

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

**EVALUACIÓN DE ÁCIDOS HÚMICOS Y FÚLVICOS EN TRES VARIEDADES DE LECHUGA;
ZUNIL, QUETZALTENANGO**
TESIS DE GRADO

OMAR MARTÍN CHAY XICAY
CARNET 16969-13

QUETZALTENANGO, OCTUBRE DE 2020
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

**EVALUACIÓN DE ÁCIDOS HÚMICOS Y FÚLVICOS EN TRES VARIEDADES DE LECHUGA;
ZUNIL, QUETZALTENANGO**
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
OMAR MARTÍN CHAY XICAY

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADO

QUETZALTENANGO, OCTUBRE DE 2020
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTÍNEZ SALAZAR, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: MGTR. LESBIA CAROLINA ROCA RUANO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: LIC. JOSÉ ALEJANDRO ARÉVALO ALBUREZ
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. LUIS CARLOS TORO HILTON, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: MGTR. JOSÉ FEDERICO LINARES MARTÍNEZ
SECRETARIO GENERAL: DR. LARRY AMILCAR ANDRADE - ABULARACH

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
VICEDECANO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA
SECRETARIO: MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN
DIRECTORA DE CARRERA: MGTR. EDNA LUCÍA DE LOURDES ESPAÑA RODRÍGUEZ

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

MGTR. MARCO ANTONIO MOLINA MONZÓN

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

LIC. CARLOS ROMAN MONTERROSO NATARENO

AUTORIDADES DEL CAMPUS DE QUETZALTENANGO

DIRECTOR DE CAMPUS:	P. MYNOR RODOLFO PINTO SOLIS, S.J.
SUBDIRECTORA ACADÉMICA:	MGTR. NIVIA DEL ROSARIO CALDERÓN
SUBDIRECTORA DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA:	MGTR. MAGALY MARIA SAENZ GUTIERREZ
SUBDIRECTOR ADMINISTRATIVO:	MGTR. ALBERTO AXT RODRÍGUEZ
SUBDIRECTOR DE GESTIÓN GENERAL:	MGTR. CÉSAR RICARDO BARRERA LÓPEZ

Quetzaltenango, 20 noviembre de 2019

Honorable Consejo de
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Universidad Rafael Landívar
Presente.

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he procedido a revisar el Informe Final del Trabajo de Tesis del estudiante Omar Martín Chay Xicay 1696913, titulado: **EVALUACIÓN DE ÁCIDOS HÚMICOS Y FÚLVICOS EN TRES VARIEDADES DE LECHUGA; ZUNIL, QUETZALTENANGO.** El cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado, por lo que solicito a la Comisión su aprobación.

Atentamente,



Ing. Agr. Msc. Marco Antonio Molina Monzón
Colegiado No. 1887



Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante OMAR MARTÍN CHAY XICAY, Carnet 16969-13 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA, del Campus de Quetzaltenango, que consta en el Acta No. 06201-2020 de fecha 20 de octubre de 2020, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE ÁCIDOS HÚMICOS Y FÚLVICOS EN TRES VARIEDADES DE LECHUGA; ZUNIL, QUETZALTENANGO

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 26 días del mes de octubre del año 2020.



MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN, SECRETARIO
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar

ÍNDICE

Número	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Fertilidad del suelo	3
2.1.1. Nutrición vegetal.	3
2.1.2. Materia orgánica.....	6
2.1.3. Sustancias húmicas.....	7
2.2 Cultivo de lechuga.....	9
2.2.1. Origen de la lechuga.....	9
2.2.2. Clasificación taxonómica	10
2.2.3. Morfología de la lechuga.....	10
2.2.4. Variedades de la lechuga.....	11
2.2.5. Valor nutricional.	12
2.2.6. Requerimientos edafoclimáticos	12
2.2.7. Plagas y enfermedades	13
2.2.8. Importancia económica.	17
2.3 Investigaciones relacionadas al tema	18
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	25
4. OBJETIVOS	26
4.1 General... ..	26
4.2 Específicos	26
5. HIPÓTESIS	27
5.1 Hipótesis alternativa.....	27

6. METODOLOGÍA	28
6.1 Localización	28
6.2 Material experimental	28
6.2.1. Ácidos húmicos y fúlvicos.	28
6.2.2. Lechuga.	28
6.3 Factores a estudiar	29
6.4 Descripción de los tratamientos	29
6.5 Diseño experimental.....	30
6.6 Modelo estadístico.....	30
6.7 Unidad experimental	31
6.7.1. Área del experimento.	31
6.7.2. Sub parcela bruta.....	31
6.8 Croquis de campo.....	32
6.9 Manejo del experimento.....	33
6.9.1. Muestreo y análisis del suelo.	33
6.9.2. Preparación del suelo.	33
6.9.3. Trazo del terreno.	34
6.9.4 Aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos.....	34
6.9.5. Trasplante.	34
6.9.6. Riego... ..	34
6.9.7. Fertilización.....	34
6.9.8. Control de malezas.	35
6.9.9. Control de plagas y enfermedades.	35

6.9.10. Cosecha.	35
6.9.11. Recolección y registro de datos.....	35
6.10 Variables respuesta.....	35
6.10.1. Diámetro polar y diámetro ecuatorial.....	35
6.10.2. Grado de compactación.....	36
6.10.3. Rendimiento por hectárea.....	36
6.11 Análisis de la información.....	36
6.11.1 Análisis estadístico.....	36
6.11.2 Análisis económico.	36
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
7.1 Componentes de diámetro polar y diámetro ecuatorial.....	37
7.1.1 Diámetro polar.....	37
7.2 Grado de compactación polar y ecuatorial.....	45
7.2.1 Grado de compactación polar.....	45
7.2.2 Grado de compactación ecuatorial.....	48
7.3 Rendimiento por hectárea.....	51
7.4 Resultados de análisis de suelos.....	55
7.5 Análisis económico.....	56
8. CONCLUSIONES.....	58
9. RECOMENDACIONES.....	59
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
11. ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Número	Página
Tabla 1. <i>Producción histórica nacional de lechuga en Guatemala. (Cifras en toneladas).</i>	18
Tabla 2. <i>Tratamientos evaluados, aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos en el cultivo de Lechuga; Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	29
Tabla 3. <i>Resultado promedio del diámetro polar de tres variedades de lechuga en cm, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	37
Tabla 4. <i>Análisis de varianza del diámetro polar de tres variedades de lechuga en cm, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	38
Tabla 5. <i>Prueba de medias tukey (0.05) factor A para la variable diámetro polar de tres variedades de lechuga en cm, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2,019.</i>	39
Tabla 6. <i>Prueba de medias tukey (0.05) factor B para la variable diámetro polar de tres variedades de lechuga en cm, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	40
Tabla 7. <i>Resultado promedio del diámetro ecuatorial de tres variedades de lechuga en cm, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	41
Tabla 8. <i>Análisis de varianza del diámetro ecuatorial de tres variedades de lechuga en cm, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	42
Tabla 9. <i>Prueba de medias tukey (0.05) factor A para la variable diámetro ecuatorial de tres variedades de lechuga en cm, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	43
Tabla 10. <i>Prueba de medias tukey (0.05) factor B para la variable diámetro ecuatorial de tres variedades de lechua en cm, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	44
Tabla 11. <i>Resultado promedio del grado de compactación polar de tres variedades de lechuga en kg/cm², evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	45

Tabla 12. <i>Análisis de varianza del grado de compactación polar de tres variedades de lechuga en kg/cm², evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	46
Tabla 13. <i>Prueba de medias tukey (0.05) factor B para la variable grado de compactacion polar de tres variedades de lechuga en kg/cm², evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	47
Tabla 14. <i>Resultado promedio del grado de compactación ecuatorial de tres variedades de lechuga en kg/cm², evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	48
Tabla 15. <i>Análisis de varianza del grado de compactación ecuatorial de tres variedades de lechuga en cm kg/cm², evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	49
Tabla 16. <i>Prueba de medias tukey (0.05) factor B para la variable grado de compactación ecuatorial de tres variedades de lechuga en kg/cm², evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	50
Tabla 17. <i>Resultado promedio de rendimiento en kg/ha de tres variedades de lechuga, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	51
Tabla 18. <i>Análisis de vairanza del rendimiento de tres varidades de lechuga en kg/ha, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	52
Tabla 19. <i>Prueba de medias tukey (0.05) factor A para la variable de rendimiento kg/ha, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	53
Tabla 20. <i>Prueba de medias tukey (0.05) factor B para la variable de rendimiento kg/ha, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019</i>	54
Tabla 21. <i>Resumen de análisis químico de suelos, antes y despues del estudio, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en tres variedades de lechuga en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	55

Tabla 22. <i>Análisis de rentabilidad económica en los diferentes tratamientos evaluados en el cultivo de lechuga, expresados en porcentajes, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en tres variedades de lechuga en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	57
Tabla 23. <i>Costo de producción de tratamiento uno, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	69
Tabla 24. <i>Costo de producción de tratamiento dos, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	71
Tabla 25. <i>Costo de producción de tratamiento tres, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	73
Tabla 26. <i>Costo de producción de tratamiento cuatro, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	75
Tabla 27. <i>Costo de producción de tratamiento cinco, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	77
Tabla 28. <i>Costo de producción de tratamiento seis, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	79
Tabla 29. <i>Costo de producción de tratamiento siete, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	81
Tabla 30. <i>Costo de producción de tratamiento ocho, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	83
Tabla 31. <i>Costo de producción de tratamiento nueve, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	85
Tabla 32. <i>Costo de producción de tratamiento 10, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	87
Tabla 33. <i>Costo de producción de tratamiento 11, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	89
Tabla 34. <i>Costo de producción de tratamiento 12, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.</i>	91

ÍNDICE DE FIGURA

Número	Página
Figura 1. Unidad experimental, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en tres variedades de lechuga; Zunil, Quetzaltenango.....	31
Figura 2. . Parcela grande, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en tres variedades de lechuga; Zunil, Quetzaltenango.	32
Figura 3. Croquis de campo, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en tres variedades de lechuga; Zunil, Quetzaltenango.....	33
Figura 4. Análisis químico de suelo realizado antes del estudio, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.....	67
Figura 5. Análisis químico de suelo realizado despues del estudio, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.....	68

EVALUACIÓN DE ÁCIDOS HÚMICOS Y FÚLVICOS EN TRES VARIETADES DE LECHUGA; ZUNIL, QUETZALTENANGO.

RESUMEN

EL presente trabajo de investigación se realizó en el municipio de Zunil, departamento de Quetzaltenango, con el objetivo de evaluar el uso de ácidos húmicos y fúlvicos en tres variedades de lechuga. Para ello se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, evaluando las siguientes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos; como factor A: F1 (Humipot 8 l/ha), F2 (Lonite 30 l/ha), F3(Humita-15 20 l/ha), Testigo Relativo (sin aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos) y como factor B las variedades de lechuga: V1(Cartagena), V2 (Legacy), V3 (Rumours). Las variables respuestas fueron: diámetro polar y diámetro ecuatorial, grado de compactación de la cabeza o cogollo, rendimiento expresado en kilogramos/hectárea y finalmente se realizó un análisis económico de rentabilidad de todos los tratamientos evaluados. De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza se pudo determinar que en la variable respuesta de diámetro ecuatorial y diámetro polar no presentan diferencias estadísticas significativas entre las fuentes aplicadas, pero si con respecto al testigo relativo; respecto a la variable grado de compactación se determinó que estadísticamente ninguna de las fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos presentaron ningún efecto positivo. En lo referente a la variable de rendimiento, la aplicación de los ácidos húmicos y fúlvicos como entre variedades el análisis estadístico demostró alta significancia, la fuente Humita-15 (20 l/ha) es la que ofreció los mejores resultados. En lo relacionado en tema de variedades, Cartagena es la que brindó los mejores resultados en donde se obtuvo el mayor rendimiento, siendo de 118628.47 kg/ha, obteniendo una rentabilidad de 47%.

1. INTRODUCCIÓN

La lechuga (*Lactuca sativa L.*) es una de las hortalizas más importantes del grupo de las hortalizas de hoja que se consumen crudas en ensaladas, debido a su bajo costo, además de su importante contenido en minerales, vitaminas y bajo en calorías (Pinedo, 2012); dicho cultivo ha tomado importancia en el mercado nacional e internacional por las cualidades anteriormente mencionadas.

En el municipio de Zunil la agricultura juega un papel muy importante, basando su economía principalmente en el cultivo de lechuga, hortaliza que es una de las más cultivadas, teniendo una gran importancia por la superficie cosechada en la actualidad. Sin embargo, la técnica de cultivo que realizan los agricultores del municipio, se hace sin ninguna conservación de suelos (Segeplan, 2010), lo que se suma al desconocimiento de buenas prácticas agrícolas y tecnologías relacionadas con la agricultura, principalmente a la fertilización del cultivo, lo que ha tenido como consecuencia los bajos rendimientos que obtienen los agricultores en la producción de lechuga, lo que hizo necesario encontrar alternativas relacionadas a los programas de fertilización que actualmente realizan los agricultores.

Por otro lado, la tendencia de la agricultura está orientada a la producción ecológica y orgánica, ya que la aplicación de productos químicos causa efectos negativos sobre la salud humana, sobre los microorganismos del suelo alterando incluso la dinámica de los nutrientes del mismo (Pinedo, 2012).

En este sentido, buscando mejorar el rendimiento en la producción de este cultivo, se propuso evaluar el efecto de los ácidos húmicos y fúlvicos en el cultivo de lechuga, como un complemento en la fertilización que actualmente realizan los agricultores. El estudio se realizó a través de un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas, teniendo como principal objetivo evaluar el efecto de los ácidos húmicos y fúlvicos en los componentes de rendimiento y crecimiento vegetativo, con la finalidad de brindar información técnica que pueda ayudar a los agricultores de la zona a incrementar los rendimientos en este cultivo.

De acuerdo con Arguello (2014) citado por Vega (2016), los ácidos húmicos y fúlvicos son moléculas complejas orgánicas formadas por la descomposición de materia orgánica. Estas influyen directamente en la fertilidad del suelo, a la vez que contribuyen significativamente a su

estabilidad, incidiendo en la absorción de nutrientes y como consecuencia directa, en un crecimiento y desarrollo óptimo de la planta.

En el presente trabajo de investigación se tuvo como objetivo principal la evaluación de la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos en el cultivo de lechuga en el Municipio de Zunil, Quetzaltenango, utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas, midiendo componentes de crecimiento vegetativo, grado de compactación y rendimiento; en base a los resultados obtenidos se determinó que existe un tratamiento en cual se tuvo una fuente(factor A) y una variedad de lechuga (factor B) por medio de la cual se incrementó el crecimiento vegetativo y rendimiento, también fue la que presentó una mejor rentabilidad, lo cual beneficia al agricultor.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Fertilidad del suelo

La fertilidad del suelo está representada por la cantidad adecuada de nutrientes, agua y aire que este es capaz de suministrar a las plantas para permitirles crecer y producir bien. De la vida que hay en el suelo, de los miles de seres vivos que en él habitan proviene en gran parte su fertilidad, es decir la capacidad de producir alimentos en forma abundante, sana y permanente (León, 2007).

La base de la fertilidad de los suelos, está representada por el "humus". La actividad de la vida del suelo (microflora y microfauna) depende de la presencia de materia orgánica y naturalmente de los factores tales como agua, aire, temperatura, grado de pH, etc. La actividad proviene de la materia orgánica de origen vegetal y animal, que, al ser atacada por los microorganismos del suelo, se transforma en este. Este humus después de complejos procesos llega al estado de humus permanente que en el que las sustancias nutritivas se han mineralizado para ser de esta manera asimiladas por las raíces de las plantas (León, 2007). Para que las plantas crezcan sanas y produzcan bien, es necesario que el suelo posea suficientes nutrientes. Para satisfacer adecuadamente las necesidades individuales de los cultivos es importante que se mantengan balanceados en el suelo. La escasez de solo uno de ellos puede mermar seriamente los rendimientos y las utilidades de la agricultura (León, 2007).

El contenido de bases intercambiables (Ca, Mg y K) define en gran parte el grado de fertilidad del suelo, especialmente el de los dos primeros. Los suelos fértiles se distinguen porque tienen altos contenidos de Ca y Mg, mientras que los suelos muy ácidos generalmente presentan deficiencias de Ca y Mg. Entre más alto el contenido de Ca y Mg, mejor es la fertilidad del suelo. Si el suelo presenta una suma de bases inferior a 5 cmol (+)/l se considera que es de baja fertilidad, de 5-12 cmol (+)/l es de fertilidad media, y más de 12 cmol (+)/l es alta fertilidad (Molina, 2007).

2.1.1. Nutrición vegetal. Las plantas absorben elementos minerales de las proximidades de las raíces de una forma indiscriminada, pero la presencia en una planta de algún elemento particular no constituye una prueba de que este elemento sea esencial para su desarrollo, la deficiencia de algún elemento hace imposible para la planta completar su ciclo vegetativo, los síntomas de deficiencia pueden ser prevenidos o corregidos mediante el suministro del elemento, que está directamente involucrado en la nutrición de la planta (Tisdale & Nelson, 1970).

Se reconocen dieciséis elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas. Los primeros tres elementos esenciales son carbono, hidrogeno y oxígeno suministrados por el agua y el aire (dióxido de carbono). Los trece elementos restantes son considerados nutrientes vegetales y se agrupan en macroelementos, necesarios en cantidades grandes y microelementos, de los que la planta necesita de menores cantidades (Thompson & Troeh, 1980).

Solo una pequeña cantidad de los nutrientes presentes en el suelo se encuentra disponible para las plantas. El resto se encuentra enlazado a la fracción mineral y a la materia orgánica, siendo no accesibles mientras no haya pasado por los procesos de descomposición (Thompson & Troeh, 1980).

Los nutrientes son los elementos esenciales para el crecimiento de la planta, la cual los toma del suelo o del agua –por irrigación, por inundación o de las aguas subterráneas– o en un medio hidropónico. Los nutrientes primarios son el nitrógeno, el fósforo y el potasio los cuales son consumidos en cantidades relativamente grandes. Tres nutrientes secundarios son tomados en menores cantidades, pero son esenciales para su crecimiento: el calcio, el magnesio y el azufre. Los micronutrientes o elementos trazas son requeridos en cantidades muy pequeñas, pero generalmente son importantes para el metabolismo vegetal y animal. Estos son el hierro, el zinc, el manganeso, el boro, el cobre, el molibdeno y el cloro. Además, la presencia del sodio, cobalto y silicio parece ser favorable para algunas especies vegetales, pero no son considerados como nutrientes esenciales (FAO, 1999).

a. Macroelementos. Los macronutrientes se necesitan en grandes cantidades, y grandes cantidades tienen que ser aplicadas si el suelo es deficiente en uno o más de ellos. Los suelos pueden ser naturalmente pobres en nutrientes, o pueden llegar a ser deficientes debido a la extracción de los nutrientes por los cultivos a lo largo de los años, o cuando se utilizan variedades de rendimientos altos, las cuales son más demandantes en nutrientes que las variedades locales (FAO, 2002).

