La hoja debe ser mayor de 14 cm.
Espinaca en manojos	Manojos para la venta en centros comerciales.

#### 3.3.1. Empacadoras

Existen diversas empacadoras de hojas de espinaca en el país, entre las que se encuentran, Vegeta listos, Mr. Lucky y La Huerta y que se encuentran en los estados

de Guanajuato, Puebla, Estado de México y Sonora. En el Estado de México y Ciudad de México, únicamente existe una planta procesadora de espinaca, que está ubicada en el municipio de Texcoco, Méx., siendo esta la empresa PROAGRO, esta empresa se dedica a la compra, acopio, empaque y distribución de distintas hortalizas a centros comerciales de la ciudad de México, la empresa maneja altos estándares de calidad e inocuidad en su producción, por lo anterior la producción de espinaca se vuelve muy complicada debido a que para la calidad baby es la que más altos estándares de calidad presenta.

La demanda de espinaca por parte de la empresa PROAGRO es de alrededor de 25 toneladas por semana; siendo los meses de abril a octubre la época de mayor demanda; en estos meses la empresa se abastece de otros productores para poder cumplir con los pedidos de los centros comerciales con los que tienen contrato (AGRISA S.P.R. de R.L., 2018). Existen tres diferentes presentaciones que demanda el mercado:

1. Espinaca calidad baby presentación en bolsas de 250 g y 500 g.
2. Espinaca calidad Lista presentaciones en bolsas de 250 g y 500 g.
3. Espinaca calidad baby presentaciones en domos de plástico de 1 kg.

La demanda de espinaca por parte de esta empacadora en la temporada invernal (noviembre a marzo) es mínima, debido a que la empresa produce buenos volúmenes de producción; por lo cual, solo busca el abasto de 200 a 500 kilogramos de espinaca de calidad baby, cada 15 días; principalmente de productores de los alrededores de la Ciudad de México.

Existen varias empresas que se encargan de distribuir hortalizas a cadenas de restaurantes de la Ciudad de México, las cuales demandan producto con una calidad e inocuidad superior. Las cadenas de restaurantes requieren de espinacas tipo baby, en bolsas de un kilogramo. La empresa LEVIC, es uno de los principales distribuidores de hortalizas a la cadena de restaurantes FRIDAYS, teniendo una

demanda semanal de 300 a 400 kg, que adquiere un producto procesado y embolsado, lo cual incrementa la cadena de valor, generando un precio de venta mayor que el producto que se distribuye a granel; a pesar de ello, genera una mayor rentabilidad en la producción de espinaca (AGRISA S.P.R. de R.L., 2018).

### **3.3.2. Indicadores de calidad en espinaca**

La producción de hoja de espinaca e encuentra bajo certificación de inocuidad, de tal forma que se lleva a cabo un Sistema de Reducción de Riesgos de Contaminación (SRRC), lo cual permite ofrecer una calidad superior o calidad de exportación. Para cumplir las exigencias del mercado y los estándares que exige la certificación, la empresa AGRISA S.P.R. de R.L, toma como base la Norma Oficial Mexicana NOM-FF-50-1982, productos alimenticios no industrializados para uso humano-hortalizas en estado fresco-espinaca, publicada en el Diario Oficial de la Federación, (1983), así como una guía práctica para la exportación a EE.UU. publicada por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2007). Sin embargo, ninguno de estos documentos, señala normas de calidad de presentación de producto, pero los compradores exigen que las hojas tengan un tamaño menor a 10 cm de largo. Ante tal consideración AGRISA realiza una clasificación en dos categorías:

**Categoría I:** Espinaca baby menor a 10cm, con hojas de buena calidad. Para obtener esta presentación, solo se utilizan los primeros dos cortes y se deben de cumplir los siguientes requisitos:

- Hojas enteras y deben de verse frescas.
- Coloración verde intenso, aspecto normal.
- Libres de daños causados por heladas, parásitos animales y por enfermedades que afecten a su aspecto o su ingesta.

- Limpias, desprovistas de tierra, exentas de residuos visibles o de olores y/o sabores extraños.
- Las espinacas lavadas deben estar bien escurridas.
- Las espinacas deben presentar un desarrollo suficiente que les permita soportar la manipulación y el transporte.
- Responder a las exigencias comerciales del comprador.

**Categoría II:** Espinaca Lista Hojas, el tamaño no es relevante, generalmente son los últimos 2 o 3 cortes deben presentar las siguientes características:

- Presentar un porcentaje mínimo entre 10% a 30% de hojas dañadas o rotas
- Presentar solo el 5% de malezas en las cajas
- Libres de parásitos animales y por enfermedades que afecten a su aspecto o su ingesta.
- Tener mínimo el 5% de hojas amarillentas
- Sin pudriciones en las hojas

Todos estos aspectos, la empresa los ubica en sus manuales de Procedimientos Operativos Estandarizados para la cosecha y manejo poscosecha, llegando a ofrecer un rango de calidad aceptable para satisfacer la demanda de los clientes y en un futuro aumentar su mercado meta (AGRISA S.P.R. de R.L., 2018):

### **3.4. Sistemas de producción en la agricultura protegida para el cultivo de espinaca**

Uno de los más grandes retos en la agricultura actual son las nuevas tendencias de los consumidores, que demandan productos de excelente calidad, sin daños y estándares de inocuidad; pero para tener un producto rentable los agricultores requieren de una alta productividad para mantener las exigencias de los mercados, siendo la agricultura intensiva el modelo de producción agrícola elegido en la gran

mayoría de los casos (Bielinski *et al*, 2010). Esto implica el uso de tecnologías con la finalidad de protegerlas de los fenómenos ambientales adversos a su desarrollo.

La agricultura protegida se realiza bajo estructuras construidas con la finalidad de evitar las restricciones que el medio impone al desarrollo de las plantas, permitiendo la producción anticipada o fuera de estación y en condiciones diferentes a aquellas en las que tradicionalmente se cultivaban a campo abierto (Juárez López *et al*, 2011). De tal forma se lleva a cabo el control del ambiente, dando las condiciones idóneas para el desarrollo de los cultivos. Los sistemas de agricultura protegida permiten adecuar las condiciones de suelo, temperatura, radiación solar, viento, humedad, entre otros, lo que permite alcanzar un óptimo crecimiento vegetal y por ende aumenta los rendimientos y mejora la calidad de los productos.

Estas estructuras son capaces de:

- Proteger a los cultivos de las bajas temperaturas.
- Reducir los daños ocasionados por plagas y enfermedades,
- Reducir las necesidades de agua.
- Aumentar la producción, mejorar la calidad.
- Garantizar el suministro de productos de alta calidad a los mercados hortícolas.
- Promover la precocidad de las hortalizas.
- Producir fuera de época.

#### **3.4.1. Macrotúneles**

Los macrotúneles son estructuras generalmente construidas con hierro galvanizado, cubiertos con una sola capa de plástico de tipo invernadero o malla anti-insectos. Su altura, generalmente se encuentra entre 3 y 3.5 m, la mayoría de ellas presenta dimensiones de 4 m de ancho por 30 m de longitud y operan bajo los mismos principios que un invernadero, pero la diferencia radica en que no tienen temperatura controlada, ni sistemas de ventilación automática. La ventilación es

pasiva y se realiza enrollando mecánica o manualmente los lados del túnel para permitir la circulación del aire (Bielinski, *et al.* 2010). Los beneficios de la utilización de macrotúneles se presentan en el Cuadro 3.

**Cuadro 3** Ventajas y Desventajas del uso de Macrotúneles

Ventajas del uso de macro túneles	Desventajas del uso de macro túneles
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protección completa del cultivo,</li> <li>• incrementa los rendimientos y la uniformidad de los frutos.</li> <li>• Su construcción es una alternativa de menor inversión para sistemas de agricultura protegida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inversión inicial alta</li> <li>• Se generan condiciones ideales para el ataque de patógenos</li> </ul>

### 3.4.2. Producción intensiva de hortalizas de hoja

Se puede definir a la agricultura intensiva como el método de producción agrícola en el cual se hace uso de los medios de producción para obtener mayores volúmenes de producto en menor espacio y, de ser posible, en menor tiempo. Con esto, lo que se trata de lograr es maximizar la producción del terreno a corto plazo, logrando la mayor cantidad de producción (Iglesias, 2006). Para conseguir maximizar la producción se emplean determinadas técnicas como el uso de semillas seleccionadas, diferentes modalidades de riego, maquinaria especializada, fertilizantes e insumos fitosanitarios de última generación, entre otros aspectos.

Dada la elevada demanda de productos agrícolas y la búsqueda de maximizar beneficios, la agricultura intensiva supone el modelo de producción agrícola elegido

en la gran mayoría de los casos, especialmente en países desarrollados (Juárez-López *et al*, 2011). Más allá de sus ventajas en cuanto a productividad, la agricultura intensiva, presenta algunas desventajas, como acelerar el agotamiento de la tierra, mientras que la utilización de productos para acabar con las plagas, suelen tener el efecto negativo a largo plazo, ya que estas desarrollan una mayor resistencia a los plaguicidas.

Particularmente en el cultivo de espinaca en México, no se tiene registro de producción bajo cubierta, debido a que la mayor parte de este cultivo se realiza a cielo abierto. La empresa AGRISA S.P.R. de R.L. (2018), da los principios de la producción de espinaca en sistema de macrotúnel, siendo una opción rentable que abastece un mercado que demanda espinaca de primera calidad.