En contraste a los macronutrientes, los micronutrientes o microelementos son requeridos sólo en cantidades ínfimas para el crecimiento correcto de las plantas y tienen que ser agregados en cantidades muy pequeñas cuando no pueden ser provistos por el suelo. Dentro del grupo de los macronutrientes, necesarios para el crecimiento de las plantas en grandes cantidades, los nutrientes primarios son nitrógeno, fósforo y potasio (FAO, 2002).

Tres elementos, nitrógeno (N), fósforo (P), y potasio (K), son requeridos en cantidades relativamente altas y se refieren como nutrientes primarios o macronutrientes. N es un componente importante de todas las proteínas, y es integral para la estructura de una planta. P es un componente menor de proteínas, pero es integral para las moléculas que controlan el flujo de energía dentro de la planta y es un componente del material genético. El papel de K parece ser mantener la concentración correcta de sal en la savia. N, P, y K, en proporciones variables, son los elementos principales de todos los fertilizantes químicos. Dependiendo del origen del fertilizante, sus cantidades se pueden expresar como N, P₂O₅, y K₂O (Harter, 2009).

Elementos de un segundo grupo son necesarios en cantidades menores, y se refieren como nutrientes secundarios. Estos incluyen azufre (S), calcio (Ca), y magnesio (Mg). Azufre es otro constituyente de proteínas. Aunque es menos prevalente que N, debe ser presente o no se pueden formar las proteínas correctas. El papel primario de Ca es ayudar a unir células para formar la estructura de la planta. Sin Ca suficiente, una planta tiende a “deshacerse.” Magnesio es un componente de la molécula clorofila, y sin este ion la planta no puede capturar energía de la luz para crear azúcares y soltar oxígeno (O₂). Se puede obtener S de la polución de S en el aire. (Los efectos perjudiciales de azufre en el aire normalmente son más significativos que los beneficios). Pero con la reducción de polución de S en muchas partes del mundo, se ha vuelto necesario fertilizar con S. Como la adición de compuestos de Ca es la manera principal de control de pH, mantener pH en niveles correctos para el crecimiento de plantas normalmente asegura que Ca adecuada está disponible para las necesidades de la planta. Frecuentemente Mg también está presente en mezclas de cal. Si no se encuentra en estos materiales, se puede agregar en forma de sales inglesas (MgSO₄) (Harter, 2009).

b. Microelementos. Kramer (1965) citado por Giró (2008), indica que los nutrientes menores o microelementos, son elementos importantes para el desarrollo de las plantas, estos se encuentran contenidos en ellas, en muy pequeñas cantidades, que van desde 0,01% hasta 0,0001%. Este grupo de nutrientes está compuesto por: hierro, cobre, manganeso, boro, zinc, molibdeno y cloro.

Los oligoelementos o microelementos son boro (B), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), molibdeno (Mo), cloruro (Cl), y níquel (Ni). Los oligoelementos son usados comúnmente en una variedad de enzimas de plantas para controlar y facilitar los procesos de crecimiento y

desarrollo. Algunos, en particular Fe, Mn, y Cu, son importantes en reacciones de transferencia de electrones dentro de la planta. Como estos nutrientes son necesarios en cantidades minúsculas, la mayoría de suelos inicialmente contiene cantidades suficientes para el crecimiento de plantas. Sin embargo, en algunos casos pueden estar ausentes o presentes en cantidades tan pequeñas que con algunos años de removerlos en cosechas puede resultar en agotamiento del nutriente hasta el punto que la planta no pueda obtener la cantidad adecuada para crecimiento apropiado y desarrollo (Harter, 2009).

“Los micronutrientes requieren una atención y cuidado especial porque hay un margen estrecho entre el exceso y la deficiencia en las necesidades de microelementos de las plantas” (FAO, 2002).

Los micronutrientes son necesarios sólo en pequeñas cantidades. Si se aplica demasiado de un microelemento dado (por ejemplo, boro), puede tener un efecto dañino en el cultivo y/o en el cultivo subsiguiente (FAO, 2002).

En muchos casos, las deficiencias de los microelementos son causadas a través de un pH del suelo o sea demasiado bajo (ácido), o más aún, demasiado alto (de neutral a alcalino), de este modo un cambio en el pH del suelo puede pasar a los microelementos en una forma disponible para las plantas (FAO, 2002).

2.1.2. Materia orgánica. La materia orgánica es la conformación de materiales frescos, plantas parcial y completamente descompuestas, siendo el humus el producto final de la descomposición, siendo constituidas por microorganismos y animales pequeños, vivos o muertos (Graetz, 1988).

La materia orgánica del suelo proporciona el material para formar los agregados. La materia orgánica consiste de partes muertas de animales y plantas. Al descomponerse se forma el humus, el cual une las partículas del suelo en agregados, formándose así la estructura del suelo. La materia orgánica es además una fuente de nutrientes para las plantas (FAO, s.f).

El humus es formado en el proceso de descomposición de la materia orgánica. El humus es importante debido a su carga eléctrica negativa, la cual puede retener cationes -o nutrientes con una carga positiva-, lo cual a su vez incrementa la Capacidad de Intercambio de Cationes (CIC). El elemento más importante es el calcio (Ca^{2+}), otros son el magnesio (Mg^{2+}), el potasio (K^+), el

sodio (Na^+) y el amonio (NH_4^+). Este fenómeno permite el intercambio entre estos elementos y el hidrogeno (H^+) y otros cationes y a su vez previene que los nutrientes sean lavados del perfil del suelo durante las lluvias copiosas (FAO, s.f).

La materia orgánica es el residuo de plantas y animales incorporados al suelo, y se expresa en %. El contenido de materia orgánica es un índice que permite estimar en forma aproximada las reservas de N, P y S en el suelo, y su comportamiento en la dinámica de nutrientes (Kass 1996, citado por Molina 2007). La materia orgánica mejora muchas propiedades químicas, físicas y microbiológicas que favorecen el crecimiento de las plantas. Los suelos con menos de 2% de materia orgánica tienen bajo contenido, y de 2 a 5% es un contenido medio, siendo deseable que el valor sea superior a 5% (Molina, 2007).

2.1.3. Sustancias húmicas. Las sustancias húmicas son una mezcla heterogénea de macromoléculas orgánicas con estructura química compleja, distinta y más estable que su forma original, proviene de la degradación de residuos de plantas y animales producida por oxidación enzimática de microorganismos (Stevenson, 1982; Schnitzer, 2000, citado por Covarrubias 2003).

Las propiedades de sustancias húmicas (SH) como fertilizantes han sido conocidos desde hace mucho tiempo, es el componente principal de la materia orgánica del suelo, las SH son objetivo de muchos estudios con diversos enfoques en la agricultura, como química de suelos, la fertilidad, fisiología de las plantas, así como ciencias del medio ambiente, debido a los múltiples roles de estos materiales que pueden beneficiar a la planta con mayor crecimiento (Tan, 1998, citado por Magaña 2015).

“Los ácidos húmicos “comerciales” se extraen a partir de la lignina-leonardita (deposito café suave, parecido al carbón usualmente se encuentran juntos) y de las turbas” (Palomares, 1990, Citado por Covarrubias 2003).

Narro (1997) citado por Covarrubias (2003), menciona que el nombre de ácidos o sustancias húmicas es genérico y conceptual para los materiales orgánicos que se pueden extraer del suelo por varios extractantes; se incluye el ácido húmico, ácido fúlvico y ácido himato melánico, los cuales no tienen una composición química precisa; comercialmente se utilizan mezclas y derivados de estos compuestos, los que se extraen principalmente de la leonardita, del lignito y de las turbas.

a. Ácidos húmicos. Los ácidos húmicos son grupos de sustancias químicas orgánicas, formadas a partir de la descomposición de residuos de origen vegetal y por la acción de los microorganismos del suelo, en la fase final del proceso de humificación de la materia orgánica. Los ácidos húmicos “comerciales” se extraen a partir de la lignita – leonardita (depósito café suave, parecido al carbón, usualmente se encuentran juntos) y de las turbas (Palomares, 1990, citado por Santiago 2001).

“Los ácidos húmicos son sustancias presentes en el humus, químicamente son moléculas muy complejas que presentan grupos carboxilos, hidroxilos, fenólicos y otros que permiten retener, quelatar y potencializar la penetración de los elementos nutritivos en las plantas” (Omega, 1989, citado por Santiago 2001).

Jaramillo (2002), indica que los ácidos húmicos, son compuestos de alto peso molecular, baja acidez (entre 500 y 870 meq/100g), alto grado de polimerización, solubles en álcali, pero precipitan en medio ácido; presentan una fracción soluble en etanol que se conoce como Ácidos Himatomelánicos.

Earth (1997) citado por Ponce (2016), manifiesta que los ácidos húmicos tienen la propiedad de incrementar la capacidad de retención de humedad del suelo. Se estima en términos generales que el humus puede retener agua en una proporción de veinte veces su peso. La utilización de sustancias húmicas (principalmente los ácidos húmicos), incrementa el desarrollo radical, ya sea mediante la aplicación al suelo en soluciones de nutrientes o a través de la aplicación foliar. Los ácidos húmicos presentan un efecto positivo, tanto en la elongación del sistema radical, como en el desarrollo inicial de las raíces secundarias. La respuesta positiva de las plantas a los ácidos húmicos, generalmente decrece a altas concentraciones.

Patterson (1970) citado por Zamora (2014), menciona que los ácidos húmicos contribuyen a la mejora de la estructura del suelo. Por el proceso de humificación y mediante la síntesis microbiológica se producen nuevos compuestos químicos de masa molecular grande y de color oscuro, que contribuyen a la fracción edáfica del suelo.

b. Ácidos fúlvicos. Los ácidos fúlvicos (AF) son sustancias químicas naturales polifuncionales muy complejas, que forman parte de las sustancias húmicas (SH), las cuales están presentes en los suelos, lagos y mares, y que además son la base de los ciclos de los micronutrientes del suelo. Los ácidos fúlvicos son agentes complejantes de cationes metálicos muy importantes,

por lo que causan un impacto directo en la biodisponibilidad y transporte de los mismos (Melo, 2006).

Lora (1994) citado por Ponce (2016), señala que los ácidos fúlvicos constituyen una serie de compuestos sólidos o semisólidos, amorfos, de color amarillento y naturaleza coloidal, fácilmente dispersables en agua y no precipitables por los ácidos, susceptibles en cambio de experimentar floculación en determinadas condiciones de pH y concentración de las soluciones de cationes no alcalinos.

Jaramillo (2002), indica que los ácidos fúlvicos, son compuestos de bajo peso molecular, alta acidez (entre 900 y 1400 meq/100g), bajo grado de polimerización, solubles en álcali y en ácido. Las sustancias fúlvicas, al igual que las húmicas, son originadas de la materia orgánica, entre las principales propiedades que se les atribuye se encuentra la de mejorar la estructura del suelo reduciendo la compactación, aumentar la capacidad de retención de agua, facilitar la absorción de nutrientes y disminuir las pérdidas por lixiviación, que producen efectos benéficos en las plantas en condiciones adecuadas de nutrición vegetal. Además, las sustancias fúlvicas al aplicarse al suelo y plantas, estimulan el crecimiento vegetal y permiten reducir las dosis de varios agroquímicos al incrementar la eficiencia de su asimilación, transporte y metabolismo (Narro, 1997, Citado por Pimienta 2004).

2.2 Cultivo de lechuga

2.2.1. Origen de la lechuga. El origen de la lechuga es bastante antiguo, ya que existen pinturas que representa a esta hortaliza en una tumba de Egipto que data del año 4,500 A. De C. Y que procede probablemente de Asia menor (Vavilov, 1951, citado por Pérez 2006).

El origen de la lechuga parece no estar bien definido, algunos autores afirman que es originaria de Europa meridional, otros afirman que su origen está en Asia y, concretan que es en la India. El cultivo de lechuga se remonta a una antigüedad de 2,500 años, conocida por los griegos y los romanos, pero parece que no existían en aquel tiempo las variedades que se conocen actualmente. La especie *Lactuca sativa L.* es el origen de la mayoría de las lechugas cultivadas (García, 1967).

La lechuga es nativa de la India y el Asia central (Valadez, 1996, citado por Pérez 2006).

2.2.2. Clasificación taxonómica

Reino	Vegetal
División	Espermatofita
Clases	Angiospermas
Subclase	Dicotiledónea
Familia	Compositae (Asteracea)
Tribu	Cichorieae
Género	<i>Lactuca</i>
Especie	<i>sativa</i>

Variedad

Capitata (Lechuga de cabeza),

Longifolia (Romana o cos)

Inybabacea (Lechugas de hoja o foliares)

(Osorio & Lobo 1983, citado por Jaramillo et al. 2016).

2.2.3. Morfología de la lechuga. La lechuga es una planta anual autógama, perteneciente a la familia Asteraceae y cuyo nombre botánico es "Lactuca sativa L." La morfología de la lechuga consiste en:

a. Raíz. La raíz principal es pivotante, corta, puede llegar a penetrar hasta 30 cm de profundidad, con pequeñas ramificaciones; crece muy rápido, con abundante látex, tiene numerosas raíces laterales de absorción, las cuales se desarrollan en la capa superficial del suelo con una profundidad de 5 a 30 cm (Granval & Graviola, 1991; Valadez, 1997; Alzate & Loaiza, 2008, citado por Jaramillo et al. 2016).

b. Hojas. Por su forma son lanceoladas, oblongas o redondas. El borde de los limbos es liso, lobulado, ondulado, aserrado o dentado, lo cual depende de la variedad. Su color es verde amarillento, claro u oscuro; rojizo, púrpura o casi morado, dependiendo del tipo y el cultivar (Granval & Graviola, 1991; Valadez, 1997, citado por Jaramillo et al. 2016).

c. Tallo. El tallo es pequeño, muy corto, cilíndrico y no se ramifica cuando la planta está en el estado óptimo de cosecha; sin embargo, cuando finaliza la etapa comercial, el tallo se alarga

hasta 1,2 m de longitud, con ramificación del extremo y presencia, en cada punta, de las ramillas terminales de una inflorescencia (Valadez, 1997, citado por Jaramillo et al. 2016).

d. Inflorescencia. Las flores están agrupadas en capítulos dispuestos en racimos o corimbos, compuestos por 10 a 25 floretes, con receptáculo plano, rodeado por brácteas imbricadas. El florete tiene pétalos periféricos ligulados, amarillos o blancos. Los interiores presentan corola tubular de borde dentado. El androceo está formado por cinco estambres adheridos a la base de la corola, con presencia de cinco anteras soldadas que forman un tubo polínico, que rodea el estilo. El cáliz es filamentososo y al madurar, la semilla forma el papus o vilano, que actúa como órgano de diseminación anemófila, o sea, por el viento. Los pétalos son soldados (gamosépalos) (Leslie & Pollard, 1954; Whitaker & Ryder, 1964; Valadez, 1997, citado por Jaramillo et al. 2016).

e. Semillas. El fruto es un aquenio típico y la semilla es exalbuminosa, picuda y plana, la cual botánicamente es un fruto (Osorio & Lobo, 1983, citado por Jaramillo et al. 2016); tiene forma aovada, achatada, con tres a cinco costillas en cada cara, de color blanco, amarillo, marrón o negro, mide de dos a cinco mm. En su base se encuentra el vilano o papus plumoso, que facilita la diseminación por el viento; este se desprende fácilmente, con lo cual el aquenio de la semilla queda limpio (Granval & Graviola, 1991; Valadez, 1997, citado por Jaramillo et al. 2016).

2.2.4. Variedades de la lechuga

a. Iceberg. En este grupo se encuentran las lechugas conocidas como Batavia e Iceberg, que se caracterizan por presentar cabeza cerrada y mayor resistencia al daño mecánico. En su interior, las hojas forman un cogollo apretado o cabeza firme, las hojas exteriores son abiertas, gruesas, crujientes, con bordes rizados y sirven de envoltura y protección al cogollo (Flórez *et al.*, 2012, citado por Jaramillo et al. 2016).

b. Romana. De cogollo largo, con hojas aproximadamente lanceoladas, menos gruesas que las *iceberg* pero gruesas y crujientes. Se la conoce en España como *oreja de mulo*. (Cáceres, 1985, citado por Pinedo 2012).

c. Francesa. De cogollo redondo, hojas finas y textura mantecosa; tiene un sabor delicado pero intenso. Se la conoce también como *Boston*. (Edmundo *et. al.*, 2009, citado por Pinedo 2012).

2.2.5. Valor nutricional. Para Barceló (1980) citado por Giró (2008), la lechuga es un alimento que aporta muy pocas calorías por su alto contenido en agua, su escasa cantidad de hidratos de carbono y menor aún de proteínas y grasas. En cuanto a su contenido en vitaminas, destaca la presencia de vitamina A o beta-caroteno, y vitaminas C y E. Los folatos intervienen en la producción de glóbulos rojos y blancos, en la síntesis de material genético y la formación de anticuerpos del sistema inmunológico.

La composición de la lechuga (*Lactuca sativa L.*) Lechuga Arrepollada (Iceberg) por 100 gramos de porción comestible es de: Agua (95.64 %), Energía (14 g), Proteína (0.9 g), Grasa total (0,14 g), Carbohidratos (2,97 g), Fibra dietética total (1,2 g), Ceniza (0,36 g), Calcio(18 mg), Fósforo(20 mg), Hierro (0,41 mg), Tiamina (0,04 mg), Riboflavina (0,03 mg), Niacina (0,12 mg), Vitamina C (3 mg), Vitamina A equiv. retinol (25 mg), Ácidos grasos monoinsaturados (0,01 g), Ácidos grasos poliinsaturados (0,07 g), Ácidos grasos saturados (0,02 g), Colesterol (0 mg), Potasio (141 mg), Sodio (10 mg), Zinc (0,15 mg), Magnesio (7 mg), Vitamina B6 (0,04 mg), Vitamina B12 (0 cmg), Ácido fólico (0 cmg), Folato equiv. FD (29 cmg), Fracción comestible (0,95 %) (INCAP, 2012).