Un aspecto que determina la rentabilidad del cultivo de hoja de espinaca es la sanidad del producto, que permite la diferenciación del mercado pues se logra mejor precio por la certificación en inocuidad, con respecto al precio regular de la espinaca. Con base en esto, la empresa AGRISA S.P.R. de R.L., ha tenido la posibilidad de incursionar en más mercados y ha aumentado sus ventas por la preferencia de los clientes al contar con un producto de mejor calidad.

### **3.4.3. Ventajas y desventajas en la producción intensiva de espinaca bajo macro túnel**

El rendimiento bajo sistema de agricultura protegida, tiende a aumentar, lo cual se debe a la baja oscilación de temperaturas entre el día y la noche, que influyen en el crecimiento y uniformidad de las hojas, por otra parte se conservan una humedad constante en el suelo, generando una aceleración en los rebrotes de la espinaca obteniendo nuevas hojas a 7 días entre cortes, en comparación con el cultivo a cielo abierto donde los rebrotes se presentan entre 10 a 15 días, dependiendo de la época del año (AGRISA S.P.R. de R.L., 2018).

Dentro de las desventajas del cultivo intensivo de espinaca, se encuentran los problemas fitosanitarios, debido a que la estructura protegida mantiene condiciones no solo óptimas para el cultivo, si no para las plagas y al tener ciclos continuos se genera que las plagas y enfermedades estén presentes durante todo el año, por lo que se tiene un permanente manejo fitosanitario que se lleva a cabo con el uso de agroquímicos, lo cual puede ocasionar resistencia a estos productos; además por la cercanía entre lotes de espinaca y en distintos estados vegetativos, la transmisión de enfermedades se vuelve frecuente y problemática para controlarlas si no se aplican planes de manejo integrado, que permitan un adecuado control fitosanitario.

### **3.5. Nutrición en el cultivo de espinaca**

Una adecuada nutrición es la base esencial para la cantidad y calidad de los cultivos hortícolas y la espinaca es un cultivo que extrae muchos nutrimentos del suelo, debido a sus cortos periodos de siembra, por lo cual demanda una alta cantidad de nutrientes en un periodo corto y deben encontrarse disponibles para una inmediata asimilación por la planta (Vásquez 2006).

La fertilización de los cultivos, sobre todo de Nitrógeno, tiende a aumentar la biomasa y el área foliar. Hoyos y Rodríguez (2009) señalaron que la espinaca es una de las hortalizas más exigentes en N, tanto para suplir sus necesidades bioquímicas, como para la obtención de una buena calidad, debido a que esta planta se comercializa principalmente en fresco. Por otra parte Ramos *et al*, (2018) comentaron que el N cumple una función muy importante al aumentar la resistencia de las hojas a la manipulación; además que se incrementa la concentración de la vitamina C en las hojas.

Para la fertilización de espinaca, Vásquez (2006) recomienda usar una dosis de entre 80 a 100 kg de N y de entre 90 a 100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por hectárea; mientras que Marulanda (2003) señala que se puede aplicar una dosis de 250 kg\*ha<sup>-1</sup> de N, 50



kg\*ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 200 kg\*ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; pero considera que la cantidad de fertilizante que se aplique a este cultivo depende de la fertilidad del suelo.

Vásquez (2006), señaló que el fósforo y el potasio se deben de aplicar durante la preparación del terreno, mientras que el nitrógeno debe adicionarse parcializando un 30% a la siembra y el restante se completa en cobertera cuando la planta se encuentre en estado de roseta, asimismo mencionó que la aplicación de nitrógeno debe ser preferentemente en forma de nitrato o fertilización orgánica (estiércoles y otros).

### **3.5.1. Aplicación de sustancias húmicas en la producción de hortalizas de hoja**

El uso de sustancias húmicas en los terrenos de producción agrícola tiene diversos efectos que favorecen el crecimiento de las plantas entre los que se encuentran los señalados por Ramos, (2000) como estabilizar la estructura, aumentar la permeabilidad y los contenidos de materia orgánica. Además Enríquez-Quezada, (2016), mencionó que las sustancias húmicas son aporte y transportadores de nutrimentos, aumenta la capacidad de intercambio catiónico y tienen un papel fundamental en la formación de raíz, al aumentar la cantidad de pelos radicales, así mismo favorecen la formación de complejos estables, con cationes mono y polivalentes para aumentar su disponibilidad.

La concentración de ácido húmico aplicado a un cultivo puede generar diferencias en el crecimiento de las plantas como lo encontrado por Gutiérrez-Orrala (2014), quien evaluó distintos tipos y niveles de ácidos húmicos, en plantas de lechuga, donde se obtuvo el mayor promedio de ancho de hoja para la mayor cantidad de ácido húmico con 100ml L<sup>-1</sup> con promedios de ancho de hoja 14,7 cm, mientras que las lechugas con menor promedio fueron las tratadas con dosis de 25ml L<sup>-1</sup> obteniendo promedios de 13.4 cm.

### **3.5.2. Aplicación de guano en cultivos hortícolas de hoja**

El guano de murciélago o de aves marinas es uno de los abonos de mejor calidad en el mundo, por su alto contenido de nutrientes, y puede tener 12% de nitrógeno, 11 % de fósforo y 2 % potasio; se debe pulverizar a una profundidad aceptable o taparlo inmediatamente para evitar pérdida de amoníaco. También se puede mezclar con otros abonos orgánicos para aumentar su mineralización e incrementar su eficiencia (Chávez-Centeno, 2015).

Al ser incorporado se inicia la fermentación; las materias orgánicas nitrogenadas y especialmente la urea, dan origen al carbonato amónico y a una sustancia denominada guanina; la materia orgánica no nitrogenada produce ácido carbónico, oxálico y ciertos ácidos grasos que confieren al guano un olor fuerte, el fermento nítrico que se produce a expensas de la materia orgánica nitrogenada es el ácido nítrico que se encuentra principalmente en forma de nitrato de cal.

Hadas y Rosenberg (1992) probaron un guano en la agricultura ecológica en Israel, donde evaluaron el potencial del guano de aves marinas como fuente de N disponible, al aplicarlo en agua de riego en comparación con la aplicación al suelo, concluyendo que la aplicación de guano a través del agua de riego puede ser tan eficiente como directamente al suelo. Sin embargo, el tiempo de solubilización es más lento al aplicarlo directamente que al hacerlo en forma líquida. Estas evidencias muestran que el efecto benéfico del guano está directamente relacionado con la forma de aplicación; la presentación líquida del guano de aves mejora la eficiencia de aplicación.

El extracto de guano puede ser considerado como un producto de origen natural, que contiene altas concentraciones de materia orgánica, con los nutrientes esenciales para usarse en cultivos orgánicos o convencionales, debido a su disponibilidad de nutrientes, como lo señala Sánchez-García (2016) quien encontró que la aplicación de guano en lechugas tuvo un efecto positivo en comparación de los testigos, debido a que se aumentó la raíz de las plántulas, se mostró mayor

vellosidad o pelos absorbentes, aumentó el follaje y el radio de la lechuga fue más grande en aquellas regadas con 4 ml de guano en comparación a la dosis de 2 mL la cual fue 10 % menor.

### **3.5.3. Aplicación de bioestimulantes en cultivos hortícolas de hoja**

Existen en el mercado, diversos productos que tienen una función como Bioestimulantes, entre los cuales se encuentra el Biozyme TF, el cual es un fitorregulador hormonal complejo de origen natural, constituido por tres de las principales hormonas vegetales que participan en el desarrollo de las plantas, además de contener micro elementos y otras moléculas biológicamente activas contenidas en los extractos vegetales (Kamara, 2001).

El Biozyme TF, está compuesto por las hormonas siguientes:

- Citocinina, regulador de crecimiento vegetal que incrementa la tasa y la velocidad de acumulación de los ácidos nucleicos en el primordio de la yema, lo cual activa el DNA, influye en la división en fragmentos, en el crecimiento de estos fragmentos así como en la división celular. Esto se traduce en la velocidad, porcentaje de brotación así como el vigor de los brotes lo cual favorece el flujo de las reservas de los tejidos hacia los brotes.
- Auxina, como regulador de crecimiento vegetal incrementa la tasa y velocidad de reposición del RNA de transferencia en los primordios generados por la baja o la alta temperatura así como la hidratación de los mismos lo que se traduce por una mayor plasticidad en las células permitiendo así un crecimiento y desarrollo más compacto y sostenido de los brotes, flores y el prendimiento de frutos bajo condiciones de baja o alta temperatura.

- Giberelina, como regulador de crecimiento vegetal bajo condiciones de baja y alta temperatura aumenta la síntesis de los azúcares, la síntesis de enzimas de hidrólisis (beta y alfa amilasa, proteasas, lipasas, entre otras) que incrementan la conversión de las reservas energéticas en reservas metabólicas para producir mayor energía en corto tiempo lo que se traduce por una rápida brotación, floración, crecimiento y desarrollo de la planta.

Baldoquin, *et al.* (2015) refieren que las hojas resultan el principal órgano de síntesis de las sustancias vegetales y es precisamente en ellas donde los bioestimulantes foliares actúan de una mejor manera, pues poseen diferentes sustancias como: auxinas, aminoácidos y hormonas que incrementan el área foliar

Resultados en rendimiento de lechuga por hectárea son reportados por Paredes (2011), quien observó con la aplicación del bioestimulante Biozyme en dosis de 0,75 L ha<sup>-1</sup>, se registraron diámetros, pesos y un incremento en el rendimiento en plantas, en comparación con los testigos, lo que demuestra que la fórmula equilibrada de macro y micronutrientes, además de la adición de las hormonas vegetales que contiene el Biozyme, ocasiona que las plantas sean inducidas a producir hojas de mejor calidad.