2.2.6. Requerimientos edafoclimáticos

a. Temperatura. La temperatura óptima de germinación oscila entre 18-20°C. Durante la fase de crecimiento del cultivo se requieren temperaturas entre 14-18°C por el día y 5-8°C por la noche, pues la lechuga exige que haya diferencia de temperaturas entre el día y la noche. Durante el acogollado se requieren temperaturas en torno a los 12°C por el día y 3-5°C por la noche. Este cultivo soporta peor las temperaturas elevadas que las bajas, ya que como temperatura máxima puede soportar hasta los 30 °C y como mínima temperaturas de hasta -6 °C. Cuando la lechuga soporta temperaturas bajas durante algún tiempo, sus hojas toman una coloración rojiza, que se puede confundir con alguna carencia (Méndez, 2014).

b. Humedad relativa. El sistema radicular de la lechuga es muy reducido en comparación con la parte aérea, por lo que es muy sensible a la falta de humedad y soporta mal un periodo de sequía, aunque éste sea muy breve. La humedad relativa conveniente para la lechuga es del 60 al 80%, aunque en determinados momentos agradece menos del 60%. Los problemas que presenta

este cultivo en invernadero es que se incrementa la humedad ambiental, por lo que se recomienda su cultivo al aire libre, cuando las condiciones climatológicas lo permitan (Méndez, 2014).

c. Luminosidad. La lechuga es una planta anual que bajo condiciones de fotoperiodo largo (más de 12 horas luz), acompañado de altas temperaturas (mayores de 26 °C), emite el tallo floral; al respecto son más sensibles las lechugas foliares que las de cabeza. En cuanto a la intensidad de la luz, el cultivo es exigente en alta luminosidad para un mejor desarrollo del follaje en volumen, peso y calidad, dado que estas plantas exigen mucha luz y se ha comprobado que su escasez causa que las hojas sean delgadas y que en múltiples ocasiones las cabezas sean flojas y poco compactas. Se recomienda considerar este factor para establecer una densidad de población adecuada y para evitar el sombreado de plantas entre sí (Valadez, 1997, citado por Jaramillo et al. 2016).

d. Suelo. Los suelos preferidos por la lechuga son los ligeros, arenoso-limosos, con buen drenaje, situando el pH óptimo entre 6,7 y 7,4. En los suelos humíferos, la lechuga vegeta bien, pero si son excesivamente ácidos será necesario encalar (Méndez, 2014).

2.2.7. Plagas y enfermedades

a. Trips (*Frankliniella occidentalis*). De las principales plagas que viene afectando a los cultivos de lechuga, es el trips, en concreto *Frankliniella occidentalis*. Los adultos miden de 0,8 a 0,9 mm de longitud los machos y en torno a 1,2-1,6 las hembras. *Frankliniella* es una especie fitófaga, extremadamente polífaga, con una gran capacidad multiplicadora. Su eficacia en la transmisión del virus del bronceado del tomate “*TSWV*” le confiere una gran peligrosidad para los cultivos sensibles al mismo, como es la lechuga. Su ciclo biológico se puede resumir de la siguiente manera: las hembras adultas incrustan los huevos en los tejidos vegetales tiernos, de los que salen las larvas neonatas o de primer estado, apenas visibles a simple vista, que evolucionan a un segundo estado, donde llega a alcanzar 1 mm de longitud, siendo de color amarillento. Los daños que pueden realizar en los cultivos de lechuga son de dos tipos: daños directos, por picaduras de alimentación de adultos y larvas que provocan zonas o manchas plateadas y algunas deformaciones en tejidos en crecimiento, así como por las punteaduras de las puestas, y daños indirectos, como consecuencia de la transmisión de enfermedades, en especial de virus del bronceado del tomate, del que es su principal vector (González & López, 2002).

b. Minadores (*Liriomyza trifolii* y *Liriomyza huidobrensis*). Varias son las especies de *Liriomyza* que pueden atacar al cultivo de la lechuga, pudiéndose encontrar *Liriomyza brioniae* y *L. trifolii* y, ocasionalmente, *L. huidobrensis*. Estos insectos son pequeños dípteros, cuyos adultos, que miden de 1,4 a 2,3 mm de longitud, realizan las puestas en el parénquima de las hojas, en cuyo interior se desarrollan todos los estados larvarios. Finalizada la fase larvaria, de color blanquecino amarillento, emergen de las galerías, para pupar en el exterior de la hoja o sobre el suelo, completando su ciclo al eclosionar de nuevo el adulto. Los adultos ocasionan daños al realizar toda una serie de punteaduras en las hojas por picaduras de alimentación y de puesta. Sin embargo, los daños más graves los producen las larvas, al realizar las galerías de alimentación en el interior de las hojas, destruyendo parte del tejido foliar. Tanto en uno como en otro caso, los daños mecánicos sobre las hojas, pueden ser punto de penetración para algunos hongos y bacterias, favoreciendo sus infecciones. A veces, las repercusiones comerciales de esta plaga, por lo que la simple detección de algún individuo, son incluso superiores a los daños directos que ocasionan sobre la producción, al estar considerada plaga de cuarentena en algunos países (González & López, 2002).

c. Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*). En el grupo de insectos conocidos como "moscas blancas" existe un gran número de especies descritas de los trópicos y subtrópicos, sin embargo, solo dos especies han sido estudiadas, con suficiente detalle, en su biología y ecología, debido a que son muy polífagas y se encuentran en muchas de las plantas cultivadas. Ellas son *Bemisia tabaci* (Gemnadius) y *Trialeurodes vaporariorum* (West-wood). Su importancia como plaga es similar a la de otros insectos chupadores por los daños directos que causan al alimentarse y los indirectos como vectores de enfermedades o contaminantes de los productos. Ambas especies son plagas de gran importancia económica en las hortalizas (León, 2007).

La biología y la ecología de estas dos especies de mosca blanca son bastante similares y comparten gran número de las plantas hospederas, solo que en algunos lugares geográficos una especie es substituida por la otra y viceversa (León, 2007).

d. Pulgones (*Narsonovia ribis-nigri*, *Myzus persicae*, *Macrosiphum euphorbiae* y *Aphis gossypii*). Los áfidos o pulgones, son homópteros, con una gran capacidad reproductiva cuando las condiciones les son favorables. Son insectos típicamente chupadores, que clavan su estilete en el tejido vegetal, del que extraen gran cantidad de savia, que es filtrada en su aparato digestivo, reteniendo los aminoácidos y otros nutrientes que necesita el insecto para su desarrollo y

eliminando, a través del ano, el exceso de agua e hidratos de carbono que contiene la savia del vegetal, en forma de gotas de melaza. Presentan dos formas morfológicas muy diferentes, encontrándose individuos ápteros e individuos alados. Las hembras, por partenogénesis “*sin necesidad de machos*”, paren directamente las larvas, que inmediatamente clavan su estilete y comienzan a alimentarse, formando densas colonias. Los daños que pueden producir sobre el cultivo son de diferentes tipos:

- Daños directos de alimentación que debilitan las plantas, inyectando también en este proceso sustancias tóxicas que producen una deformación de las hojas.
- Transmisión de virus, como LMV (González & López, 2002).

e. Mancha de la hoja de la lechuga (*Septoria lactucae*). Aparecen en todo el mundo y afectan numerosas plantas de cultivo en las que producen la mayoría de los tizones y manchas foliares. Estas manchas se forman al principio entre las nervaduras de las hojas, pero en poco tiempo se ennegrecen y extienden con gran rapidez hasta formar manchas irregulares. Produce conidios largos filiformes, hialinos y de una a varias células en picnidios y negros. Cuando estos últimos se humedecen, se hinchan y de ellos salen los conidios dispuestos en largos cordones. *Septoria* inverna en forma de micelio y conidios sobre semillas infectadas (o en el interior de ellas) y en restos de plantas (Agrios, 1988, citado por Gasca 2004).

Las hojas presentan numerosas manchas necróticas, de tamaño y formas irregulares. El centro de las lesiones tiene una coloración verde oscuro a negro, y en común se fuerza a un rompimiento en las partes dañadas. Las lesiones foliares necróticas tienen contornos irregulares delimitadas por las nervaduras. El centro de la lesión es oscuro por la presencia de picnidios del agente causal (UC DAVIS, 2002, citado por Gasca 2004).

f. Botritis (*Botrytis cinerea*). Es un hongo polífago que afecta a las plantas en cualquier estado de desarrollo. Los daños son graves cuando se dan las condiciones óptimas para la infección, para el desarrollo y para la dispersión del hongo. Se instala en tejidos alterados por causas mecánicas, fisiológicas o afectados por otros microorganismos, en este caso llega a colonizar los tejidos próximos a los alterados. Se multiplica y dispersa mediante conidios o esporas formadas sobre estructuras arborescentes, siendo arrastrados por el agua y el aire. Los órganos con heridas, con cutícula muy fina o envejecidos (cotiledones en plántula, hojas exteriores senescentes en plantas adultas), son los propicios para que se instale. Las condiciones propicias para el desarrollo

de la enfermedad se caracterizan por alta humedad relativa, temperaturas comprendidas entre 18 y 20 °C y periodos de reducida luminosidad (tiempo nuboso y lluvioso). El micelio se puede desarrollar a temperaturas superiores a 5 °C, aunque para producir conidios ha de ser más alta la temperatura (González & López, 2002).

g. Mildiu veloso (*Bremia lactucae*). El mildiu (*Bremia lactucae*) es una de las enfermedades más frecuentes que afectan a la lechuga. Se desarrolla sobre los cotiledones (plantas jóvenes) y sobre las hojas de la corona (plantas adultas), recubriéndolas con un fieltro blanco más o menos denso, invade los tejidos foliares y posteriormente los clorosa. Las hojas muy tocadas, sobre las 12 que las manchas han confluído, se necrosan por completo y mueren. Este hongo parásito obligado está extremadamente condicionado por las condiciones climáticas, temperaturas entre 10 y 24 °C con una humedad relativa cercana al 100% favorecen su desarrollo. Para el control de esta enfermedad se han utilizado tradicionalmente los Ditiocarbamatos, cobre, fungicidas como el cimoxanilo, el propamocarb HCl y las fenilaminas (Blancard, 2005, citado por González & Zepeda 2013).

h. Esclerotinia (*Sclerotinia minor*, *S. sclerotiorum*). *Sclerotinia minor* está muy relacionada con *S. sclerotiorum* y, aunque taxonómicamente son diferentes hay mucho solape entre las enfermedades causadas por ambos organismos, *S. minor*, tiene esclerosios menores (0.5-2.0 mm de diámetro) y raras veces forma apotecios. La infección depende del contacto de esclerosios con tejidos de hospederos susceptibles, que infectan por germinación micelogenica. El síntoma clásico es la "caída de la lechuga", caracterizada por infección en la base del tallo, marchitez de las hojas inferiores y colapso progresivo de toda la planta. Aparte de reducir el énfasis sobre las ascosporas como inóculo, lo que se dice de *S. sclerotiorum* debe aplicarse también a *S. minor* (SMITH, 1992, citado por Gasca 2004).

i. Virus del mosaico de la lechuga (LMV). El LMV (Virus del mosaico de la lechuga) es uno de los virus más graves que atacan a la lechuga. En las plantas jóvenes provistas de semilla infectadas se distingue muy rápidamente, sobre las hojas, aclareos de las nervaciones, un mosaico, incluso un abarquillado del limbo, a veces algunos puntos necróticos, el crecimiento se ve afectado y por tanto no son comercializables. Las plantas infectadas más tardíamente revelan un jaspeado de verde claro a amarillo y deformaciones foliares, especialmente con un enrollamiento de las hojas

externas. Para el manejo de la enfermedad se recomienda el control de áfidos (Blancard, 2005, citado por González & Zepeda 2013).

j. Virus del bronceado del tomate (TSWV). González, García y López (2002), señalan que la enfermedad producida por Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV) constituye uno de los principales problemas fitopatológicos del cultivo, ello es debido a las poblaciones del trips vector *Frankliniella occidentalis* se mantienen activas durante todo el año, alcanzando máximos niveles en los períodos con temperaturas comprendidas entre 20 y 30 °C. El virus puede afectar a las plantas en todos los estados de desarrollo. Los síntomas son, inicialmente, unilaterales, afectando a una parte de la planta; con el tiempo llega a afectar a toda la planta haciéndola inservible. La intensidad y las características de los síntomas varían con las condiciones ambientales. En algunas plantas los primeros síntomas consisten en la decoloración de una parte de las hojas o de las hojas de un sector de la planta, por la aparición de pequeñas manchas circulares amarillas en el limbo. Luego toman coloración verde-amarillenta-bronceada al tiempo que se detiene el desarrollo y las hojas se arquean hacia el envés. Con el tiempo en las zonas afectadas aparecen anillos necróticos de tres a cuatro mm de diámetro. Los síntomas se extienden a toda la planta que termina por necrosarse si las condiciones son favorables para la multiplicación del virus. En ocasiones, los anillos necróticos son los primeros síntomas en aparecer. Cuando la infección se produce poco antes de la recolección los síntomas (anillos necróticos) aparecen durante el proceso de comercialización, facilitando la instalación de hongos y bacterias productoras de podredumbres, además de depreciar la lechuga.

2.2.8. Importancia económica. A lo largo de los años, Guatemala como país se ha convertido en líder de ventas de hortalizas en Centro América, llegando incluso a competir con países de mayor envergadura como México y Perú. Los productos que se siembran principalmente en huertos se han posicionado en otros mercados, siendo los más cotizados el tomate, lechuga, chile pimiento y zanahoria. El clima de Guatemala es el ideal para la producción de los cultivos como la lechuga. Las hortalizas se producen en climas de fríos a templados (Izaguirre, 2016).

Tabla 1.

Producción histórica nacional de lechuga en Guatemala. (Cifras en toneladas).

Año	Producción
2008	40,400
2009	40,400
2010	40,400
2012	33,500

(Banco de Guatemala 2013, citado por Izaguirre 2016).

En el cuadro uno, se puede observar la producción de lechuga en nuestro país uniforme del 2008 al 2012, seguidamente se observa que hay un decremento por la falta de interés o capacidad en la producción de los agricultores.

La actividad productiva más importante en el municipio de Zunil, Quetzaltenango es la agricultura, que brinda empleo hasta un 64% de la población (Segeplan, 2010). El municipio cuenta con 116.2 hectáreas dedicadas a la producción agrícola, de estas 28.7 son destinadas a la producción de lechuga (INE, 2004). La comercialización de los productos hortícolas se realizan en la cabecera municipal, departamental y una parte es llevada a otros municipios aledaños como también a la costa sur (Segeplan, 2010).

2.3 Investigaciones relacionadas al tema

De León (2016). En su estudio denominado evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el rendimiento de papa variedad loman en Ixchiguán, San Marcos. Tuvo como objetivo principal evaluar el uso de ácidos húmicos y fúlvicos en la producción de papa (*Solanum tuberosum*), variedad loman. A través de un diseño Bloques al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones siendo los tratamientos: fuente de ácidos húmicos y fúlvicos (ácidos húmicos 25% y ácidos fúlvicos 10%) cuatro dosis (19.53, 29.29, 39.6, 48.82 litros/hectárea), con las respectivas combinaciones. Evaluando las variables: componentes de rendimiento (peso promedio de tubérculo/ tratamiento, kg/ha) y componentes de crecimiento (altura de la planta, diámetro polar y ecuatorial). Encontró que la mejor dosis de ácidos húmicos y fúlvicos fue de 48.82 l/ha, después de realizado la prueba

de medias (Tukey al 5%), se determinó que estadísticamente si existe diferencia entre los diferentes tratamientos. En relación a otras variables (peso de tubérculos en gramos, altura de la planta, diámetro polar y ecuatorial de la papa), no existió diferencia estadística significativa en el efecto de la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos a las diferentes dosis evaluadas. Concluyó que de acuerdo a los resultados de la prueba de medias en rendimiento kg/ha, el mejor tratamiento fue el número cuatro, con una dosis de 48.82 litros/hectárea, el cual obtuvo un rendimiento de 95,896 kilogramos/hectárea. Todos los tratamientos restantes son estadísticamente iguales.

Del Cid (2014). En su evaluación del efecto de los ácidos húmicos en el cultivo de melón en Estanzuela, Zacapa. Teniendo como objetivo principal determinar el efecto de tres productos a base de ácidos húmicos sobre el rendimiento y calidad del cultivo de melón (*Cucumis melo* L. var. *Reticulatus*) tipo Cantaloupe, para fines de exportación. A través de un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones, siendo los tratamientos: fuentes de ácidos húmicos (ácidos húmicos 60%, ácidos húmicos 25%, ácidos húmicos 15%) tres dosis (17.14 kg/ha, 42.86 L/ha, 42.86 L/ha) con las respectivas combinaciones. Evaluando las variables de rendimiento (rendimientos de melón calidad exportable, rendimiento de melón calidad mercado interno, tamaño de fruta) calidad de fruta (concentración de sólidos solubles (grados brix), firmeza de la pulpa de los frutos). Encontró que la fuente con mayor efecto de ácidos húmicos fue Humitron. Sin embargo, después de realizado la prueba de medias (Tukey al 5%) se determinó que los mejores resultados fueron aquellos en que se realizaron aplicaciones de ácidos húmicos en sus diferentes concentraciones, en comparación al testigo comercial que no tubo aplicaciones de ácidos húmicos. En relación a las variables de calidad de fruto (concentración de sólidos solubles (grados brix), firmeza de la pulpa de los frutos) existió diferencia significativa en rendimiento, no así en calidad. Concluyendo que el efecto que tuvieron los ácidos húmicos sobre el rendimiento de melón, se pudo determinar que fueron estadísticamente iguales, pero diferentes y superiores al testigo.

Pinedo (2012). En su evaluación del efecto de ácido húmico granulado de leonardita y ácidos húmicos y fúlvicos con macro y micro elementos en el cultivo de lechuga. Teniendo como objetivo principal evaluar el efecto de dosis de ácido húmico granulado de leonardita y los ácidos húmicos y fúlvicos con macro y micro elementos en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) Var. Great Lakes 659 bajo condiciones agroecológicas en la provincia de Lamas. A través de un diseño de bloques completamente al azar, con cinco tratamientos y tres repeticiones, siendo los

tratamientos: ácido húmico granulado y ácidos húmicos y fúlvicos con macro y micro elementos (aplicación de 150 kg/ha/ac. húmicos aplicados el 100% a la siembra, aplicación de 200 kg/ha/ ac. húmicos, aplicado el 100% a la siembra, aplicación de 30 l/ha/ ac. húmicos, fúlvicos con macro y micro elementos, aplicado el 50% a la siembra y el 50% a 15 DDS, aplicación de 50 l/ha ac. húmicos y fúlvicos con macro y micro elementos, aplicado el 50% a la siembra y el 50% a 15 DDS), con las respectivas combinaciones. Evaluando las variables: componentes de rendimiento (kg/ha) y componentes de crecimiento (porcentaje de emergencia, altura de planta, diámetro de base de tallo). Encontró que la mejor fuente es ácidos húmicos y fúlvicos con macro y micro elementos con dosis de 50 l/ha. Realizando la prueba de Duncan al 95% reveló diferencia estadística significativa entre tratamientos. Concluyendo que la mejor dosis son 50 l/ha de ácidos húmicos y fúlvicos con macro y micro elementos.