## **IV. Materiales y métodos**

### **4.1. Localización del experimento**

El presente trabajo se realizó en la empresa AGRISA S.P.R de R.L. (Agricultura Sustentable de Acolman), empresa dedicada a la producción y comercialización de hortalizas de hoja, ubicada en el Ejido El Calvario, Colonia Santa María, en el Centro del Municipio de Acolman, el cual colinda con los municipios de Teotihuacán, Tecámac, Tepetlaoxtoc, Tezoyuca, Atenco y Ecatepec de Morelos, en el Estado de México.

Conforme a INEGI (2009), esta zona presenta un clima seco con lluvias en verano, con un rango de temperatura entre 12 y 18°C y una precipitación entre 500 a 700 mm anuales. Asimismo, presenta un suelo de tipo Vertisol, que domina en esa región.

### **4.2. Características de las cubiertas utilizadas**

La producción se encuentra bajo condiciones semi-controladas y estuvo integrada por 2.5 hectáreas de macro túneles, utilizando para esta investigación únicamente 4 macro túneles de 400m<sup>2</sup> (Figura 1).

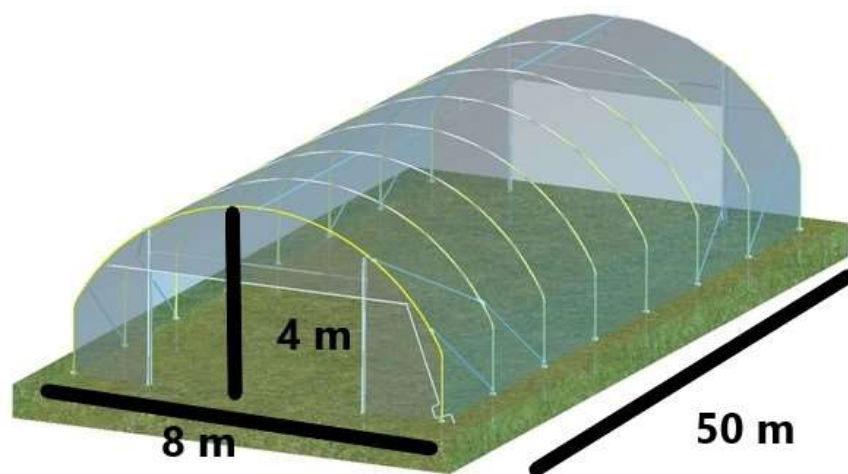


Figura 1. Diseño de macro túnel para producción de *Spinacia olarecea*.

#### 4.3. Material vegetativo

La variedad que se utilizó en esta investigación fue un híbrido de la casa semillera SAKATA, denominado C2 606, tipo Baby, el cual presenta textura suave y color verde oscuro, de crecimiento lento, recomendada para temporada cálida. Esta es una variedad muy versátil apta para el mercado en manojos y de proceso.

#### 4.4. Fuentes nutricionales

Se utilizaron las fuentes nutricionales siguientes:

**Guanofol:** Es un fertilizante líquido producido a partir de la fermentación del estiércol de murciélagos. Este fertilizante líquido provee a la planta con nitrógeno, fósforo y potasio (NPK); el cual es altamente recomendado para el desarrollo de flores y plantas en cualquier etapa. Diseñado para ser aplicado vía foliar o para la fertirrigación líquida (Corporación Agrotecnológica Mexicana, 2019).

**Nutri-humus:** Producto cconcentrado de origen orgánico, 100 % biodegradable a base de ácidos húmicos y fúlvicos; en aplicaciones foliares activa el crecimiento vegetal estimulando los procesos fisiológicos y bioquímicos de las plantas, en aplicaciones al suelo incrementa la fertilidad y mejora su estructura (QUIMICA SAGAL S.A., 2019).

**Humistar:** Es una solución orgánica de rápida asimilación y disponibilidad, con alto contenido de materia orgánica. Está formulación es un equilibrio entre ácidos húmicos y fúlvicos que proporciona una mejora completa en la fertilidad del suelo. Tiene un efecto positivo en las características físico-químicas y biológicas del suelo, aumentando el desarrollo de las raíces y la absorción de nutrimentos, incrementando el rendimiento de los cultivos (Tradecorp, 2019).

**Biozyme:** Es un regulador del crecimiento vegetal en forma de líquida soluble para tratamiento foliar. Este producto de origen natural es indicado para estimular diferentes procesos metabólicos y fisiológicos de las plantas que favorecen la diferenciación celular, translocación de sustancias, síntesis de clorofila, diferenciación de yemas, uniformidad en floración y amarre de flores y frutos ( 2016 Arysta LifeScience Chile S.A., 2019).

**Nitrato de potasio ( $KNO_3$ ):** El potasio (K) es un nutriente esencial para las plantas, y junto fósforo y nitrógeno, son los tres nutrimentos primarios de todo cultivo. Se absorbe por raíces en forma iónica  $K^+$ . Es esencial para la síntesis de proteínas, ayuda a regular el balance hídrico e iónico. Mejora la resistencia a enfermedades de las plantas y ayuda a tolerar períodos de sequía (YPF, 2019).

#### 4.5. Diseño experimental

En la investigación se evaluó el efecto de la fertilización foliar así como el uso de un bioestimulante en el cultivo de espinaca, para lo cual, se estableció un diseño

experimental en bloques completos al azar, a modo de disponer las unidades experimentales en grupos homogéneos, comparada con la variación entre diferentes bloques.

Se utilizaron 10 tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, dando un total de 40 unidades experimentales. Las distintas concentraciones fueron fijadas con base a las recomendaciones del fabricante y las aplicaciones se iniciaron a los 21 días después de la siembra (dds), posteriormente se aplicó cada semana hasta un total de cinco aplicaciones, hasta completar 50 días de cultivo.

#### **4.5.1. Tratamientos**

Los tratamientos utilizados fueron elaborados a base de insumos disponibles, económicos, fáciles de encontrar cerca de la zona productiva, así también que fueran productos orgánicos y con registro ya que la empresa está bajo un Sistema de Reducción de Riesgos de Contaminación.

En cada túnel se colocaron los 10 tratamientos (Cuadro 4), conformando un bloque por túnel y los tratamientos se distribuyeron al azar. Cada túnel estuvo conformado por cuatro camas de 50 m de largo por 0.80 m de ancho, las cuales se dividieron en cuatro partes iguales y cada parte conformó una unidad experimental (Figura 2).

La fertilización para determinar los tratamientos, se elaboró con la finalidad de encontrar una suplementación a la fertilización, debido a que comúnmente en esta empresa, se aplican fertilizantes granulados para la producción de espinaca de corte. Comúnmente, se aplica Triple 16, a razón de  $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  en la siembra y a los 15 días (dds) se aplican  $50\text{Kg ha}^{-1}$  de Urea. Por lo cual esta fertilización se tomó como base para el tratamiento testigo (T1).



**Cuadro 4** Tratamientos para determinar el efecto de la aplicación de biofertilizantes y un bioestimulante vegetal en el cultivo de (*Spinacia oleracea L*).

Tratamientos		mL·L de agua				
		Guanofol	Humistar	Nutri- humus	Biozyme	KNO <sub>3</sub> (gr)
T1	Guanofol	6	---	---	---	---
T2	. Guanofol + Humistar	6	3	---	---	---
T3	Guanofol + Nutrí-humus	6	---	8	---	---
T4	. Guanofol + Humistar + KNO <sub>3</sub>	6	3	---	---	1.5
T5	Guanofol + Nutrí-humus + KNO <sub>3</sub>	6	---	8	---	1.5
T6	Biozyme	---	---	---	3	---
T7	Biozyme + Humistar	---	3	---	3	---
T8	Biozyme + Nutrí-humus	---	---	8	3	---
T9	. Biozyme + Humistar + KNO <sub>3</sub>	---	3	---	3	1.5
T10	Biozyme + Nutrí-humus + KNO <sub>3</sub>	---	---	8	3	1.5

5 metros de separacion para evitar el fecto orilla					Largo del macrotúnel (50 m)
10 m de largo	1	5	9	13	
10 m de largo	2	6	10	14	
10 m de largo	3	7	11	15	
10 m de lago	4	8	12	16	
5 metros de separacion para evitar el fecto orilla					
	Cama 1	Cama 2	Cama 3	Cama 4	

Figura 2: División de los macro túneles durante el experimento

En cada unidad experimental se aplicó un tratamiento y las muestras para su evaluación se tomaron a mitad de la cama, para disminuir el efecto de orilla. El área que se tomó para obtener las plantas a evaluar, fue en cuadros con una longitud de 125 cm de largo por 80 cm de ancho, esto para completar 1m<sup>2</sup> (Figura 3).

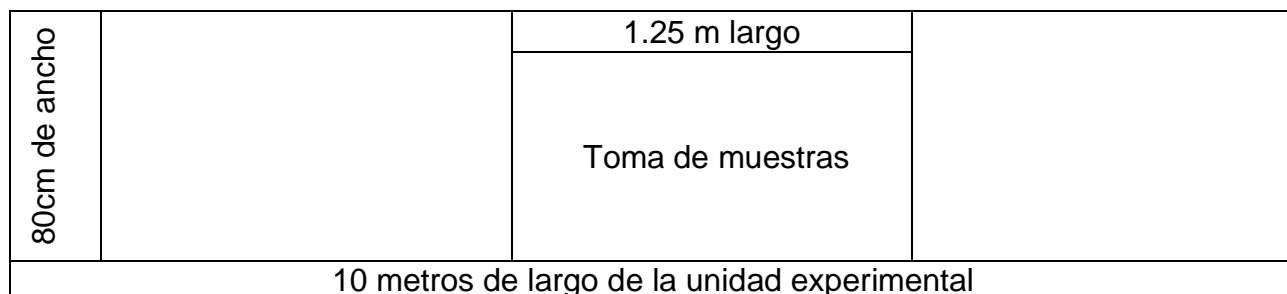


Figura 3: Distribución de la unidad experimental y la toma de muestras

#### 4.5.2. Variables evaluadas

Como la investigación fue para espinaca de corte, únicamente se tomó como variable, aquellos parámetros que están en referencia a la calidad que demandan los compradores, siendo estos largo y ancho de hoja, así como rendimiento con base en peso fresco de hojas por planta y por metro cuadrado.

- **Peso de hoja·planta<sup>-1</sup> y peso de hoja·m<sup>-2</sup>**

Para la evaluación del peso de hoja se llevó acabo el corte individual de las mismas a la mitad del peciolo entre la base de inserción y el borde inferior de la hoja las cuales fueron pesadas en una báscula digital, que se taró previo a cada toma de muestra; Para el caso de hoja·planta<sup>-1</sup> se eligieron 10 plantas al azar, tomando el peso de cada planta, para posteriormente promediarlas; mientras que para el peso de hoja se tomaron todas las plantas en la unidad de muestra..

- **Largo y el ancho de las hojas**

Para la evaluación de ancho y largo de hojas se utilizó una hoja milimétrica en donde se tomaron 5 hojas por unidad experimental, determinando el largo a partir de la base de la hoja, hasta la punta de la misma; mientras que el ancho, se tomó a la mitad de la hoja, considerando el largo que presentó cada una de ellas. Para esta evaluación, se consideraron cinco hojas de cuatro plantas por unidad experimental, siendo promediados los valores para tener un solo dato por hoja.

### **4.5.3. Análisis estadístico**

Para el análisis de datos en la presente investigación se utilizó el programa estadístico Mini-tab 2016. Esto para la evaluación de los datos estadísticos, así como las comparaciones de medias por medio de la prueba de Tukey con un nivel de significancia del  $\alpha=0.05\%$ .

## **4.6. Manejo agronómico**

El presente investigación se desarrolló del día 10 de julio de 2017 hasta el 5 de septiembre de 2017, el cual se inició con las labores de preparación del terreno y la conformación de las cuatro camas por túnel y llevando a cabo una desinfección del terreno con clorpirifos granulado para evitar algunos problemas fitosanitarios en la germinación y obtener una buena densidad de plantación en el cultivo, para evitar variaciones en el experimento.

El día 11 de julio se regaron los cuatro túneles por inundación y se dejó pasar una semana, iniciando la siembra el lunes 17 de julio, para lo cual se calibró una sembradora manual con la finalidad de obtener una densidad de 60 plantas por metro lineal, ubicando en cada cama nueve líneas de espinaca.

Siete días después de la siembra, el 24 de julio, la espinaca estaba en emergencia, teniendo una buena germinación y 22 dds se inició con la aplicación de los tratamientos dentro de los cuatro túneles.

A 35 dds, se realizó la primera cosecha de hojas y se tomaron los primeros datos de los tratamientos conforme a lo descrito en las variables. A 42 dds se realizó el segundo corte y toma de datos; realizando al siguiente día la última aplicación de los tratamientos que fueron evaluados. A 50 dds, se realizó el último corte y toma del último grupo de datos.

La temperatura en el experimento fue controlada mediante la circulación del aire en forma natural, pues los túneles solo cubrían la parte superior del cultivo; además que se mantenía un ambiente fresco a través de la humedad relativa generada por los riegos de inundación al momento de la siembra y los riegos por aspersion que se llevaron a cabo cada tercer día a lo largo del cultivo.

## V. Resultados y discusión

### 5.1. Peso de hoja-planta<sup>-1</sup>

Para la variable peso de hoja-planta<sup>-1</sup>, no se encontró diferencia estadística significativa en ninguno de los cortes realizados, así como en el promedio de los tres cortes (anexos 1, 5, 9 y 13). Sin embargo, los tratamientos a los que se aplicó ácidos húmicos y nitrato de potasio, tuvieron mayor peso fresco promedio en los tres cortes (Cuadro 5), con relación a los otros tratamientos donde no se aplicó este fertilizante. Este resultado se pudo deber al aporte adicional de nitrógeno, el cual debió aumentar la disponibilidad del nutriente por parte de la planta, logrando mayor peso en las hojas; siendo consistente con lo señalado por Montañó y Arce (2018), donde encontraron que al aumentar la aplicación de nitrógeno en plantas de lechuga, se presentaron diferencias estadísticas significativas, en cuanto al rendimiento y la exportación de nitrógeno en las hojas, incrementando el peso seco de las plantas.

Al observar el comportamiento en el primer corte, las plantas tratadas con Guanofol + Nutrí-humus + KNO<sub>3</sub> (T5), fue el tratamiento que presentó el mayor peso fresco, siguiendo en peso de hoja-planta<sup>-1</sup>, todos los tratamientos donde se adicionó KNO<sub>3</sub>. De tal forma, la adición de nitrógeno tuvo un efecto positivo en el incremento del peso de hoja-planta<sup>-1</sup>, lo cual se refuerza con el resultado que presentan las plantas donde solo se aplicó Guanofol + Nutrí-humus (T3), las cuales fueron las que presentaron el menor peso en el primer y tercer corte; así como en el promedio de los tres cortes, debido a la concentración de nitrógeno, pues el producto Nutri humus, tiene el menor porcentaje de este elemento, comparado con las otros productos utilizados, además de no haberse aplicado KNO<sub>3</sub>. Este comportamiento es congruente con los resultados presentados por Flores *et al*, (2010) quienes encontraron mayor peso fresco, cuando se aplicaron nitratos de forma foliar en plantas de lechuga.

**Cuadro 5.** Comparación de Medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) de la variable de peso de hoja·planta<sup>-1</sup> plantas por corte de Espinaca, con diferentes tratamientos de fertilización.

Tratamiento		Corte 1	Corte 2	Corte 3	Prom. de 3 cortes
T1	Guanofol	7.9 a <sup>n</sup>	7.3 a	6.4 a	7.2 a
T2	Guanofol + Humistar	8.2 a	8.4 a	6.4 a	7.7 a
T3	Guanofol + Nutrí-humus	6.4 a	8.0 a	5.7 a	6.7 a
T4	Guanofol + Humistar + KNO <sub>3</sub>	9.0 a	11.2 a	6.1 a	8.7 a
T5	Guanofol + Nutrí-humus + KNO <sub>3</sub>	10.0 a	9.5 a	6.4 a	8.6 a
T6	Biozyme	7.6 a	7.5 a	6.5 a	7.2 a
T7	Biozyme + Humistar	7.9 a	7.2 a	5.9 a	7.0 a
T8	Biozyme + Nutrí-humus	8.5 a	8.3 a	5.8 a	7.5 a
T9	Biozyme + Humistar + KNO <sub>3</sub>	7.7 a	9.1 a	6.5 a	7.8 a
T10	Biozyme + Nutrí-humus + KNO <sub>3</sub>	8.0 a	9.3 a	6.8 a	8.1 a

<sup>n</sup> = letras iguales, son tratamientos estadísticamente iguales entre sí.

En el segundo corte únicamente el tratamiento de Guanofol + Nutrí-humus + KNO<sub>3</sub> (T5) presentó una disminución en el peso de hoja·planta<sup>-1</sup>, al contrario, las plantas con Guanofol + Humistar + KNO<sub>3</sub> (T4), donde cambia el tipo de ácido húmico, se observó un incremento de un 20 % del Peso de hoja·planta<sup>-1</sup>, siendo 15 % superior al tratamiento T5, lo cual puede resultar por el cambio de ácido húmico utilizado, como lo señalan Reyes *et al.* (2017), quienes encontraron que la calidad y pureza de los ácidos húmicos aplicados en un cultivo de zanahoria, generaron variaciones en el peso seco de las plantas, concluyendo que este comportamiento está relacionado con el aporte nutricional del ácido húmico utilizado.

En general, en todos los cortes se presentó un aumento entre el primer y segundo corte en los tratamientos donde se aplicó  $\text{KNO}_3$ , así como en aquellos donde se utilizó Guanofol acompañado con otro producto. Estos resultados establecen que el aumento de nitrógeno en la fertilización de plantas de espinaca, genera mayor peso de las hojas y permiten tener un buen rendimiento en cultivos de esta especie para corte. Flores *et al.* (2010), señalaron que a mayor cantidad de nitrógeno aplicado, mayor es la acumulación del nutriente en el tejido; de tal forma, podemos inferir que los tratamientos con  $\text{KNO}_3$ , aprovecharon el nitrógeno después del primer corte para tener un aumento en la segunda formación de hojas para el segundo corte, mientras que aquellos donde se aplicó Biozyme, así como Guanofol como único fertilizante, se tuvo una disminución en el peso de hoja-planta<sup>-1</sup> (Figura 4).