Cruz (2001). Evaluando ácidos húmicos y fúlvicos en papa (*Solanum tuberosum*), en la sierra de Arteaga, Coahuila. Teniendo como objetivo principal incrementar la producción y reducir la dosis de fertilizante aplicado al cultivo de papa en suelos calcáreos y mejorar las condiciones del suelo mediante el uso de sustancias húmicas aplicados vía fertirriego en combinación con el fertilizante. A través de un diseño de bloques completamente al azar, con seis tratamientos y cuatro repeticiones, siendo los tratamientos: fertilizante líquido nitrogenado (30-00-00) + ácidos húmicos y fúlvicos al 12%. Fertilizante líquido fosfatado (8-25-00) + ácidos húmicos y fúlvicos al 12%. Fertilizante líquido nitrogenado (30-00-00) + ácidos húmicos y fúlvicos al 12%. Fertilizante líquido potásico (0-4.5-16.5) + ácidos húmicos y fúlvicos al 12%. Fertilizante líquido magnesio, fierro, boro (4.0Mg-3.0Fe-0.8B) + ácidos húmicos y fúlvicos al 12%. Fertilizante líquido calcio (2.0-0-0)16.5 Ca. Extracto de ácido húmico y fúlvico 12% mínimo. Evaluando las variables: Componentes de rendimiento (peso promedio de tubérculo/ tratamiento, peso seco/planta, ton/ha) y componentes de crecimiento (altura de planta, número de tallos/planta). Encontró que el mejor tratamiento con mayor rendimiento lo obtuvo el Agror solo, con 37,087 ton/ha. En rendimiento total, todos los tratamientos con fertilización sólida mostraron un comportamiento estadísticamente superior al 0.05 con relación al testigo. Concluyendo que la aplicación de los ácidos húmicos al suelo incrementa el rendimiento, siendo el mejor tratamiento donde se aplicó Agror solo (ácidos húmicos al 12%) el mayor rendimiento total.

Ponce (2016). En su estudio denominado evaluación de ácido húmico granulado de leonardita y ácidos húmicos y fúlvicos con macro y micro elementos, en el cultivo de col china en el distrito de Lamas. Teniendo como objetivo principal evaluar dosis de ácido húmico granulado de leonardita y ácidos húmicos y fúlvicos con macro y micro elementos en el cultivo de Col china (*Brassica pekinensis*) variedad Kibocho 90 F-1 bajo condiciones agroecológicas en el distrito de Lamas. A través de un diseño de bloques completamente al azar, con cinco tratamientos y tres repeticiones, siendo los tratamientos: fuentes de (ácido húmico granulado y ácidos húmicos y fúlvicos con macro) cuatro dosis (Testigo, 100 kg/ha de ácido húmico, 200 kg/ha de ácido húmico, 30. l/ha ácidos húmicos y fúlvicos con macro y micro nutrientes, 50. l/ha ácidos húmicos y fúlvicos con macro y micro nutrientes), con las respectivas combinaciones. Evaluando las variables: componentes de rendimiento (kg/ha) y componentes de crecimiento (porcentaje de prendimiento, altura de planta, diámetro de la planta). Encontró que la mejor dosis de ácidos húmicos y fúlvicos con macro y micro elementos fue 50 l/ha, sin embargo, después de realizada la prueba de Duncan al 5% determinó que la dosis resulto ser estadísticamente igual a 30 l/ha en relación al rendimiento obtenido. Concluyendo que la mejor fuente fue ácidos húmicos y fúlvicos con macro y micro elementos con una dosis de 30 l/ha.

Frías (2000). En su estudio de tipos de ácidos fúlvicos en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), en Saltillo, Coahuila. Teniendo como objetivo observar el comportamiento del cultivo de tomate con el uso de dos tipos de ácidos fúlvicos (ácido y alcalino). A través de un diseño completamente al azar, con seis tratamientos y 12 repeticiones, siendo los tratamientos: testigo (solución al 100%), solución al 100% + 0.2cc de ácido, solución al 100% + 0.2cc de alcalino, testigo (solución al 50%), solución al 50% + 0.2 de ácido, solución de 50% + 0.2cc de alcalino. Evaluando las variables: componentes de rendimiento (rendimiento/ tratamiento) y componente de crecimiento (altura de la planta, número de flores/planta). Encontró que el mejor tratamiento con mayor rendimiento lo obtuvo la sustancia alcalina con 857,71 gramos/tratamiento. No hubo diferencia significativa entre la sustancia alcalina y la sustancia acida. En relación a otras variables (altura de la planta, número de flores/tratamiento, número de racimos/tratamientos, número de frutos/planta), existió diferencia significativa en la aplicación de ácidos fúlvicos, teniendo mejor comportamiento superando al testigo. Concluyendo que la aplicación de ácidos fúlvicos se obtiene mejores resultados debido a que se tiene una mejor disponibilidad de nutrientes para la planta, que

los tratamientos tratados con ácidos fúlvicos (ácido y alcalino) se obtiene un mayor y mejor comportamiento, siendo los mejores resultados las concentraciones acidas a solución de 100% en relación a altura, número de flores y frutos en la planta y la solución al 50% es mejor la concentración alcalina.

Zamora (2014). Evaluando la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* Var. Italica) en Cevallos, Tungurahua. Teniendo como objetivo principal evaluar los efectos que genera la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos en el rendimiento del cultivo del brócoli. A través de un diseño experimental de parcelas divididas, con ocho tratamientos, siendo los tratamientos: fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos (Humimax y Pieler humus) dos dosis (1 y 2 l/ha), con las respectivas combinaciones. Evaluando las variables: componentes de rendimiento (rendimiento/tratamiento, toneladas métricas/ha) y componentes de crecimiento (porcentaje de prendimiento, altura de la planta, diámetro del tallo, diámetro ecuatorial de la pella). Encontró que la mejor fuente de ácidos húmicos y fúlvicos fue pieler humus con una dosis de 1 l/ha, obteniendo mejores resultados en rendimiento con el híbrido Avenger. Aplicando el análisis de varianza se establecieron diferencias estadísticas significativas a nivel de 5% y las dosis de aplicación registraron significación estadística a nivel de 5%. En relación a las otras variables (porcentaje de prendimiento, altura de la planta, diámetro del tallo, diámetro ecuatorial de la pella), existió diferencia significativa en dosis e híbrido. Concluye que el tratamiento (híbrido Avenger, Pieler humus 1 l/ha), alcanzó la mayor relación beneficio/costo de 1,11 en donde los beneficios netos fueron de 1,11 veces lo invertido, siendo desde el punto de vista económico el tratamiento de mayor rentabilidad.

Moreno (2013). Evaluando la efectividad de sustancias húmicas en la producción y calidad de chile jalapeño en Saltillo, Coahuila. Teniendo como objetivo principal determinar la efectividad de sustancias húmicas de leonardita, en la producción y calidad de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). A través de un diseño bloques al azar, con ocho tratamientos y seis repeticiones, siendo los tratamientos: ácidos húmicos y fúlvicos (ácidos húmicos + sulfato ferroso 1, ácidos húmicos + sulfato ferroso2, ácidos húmicos + sulfato ferroso3, ácidos húmicos + sulfato ferroso4, ácidos húmicos + 0, ácidos fúlvicos + nitrato de calcio, control) con siete dosis (4ml +10.45g, 4ml + 2.47 g, 4ml + 0.4 g, 4ml + 0.2 g, + 4 ml, 4 ml + 27.70 g, + 4 ml, solución nutritiva), con las respectivas combinaciones. Evaluando las variables respuestas: calidad del fruto (número de fruto,

peso de fruto, longitud de fruto, diámetro ecuatorial de fruta, vitamina C en la fruta) y componentes de crecimiento (cobertura vegetal, altura de planta, diámetro de tallo y el contenido de hierro del tejido vegetal de follaje). Concluyendo que los ácidos húmicos de leonardita, mezclados con hierro, realizaron efecto positivo en el contenido de vitamina C, altura de planta, diámetro de tallo, cobertura vegetal y calidad de hierro en el tejido vegetal de follaje, mientras que los ácidos fúlvicos solos, lo efectuaron en el diámetro, longitud, peso y número de frutos. Los ácidos fúlvicos realizaron efecto positivo en las variables de la calidad del fruto de chile jalapeño variedad M.

Ríos (2015). Evaluando dosis de ácidos húmicos y fúlvicos con macro y micro elementos, en el cultivo de lechuga en la provincia de Lamas. Tuvo como objetivo principal determinar la dosis con mayor eficiencia de ácidos húmicos y fúlvicos con macro y micro elementos, en el rendimiento del cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) Var, "GRAND RAPIDS WALDEMAN" S STRAIN", bajo condiciones agroecológicas. A través de un diseño estadístico de bloques completamente al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones siendo los tratamientos: dosis de ácidos húmicos y fúlvicos con macro y micro elementos T1: 20 l/ha (Humifarm Plus), T2: 40 l/ha (Humifarm Plus), T3: 60 l/ha (Humifarm Plus), T0: testigo (sin aplicación), con las respectivas combinaciones. Evaluando las variables: componentes de rendimiento (peso/planta kg/ha) y componentes de crecimiento vegetativo (% de prendimiento, altura de planta, diámetro de la base del tallo) Encontró que la mejor dosis fue el tratamiento T3 (60 l/ha) obtuvo el mayor promedio número de rendimiento con 67,362.5 kg/ha, superando estadísticamente a los promedios de los demás tratamientos. Realizando la prueba múltiple de Duncan con los promedios ordenados de menor a mayor, reveló diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, corroborando el resultado del análisis de varianza. Concluyendo que las aplicaciones crecientes de ácidos húmicos y fúlvicos describieron efectos lineales positivos sobre la altura de planta, peso de la planta, número de hojas por planta y el rendimiento en kg/ha.

Estévez (2006). Evaluando efectos que genera la aplicación de ácidos húmicos en el rendimiento y calidad del cultivo del brócoli en la hacienda de Pastaví, cantón Otavalo, parroquia Quichinche. Tuvo como objetivo principal evaluar los efectos de la aplicación de tres ácidos húmicos comerciales con diferentes dosis en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea* var. italica). Mediante un diseño de bloques completamente al azar, con 10 tratamientos y cuatro repeticiones, siendo los tratamientos: dosis de ácidos húmicos (1.00 lt/ha, 1.5 lt/ha, 2.00 lt/ha), ácidos húmicos

comerciales (EcoHum Dx, Codahumus, Ácidos húmicos) con las respectivas combinaciones. Evaluando las variables: estado fenológico y características (porcentaje de prendimiento, grosor de tallo, tamaño de la hoja, altura de la planta), calidad de inflorescencia (diámetro de la inflorescencia, % sanidad de la inflorescencia), variable de producción (peso de la inflorescencia, rendimiento). Determinó que la casa comercial P1 (EcoHum DX) con dosis de 2 lts/ha obtuvo, un mayor rendimiento con 37.64 kg promedio de las unidades experimentales en las que se aplicó este producto, sin embargo, después de realizado la prueba de medias (Tukey al 5%) las dosis utilizadas en este ensayo no presentan ninguna diferencia estadística, sin embargo, todos los tratamientos fueron superiores al testigo. Concluyendo que todos los tratamientos en los que se utilizaron ácidos húmicos superaron al testigo; en el prendimiento de las plantas del brócoli y rendimiento del cultivo; con lo que se comprueba la eficiencia y beneficio de la aplicación de los ácidos húmicos.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

La actividad productiva más importante en el municipio de Zunil, Quetzaltenango es la agricultura, que brinda empleo hasta un 64% de la población (Segeplan, 2010). El municipio cuenta con 116.2 hectáreas dedicadas a la producción agrícola, de éstas 28.7 son destinadas a la producción de lechuga (INE, 2004). El problema que afecta a los agricultores son los bajos rendimientos que obtienen por unidad de área de este cultivo, una de las causas más notables es la degradación paulatina de los suelos destinados a la producción, debido a las malas prácticas agrícolas en la explotación intensiva de hortalizas.

Es por ello que se hace necesario encontrar alternativas relacionadas a los programas de fertilización utilizados por los agricultores, es allí en donde la incorporación de los ácidos húmicos y fúlvicos pueden ser un complemento a la fertilización. Los ácidos húmicos y fúlvicos son moléculas complejas de agrupaciones macromoleculares procedentes de la descomposición de materia orgánica que influyen en el mejoramiento de la fertilidad del suelo, su efecto en la capacidad de intercambio catiónico aumenta la disponibilidad de nutrientes para los cultivos, mayor retención de agua, mejorando las propiedades físico químicas y biológicas que ayudan a la formación y conservación del suelo. Estudios realizados, han demostrado la compatibilidad de los ácidos húmicos y fúlvicos como mejoradores de la disponibilidad de algunos macro y microelementos (K, Ca, P, Fe, Zn, Mn) (Chean y Aviad, 1990, citado por Dimas 2009).

Conscientes de dicha realidad, se dio la iniciativa de esta investigación que se propuso a evaluar ácidos húmicos y fúlvicos en tres variedades de lechuga, esperando a que haya existido un adecuado balance en el suelo que haya permitido la disponibilidad de nutrientes, así como también un efecto directo en las necesidades de rendimiento. Dada la importancia del cultivo en la actividad agrícola e ingreso económico, fue importante realizar esta investigación para brindar información técnica eficaz para la producción de los agricultores.

4. OBJETIVOS

4.1 General

Evaluar el uso de ácidos húmicos y fúlvicos en variedades de lechuga; Zunil, Quetzaltenango.

4.2 Específicos

Determinar el efecto de los ácidos húmicos y fúlvicos en el crecimiento vegetativo, en tres variedades de lechuga.

Identificar el efecto de los ácidos húmicos y fúlvicos en el grado de consistencia de la cabeza o cogollo, en tres variedades de lechuga.

Medir el efecto que genera la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos en el rendimiento de tres variedades de lechuga (kilogramos/hectárea).

Determinar qué tratamiento presenta mejor rentabilidad.

5. HIPÓTESIS

5.1 Hipótesis alternativa

Ha1. Al menos una de las variedades de lechuga a evaluar presentará un incremento en el tamaño (diámetro polar y diámetro ecuatorial).

Ha2. Al menos una de las variedades de lechuga a evaluar presentará un incremento en el grado de consistencia de la cabeza o cogollo.

Ha3. Al menos una de las variedades de lechuga a evaluar presentará un incremento en el rendimiento en kg/h.

Ha4. Alguno de los tratamientos de ácidos húmicos y fúlvicos incrementará el tamaño de la lechuga(diámetro polar y diámetro ecuatorial).

Ha5. Alguno de los tratamientos de ácidos húmicos y fúlvicos incrementará en el grado de consistencia de la cabeza o cogollo de la lechuga.

Ha6. Alguno de los tratamientos de ácidos húmicos y fúlvicos incrementará el rendimiento en kg/h del cultivo de lechuga.

Ha7. Al menos un tratamiento a evaluar mejora la rentabilidad económica.

6. METODOLOGÍA

6.1 Localización

La investigación se realizó en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, el cual se encuentra situado en la región VI o región sur occidental, en la ubicación geográfica de longitud $91^{\circ} 29' 04''$ O y latitud $14^{\circ} 47' 01''$ N, a una altura de 2,076 msnm, con una temperatura media anual de 21 grados centígrados y una humedad relativa de 80 a 85%, con una precipitación anual de 3,000 mm. El municipio de Zunil está influenciado por tres zonas de vida: Bosque muy húmedo Montano subtropical (BmhMS), Bosque muy húmedo Montano Bajo Subtropical (bmh-BMs) y Bosque húmedo Montano Bajo Subtrpical (Bh-MBS). El acceso del municipio es por la carretera asfaltada, que en dirección suroeste conduce en unos 24 km. a Retalhuleu, del lado este de la cabecera de Zunil rumbo aproximado hacia el norte son unos 15 km. al entronque con la ruta nacional uno, que en unos cinco kilómetros. con dirección oeste lleva a la cabecera departamental y municipal de Quetzaltenango. De la ciudad capital dista a 210 km (Segeplan, 2010).

6.2 Material experimental

6.2.1. Ácidos húmicos y fúlvicos. Los ácidos húmicos y fúlvicos son complejas agrupaciones macromoleculares, procedentes de la descomposición de la materia orgánica y compuestos nitrogenados, sintetizados por ciertos microorganismos presentes en el suelo. Moléculas precursoras son aquellas de las que proceden las sustancias húmicas. Es importante destacar que no existen límites definidos entre los ácidos húmicos, fúlvicos y las huminas. Todos ellos son parte de un sistema supramolecular extremadamente heterogéneo y las diferencias entre estas subdivisiones son debidas a variaciones de acidez, grado de hidrofibicidad y la autoasociación de moléculas por efectos del azar (Payeras, 2014).

6.2.2. Lechuga. La lechuga (*Lactuca sativa L.*) es una de las hortalizas más importantes del grupo de las hortalizas de hoja que se consumen crudas en ensaladas, debido a su bajo costo, además de su importante contenido en minerales y vitaminas y bajo en calorías (Pinedo, 2012).

6.3 Factores a estudiar

Se evaluó el efecto de los ácidos húmicos y fúlvicos sobre los componentes de rendimiento, consistencia y crecimiento vegetativo en tres variedades de lechuga.

6.4 Descripción de los tratamientos

Tabla 2.

Tratamientos evaluados, aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos en el cultivo de Lechuga; Zunil, Quetzaltenango, 2019.

Tratamientos	Ácidos húmicos y fúlvicos	Variedades de lechuga
	Factor A	Factor B
T1		Cartagena
T2	Humipot 8 l/ha	Legacy
T3		Rumors
T4		Cartagena
T5	Lonite 30 l/ha	Legacy
T6		Rumors
T7		Cartagena
T8	Humita-15 20 l/ha	Legacy
T9		Rumors
T10		Cartagena
T11	Testigo relativo	Legacy
T12		Rumors

Las aplicaciones de ácidos húmicos y fúlvicos fueron un complemento a la fertilización del cultivo de lechuga.

Al inicio del ensayo se realizó el respectivo muestreo y análisis químico del suelo, para evaluar el balance de los nutrientes. Culminado el ensayo también se realizó un análisis para determinar la disponibilidad de elementos en el suelo. El análisis de suelo es parte esencial sobre el manejo agronómico en la producción agrícola (ver anexos 1 y 2).

El experimento constó de 12 tratamientos, nueve con aplicaciones de ácidos húmicos y fúlvicos como complementos a la fertilización, y tres fueron un testigo relativo que llevó únicamente aplicación del programa de fertilización, pero no tuvo aplicación de ácidos.

6.5 Diseño experimental

El empleo de los métodos estadísticos resulta de interés y de importancia tanto para el investigador como para los técnicos que apliquen los conocimientos tecnológicos resultantes de las investigaciones. Hay que tener en consideración que, en la agricultura, la complejidad existente en las relaciones entre el medio de cultivo y las plantas es de tal magnitud que escapan al control simple de una fórmula sencilla (Fernández , Trapero, & Domínguez, 2010).