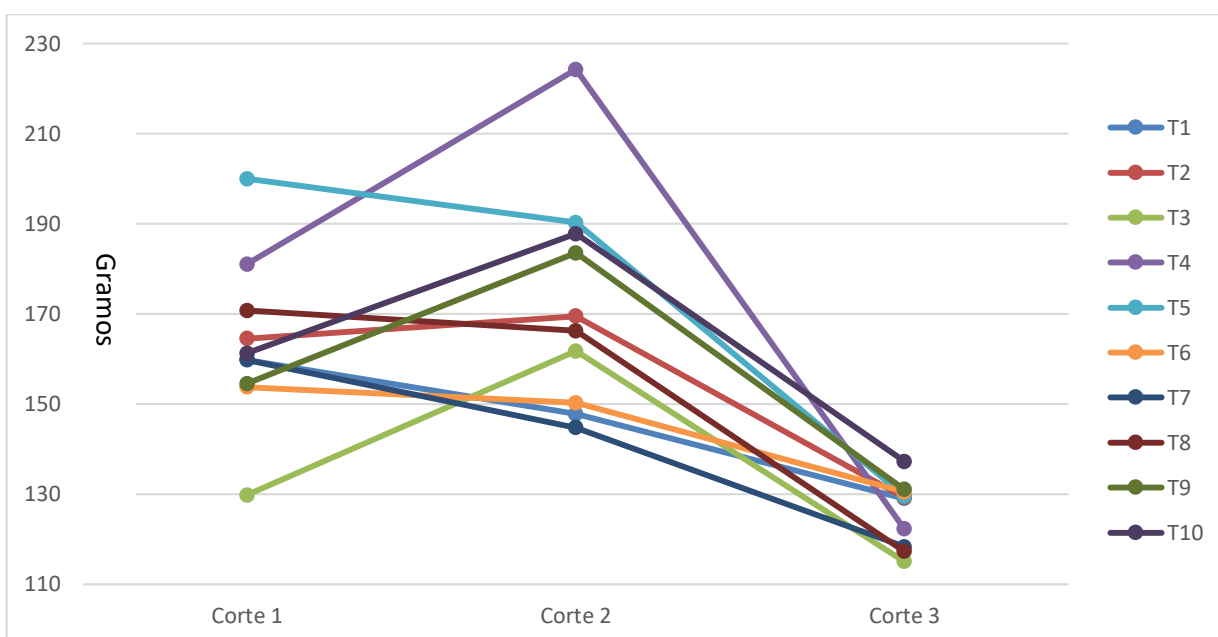


Figura 4: Peso de hoja-planta<sup>-1</sup> durante los tres cortes de espinaca

Los tratamientos adicionados con Biozyme no tienden a disminuir en el último corte de una forma tan elevada como los tratamientos con Guanofol, ésto pudo deberse a la posible actuación de las hormonas que se encuentran en este producto, como lo señalan Baldoquin *et al.* (2015), los cuales refieren que las hojas resultan en el



principal órgano de síntesis de las sustancias vegetales y es precisamente en ellas donde los bioestimulantes foliares actúan de una mejor manera, pues poseen diferentes sustancias como: auxinas, aminoácidos y hormonas, lo cual generó el incremento de peso en plantas de lechuga. De tal forma, se puede considerar que los bioestimulantes actúan de diferente forma dependiendo el cultivo y aunque Biozyme cuenta con hormonas, estas actuaron para el último corte dando los mejores resultados en el peso de hoja·planta<sup>-1</sup>, pero no en el promedio de los tres cortes.

## **5.2. Peso de hoja·m<sup>-2</sup>**

En forma general, los tratamientos donde se aplicó nitratos son los que presentaron mejor peso de hojas por m<sup>2</sup>, siendo similar a lo encontrado en la variable peso de hoja·planta<sup>-1</sup>, pero no se presenta una relación directa entre los tratamientos que fueron mejores en una variable, comparado con la otra; esto refiere a que la ganancia de peso de cada planta, en respuesta a una fuente nutrimental, puede ser diferente entre cada individuo, lo cual genera que se tengan plantas con mayor peso que otras; pero en general presentan resultados similares entre ambas variables.

Para la variable peso·m<sup>-2</sup>, no se observó diferencia estadística significativa entre tratamientos en el primer y tercer corte (Anexo 2 y 10), pero existe diferencia estadística significativa en el segundo corte de espinaca (Anexo 6). Tomando en cuenta el corte donde se presentó la diferencia estadística significativa, en la comparación de medias (Tukey 0.05), se pueden observar tres grupos, siendo el tratamiento T5 (Guanofol + Nutri humus +KNO<sub>3</sub>) el que presenta el mayor peso·m<sup>-2</sup> (Cuadro 6), pero únicamente es estadísticamente diferente a los tratamientos T3 (Guanofol + Nutri-humus), T6 (Biozyme) y T1 (Guanofol), este último, es el tratamiento que presenta el menor peso·m<sup>-2</sup>, pero a su vez es estadísticamente igual a los tratamientos T3 y T6. Esto implica que la aplicación únicamente de Guanofol o Biozyme, no resulta con incrementos considerables de peso, solo se tienen un aumento cuando existe la aplicación de otra fuente de nutrición.

**Cuadro 6** Comparación de Medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) de la variable de peso·m<sup>-2</sup>, en plantas de Espinaca para corte, con diferentes tratamientos de fertilización.

Tratamiento		Corte 1		Corte 2		Corte 3	
T1	Guanofol	1095.00	a <sup>n</sup>	969.50	c	568.50	A
T2	Guanofol + Humistar	1197.50	a	1205.50	a b c	1015.00	A
T3	Guanofol + Nutrí-humus	895.50	a	1105.00	b c	917.00	A
T4	Guanofol + Humistar + KNO <sub>3</sub>	1627.00	a	1472.00	a b	917.00	A
T5	Guanofol + Nutrí-humus + KNO <sub>3</sub>	1587.50	a	1533.00	a	1037.50	A
T6	Biozyme	1211.50	a	1105.50	b c	1185.00	A
T7	Biozyme + Humistar	1381.50	a	1143.00	a b c	914.50	A
T8	Biozyme + Nutrí-humus	1299.50	a	1198.00	a b c	1176.00	A
T9	Biozyme + Humistar + KNO <sub>3</sub>	1489.50	a	1518.00	a b	1100.50	A
T10	Biozyme + Nutrí-humus + KNO <sub>3</sub>	1256.00	a	1357.50	a b c	1345.00	A

<sup>n</sup> = letras iguales, son tratamientos estadísticamente iguales entre sí)

Con respecto al comportamiento entre los tres cortes, se observa que en el primero, los tratamientos con Guanofol + KNO<sub>3</sub>, tienen los pesos más elevados, pero presentan una disminución para los cortes siguientes, presentando a tercer corte una disminución del peso de las hojas del orden de 34 al 42 % (Figura 5). Los elevados pesos en los primeros cortes, en estos tratamientos, se pueden deber a un mayor aporte de nitrógeno, siendo congruente con lo señalado con Trejo *et al* (2005), quienes mencionaron que cuando la absorción de nitrógeno se incrementa, la planta acelera su crecimiento. Sin embargo, el incremento de este elemento no es suficiente para sostener un aumento en el peso de las hojas de los posteriores cortes, lo cual se presenta en prácticamente todos los tratamientos, siendo resultado del tiempo de cosecha, pues el primer corte se presenta a 20 días después de la siembra (dds), mientras que el segundo y tercero se realizan a 27 y 34 dds, únicamente siete días para el crecimiento de nuevas hojas a partir de cada corte.

Se considera que es posible dejar un mayor lapso de tiempo entre cortes para aumentar el peso de las hojas, pero se dificulta por el tamaño que solicita el mercado y los volúmenes que se establecen para entrega.

Únicamente los tratamientos con Biozyme + Humistar +  $\text{KNO}_3$  (T3) y Biozyme + Nutrí-humus +  $\text{KNO}_3$  (T10) son los que tienen un aumento en el rendimiento para el segundo corte y no sufren un fuerte descenso del peso de las hojas, a diferencia de los otros tratamientos (Figura 5). Este comportamiento puede deberse a que al no presentar un gasto mayor de las reservas de la planta en la formación de las primeras hojas, se mantiene un crecimiento más estable en la formación y crecimiento de hojas que se forman posteriormente; además que Biozyme es un producto que contiene hormonas, las cuales pueden ayudar al crecimiento de las plantas, como lo señala Paredes (2011), el cual encontró que con la aplicación del bioestimulante Biozyme, en dosis de  $0,75 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ , incrementó el diámetro y peso de plantas de lechuga, considerando que ésto es debido a la fórmula equilibrada de macro y micronutrientes más las tres hormonas vegetales que contiene este producto, lo que ocasiona que las plantas sean inducidas a producir plantas más grandes y de mejor calidad.

Las plantas que presentaron los menores valores de peso de hoja  $\cdot\text{m}^{-2}$  fueron las tratadas con Guanofol (T1) y Guanofol + Nutrí-humus (T3), lo cual pudo deberse a una deficiencia en nitrógeno y de hormonas que permitieran tener y mantener un incremento del peso de las hojas (Figura 5).