El diseño experimental a usar fue un diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas. Siendo la parcela grande (Factor A) constituido por los ácidos húmicos y fúlvicos y la sub-parcela (Factor B) las variedades de lechuga. Según Sitún (2007), se pueden utilizar los diseños de parcelas divididas con frecuencia en experimentos bifactoriales, considerando que de los dos factores a estudiar uno es más importante que el otro, también usado para facilitar el manejo del experimento.

6.6 Modelo estadístico

$$Y_{ijk} = U + A_i + B_j + A_iB_j + R_k + E_{i.k} + E_{ijk}$$

La variable respuesta Y_{ijk} es función de la media general, del efecto del i -ésimo nivel del factor A, del j -ésimo nivel del factor B, de la interacción entre el i -ésimo nivel del factor A con el j -ésimo nivel del factor B, de la k -ésima repetición o bloque, del error experimental asociado a la $i.k$ -ésima parcela grande y del error experimental asociado a la $i-j-k$ -ésima parcela pequeña.

6.7 Unidad experimental

6.7.1. Área del experimento. El área utilizada en la investigación fue de 187.11 m² (23.10 X 8.10 m), se dejó un distanciamiento 0.30 m entre cada repetición, y entre tratamiento 0.50 m. Se utilizó un distanciamiento de siembra de 0.30 m entre surco y 0.30 m entre planta. El número total de plantas del experimento fueron de 1,728 plantas.

6.7.2. Sub parcela bruta

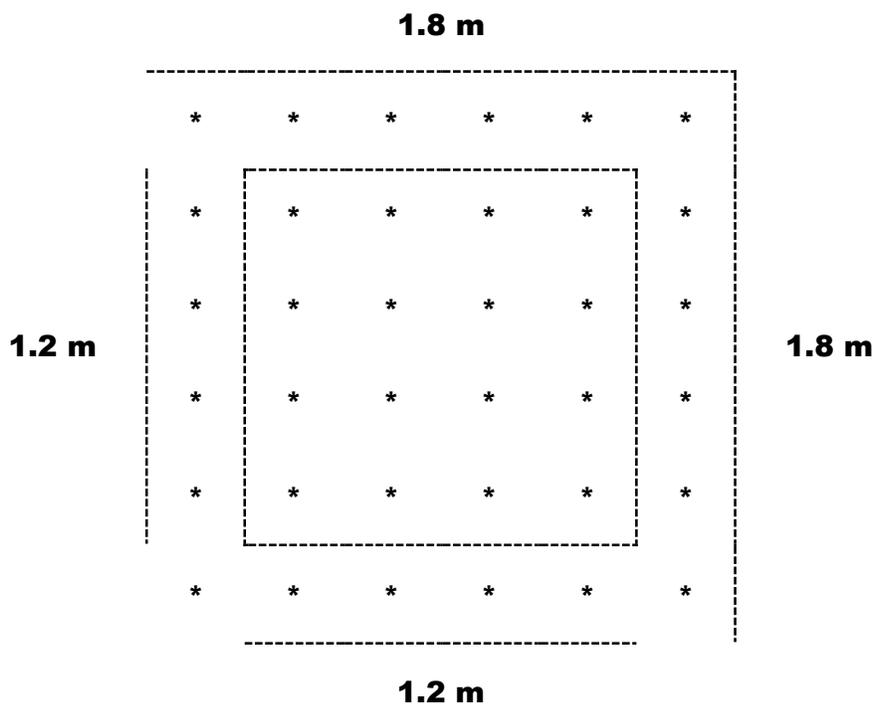


Figura 1. Unidad experimental, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en tres variedades de lechuga; Zunil, Quetzaltenango.

En la parcela bruta se contempló el efecto de borde entre cada uno de los tratamientos, haciendo un área de 3.24 m², dado que hubo interacción de tratamientos, el área de la parcela neta a considerar fue de 1.44 m², teniendo de largo 1.2 m y de ancho 1.2 m, utilizando cuatro plantas/surco, haciendo un total de 16 plantas, manejándose el mismo distanciamiento de siembra (0.30 m * 0.30 m). La parcela grande tuvo un área de 9.72 m².

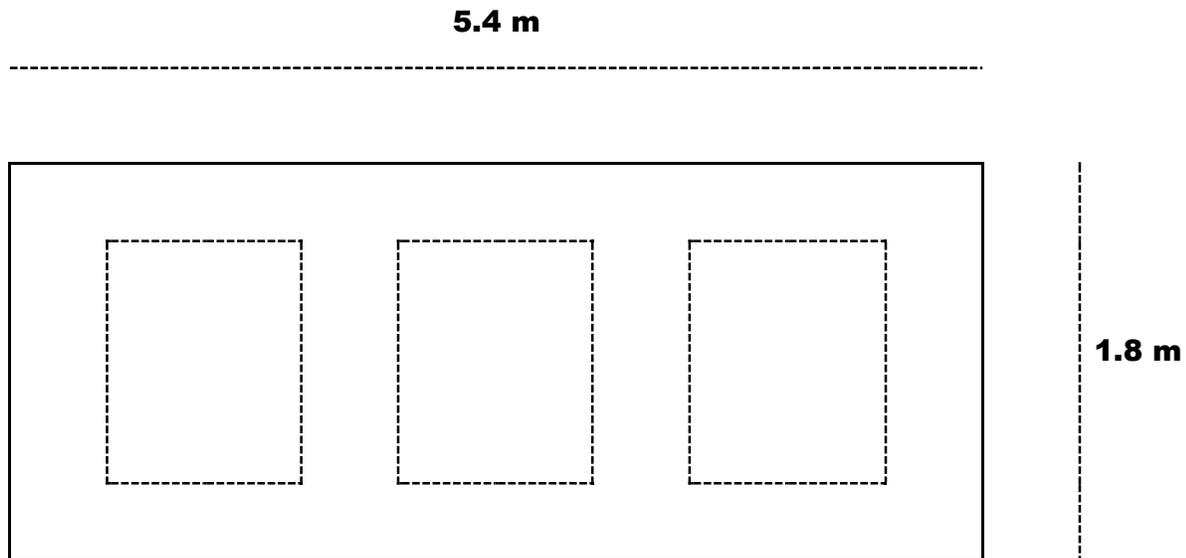


Figura 2. . Parcela grande, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en tres variedades de lechuga; Zunil, Quetzaltenango.

6.8 Croquis de campo

La investigación contó con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, para un total de 16 unidades experimentales. La distribución de cada tratamiento en cada bloque, se realizó en forma aleatoria. La distribución de los tratamientos se presenta a continuación:

Referencias de tratamientos

Fuente 1. HUMIPOT: Ácidos húmicos 25% y ácidos fúlvicos 10%

Fuente 2. LONITE: Ácidos húmicos 14% p/p + ácidos fúlvicos

Fuente 3. HUMITA 15: Ácidos húmicos 12.40% p/p y ácidos fúlvicos 2.60% p/p + potasio(K_2O) 3.50% p/p

Testigo relativo: (sin aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos)

Variedad 1= Cartagena

Variedad 2= Legacy

Variedad 3= Rumours

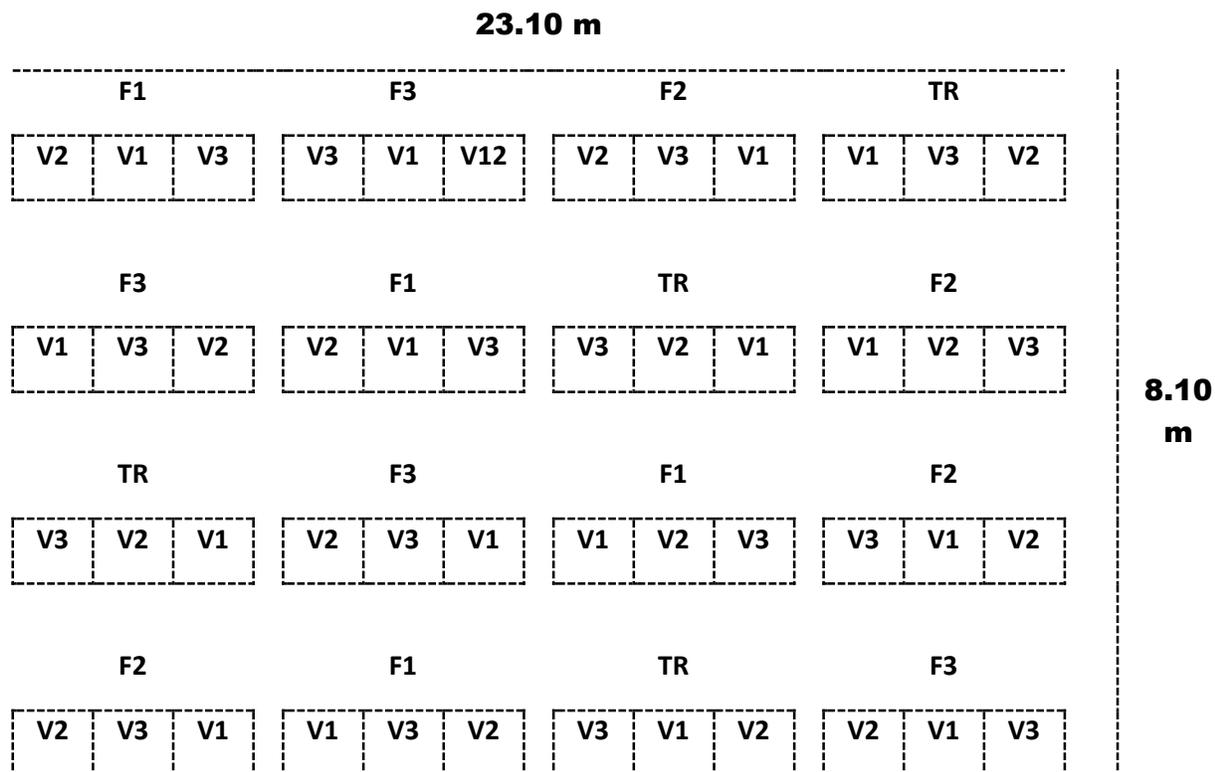


Figura 3. Croquis de campo, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en tres variedades de lechuga; Zunil, Quetzaltenango.

6.9 Manejo del experimento

6.9.1. Muestreo y análisis del suelo. Esta actividad se realizó en la primera semana del mes de marzo del año 2018, con un mapa en donde se indicaron los lugares a realizar el muestreo que incluyeron la extracción del material del suelo de una profundidad de entre 20 y 30 cm. Se realizó una muestra compuesta. La cantidad de la muestra a enviado al laboratorio fue de 1.0 kg envasada en una bolsa plástica, el estudio se realizó antes y después del estudio, con un sistema de recolección de submuestras en Z.

6.9.2. Preparación del suelo. En la actividad de preparación del suelo se realizó en la fecha 5 de Marzo de 2018, con un barbechado de 25 a 30 cm de profundidad, seguidamente se nivelaron las parcelas con la ayuda del azadón, luego se procedió a trazar las parcelas en el campo

experimental, realizando los distanciamientos de 0.50 m entre tratamientos y 0.30 m de distanciamiento entre repeticiones.

6.9.3. Trazo del terreno. En esta actividad se hizo uso de una cinta métrica para trazar las unidades experimentales, los distanciamientos entre repeticiones y tratamientos, en la fecha 11 de marzo de 2018.

6.9.4 Aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos. Se realizaron aplicaciones de ácidos húmicos y fúlvicos tomando en cuenta las indicaciones dadas por las distintas casas comerciales, en dosis, número de tratamientos y períodos de aplicación utilizados en el experimento. Las aplicaciones fueron dirigidas al suelo, se realizó con el uso de un aspersor de mochila con capacidad de 16 litros. La mezcla se realizó utilizando agua libre de contaminantes, luego se adicionó el producto a la dosis indicada por cada casa comercial y se utilizó un agitador para que la mezcla fuera homogénea al momento de la aplicación a cada tratamiento evaluado. Las aplicaciones de ácidos húmicos y fúlvicos se realizaron antes de las aplicaciones de los fertilizantes y se hizo un número de dos aplicaciones durante todo el ciclo del cultivo, siendo estas aplicaciones, la primera después del trasplante y la segunda aplicación de ácidos 15 días después del trasplante.

6.9.5. Trasplante. Las plantas desarrolladas en ambientes controlados, a partir de semillas, fueron llevadas a campo. El trasplante se realizó en la fecha 15 de marzo del año 2018, a un distanciamiento de 0.30 m x 0.30 m, colocando en cavidades que se realizaron, procediendo a la siembra manual.

6.9.6. Riego. Se aplicó por medio de un sistema de riego por aspersión en todo el ciclo del cultivo del mes de marzo al mes de junio, esto de acuerdo con el programa de riego, tomando en cuenta las características físicas del suelo y las necesidades hídricas del cultivo, procurando mantener el suelo a capacidad de campo.

6.9.7. Fertilización. De acuerdo con Cooman (2000) citado por Jaramillo et al. (2016), las extracciones medias de nutrientes en el cultivo de lechuga son N 175 kg/ha, P₂O₅ 58.5 kg/ha, K₂O

300 kg/ha, CaO 50.5 kg/ha, MgO 30 kh/ha, S 10 kg/ha. Se realizaron tres aplicaciones, durante todo el ciclo del cultivo desde el trasplante hasta la cosecha, siendo la primera aplicación 16 días después del trasplante, la segunda aplicación a los 35 días después del trasplante (formación de roseta) y la última aplicación se realizó 55 días después del trasplante (formación de cogollo).

6.9.8. Control de malezas. Las limpiezas se realizaron de forma manual, en periodos a cada 20 días, desde su trasplante hasta su cosecha, se realizó con el objetivo de eliminar las malezas que puedan ser hospederos alternativos de insectos y/o enfermedades, también competir por espacio y nutrientes, afectando el desarrollo óptimo del cultivo.

6.9.9. Control de plagas y enfermedades. Para realizar esta actividad, se realizaron monitoreos para verificar la presencia de plagas y enfermedades. Se realizaron controles químicos, con aplicaciones preventivos y curativos para el control de las plagas y enfermedades, aplicando las dosis adecuadas.

6.9.10. Cosecha. Esta actividad se realizó en la fecha 15 de junio de 2018, se hizo de forma manual, de acuerdo al ciclo del cultivo se contempló cosechar a los 90 días aproximadamente después del trasplante. Fueron necesario la utilización de bolsas de plástico para su embalaje, en donde se observó el tamaño y grado de madurez del cogollo, cantidad de unidades por tratamiento y el rendimiento en kg/ha.

6.9.11. Recolección y registro de datos. En la recolección de datos del ensayo se realizó el 15 de Junio de 2018, se hizo uso de una libreta de campo para los apuntes de los resultados obtenidos y computadora para ingresar los resultados obtenidos en cada tratamiento y repetición.

6.10 Variables respuesta

6.10.1. Diámetro polar y diámetro ecuatorial. Esta variable se midió en centímetros, la cual correspondió a las medidas de las plantas de lechuga, con el fin de evaluar tamaños. Para la medición se correspondió necesario el uso de una cinta métrica; se tomó como material de evaluación de las lechugas que fueron cosechadas en la parcela neta.

6.10.2. Grado de compactación. El grado de compactación se midió por medio de un penetrómetro análogo, para determinar el efecto de los tratamientos sobre la calidad y el índice de madurez de cada lechuga. Se determinó el grado de compactación de cada lechuga en kg/cm².

6.10.3. Rendimiento por hectárea. La medición de esta variable de respuesta se realizó al momento de la cosecha, los datos a obtenidos en las unidades experimentales se expresaron en kilogramos por hectárea, el pesaje se hizo mediante el uso de una balanza electrónica, con su respectiva calibración para obtener datos exactos. De igual manera se midieron los tratamientos en la unidad de medida de docenas/ha cosechadas, ya que es la unidad de medida utilizada por los agricultores para la comercialización de esta hortaliza en el mercado de mayoreo municipal.

6.11 Análisis de la información

6.11.1 Análisis estadístico. Después de obtener la cosecha, los resultados del laboratorio de suelos, los parámetros de medición del experimento, se procederá al ordenamiento y al análisis de la información, se realizó por análisis de varianza (ANDEVA) para cada una de las variables enunciadas, de encontrar significancia se procedió a realizar pruebas de medias (Tukey al 5%) para determinar si los tratamientos son estadísticamente diferentes.

6.11.2 Análisis económico. Para el análisis económico se calcularon los costos directos e indirectos de cada uno de los tratamientos, para determinar la rentabilidad de los mismos, tomando en cuenta todos los productos a utilizados y las actividades de mano de obra a realizados en el experimento, y así poder conocer y mostrar el tratamiento más factible en cuanto a costos de producción.

$$Rentabilidad (\%) = \left\{ \left(\frac{TI}{TC} \right) - 1 \right\} \times 100$$

Donde:

TI: Total de ingresos

TC: Total de egresos

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Componentes de diámetro polar y diámetro ecuatorial

Las medidas de la lechuga son determinantes para su clasificación; en el área productiva de dicho cultivo a nivel municipio, la clasificación se realiza en dos porciones: lechuga de primera y lechuga de segunda. El diámetro polar y diámetro ecuatorial (se midió en base a la abertura de las hojas) esta directamente relacionado con el tamaño de la lechuga, por ello la importancia de medir estas variables, porque afecta en la producción y venta del productor local del municipio de Zunil, Quetzaltenango; consecuentemente la aceptación del producto por el comprador y consumidor final, debido a que a mayor tamaño de la lechuga se paga por ello un mejor precio en el mercado.

7.1.1 Diámetro polar

Tabla 3.

Resultado promedio del diámetro polar de tres variedades de lechuga en cm, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

No.	TRATAMIENTOS	BLOQUES				TOTAL	MEDIA
		I	II	III	IV		
T1		20.34	20.66	20.14	20.82	81.96	20.49
T2	Humipot 8 l/ha	18.74	19.80	18.90	20.08	77.52	19.38
T3		19.72	20.44	20.46	20.62	81.24	20.31
T4		20.90	20.02	21.00	20.90	82.82	20.71
T5	Lonite 30 l/ha	19.16	19.98	19.64	19.86	78.64	19.66
T6		19.16	20.10	20.68	21.24	81.18	20.30
T7		21.04	21.44	21.38	21.26	85.12	21.28
T8	Humita-15 20 l/ha	18.50	19.98	19.92	20.32	78.72	19.68
T9		19.96	19.90	20.40	20.04	80.30	20.08
T10		18.92	18.76	18.62	21.18	77.48	19.37
T11	Testigo relativo	19.22	18.68	16.56	19.04	73.50	18.38
T12		18.52	20.34	17.24	20.68	76.78	19.20

En la tabla anterior se presentan los resultados promedios generales de los datos recolectados de la variable diámetro polar de cada uno de los tratamientos evaluados en el experimento; en lo que respecta, el diámetro polar mayor obtenido fue en el tratamiento número siete, que corresponde a la fuente Humita-15 20 litros/hectárea. En cuanto a la variedad, Cartagena es en donde se obtuvo el mayor diámetro polar, siendo de 21.28 cm, mostrando que el tratamiento ofreció mayor respuesta a la variedad Cartagena; el segundo mejor promedio en la variable diámetro polar fue el tratamiento número cuatro que correspondió a la fuente número dos, Lonite 30 litros/hectárea, la variedad que mejor respondió al tratamiento fue Cartagena.