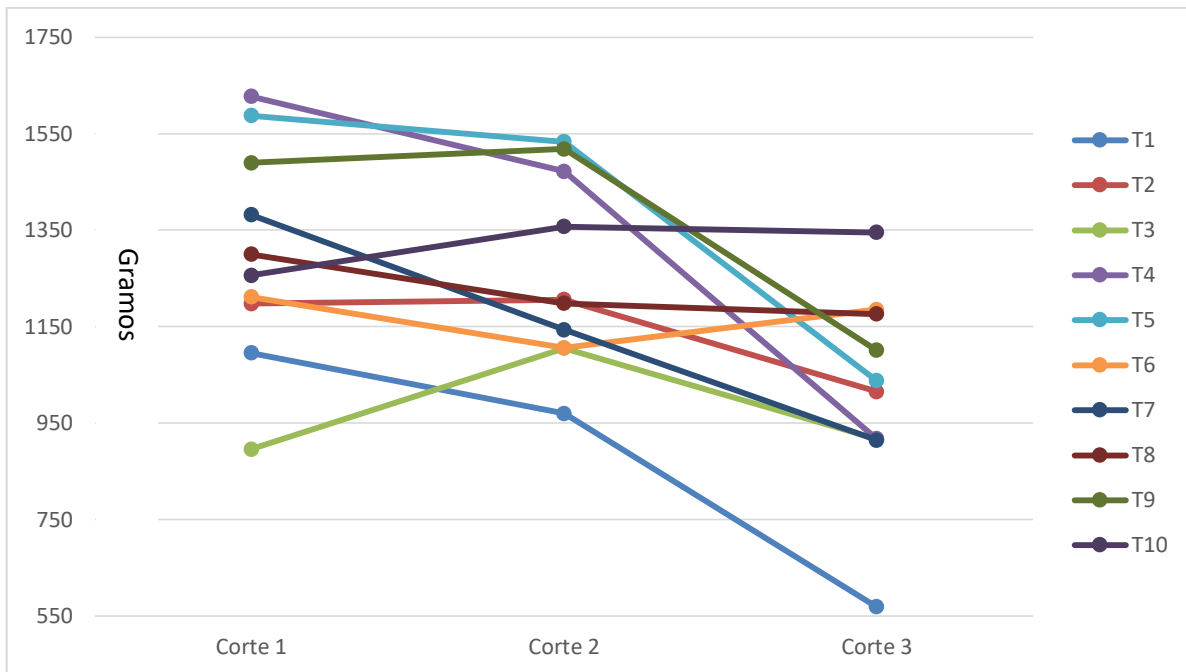


Figura 5: Peso de hoja·m<sup>-2</sup> de durante los tres cortes de espinaca.

### 5.3. Ancho de hoja

Para la variable ancho de hoja, no mostró diferencia estadística significativa (Anexo 4, 8, y 12), no existiendo una fuente nutrimental que presente valores sostenidos entre los tres cortes, siendo los de mayor tamaño en el primer corte los que estuvieron conformados por Guanofol y nitrato de potasio más un ácido húmico (T4 y T5), pero al modificar el Guanofol por Biozyme (T9 y T10) se presenta una diferencia entre los resultados al aplicar un diferente ácido húmico dando un bajo valor con la aplicación de Humistar, mientras que al aplicar Nutrí-humus el ancho de la hoja se encuentra en los valores más elevados similares a las plantas de los tratamientos T4 y T5 (Cuadro 7).

En cuanto al comportamiento entre los tres cortes se observa que las plantas que tuvieron los mayores valores en primer corte presentaron una tendencia negativa en los cortes subsiguientes (T4 y T5), pero se mantuvieron con valores superiores

al de los otros tratamientos en el segundo y tercer corte, a excepción de las plantas que fueron tratadas con Biozyme + Nutrí-humus + KNO<sub>3</sub> que tuvieron valores bajos. En comparación con la mayoría de los tratamientos en el tercer corte, siendo únicamente superior en las plantas donde se aplicó únicamente Guanofol y las del tratamiento de Biozyme + Humistar (Figura 6).

**Cuadro 7.** Comparación de Medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) de la variable ancho de hoja, en plantas de Espinaca para corte, con diferentes tratamientos de fertilización.

Tratamiento		Corte 1	Corte 2	Corte 3
T1	Guanofol	7.59 a <sup>n</sup>	7.61 a	6.52 a
T2	Guanofol + Humistar	7.58 a	7.56 a	8.36 a
T3	Guanofol + Nutrí-humus	7.36 a	7.26 a	7.92 a
T4	Guanofol + Humistar + KNO <sub>3</sub>	8.90 a	8.86 a	7.01 a
T5	Guanofol + Nutrí-humus + KNO <sub>3</sub>	8.26 a	8.11 a	7.25 a
T6	Biozyme	7.99 a	7.82 a	7.06 a
T7	Biozyme + Humistar	8.04 a	7.44 a	6.73 a
T8	Biozyme + Nutrí-humus	7.63 a	7.70 a	7.26 a
T9	Biozyme + Humistar + KNO <sub>3</sub>	7.74 a	8.91 a	7.32 a
T10	Biozyme + Nutrí-humus + KNO <sub>3</sub>	8.35 a	7.93 a	6.98 a

<sup>n</sup> = letras iguales, son tratamientos estadísticamente iguales entre sí

Los parámetros de calidad no son estrictos para el ancho de hoja, pero es relevante para incrementar el peso de las hojas que se traduce en volumen de producción y por tanto de mayor ganancia.

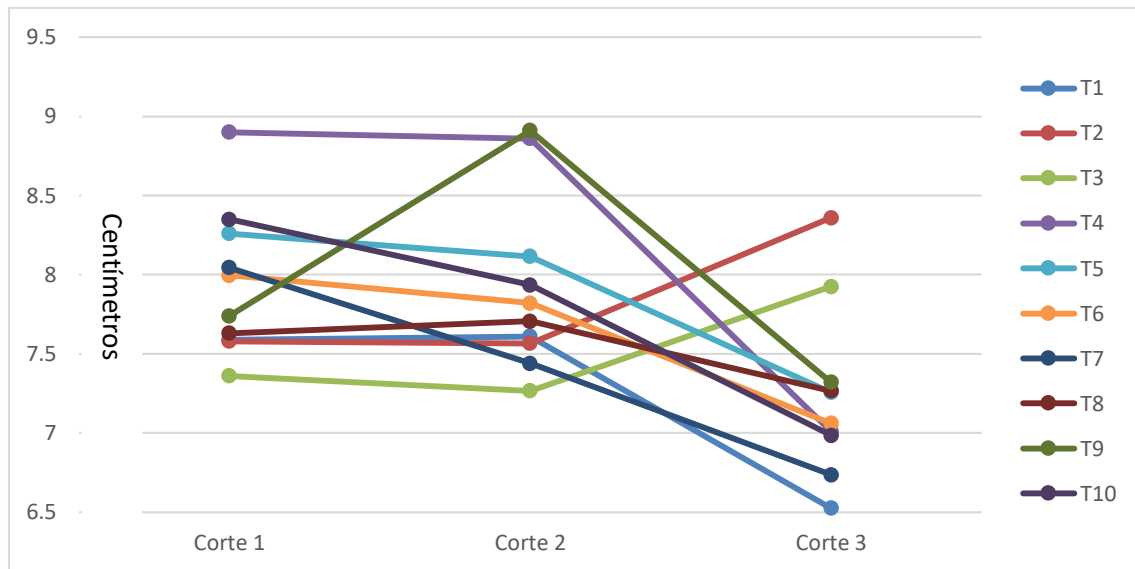


Figura 6: Ancho de hoja (cm) en espinaca durante los tres cortes de espinaca.

#### 5.4. Análisis de varianza en el largo de hoja

La variable largo de hoja, es la más importante para determinar la calidad de espinaca de corte, pues se requiere que sean menores de 10 cm, teniendo una tolerancia no mayor de 0.5 cm. En el análisis de varianza se observó que en ninguno de los tratamientos se presentan diferencia estadística significativa en lo referente al largo de hoja (Anexo 3, 7 y 11), Los tratamientos donde se adicionó con Humistar son los que muestran menor tamaño en el primer corte (Cuadro 8), pero en el segundo corte aumenta el largo de hoja. Por el contrario, los tratamientos que presentaron mayor tamaño en el primer corte, fueron aquellos donde se aplicó Nutrihumus (T5, T3 y T10), disminuyendo en el segundo corte, con lo cual se establece que la respuesta de las plantas es diferente conforme al tipo de ácido húmico utilizado, como lo señalado por Reyes *et al* (2017) quienes indicaron que la calidad y pureza de los ácidos húmicos utilizados generan variaciones en los resultados. Además, se puede determinar que, si la utilización de reservas de una planta es mayor en la formación de las primeras hojas, las subsiguientes presentaran menor

tamaño y cuando se tiene formación de hojas más pequeñas, es posible que las hojas posteriores tengan mayor tamaño.

**Cuadro 8** Comparación de Medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) de la variable largo de hoja, en plantas de Espinaca para corte, con diferentes tratamientos de fertilización.