Los datos del diámetro polar obtenidos en el estudio son presentados en la tabla número tres, se sometieron a una prueba de varianza para determinar si existe o no diferencia estadística entre los factores y tratamientos evaluados para la variable diámetro polar.

Tabla 4.

Análisis de varianza del diámetro polar de tres variedades de lechuga en cm, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

F.V	GL	SC	CM	FC	F05	F01	Sn
Bloques	3	7.5284	2.5095				
Sub total		30.5371					
Fuentes	3	14.0655	4.6885	4.7182	3.86	6.99	*
Error A	9	8.9432	0.9937				
Variedades	2	11.3956	5.6978	17.2315	3.40	5.61	**
A * B	6	1.4815	0.2469	0.7467	2.51	3.67	NS
Error B	24	7.9359	0.3307				
Total	47	51.3501	1.0926				

CV= 2.89%; CV (Coeficiente de variación), (**) Alta significancia, (*) Significancia, (NS) No significancia.

El coeficiente de variación (CV) del experimento para esta variable es de 2.89%, el cual determina que la variación de la información respecto al análisis de varianza se encuentra dentro del rango de aceptación. En la tabla cuatro, en el análisis de varianza (ANDEVA) mostró que para

el diámetro polar, proyectó diferencias significativas al 5%, mas no al 1% para el factor A, fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos. Para el factor B, variedades de lechuga, el análisis mostró que existe diferencias altamente significativas estadísticamente, por lo que es necesario realizar una prueba de medias tukey al 5% para determinar que fuente y variedad fue mejor.

Tabla 5.

Prueba de medias tukey (0.05) factor A para la variable diámetro polar de tres variedades de lechuga en cm, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2,019.

FUENTES	MEDIAS	TUKEY
Humita-15 20 l/ha	20.34	A
Lonite 30 l/ha	20.22	A
Humipot 8 l/ha	20.06	A
TR	18.98	B

Comparador= 1.2690

La tabla número cinco muestra que debido a que existió significancia al 5% mas no al 1% en la variable diámetro polar con las fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos; se realizó la prueba de medias Tukey, al 5% de significancia para determinar cual de las fuentes evaluadas presentó tener relación con la variable diámetro polar. La cual nos mostró que no hay diferencia estadísticamente entre las fuentes aplicadas en el experimento, pero si existe diferencia estadísticamente respecto al testigo relativo, el cual no lleva aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos.

Pettit (2008), citado por Méndez (2018), afirma que el crecimiento de las plantas está afectado directa e indirectamente por las sustancias húmicas. Los efectos indirectos son los factores que proporcionan la energía para los organismos benéficos en el suelo, influyen en la capacidad retentiva del agua del suelo, influyen en la estructura del suelo, liberan nutrientes de las plantas desde los minerales del suelo, aumentan la disponibilidad de los minerales, y, en general, mejoran la fertilidad del suelo. Los efectos directos incluyen aquellos cambios en el metabolismo de la planta que se producen tras la absorción de las macromoléculas orgánicas, tales como los ácidos húmicos y los ácidos fúlvicos. Una vez que estos compuestos entran en las células vegetales, varios cambios bioquímicos ocurren en las membranas y los diversos componentes citoplasmáticos de las células vegetales.

El mecanismo de acción de los ácidos húmicos en las plantas no es conocido en su totalidad, pero en la actualidad el papel de las sustancias húmicas en el desarrollo de los cultivos tiene una gran importancia debido a las funciones que pueden ejercer en la disponibilidad de nutrientes actuando como un agente quelante y/o acarreador de cationes (Hernández, 2011, citado por Vázquez 2013).

Autores como Rauthan y Schnitzer, 1981; Gorovaya et al.,1995, citado por López (2014), han reportado que las SH influyen en el crecimiento de la planta debido a su influencia indirecta sobre las propiedades del suelo, como un aumento de la agregación, aireación, permeabilidad, absorción de nutrientes y mejorar la distribución de iones metálicos.

Tabla 6.

Prueba de medias tukey (0.05) factor B para la variable diámetro polar de tres variedades de lechuga en cm, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

VARIEDADES	MEDIAS	TUKEY
Cartagena	20.46	A
Rumours	19.97	A
Legacy	19.27	B

Comparador= 0.5075

Con base al análisis de varianza (ANDEVA), se procedió al análisis de pruebas de medias tukey al 5% el cual dio a conocer que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las variedades Cartagena y Rumours en relación al diámetro polar, pero si existe diferencia estadísticamente significativa respecto con la variedad Legacy.

Rodríguez (2014) citado por Sánchez (2019), manifiesta que las sustancias húmicas tienen profundos efectos físicos, químicos y biológicos sobre el suelo, especialmente sobre aquellos que presentan malas condiciones físicas, que dificultan la producción de cultivos. Tienen un efecto estimulante para el crecimiento de las plantas; además, influyen en la movilidad de compuestos orgánicos no iónicos como pesticidas y contaminantes, removiéndolos de las soluciones acuosas.

Son una reserva y a la vez fuente de N, P, S y micronutrientes para las plantas, proporcionan energía a los microorganismos, liberan CO₂, forman y mantienen la estructura del

suelo, reducen los efectos de compactación y costras superficiales, reducen la erosión, mejoran la percolación y retención de agua del suelo, amortiguan cambios de pH y salinidad en el suelo, retienen los nutrientes por sus propiedades de intercambio catiónico, incrementan la temperatura del suelo por optimizar los regímenes hídrico, eólico y térmico; incrementan la disponibilidad de algunos nutrientes que de otro modo formarían compuestos escasamente solubles, incrementan el almacén de nutrientes, protegen al ambiente de la acción de metales tóxicos y algunos pesticidas (Rodríguez, 2014, citado por Sánchez 2019).

Existen muchos reportes que revelan que los ácidos húmicos y fúlvicos estimulan el crecimiento vegetal en términos de longitud y peso fresco y seco, pero esto está en función de las fuentes de las sustancias húmicas y de las condiciones en las que se desarrolle el cultivo. (Hernández, 2011, citado por Vázquez 2013).

7.1.2 Diámetro ecuatorial

Tabla 7.

Resultado promedio del diámetro ecuatorial de tres variedades de lechuga en cm, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

No.	TRATAMIENTOS	BLOQUES				TOTAL	MEDIA
		I	II	III	IV		
T1		40.20	41.00	40.62	40.56	162.38	40.60
T2	Humipot 8 l/ha	38.24	39.62	38.88	39.88	156.62	39.16
T3		39.92	39.66	39.24	39.64	158.46	39.62
T4		41.56	41.02	41.58	40.88	165.04	41.26
T5	Lonite 30 l/ha	39.28	39.64	40.20	39.60	158.72	39.68
T6		39.28	40.20	41.08	40.08	160.64	40.16
T7		43.86	42.52	42.68	41.40	170.46	42.62
T8	Humita-15 20 l/ha	38.36	39.56	39.78	39.88	157.58	39.40
T9		40.22	40.12	41.22	41.02	162.58	40.65
T10		40.10	38.76	36.18	40.88	155.92	38.98
T11	Testigo relativo	35.84	38.86	33.50	35.98	144.18	36.05
T12		37.02	41.90	34.50	38.44	151.86	37.97

Como se observa en la tabla anterior, se presentan los resultados de la variable de las medias de diámetro ecuatorial de cada uno de los tratamientos evaluados, haciendo incapie que los tratamientos con aplicaciones de ácidos húmicos y fúlvicos obtenidos en esta investigación, presentaron un buen porcentaje de diámetro ecuatorial respecto al testigo relativo del agricultor que no lleva aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos.

Tabla 8.

Análisis de varianza del diámetro ecuatorial de tres variedades de lechuga en cm, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

F.V	GL	SC	CM	FC	F05	F01	Sn
Bloques	3	8.2746	2.7582				
Sub total		116.7525					
Fuentes	3	72.0258	24.0086	5.9277	3.86	6.99	*
Error A	9	36.4522	4.0502				
Variedades	2	42.2423	21.1212	23.9039	3.40	5.61	**
A * B	6	6.1911	1.0318	1.16779	2.51	3.67	NS
Error B	24	21.2061	0.8836				
Total	47	186.3920	3.9658				

CV= 2.33%; CV (Coeficiente de variación), (**) Alta significancia, (*) Significancia, (NS) No significancia.

De acuerdo con los datos obtenidos al realizar el respectivo análisis de varianza (ANDEVA) en la variable diámetro ecuatorial de la lechuga, se pudo determinar que el coeficiente de variación para los datos es de 2.33% la cual es aceptable, lo que nos indica que los datos del experimento realizado son confiables. Como lo demostró el análisis de varianza (ANDEVA), indica que existe significancia al 5% para el factor A (fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos) y altamente significativa para el factor B (variedades de lechuga), por lo tanto se procedió a realizar la prueba de medias tukey al 5% para determinar si existió diferencia estadística entre en fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos (factor A) y en variedades de lechuga (factor B).

Tabla 9.

Prueba de medias tukey (0.05) factor A para la variable diámetro ecuatorial de tres variedades de lechuga en cm, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

FUENTES	MEDIAS	TUKEY
Humita-15 20 l/ha	40.89	A
Lonite 30 l/ha	40.37	A
Humipot 8 l/ha	39.79	A
TR	37.66	B

Comparador = 2.5621

La tabla número nueve muestra que debido a que existió significancia en la variable diámetro ecuatorial con las fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, se realizó la prueba de medias Tukey al 5% de significancia, la cual mostró que no hay diferencia estadísticamente entre las fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos aplicados, pero sí existe diferencia estadística respecto al testigo relativo, el cual no llevó la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos en el experimento.

Los ácidos húmicos contribuyen significativamente a la estabilidad y fertilidad del suelo, mejorando la capacidad de retención de agua e incrementando la aireación del suelo (Piccolo & Mbagwu, 1990, citado por Paria 2015).

Flores (1993) citado por Castillo (2005), expone que los ácidos húmicos presentan ciertos efectos en la planta, como el traslado de nutrimentos desde las raíces hasta la parte aérea y del exterior de las hojas hasta los lugares de acumulación. Son activadores y estabilizadores de algunas enzimas. Ayudan al desarrollo temprano de las plantas, recuperando la tensión (estrés) de trasplantes, mayor expansión foliar e incremento del sistema radical.

Narro (1987) citado por Dimas (2009), señala que los ácidos húmicos incrementan la permeabilidad de la membrana, se favorece así la asimilación radical y aplicaciones foliares de nutrimentos. Favorece la traslocación de macro y microelementos dentro de la planta lográndose una mejor nutrición de la planta; acelera la fotosíntesis e incrementa la clorofila aumentando la producción favorablemente. Las sustancias húmicas influyen directamente en el crecimiento de las plantas.

Tabla 10.

Prueba de medias tukey (0.05) factor B para la variable diámetro ecuatorial de tres variedades de lechua en cm, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

VARIEDADES	MEDIAS	TUKEY
Cartagena	40.86	A
Rumours	39.60	B
Legacy	38.57	C

Comaparador= 0.8295

La tabla número 10, muestra que debido a que existió alta significancia en la variable diámetro ecuatorial en las variedades de lechuga, se procedió a realizar la prueba de medias Tukey al 5% de significancia para determinar cuál de las variedades evaluadas presentó tener relación con dicha variable en cuanto a diámetro ecuatorial, la cual demostró que sí hubo diferencia estadística entre las tres variedades, por lo tanto quiere decir que la variable diámetro ecuatorial, significó un importante componente.

Las sustancias húmicas pueden ejercer efectos directos e indirectos sobre el crecimiento de las plantas. El efecto indirecto se relaciona con la capacidad de las sustancias húmicas de regular el flujo de nutrientes por su alta capacidad de intercambio catiónico; solubilización de microelementos como el Fe, Zn, Mn, Cu y algunos y algunos macroelementos como el K, Ca, P. Además, pueden reducir los niveles activos de elementos tóxicos y formar complejos orgánicos con herbicidas, fungicidas, insecticidas y reguladores de crecimiento, potencializando el efecto de estos, por lo que su eficiencia y rango de acción se incrementa, (Singh et al., 1997, citado por Vázquez 2013).

Rodríguez et al., (2010) citado por Vázquez (2013), aseguran que las sustancias húmicas tienen un efecto estimulante para el crecimiento de las plantas; además, influyen en la movilidad de compuestos orgánicos no iónicos como pesticidas y contaminantes, removiéndolos de las soluciones acuosas. Son una reserva y a la vez fuente de N, P, S y micronutrientes para las plantas, proporcionan energía a los microorganismos, liberan CO₂, forman y mantienen la estructura del suelo, reducen los efectos de compactación y costras superficiales, reducen la erosión, mejoran la percolación y retención de agua del suelo, amortiguan cambios de pH y

salinidad en el suelo, retienen los nutrimentos por sus propiedades de intercambio catiónico, incrementan la temperatura del suelo por optimizar los regímenes hídrico, eólico y térmico; incrementan la disponibilidad de algunos nutrimentos que de otro modo formarían compuestos escasamente solubles, incrementan el almacén de nutrimentos, protegen al ambiente de la acción de metales tóxicos y algunos pesticidas.

7.2 Grado de compactación polar y ecuatorial

La importancia de medir el grado de compactación polar y ecuatorial de la lechuga, radica en que el agricultor requiere de un producto fresco, buen índice de madurez y con un buen grado de compactación adecuado del producto al momento de la cosecha. Es por eso que se ha dado la importancia de medir la variable de grado de compactación polar y ecuatorial.

7.2.1 Grado de compactación polar

Tabla 11.

Resultado promedio del grado de compactación polar de tres variedades de lechuga en kg/cm², evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

No.	TRATAMIENTOS	BLOQUES				TOTAL	MEDIA
		I	II	III	IV		
T1		13.20	12.84	13.24	14.40	53.68	13.42
T2	Humipot 8 l/ha	11.32	11.96	11.88	13.68	48.84	12.21
T3		13.56	13.40	12.12	13.92	53.00	13.25
T4		13.92	13.64	13.36	13.96	54.88	13.72
T5	Lonite 30 l/ha	12.54	12.72	12.84	12.96	51.06	12.77
T6		13.60	13.96	13.04	13.76	54.36	13.59
T7		14.20	14.96	12.00	14.08	55.24	13.81
T8	Humita-15 20 l/ha	11.36	14.96	13.96	12.64	52.92	13.23
T9		13.48	12.44	13.28	14.12	53.32	13.33
T10		13.12	13.36	13.16	13.20	52.84	13.21
T11	Testigo relativo	11.16	12.44	12.32	11.80	47.72	11.93
T12		13.16	13.24	13.16	13.40	52.96	13.24

En la tabla anterior, se presentan los resultados promedios generales de los datos recolectados de la variable grado de compactación polar de cada uno de los tratamientos evaluados en el experimento; en lo que respecta al grado de compactación polar mayor obtenido fue en el tratamiento número siete, que corresponde a la fuente Humita-15 20 l/ha. En cuanto a la variedad, Cartagena es en donde se obtuvo el mayor grado de compactación polar, siendo de 13.81 kg/cm², mostrando que el tratamiento ofreció mayor respuesta a la variedad Cartagena.

Los datos del grado de compactación polar obtenidos en el estudio son presentados en la tabla número 11, los cuales se sometieron a una prueba de varianza para determinar si existe o no diferencia estadística entre los factores y tratamientos evaluados para dicha variable.

Tabla 12.

Análisis de varianza del grado de compactación polar de tres variedades de lechuga en kg/cm², evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

F.V	GL	SC	CM	FC	0.05	0.01	Sn
Bloques	3	3.6149	1.2050				
Sub total		11.3607					
Fuentes	3	3.6061	1.2020	2.6133	3.86	6.99	NS
Error A	9	4.1397	0.4600				
Variedades	2	9.1629	4.5815	7.7876	3.40	5.61	**
A * B	6	1.6589	0.2765	0.4700	2.51	3.67	NS
Error B	24	14.1193	0.5883				
Total	47	36.3018	0.7724				

CV= 5.83%; CV (Coeficiente de variación), (**) Alta significancia, (*) Significancia, (NS) No significancia.

El coeficiente de variación (CV) del experimento para esta variable es de 5.84%, el cual determina que la variación de la información respecto al análisis de varianza se encuentra dentro del rango de aceptación. En la tabla 12, en el análisis de varianza (ANDEVA) mostró que para el grado de compactación polar, proyectó diferencias altamente significativas para el factor B, variedades de lechuga, el análisis mostró que existe diferencias altas significativas

estadísticamente, por lo que es necesario realizar una pruebas de medias tukey al 5% para determinar que variedad fue mejor.

Tabla 13.

Prueba de medias tukey (0.05) factor B para la variable grado de compactacion polar de tres variedades de lechuga en kg/cm², evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

VARIETADES	MEDIAS	TUKEY
Cartagena	13.54	A
Rumours	13.35	A
Legacy	12.53	B

Comparador= 0.6769

Con base al análisis de varianza (ANDEVA), se procedió al análisis de pruebas de medias tukey al 5% el cual dio a conocer que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las variedades Cartagena y Rumours en relación al grado de compactación polar, pero si existe diferencia estadísticamente significativa respecto con la variedad Legacy.

Abad (1993) citado por Santiago (2001), menciona que los ácidos húmicos y fúlvicos, productos finales de la degradación biológica de la lignina y la hemicelulosa, se les atribuyen muchos efectos sobre una gran variedad de funciones vegetales, tanto al nivel de célula como de órgano. Estos compuestos actúan como transportadores de micronutrientes para las plantas y se les ha conferido un efecto sinergistas con las auxinas producidas naturalmente.

Las sustancias húmicas y fúlvicas ayudan directamente el crecimiento y desarrollo de la planta a través de los efectos fisiológicos y nutricionales. Algunas funcionan como hormonas naturales de las plantas (auxinas y gibelinas) y son capaces de mejorar la germinación de las semillas y la iniciación radical, pueden servir también como fuente de nitrógeno, fósforo y azufre (Mata, 2015, citado por Benavides 2016).

Como lo manifestaron Chen y Aviad (1985) citado por Capula (2011), quienes encontraron que las sustancias húmicas influían en el crecimiento de las plantas mostrando efectos positivos sobre la biomasa y el crecimiento de las raíces.