<b>Tratamiento</b>	<b>Corte 1</b>	<b>Corte 2</b>	<b>Corte 3</b>
T1 Guanofol	9.50 a <sup>n</sup>	9.38 a	8.93 A
T2 Guanofol + Humistar	9.69 a	10.02 a	10.31 A
T3 Guanofol + Nutrí-humus	9.71 a	9.51 a	10.08 A
T4 Guanofol + Humistar + KNO <sub>3</sub>	10.35 a	10.73 a	9.15 A
T5 Guanofol + Nutrí-humus + KNO <sub>3</sub>	10.37 a	9.85 a	9.38 A
T6 Biozyme	10.35 a	9.885 a	10.14 A
T7 Biozyme + Humistar	9.73 a	9.38 a	8.86 A
T8 Biozyme + Nutrí-humus	9.60 a	9.80 a	9.47 A
T9 Biozyme + Humistar + KNO <sub>3</sub>	9.96 a	10.71 a	9.75 A
T10 Biozyme + Nutrí-humus + KNO <sub>3</sub>	10.57 a	9.89 a	10.30 A

<sup>n</sup> = letras iguales, son tratamientos estadísticamente iguales entre sí

Considerando los tres cortes que se realizaron durante la presente investigación, es notorio que una planta que tuvo una disminución entre el primer y segundo corte presentó un aumento al tercer corte; de igual forma aquellas que tuvieron un aumento entre primero y segundo corte presentaron una disminución en el largo de la hoja al tercer corte. Solo existen dos tratamientos donde se observó una disminución en el largo de la hoja entre cortes siendo estos el T5 (Guanofol + Nutri-humus + KNO<sub>3</sub>) y T7 (Biozyme + Nutri-humus); así mismo únicamente el tratamiento T1 (Guanofol) presentó un aumento de largo de hoja en cada corte (Figura 7). Con

base en estos resultados se puede establecer que la respuesta de las plantas a uno o la combinación de varias fuentes nutrimentales y/o el Bioestimulante, no está directamente relacionada con un tipo de producto que permita determinar el efecto que presentaron en las plantas; más aún cuando en cada uno de los cortes no se presentó diferencia estadística significativa.

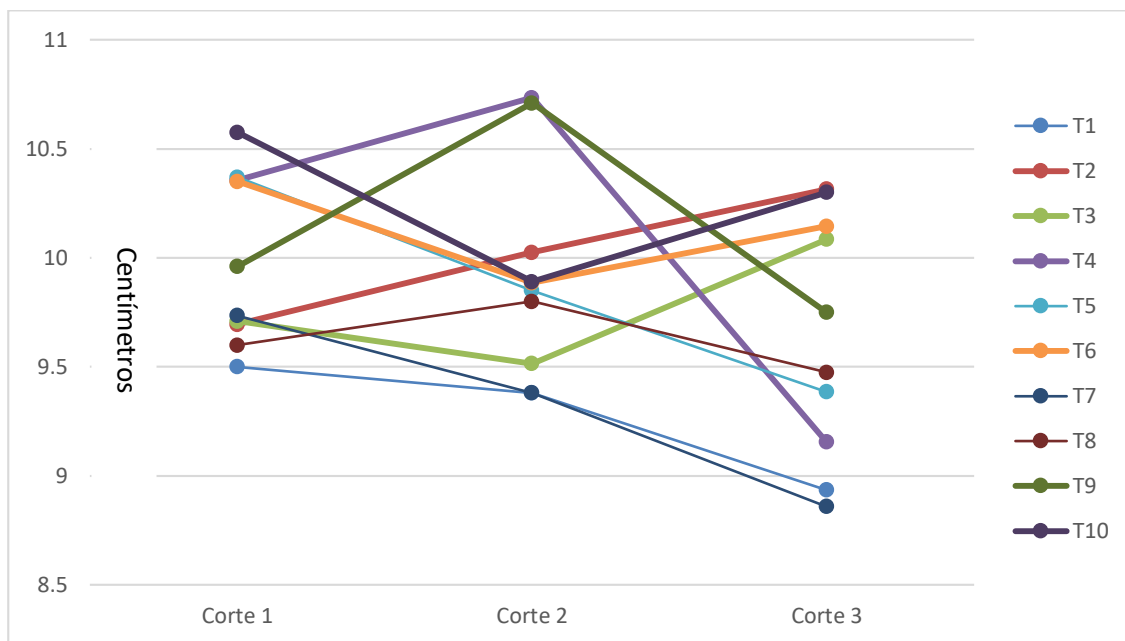


Figura 7: Largos de hoja en espinaca durante los tres cortes de espinaca.

Considerando la calidad exigida por el mercado, los tratamientos T10 (Biozyme + Nutrí-humus +  $KNO_3$ ) en primer corte y T4 (Guanofol + Humistar +  $KNO_3$ ) y T9 (Biozyme + Nutrí-humus +  $KNO_3$ ) en segundo corte, presentaron un largo de hoja superior a 10.5 cm lo cual demerita la calidad que exigen los compradores; siendo el tratamiento con Biozyme (T6) el que presenta valores elevados en los tres cortes realizados a las plantas, de tal forma para esta variable se podría establecer como



el mejor tratamiento, pero se ve afectado en el peso de la hoja con lo cual los rendimientos disminuyen, siendo directamente proporcional a las ganancias.

Considerando la variable de largo de hoja, con relación a las variables de peso de hoja, el tratamiento T5 (Biozyme + Nutrí-humus +  $\text{KNO}_3$ ) es el que mejor respuesta tiene, pues presenta un tamaño en cada uno de sus cortes, acordes a la calidad de mercado y a su vez, presentan los mejores pesos de hoja, con lo cual estas plantas son más rentables.

## VI. Conclusiones

- Conforme a la hipótesis planteada, se observa el cumplimiento de los objetivos, pues la aplicación de Guanofol y Biozyme, tienen respuestas positivas de incremento en las plantas de espinaca, cuando son utilizados en conjunto con otras fuentes nutricionales.
- La utilización de Biozyme permite mantener un mejor comportamiento en el peso de las hojas, así como del tamaño de las mismas, entre el primer y último corte.
- En general todos los tratamientos presentan una disminución del peso de las hojas entre el primer y tercer corte, debido al tiempo en que se programa la cosecha de las hojas.
- El tipo de ácido húmico, genera diferentes comportamientos, siendo Nutrí-humus, el que da mejores resultados en comparación con Humistar.
- La mayor aplicación de nitrógeno en las plantas de Espinaca, aumenta el peso de las hojas, permitiendo aumentar los rendimientos.
- Si bien las plantas que presentan el mayor tamaño de hojas son aquellas que fueron aplicadas con  $\text{KNO}_3$ , no son adecuadas para la calidad que exige el mercado.
- El mejor tratamiento para dar un rendimiento en los tres cortes, con hojas conforme a lo solicitado por los mercados es T5=Guanofol + Nutrí-humus +  $\text{KNO}_3$ .

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Arysta LifeScience Chile S.A. (2019). Obtenido de <http://arysta.cl/arystahome/portfolio/biozyme-2/> Fecha de consulta 10 dd abril de 2019
- YPF 2018. (2019). *YPF* . Obtenido de <https://www.ypf.com/productosyservicios/Paginas/YPF-Agro-Fertilizantes.aspx> Fecha de consulta 10 dd abril de 2019
- AGRISA S.P.R. de R.L. Empresa de producción de Espinaca. (Mendoza, J.C. entrevistador) Fecha de entrevista 15 de agosto de 2017
- Baldoquin, H.M., Alonso, G.M., Gómez, M.Y. (2015). Respuesta agronómica del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa. L*) variedad Black Seed Simpson ante la aplicación de bioestimulante Enerplant. Universidad de Granma, Bayamo, Granma, Cuba. 53-58 pp.
- Bielinski, M., Santos, H., Obregón, O., Salamé, D., y Teresa, P. (2010). Producción de Hortalizas en Ambientes Protegidos: Estructuras para la Agricultura Protegida. España. 1-7 pp.
- Chávez-Centeno, V. (Junio de 2015). El efecto en el cultivo de lechuga del guano de islas y de la roca fosfórica incubados en microorganismos. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Piura, Perú (Tesis de Maestría en Gestión y Auditorías Ambientales). 6-51 pp.
- Corporación Agrotecnológica Mexicana. (2019). *CAMEX*. Obtenido de <http://www.camexmexico.com/n/> Fecha de consulta febrero 2018
- Diario Oficial de la Federación . (1983). *Norma Oficial Mexicana NOM-FF-50-1982*,. México.
- Enríquez-Quezada, L. D. ( 2016). Impacto de los Ácidos Húmicos y Fúlvicos para el Mejoramiento de los Suelos Agrícolas. Almeria, España.
- Flores, M.A., Miranda, F.R., Galvis S.A. (2010). Estudio sobre El requerimiento interno de nitrógeno en lechuga.

- Grupo Sakata Seed de México, S.A. de C.V. (2019). *Sakata* .
- Grupo Treviño, SA de CV. (2015). *Agricultura Moderna*. Obtenido de <https://www.agmoderna.com/2015/11/10/la-espinaca-un-cultivo-con-mucho-por-ofrecer-al-mercado/> Fecha de consulta 15 de enero de 2018.
- Gutiérrez-Orrala, F. (2014). Efecto del sulfato de hierro y ácidos húmicos en solución nutritiva en la producción de lechuga (*lactuca sativa var. crispata* L.), bajo hidroponía en manglaralto. La libertad, Ecuador.
- Hadas, A., Rosenberg, R. (1992). *Guano as a nitrogen source for fertigation in organic farming. Fertilizer research*. Obtenido de <http://link.springer.com/article/10.1007/BF01063294> Fecha de consulta 26 abril de 2019
- Hernández, B. E. (2017). Producción y rendimiento de calabacita cultivada con diferentes dosis de guano. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. (Tesis de licenciatura) Saltillo, Coahuila, México.
- Hoyos, V., y Rodríguez, M. (2009). Análisis del crecimiento de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) bajo el efecto de diferentes fuentes y dosis de nitrógeno. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 175-187.
- Iglesias, N. (2006). Producción de hortalizas bajo cubierta: Estructuras y manejo de cultivo para la Patagonia Norte. Centro Regional Patagonia Norte, Argentina.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2007). Guía práctica para la exportación a EE.UU. Espinaca. Managua: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Jiménez, J., Gil, R., Fuentes, L., Niño, N. (2010). El cultivo de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) y su manejo fitosanitario. Bogotá, Bogotá, Colombia .
- Juárez-Lopez, P., Santiago, G. A., Magaña, E., Montoya, R. B., Meza, V. J., y Sánchez, M.A. L. (2011). Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. México.