Los ácidos húmicos contribuyen significativamente a la estabilidad y fertilidad del suelo resultando en crecimiento excepcional de la planta y en el incremento en la absorción de nutrientes. (Cadena & Ochoa, 2011, citado por Vega 2016).

Las sustancias húmicas también tienen un efecto directo sobre el crecimiento de las plantas, ya que al ser absorbidas, influyen en varios procesos bioquímicos en la pared celular, a nivel de la membrana celular, o en el citoplasma (Estévez, 2012, citado por Vega 2016).

Varanini (1995) Citado por Mora (2017) considera que el crecimiento y producción de las plantas depende de su nutrición mineral, del agua, el aire y de otros parámetros medioambientales como luz y temperatura; sin embargo, el efecto positivo de la materia orgánica sobre el desarrollo vegetal también está demostrado sobre el suelo, el crecimiento radicular y desarrollo de la parte aérea de la planta.

7.2.2 Grado de compactación ecuatorial

Tabla 14.

Resultado promedio del grado de compactación ecuatorial de tres variedades de lechuga en kg/cm², evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

No.	TRATAMIENTOS	BLOQUES				TOTAL	MEDIA
		I	II	III	IV		
T1		13.32	13.28	13.08	13.32	53.00	13.25
T2	Humipot 8 l/ha	12.20	12.08	12.24	12.48	49.00	12.25
T3		13.04	13.00	13.24	13.20	52.48	13.12
T4		13.96	13.56	13.96	13.96	55.44	13.86
T5	Lonite 30 l/ha	12.40	12.76	12.60	12.92	50.68	12.67
T6		14.36	13.52	13.32	13.64	54.84	13.71
T7		14.48	14.16	13.96	13.96	56.56	14.14
T8	Humita-15 20 l/ha	11.36	13.36	12.00	12.36	49.08	12.27
T9		13.76	12.12	12.92	14.08	52.88	13.22
T10		12.08	12.80	13.72	13.44	52.04	13.01
T11	Testigo relativo	11.48	12.48	12.20	13.80	49.96	12.49
T12		13.24	13.32	12.24	14.12	52.92	13.23

Como se observa en la tabla anterior, se presentan los resultados promedios generales de los datos recolectados de la variable grado de compactación ecuatorial de cada uno de los tratamientos evaluados en el experimento, en lo que respecta, el grado de compactación ecuatorial mayor obtenido fue en el tratamiento número siete, que corresponde a la fuente Humita-15 20 l/ha. En cuanto a la variedad, Cartagena es en donde se obtuvo el mayor grado de compactación ecuatorial, siendo de 14.14 kg/cm², mostrando que el tratamiento ofreció mayor respuesta a la variedad Cartagena.

Los datos del grado de compactación ecuatorial obtenidos en el estudio son presentados en la tabla número 14, mismos que se sometieron a una prueba de varianza para determinar si existe o no diferencia estadística entre los factores y tratamientos evaluados para dicha variable.

Tabla 15.

Análisis de varianza del grado de compactación ecuatorial de tres variedades de lechuga en cm kg/cm², evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

F.V	GL	SC	CM	FC	0.05	0.01	Sn
Bloques	3	1.8743	0.6248				
Sub total		6.6921					
Fuentes	3	2.3729	0.7910	2.9117	3.86	6.99	NS
Error A	9	2.4449	0.2717				
Variedades	2	11.6323	5.8161	18.5168	3.40	5.61	**
A * B	6	2.2427	0.3738	1.1900	2.51	3.67	NS
Error B	24	7.5384	0.3141				
Total	47	28.1055	0.5980				

CV= 4.28%; CV (Coeficiente de variación), (**) Alta significancia, (*) Significancia, (NS) No significancia.

El coeficiente de variación (CV) del experimento para esta variable es de 4.28%, el cual determina que la variación de la información respecto al análisis de varianza se encuentra dentro del rango de aceptación. En la tabla 16, en el análisis de varianza (ANDEVA) mostró que para el grado de compactación ecuatorial, proyectó diferencias altamente significativas para el factor B,

variedades de lechuga, por lo que es necesario realizar una prueba de medias tukey al 5% para determinar que variedad fue mejor.

Tabla 16.

Prueba de medias tukey (0.05) factor B para la variable grado de compactación ecuatorial de tres variedades de lechuga en kg/cm², evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

VARIETADES	MEDIAS	TUKEY
Cartagena	13.26	A
Rumours	13.32	A
Legacy	12.42	B

Comparador= 0.4946

Con base al análisis de varianza (ANDEVA), se procedió al análisis de pruebas de medias tukey al 5% el cual dio a conocer que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las variedades Cartagena y Rumours en relación al grado de compactación ecuatorial, pero sí existe diferencia estadísticamente significativa respecto con la variedad Legacy.

Los efectos que ejercen las sustancias húmicas sobre el desarrollo vegetal pueden intervenir de manera directa e indirecta en el desarrollo de las plantas, por tanto se consideran efectos indirectos aquellos que actúan sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas que determinan la fertilidad de los suelos, y efectos directos a los que actúan sobre el vegetal en diferentes procesos fisiológicos-bioquímicos que estimulan su crecimiento y la toma de nutrientes (García, 1990, citado por Vázquez 2013).

Numerosos autores, han descrito los efectos directos (que actúan sobre la planta en diferentes procesos fisiológicos-bioquímicos que estimulan su crecimiento) e indirectos (que actúan sobre las propiedades físicas, químicas, y biológicas que determinan la fertilidad de los suelos) sobre el desarrollo vegetal, que ejercen las sustancias húmicas (Chen & Aviad, 1990, citado por Paria 2015).

Existe un incremento en la absorción de nutrientes y un crecimiento mayor de la planta (Keeling, 1994, citado por Paria 2015).

La aplicación de SH como una enmienda orgánica del suelo en combinación con otros materiales, resulta en un aumento significativo en el crecimiento de la planta y rendimiento de los

cultivos, mediante la mejora de las propiedades hidrofísicas y disponibilidad de nutrientes de los suelos (López, 2014).

7.3 Rendimiento por hectárea

La cantidad que un agricultor obtiene por cada unidad de superficie que cosecha se le llama rendimiento y para esta variable de este experimento, se expresó en kilogramos por hectárea. La importancia de un buen rendimiento señala el nivel de eficacia de la correspondiente combinación de factores que influyen sobre la cosecha. Es por esto que se le dio importancia de medir esta variable, para verificar si existió una diferencia de acuerdo al rendimiento en la producción de lechuga, aplicando fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos respecto a un testigo relativo que no lleva aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos.

Tabla 17.

Resultado promedio de rendimiento en kg/ha de tres variedades de lechuga, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

No.	TRATAMIENTOS	BLOQUES					
		I	II	III	IV	TOTAL	MEDIA
T1		117361.11	110763.88	117152.77	104513.88	449791.64	112447.91
T2	Humipot 8 l/ha	96388.88	104861.11	107500.00	97361.11	406111.10	101527.78
T3		97777.77	109305.55	108194.44	115902.77	431180.53	107795.13
T4		113750.00	121875.00	108680.55	125972.22	470277.77	117569.44
T5	Lonite 30 l/ha	106250.00	91041.66	93888.88	100833.33	392013.87	98003.47
T6		98611.11	102986.11	105208.33	123055.50	429861.05	107465.26
T7		123194.44	116180.55	118263.88	116875.00	474513.87	118628.47
T8	Humita-15 20 l/ha	107638.88	99791.66	106736.11	114652.77	428819.42	107204.86
T9		103958.33	117847.22	107500.00	118263.88	447569.43	111892.36
T10		98263.88	105902.77	99791.66	106111.11	410069.42	102517.36
T11	Testigo relativo	92847.22	94930.55	90347.22	97916.66	376041.65	94010.41
T12		109027.77	99652.77	97916.66	98888.88	405486.08	101371.52

En la tabla anterior se presentan los resultados promedios generales de los datos recolectados de la variable rendimiento por hectárea de cada uno de los tratamientos evaluados en el experimento; en lo que respecta, el rendimiento en kg/ha mayor obtenido fue en el tratamiento

número siete, que corresponde a la fuente Humita-15 20 l/ha. En cuanto a la variedad, Cartagena es en donde se obtuvo el mayor rendimiento por hectárea, siendo de 118628.47 kg/ha, mostrando que el tratamiento ofreció mayor respuesta a la variedad Cartagena.

Los datos del rendimiento obtenidos en el estudio son presentados en la tabla número 17, se sometieron a una prueba de varianza para determinar si existe o no diferencia estadística entre los factores y tratamientos evaluados para la variable de rendimiento..

Tabla 18.

Análisis de varianza del rendimiento de tres variedades de lechuga en kg/ha, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

F.V	GL	SC	CM	FC	0.05	0.01	Ns
Bloques	3	185594316.85	61864772.28				
Sub total		1622484746.12					
Fuentes	3	1086691175.85	362230391.95	9.3092	3.86	6.99	**
Error A	9	350199253.42	38911028.16				
Variedades	2	1276167187.71	638083593.85	15.8613	3.40	5.61	**
A * B	6	165006035.43	27501005.9	0.6836	2.51	3.67	NS
Error B	24	965497450.84	40229060.45				
Total	47	4029155420.09	85726711.07				

CV= 5.94%; CV (Coeficiente de variación), (**) Alta significancia, (*) Significancia, (NS) No significancia.

El coeficiente de variación fue del 5.94% lo que indica que el diseño experimental usado fue el correcto y se minimizó a rangos adecuados el coeficiente de error, por lo que la información generada en el análisis de varianza (ANDEVA) son confiables. El ANDEVA indica que existen diferencias estadísticas altamente significativas en los tratamientos evaluados que corresponde al factor A (fuentes de ácidos húmicos fúlvicos) y para el factor B (variedades de lechuga), por lo que es necesario realizar una prueba de medias tukey al 5% para determinar que fuente y variedad fue mejor.

Tabla 19.

Prueba de medias tukey (0.05) factor A para la variable de rendimiento kg/ha, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

FUENTES	MEDIAS	TUKEY
Humita-15 20 l/ha	112575.23	A
Lonite 30 l/ha	107679.39	B
Humipot 8 l/ha	107256.94	B
TR	99299.76	C

Comparador= 7938.8026

Al realizar la prueba de Tukey al 5%, estadísticamente indica que sí existe diferencia entre los diferentes tratamientos, siendo el mejor tratamiento la fuente Humita-15 20 l/ha en donde se obtuvo un rendimiento de 112,257.23 kg/ha, respecto a las fuentes Lonite 30 l/ha y Humipot 8 l/ha no hubo diferencias estadísticas entre estos dos tratamientos, el testigo relativo fue estadísticamente inferior a los tratamientos anteriores, el cual obtuvo en rendimiento de 99,299.76 kg/ha.

Las sustancias húmicas aplicada a muchas plantas cultivadas, han demostrado que actúan como estimulantes de crecimiento vegetal, especialmente de la raíz, lo que permite una mayor exploración y actividad radical, traducida en una mayor absorción de agua y nutrimentos. Ya existen disponibles en el mercado diferentes productos que contienen ácidos húmicos, ácidos fúlvico o mezclas de ambos (Narro, 1997, citado por Lirios 2013).

Las sustancias húmicas en plantas favorecen la absorción de macro nutrientes. Además, las sustancias húmicas forman complejos con cationes metálicos, mejorando su absorción. La aplicación de sustancias húmicas permite reducir las dosis de varios agroquímicos en diferentes cultivos, al incrementar la eficiencia de su asimilación, transporte y metabolismo (Narro, 1997, citado por Lirios 2013).

Los ácidos húmicos activan los procesos bioquímicos en plantas, como la respiración y fotosíntesis, con lo que se incrementa el contenido de clorofila, absorción de nutrientes, crecimiento de organismos del suelo, desarrollo de raíces, calidad y rendimientos de muchas plantas (Aganga y Tshwenyane, 2003, citado por Pinedo 2012).

Tabla 20.

Prueba de medias tukey (0.05) factor B para la variable de rendimiento kg/ha, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

VARIETADES	MEDIAS	TUKEY
Cartagena	112,795.13	A
Rumours	107,131.07	B
Legacy	100,186.63	C

Comparador= 5598.4733

Con base al análisis de pruebas de medias tukey al 5% de probabilidad, los resultados mostraron que las medias generaron diferencias estadísticas correspondientes a las tres variedades de lechuga, siendo la variedad Cartagena en donde se obtuvo una mayor diferencia con un rendimiento total de 112,790.79 kg/ha, respecto a la variedad Rumours se obtuvo un rendimiento de 107,131.07 kg/ha y la variedad Legacy, siendo el de menor rendimiento con 100,186.63 kg/ha los cuales se obtuvieron en peso fresco.

El efecto estimulante de las sustancias húmicas sobre el crecimiento de las plantas ha sido comúnmente relacionado con el aumento de la absorción de macronutrientes (Guminsky et al., 1983, citado por Ramos 2000).

Las sustancias húmicas tienen profundos efectos físicos, químicos y biológicos sobre el suelo, especialmente sobre aquellos que presentan malas condiciones físicas, que dificultan la producción de cultivos (Rodríguez et al., 2010, citado por Vázquez 2013). En el suelo, estos compuestos mejoran la estructura de los sustratos, incrementan la capacidad de intercambio del suelo y movilizan micronutrientes (Olmos et al., 1998, citado por Vázquez 2013).

El crecimiento y producción de las plantas depende de su nutrición mineral, del agua, el aire y de otros parámetros medioambientales como luz y temperatura. Sin embargo, el efecto positivo de la materia orgánica sobre el desarrollo vegetal también está sobradamente demostrado (Csicsor et al., 1994; Galli et al., 1994; Barón et al., 1995; Varanini et al., 1995, citado por Ramos 2000).

Sin duda, la genética es la principal artífice de la enorme mejora productiva de muchas especies vegetales. Sin embargo, esta ciencia no puede ser considerada como la única responsable de los éxitos alcanzados. Resulta obvio que la creciente capacidad de control de los parásitos y el

mayor conocimiento de la fisiología vegetal, sobre todo desde el punto de vista nutricional, han contribuido de manera muy significativa a dichos avances. Y es aquí donde entran a jugar un papel decisivo productos tales como las sustancias húmicas, que exaltan la capacidad de absorción y traslocación de nutrientes por las plantas, de manera que cada proceso de biosíntesis se ve optimizado con beneficios productivos y cualitativos (Dubini, 1995, citado por Ramos 2000).

7.4 Resultados de análisis de suelos

El análisis de suelo permite determinar el grado de fertilidad del suelo. La fertilidad es vital para que un suelo sea productivo, aunque un suelo fértil no necesariamente es productivo, debido a que existen otros factores de tipo físico como el mal drenaje, escasa profundidad, piedra superficial, déficit de humedad, etc, que pueden limitar la producción aún cuando la fertilidad del suelo sea adecuada. El grado de potencial productivo de un suelo está determinado por sus características químicas y físicas (Molina, 2007).

Tabla 21.

Resumen de análisis químico de suelos, antes y después del estudio, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en tres variedades de lechuga en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

ELEMENTO		PRIMER ANÁLISIS	SEGUNDO ANÁLISIS	RANGO ADECUADO
		CONCENTRACIÓN	CONCENTRACIÓN	
		ppm (p/v)	ppm (p/v)	ppm (p/v)
Fósforo	P	97.1	183.3	30 – 75
Potasio	K	122	183.4	150 – 300
Calcio	Ca	1473	1055	1000 – 2000
Magnesio	Mg	185.5	147.4	100 – 250
Azufre	S	28.2	50.5	10 – 100
Cobre	Cu	5.4	5.4	1 – 7
Hierro	Fe	107.5	120.1	40 – 250
Manganeso	Mg	13	14.4	10 – 250
Zinc	Zn	4.2	5.7	2 – 25
Aluminio	Al	8	9	<20% Sat Al

En la tabla número 21 se muestran los resultados de los análisis químicos de suelos realizados antes y después del experimento. Como breve análisis se puede determinar que los elementos macro y micro del primer análisis comparados con el segundo análisis, en algunos casos demostraron incrementos considerables, como es el caso P y K; para el caso de Ca y Mg se denota una ligera baja, pero siempre se mantienen dentro del rango de adecuados y para siguientes elementos, se observa que conservaron su concentración inicial, siempre se mantuvieron en los rangos adecuados para la planta. De esta manera la comparación de los análisis concuerda con lo que manifestaron Chean y Aviad (1990) citado por Dimas (2009) sobre otros estudios realizados y que han demostrado la compatibilidad de los ácidos húmicos y fúlvicos como mejoradores de la disponibilidad de algunos macro y microelementos (K, Ca, P, Fe, Zn, Mn).

Los ácidos húmicos contribuyen significativamente a la estabilidad y fertilidad del suelo, mejorando la capacidad de retención de agua e incrementando la aireación del suelo (Piccolo & Mbagwu, 1990, citado por Paria 2015).

En lo que respecta al porcentaje de materia orgánica presente en el suelo, en el primer análisis químico del suelo arrojó 1.27% de materia orgánica; terminado el experimento, el segundo análisis de químico de suelos arrojó un porcentaje de 3.75% por lo que se deduce que la aplicación de los ácidos húmicos y fúlvicos favoreció el incremento en el porcentaje de materia orgánica; esto dislumbra una futura mayor disposición de nutrientes para los cultivos que sean sembrados en el terreno utilizado para el presente estudio.

7.5 Análisis económico

Dada la importancia de lo económico en la actividad agrícola, fue importante realizar este análisis económico para cada uno de los tratamientos para así brindar información sobre que tratamiento resultó ser mejor.

En la tabla número 22, se presentan el total de tratamientos evaluados, los datos de utilidad y rentabilidad que se obtuvieron para cada uno de los tratamientos, teniendo en cuenta el beneficio económico obtenido en cada prueba y la interacción de factores agronómicos, se realizó el análisis de rentabilidad para cada uno de los tratamientos empleados (ver tablas de anexos), para ello se tomaron en cuenta todos los rubros que participaron en el proceso productivo desde el establecimiento de la plantación hasta la cosecha.

Tabla 22.