- Kamara-Keita, A. (2001). *Nutrición, Regulación del Crecimiento y Desarrollo Vegetal*. Saltillo, Coahuila, México.
- León-Paredes, J. (2011). Efectos de la aplicación de cuatro bioestimulantes orgánicos foliares sobre la producción del cultivo de lechuga orgánica en la zona de Cuesaca Provincia del Carchi. El angel, Ecuador.
- Marulanda, C. (2003). *Hidroponía Familiar*. Armenia, Colombia. 6-20pp.
- Montaño G.R., Arce, L. (2018). exportación de nitrógeno de la lechuga (*lactuca sativa*) con fertilización nitrogenada y estrategias de reposición de agua. La Paz, Bolivia.
- Moreno Reséndez, A., Aguilar Durón, J., y Luévano González, A. ( 2011). *Revista mexicana de agronegocios*. Recuperado el 11 de 07 de 2017, de Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C. México: <http://www.redalyc.org/pdf/141/14119052014.pdf> Fecha de consulta 15 junio 2018.
- Productores de Hortalizas*. (2016). Obtenido de <http://www.hortalizas.com/cultivos/retos-y-resoluciones-en-la-produccion-de-espinaca/> Fecha de consulta 17 de noviembre de 2017.
- QUIMICA SAGAL S.A. (2019). *QUIMICA SAGAL S.A.* Obtenido de [http://www.tacsa.mx/DEAQ/src/productos/1526\\_15.htm](http://www.tacsa.mx/DEAQ/src/productos/1526_15.htm) Fecha de consulta 6 de mayo de 2018
- Ramos, M., Castro, E., y Ruíz, R. (2018). Respuesta de espinaca y de *Spodoptera exigua* a fertilización orgánica y mineral. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 223-235.
- Ramos, R. (2000). Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulante. Efectos frente al estrés salino. Facultad de Ciencias: Universidad de Alicante.

- Reyes-Pérez, J. J., Abasolo Pacheco, F., Yépez Rosado, Á. J., y Luna Murillo, R. A. (2017). *Acidos Húmicos y su Efecto Sobre Variables Morfométricas en Plantas de Zanahoria (Daucus carota L)*. Sonora, México.
- Rojas P.I. (2017). *Calidad Microbiológica en Tres Hortalizas Producidas en el Estado de México*. El Cerrillo Piedras Blancas, Municipio De Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México. (tesis de licenciatura) Toluca Estado de México.
- Salisbury, F., y Ross, C. (1994). *Fisiología vegetal*. Editorial Iberoamérica.
- Sánchez-García, Y. (2016). *Caracterización química del guano de aves marinas de la Isla San Jerónimo, Baja California, México y su viabilidad como fertilizante agrícola*. (Tesis para obtener Maestría en Ciencias) Ensenada, Baja California, México.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (diciembre de 2018). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Fecha de consulta mayo de 2018
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2015). *Sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación (SRRC)*. Obtenido de Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria: <https://www.gob.mx/senasica/documentos/sistemas-de-reduccion-de-riesgos-de-contaminacion-srrc> Fecha de consulta 26 febrero 2019
- TECNOAGRO. (2010). *TECNOAGRO*. Recuperado el Enero de 2018, de <https://tecnoagro.com.mx/revista/2010/no-63/el-cultivo-de-la-espinaca-spinacea-oleracea-l/> Fecha de consulta 27 de noviembre de 2017.
- Tradecorp. (2019). *TRADECORP*. Obtenido de <http://tradecorp.mx/product/humistar/> Fecha de consulta 25 de abril 2017.
- Trejo, L.I., Gómez, F.C., Rodríguez, M. (Diciembre de 2005). *Fertilización foliar con urea en la partición de nitrógeno en espinaca*. Texcoco, México.

Velasco, J., Aguirre, G., y Ortuño, N. (Noviembre de 2016). Humus líquido y microorganismos para favorecer la producción de lechuga (*Lactuca sativa* var. Crespa) en cultivo de hidroponía. San Pablo, Bolivia.

# Anexos



**Anexo 1** Análisis de varianza de la variable de peso de hoja·planta<sup>-1</sup> contra tratamiento, bloque Corte 1

Análisis de Varianza					
Fuente de variación	Grados de libertad	S.C.	C.M.	F	P
Tratamiento	9	12162	1351	1.22	0.324
Bloque	3	10427	3476	3.14	0.042
Error	27	29909	3476		
Total	39	52498			

**Anexo 2** Análisis de varianza de la variable de peso·m<sup>-2</sup> contra tratamiento, bloque Corte 1

Análisis de Varianza					
Fuente de variación	Grados de libertad	S.C.	C.M.	F	P
Tratamiento	9	1831575	203508	1.37	0.250
Bloque	3	869434	289811	1.95	0.145
Error	27	4009347	148494		
Total	39	6710356			

**Anexo 3** Análisis de varianza de la variable de largo de hoja contra tratamiento, bloque Corte 1

Análisis de Varianza					
Fuente de variación	Grados de libertad	S.C.	C.M.	F	P
Tratamiento	9	5.491	0.6101	0.35	0.951
Bloque	3	16.795	5.5984	3.17	0.040
Error	27	47.703	1.7668		
Total	39	69.989			

**Anexo 4** Análisis de varianza de la variable de ancho de hoja contra tratamiento, bloque Corte 1

Análisis de Varianza					
Fuente de variación	Grados de libertad	S.C.	C.M.	F	P
Tratamiento	9	8.979	0.9976	0.97	0.487
Bloque	3	6.452	2.1507	2.09	0.126
Error	27	27.833	1.0308		
Total	39	43.253			

**Anexo 5** Análisis de varianza de la variable de peso de hoja-planta<sup>-1</sup> contra tratamiento, bloque Corte 2

Análisis de Varianza					
Fuente de variación	Grados de libertad	S.C.	C.M.	F	P
Tratamiento	9	21552	2395	1.72	0.133
Bloque	3	44749	14916	10.70	0.000
Error	27	37637	1394		
Total	39	103938			

**Anexo 6** Análisis de varianza de la variable de peso·m<sup>-2</sup> contra tratamiento, bloque Corte 2

Análisis de Varianza					
Fuente de variación	Grados de libertad	S.C.	C.M.	F	P
Tratamiento	9	1393308	154812	5.02	0.001
Bloque	3	1572919	524306	16.99	0.000
Error	27	833041	30853		
Total	39	3799268			

**Anexo 7** Análisis de varianza de la variable de largo de hoja contra tratamiento, bloque Corte 2

Análisis de Varianza					
Fuente de variación	Grados de libertad	S.C.	C.M.	F	P
Tratamiento	9	8.272	0.9191	1.48	0.205
Bloque	3	19.660	6.5533	10.56	0.000
Error	27	16.749	0.6203		
Total	39	44.680			

**Anexo 8** Análisis de varianza de la variable de ancho de hoja contra tratamiento, bloque Corte 2

Análisis de Varianza					
Fuente de variación	Grados de libertad	S.C.	C.M.	F	P
Tratamiento	9	11.47	1.2741	1.72	0.134
Bloque	3	12.07	4.0247	5.42	0.005
Error	27	20.03	0.7420		
Total	39	43.58			

**Anexo 9** Análisis de varianza de la variable de peso de hoja·planta<sup>-1</sup> contra tratamiento, bloque Corte 2

Análisis de Varianza					
Fuente de variación	Grados de libertad	S.C.	C.M.	F	P
Tratamiento	9	1857.0	206.3	1.05	0.430
Bloque	3	869.7	289.9	1.47	0.244
Error	27	5316.1	196.9		
Total	39	8042.8			

**Anexo 10** Análisis de varianza de la variable de peso·m<sup>2</sup> hojas contra tratamiento, bloque Corte 2

Análisis de Varianza					
Fuente de variación	Grados de libertad	S.C.	C.M.	F	P
Tratamiento	9	1600562	177840	1.80	0.116
Bloque	3	199118	66373	0.67	0.578
Error	27	2674370	99051		
Total	39	4474050			

**Anexo 11** Análisis de varianza de la variable de largo de hoja contra tratamiento, bloque Corte 2

Análisis de Varianza					
Fuente de variación	Grados de libertad	S.C.	C.M.	F	P
Tratamiento	9	11.157	1.240	1.01	0.455
Bloque	3	3.255	1.085	0.89	0.461
Error	27	33.079	1.225		
Total	39	47.491			

**Anexo12** Análisis de varianza de la variable de ancho de hoja contra tratamiento, bloque Corte 2

Análisis de Varianza					
Fuente de variación	Grados de libertad	S.C.	C.M.	F	P
Tratamiento	9	10.6082	1.1787	1.74	0.128
Bloque	3	0.9579	0.3193	0.47	0.704
Error	27	18.2709	0.6767		
Total	39	29.8370			

**Anexo 13** Análisis de varianza de la variable pesos promedio de cortes para peso de hoja·planta<sup>-1</sup> contra tratamiento, bloque Corte 2

Análisis de Varianza

Fuente de variación	Grados de libertad	S.C.	C.M.	F	P
Tratamiento	9	4784	531.5	2.32	0.061
Bloque	2	12244	6122.1	26.75	0.000
Error	18	4120	228.9		
Total	29	21148			