Análisis de rentabilidad económica en los diferentes tratamientos evaluados en el cultivo de lechuga, expresados en porcentajes, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en tres variedades de lechuga en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

TRATAMIENTOS	EGRESOS	INGRESOS	UTILIDAD NETA	RENTABILIDAD
T1	Q94.134,59	Q163.483,80	Q69.349,20	42%
T2	Q89.540,15	Q154.803,24	Q65.263,09	42%
T3	Q93.984,59	Q162.398,73	Q68.414,14	42%
T4	Q95.514,59	Q168.909,14	Q73.394,55	43%
T5	Q91.070,15	Q156.973,38	Q65.903,23	42%
T6	Q95.514,59	Q166.739,00	Q71.224,41	43%
T7	Q95.764,59	Q180.844,91	Q85.929,32	47%
T8	Q91.320,15	Q159.143,52	Q67.823,37	43%
T9	Q95.764,59	Q174.334,49	Q78.569,90	45%
T10	Q93.264,59	Q161.313,66	Q68.049,07	42%
T11	Q88.820,15	Q150.462,96	Q61.642,82	41%
T12	Q93.264,59	Q159.143,52	Q65.878,93	41%

En el cuadro 22, se presenta el análisis económico de los tratamientos, donde se observa el costo total de los tratamientos estudiados. Se puede apreciar que en los diferentes porcentajes de rentabilidad se puede determinar que el mejor tratamiento es el número siete Humita-15 20 litros/hectárea de ácidos húmicos y fúlvicos, con respecto a la variedad, Cartagena fue la que brindo los mejores resultados con una rentabilidad del 47%, esta rentabilidad resulta debido a que los costos fijos se diluyen en mejores unidades producidas por lo que es superior a los demás tratamientos de estudio.

8. CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones edafoclimáticas en las que se realizó el presente estudio, se puede concluir que los ácidos húmicos y fúlvicos no presentan diferencias estadísticas significativas entre las fuentes aplicadas, pero si con respecto al testigo relativo (sin aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos). Por otro lado, el estudio demuestra que en la variable diámetro polar, las variedades Cartagena y Rumours son las que presentan mejores ventajas con respecto a la variedad Legacy. En lo que respecta a diámetro ecuatorial el estudio demuestra significancia entre variedades siendo la variedad Cartagena la que ofrece mejores características en la variable de crecimiento vegetativo.

En lo que respecta a la variable grado de consistencia, se concluye que ninguna de las fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos presentaron ningún efecto positivo. Sin embargo, dentro de la misma variable de estudio queda establecido que las variedades Cartagena y Rumours ofrecen ventajas positivas en cuanto a consistencia de la cabeza o cogollo estableciéndose diferencia estadística con respecto a la variedad Legacy.

En lo referente a la variable de rendimiento tanto para la aplicación de los ácidos húmicos y fúlvicos como entre variedades el análisis estadístico demostró alta significancia. En las fuentes, Humita-15 (20 l/ha) es la que ofreció los mejores resultados, ocupando el segundo lugar las fuentes Lonite (30 l/ha) y Humipot (8 l/ha) y el último lugar lo ocupa el testigo relativo. En lo relacionado en tema de variedades, la variedad Cartagena es la que brinda los mejores resultados siendo diferente a Rumours y Legacy, las cuales ocuparon el segundo y tercer lugar en cuanto a diferencia estadística aplicando ácidos húmicos y fúlvicos.

Según los resultados obtenidos en la presente investigación, la mejor rentabilidad se obtiene en el tratamiento número siete, en donde la fuente número tres fue la mejor (20 l/ha). En relación a la variedad, Cartagena fue la que brindó mejores resultados, obteniendo una rentabilidad de 47%.

9. RECOMENDACIONES

A los agricultores productores de lechuga del municipio de Zunil se les recomienda el uso de las variedades Cartagena y Rumours, ya que fueron estas las que en el presente estudio demostraron un mayor crecimiento vegetativo, siendo esta característica un atractivo para el comercio local y regional. De igual manera se recomienda el uso de ácidos húmicos y fúlvicos, debido a que ofrece mejores resultados en comparación con el testigo relativo utilizado en este estudio, en donde no se hizo ninguna aplicación de los mismos.

De igual manera se recomienda el uso de la variedad Cartagena debido a la que ofrece el mayor grado de consistencia del cogollo en comparación de las variedades Rumours y Legacy.

Para que los agricultores obtengan mejores niveles de rendimiento en el cultivo de la lechuga se recomienda la aplicación de la fuente de ácidos húmicos y fúlvicos denominada Humita-15 con una dosis de 20 l/ha, unido a la variedad Cartagena ya que fueron las variables que ofrecen las mejores características en dicha variable de estudio.

Se recomienda evaluar el efecto de los ácidos húmicos y fúlvicos en una cosecha posterior mas en el cultivo de lechuga, ya que estos ácidos tienen la virtud de mejorar las condiciones fisicoquímicas y biológicas del suelo a mediano y largo plazo. De igual manera se recomienda realizar un trabajo de investigación teniendo como variables diferentes dosis de las fuentes de los ácidos húmicos y fúlvicos.

Se recomienda la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos de la fuente Humita-15 con una dosis de 20 l/ha, agregado a la variedad Cartagena, ya que fué el tratamiento número siete que representó una mejor rentabilidad económica.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benavides, E. (2016). *Fertilización orgánica mineral del cultivo de pimiento (Capsicum annum L.), en la zonade Vinces-Ecuador*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias, Vinces - Los Rios - Ecuador.
- Capula, R. (2011). *Efectividad de substancias húmicas de leonardita, en la calidad de cebolla tipo cambray (Allium cepa L.)*. Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Agronomía, Coahuila.
- Castillo, F. (2005). *Efecto de los ácidos húmicos en el crecimiento y desarrollo de plántula de tomate (Lycopersicon esculentum Mill) bajo invernadero*. Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Agronomía, Coahuila.
- Covarrubias, V. (2003). *Efecto de sustancias húmicas en el cultivo del cilantro (Corandium sativum L.)*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Agronomía, Coahuila.
- Cruz, J. (2001). *Ácidos húmicos y fúlvicos en papa (Solanum tuberosum L.) en la sierra de Arteaga, Coahuila*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Agronomía, Coahuila.
- De León, C. (2016). *Evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el rendimiento de papa variedad Loman; Ixchiguán, San Marcos*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Rafael Landívar, Campus Quetzaltenango, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Quetzaltenango.
- Del Cid, A. (2014). *Evaluación de tres ácidos húmicos en el cultivo de melón tipo Cantaloupe, en Estanzuela, Zacapa*. Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Rafael Landívar, Campus Quetzaltenango, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Zacapa.

- Dimas, R. (2009). *Interacción de los ácidos húmicos con fertilizante orgánico e inorgánico en la sal del suelo*. Tesis de Grado, Ingeniero agrícola y ambiental, Universidad Autónoma Antonio Narro, División de ingeniería, Coahuila.
- Estévez, V. (2006). *Efectos de la aplicación de tres ácidos húmicos comerciales con diferentes dosis en el cultivo de brócoli (Brassica oleracea var. italica) en la hacienda pastaví, canton otavalo, parroquia quichinche*. Tesis de grado, Ingeniero agropecuario, Pontificia Universidad Católica de Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales, Ibarra.
- FAO. (1999). *Guía para el manejo eficiente de la nutrición de las plantas*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2017, de <http://www.virtual.chapingo.mx/dona/paginaIntAgronomia/manejoefi%20nuti.pdf>
- FAO. (2002). *Los fertilizantes y su uso*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2017, de <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>
- FAO. (Sin fecha). *Fertilidad del suelo*. Recuperado el 4 de Septiembre de 2017, de http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/sf/soil_fertility.pdf
- Fernández , R., Traperó, A., & Domínguez, J. (2010). *Experimentación en agricultura*. Sevilla: Junta de Andalucía.
- Frías, S. (2000). *Efecto de dos tipos de ácidos fúlvicos en el cultivo de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.)*. Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Ciencias Socioeconomicas, Coahuila.
- García , A. (1967). *La lechuga: cultivo y comercialización*. Barcelona: oikos-tau.
- Gasca, L. (2004). *Problemas fitosanitarios en el cultivo de la lechuga (Lactuca sativa L.)*. Monografía, Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Agronomía, Coahuila.
- Giró, A. (2008). *Evaluación del rendimiento de lechuga (Lactuca sativa L.) cultivada en un sistema acuapónico, realizado en la Empresa Agrícola Santa Agustina Xolhuitz, Nuevo San Carlos,*

Retalhuleu. Tesis de Grado, Licenciada en Acuicultura , Universidad de San Carlos de Guatemala, Centros de Estudios del Mar y Acuicultura, Guatemala.

González, A., & López, J. (2002). *La lechuga en la región de Murcia y otras comunidades autónomas*. Recuperado el 20 de Agosto de 2017, de [https://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=8357&IDTIPO=246&RASTRO=c226\\$m1259,20561](https://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=8357&IDTIPO=246&RASTRO=c226$m1259,20561)

González , L., & Zepeda, A. (2013). *Rendimiento de cinco variedades de lechuga Lactuca sativa L. tipo gourmet ciclo primavera-verano*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Agronomía y Veterinaria, San Luis Potosí.

González, A., & López, J. (2002). *La lechuga en la región de Murcia y otras comunidades autónomas*. Obtenido de [https://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=8357&IDTIPO=246&RASTRO=c226\\$m1259,20561](https://www.carm.es/web/pagina?IDCONTENIDO=8357&IDTIPO=246&RASTRO=c226$m1259,20561)

Graetz, H. A. (1988). *Suelos y fertilización*. Mexico D.F: Trillas.

Harter, R. (20 de Enero de 2009). *Una introducción a la fertilidad del suelo*. Recuperado el 20 de Agosto de 2017, de <https://www.echocommunity.org/es/resources/5a5a45ab-f360-4827-9d2d-e65661701c9f>

INCAP. (2012). *Tabla de composición de alimentos de Centroamérica*. Recuperado el 5 de Septiembre de 2017, de <http://www.incap.int/mesocaribefoods/dmdocuments/TablaCALimentos.pdf>

INE. (2004). *IV Censo Nacional Agropecuario*. Recuperado el 4 de Agosto de 2017, de <https://www.ine.gob.gt/sistema/uploads/2014/01/16/gDIQ8yuwJXGHFb2yHVk4oMIOhYLBCtp5.pdf>

Izaguirre, P. (2016). *Plan de negocio para producción de lechugas gourmet; y tecnificación del sistema de producción de arveja china de agricultores proveedores de una empresa*

exportadora. Sistematización de práctica profesional, Ingeniero Agrónomo, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Guatemala.

Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2017, de <https://core.ac.uk/download/pdf/11052520.pdf>

Jaramillo, J., Aguilar, P., Tamayo, P., Arguello, E., Guzmán, M., & CORPOICA. (2016). *Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga bajo buenas prácticas agrícolas en el oriente antioqueño*. Recuperado el Agosto de 10 de 2017, de <https://granjaintegralvalledetenza.files.wordpress.com/2018/12/manual-del-cultivo-de-la-lechuga.pdf>

León, G. (2007). *Control de plagas y enfermedades en los cultivos*. Bogotá: Grupo latino editores.

Lirios, E. (2013). *Respuesta del Cultivo de Albahaca (Ocimum basilicum) a Diferentes Dosis de Ácidos Húmicos*. Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma De Baja California Sur, Departamento de Agronomía, La Paz.

López, R. (2014). *Efecto de un humato de calcio y fulvato de hierro en la calidad y producción de chile jalapeño (Capsicum annum L.) y piquín (Capsicum annum L. aviculare) y en la porosidad de un suelo calcisol*. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, Marín N.L.

Magaña, R. (2015). *Efecto de ácidos húmicos y fúlvicos en el crecimiento de lechuga (Lactuca sativa L.) bajo un sistema raíz flotante*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Agronomía, Coahuila.

Melo, L. (2006). *Análisis y caracterización de ácidos fúlvicos y su interacción con algunos materiales pesados*. Tesis de grado, Licenciatura en Química, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Pachuca de Soto.

Méndez, C. (2014). *Estudio de plagas y enfermedades en el cultivo de lechuga*. Tesis de Grado, Ingeniero Técnico Agrícola, Universidad Politécnica de Cartagena, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Murcia.

- Méndez, J. (2018). *Fertilización calcica y aplicación de humatos comerciales en el rendimiento de maíz amarillo (Zea mays L.) híbrido PM-213; bajo goteo*. Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía, Lima - Perú.
- Molina, E. (2007). *Análisis de suelos y su interpretación*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2017, de <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>
- Mora, R. (2017). *Producción de plantines de maracuyá (Passiflora edulis) con dos dosificaciones de ácido húmico más biol en el valle de chao*. Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ciencias Agrarias , Trujillo, Perú.
- Moreno, M. (2013). *Efectividad de substancias húmicas de leonardita en la producción y calidad de chile jalapeño*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrícola, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Ingeniería, Coahuila.
- Paria, A. (2015). *Influencia de tres ácidos húmicos en el rendimiento del cultivo de zapatillo italiano (Cucúrbita pepo L.), en el CEA III Los Pichones*. Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Tacna-Perú.
- Payeras, A. (2014). *Ácidos húmicos y ácidos fúlvicos*. Recuperado el Agosto de 5 de 2017, de <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/acidoss-humicos-y-acidoss-fulvicos/>
- Pérez, A. (2006). *Fertilización orgánica del cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.)*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrícola y Ambiental, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Ingeniería, Coahuila.
- Pimienta , A. (2004). *Ácidos húmicos y fúlvicos de origen orgánico en el crecimiento de plántula de tomate (Lycopersicon esculentum Mill) en invernadero*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo , Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Agronomía, Coahuila.

- Pinedo, D. (2012). *Dosis de ácido húmico granulado de leonardita y ácidos húmicos y fúlvicos con macro y micro elementos en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) variedad Great Lakes 659, bajo condiciones agroecológicas en la provincia de Lamas*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, Facultad de Ciencias Agrarias, Tarapoto.
- Ponce, D. (2016). *Evaluación de dosis de ácido húmico granulado de leonardita y ácidos húmicos y fúlvicos con macro y micro elementos en el cultivo de col china (Brassica pekinensis) variedad Kiboho 90 F-1, bajo condiciones agroecológicas en el distrito de Lamas*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, Facultad de Ciencias Agrarias, Tarapoto.
- Ramos, R. (2000). *Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción biostimulantes. Efectos frente al estrés salino*. Tesis doctoral, Universidad de Alicante, Facultad de Ciencias, Alicante.
- Ríos, M. (2015). *Evaluación de tres dosis de ácidos húmicos y fúlvicos con macro y micro elementos, en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa L.) variedad Grand Rapids Waldeman's Strain, bajo condiciones agroecológicas en la provincia de Lamas*. Tesis de grado, Ingeniero agrónomo, Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, Facultad de Ciencias agrarias, Tarapoto.
- Sánchez, J. (2019). *“Efecto del Ascophyllum nodosum combinado con ácidos húmicos y fúlvicos, sobre el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L.)”*. Tesis de grado, Ingeniero Agropecuario, Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Babahoyo – Los Ríos –Ecuador.
- Sánchez, L. (2018). *Evaluación de ácidos húmicos en el proceso de compostaje, para la determinación de la calidad de compost, en la planta de tratamientos de residuos solidos de pongor, distrito de independencia, Huaraz, Ancash 2016-2017*. Tesis de grado, Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional Santiago Antúñez de Mayolo, Facultad de Ciencias del Ambiente, Huaraz, Ancash, Perú.

- Santiago, V. (2001). *Evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos a diferentes dosis y frecuencias en el cultivo de crisantemo, en suelos con buenas características agrónomicas*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Agronomía, Coahuila.
- Segeplan. (2010). *Plan de desarrollo municipal de Zunil*. Quetzaltenango, Quetzaltenango.
- Sitún, M. (2007). *Investigación agrícola*. Guatemala: ENCA.
- Thompson, L., & Troeh, F. (1980). *Los suelos y su fertilidad* (Cuarta ed.). Barcelona: Reverté.
- Tisdale, S., & Nelson, W. (1970). *Fertilidad de los suelos y fertilizantes* (Primera edición ed.). Barcelona: Montaner y Simon.
- Vázquez, P. (2013). *Uso en la agricultura de sustancias húmicas*. Caso de estudio, Especialización en Química Aplicada, Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo, Coahuila.
- Vega, W. (2016). *Evaluación del rendimiento de pimiento (Capsicum annum) mediante la aplicación edáfica de extractos de algas marinas (Ascophyllum nodosum), ácidos húmicos y fúlvicos en la zona de Quevedo*. Tesis de grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Agrarias, Quevedo – Los Ríos – Ecuador.
- Verdezoto Vagas, V. H., Almaro Mayorga, G. I., Ramos Mosquera, I. E., Jines Carrasco, Á. P., & Rivera, D. (2018). Las sustancias húmicas como sustituto de la materia orgánica en el cultivo de rosas (*Rosa ssp.*). *reciamuc*, 2, 16.
- Zamora, F. (2014). *Evaluación del efecto a la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos en el cultivo de brócoli (Brassica oleracea Var. Itálica)*. Tesis de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ambato.

11.ANEXOS

14 avenida 19-50 Condado El Naranjo
Ofibodegas San Sebastián, Bodega 23,
Zona 4 de Mxco, Guatemala.
PBX.: 2416-2916 Fax: 2416-2917
info@solucionesanaliticas.com
www.solucionesanaliticas.com



**Soluciones
Analíticas**
Agricultura • Industria • Ambiente

Lotificación El Relicario, Lote 6
Carretera al Pacífico, Km. 91
Santa Lucía Cotz, Escuintla
PBX: 7882-2428
info@solucionesanaliticas.com
www.solucionesanaliticas.com

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

Ciente : OMAR MARTIN CHAY XICAY (12889)
Persona Responsable : OMAR MARTIN CHAY
Finca : (25740)
Localización : Zunil, QUETZALTENANGO
Referencia Cliente : MUESTRA DE SUELO
Cultivo : REPOLLO-Brassica oleracea, var (35)

Número de orden : 102761
Código de muestra : 17.08.25.04.03
Fecha de ingreso : 25/08/2017
Fecha del informe : 01/09/2017
Asesor : RECEPCION AGRICOLA

PARAMETROS DE SUELOS		RANGO ADECUADO	
pH	5.55	5.50	7.20
Concentración de Sales (C.S.)	0.26 dS/m	0.2	0.8
Materia Orgánica (M.O.)	1.27 %	2.0	4.0
C.I.C.e	9.2 meq/100 ml	5.0	15.0
Saturación K	3.40 %	4%	6%
Saturación Ca	80.14 %	60%	80%
Saturación Mg	16.46 %	10%	20%
Saturación Al+H	0.00 %	<	20%

ELEMENTO	CONC. ppm (p/v)	NIVELES			RANGO ADECUADO ppm (p/v)	DOSIS Kg/Ha *
		BAJO	ADECUADO	ALTO		
Fósforo P	97.1	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			30 - 75	P ₂ O ₅
Potasio K	122.0	XXXXXXXX			150 - 300	120 K ₂ O
Calcio Ca	1473.0	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			1000 -2000	
Magnesio Mg	181.5	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			100 - 250	
Azufre S	28.2	XXXXXXXXXXXXXXXX			10 - 100	40 S
Cobre Cu	5.4	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			1 - 7	
Hierro Fe	107.5	XXXXXXXXXXXXXXXX			40 - 250	
Manganeso Mn	13.0	XXXXXXXXXXXX			10 - 250	
Zinc Zn	4.2	XXXXXXXXXXXX			2 - 25	
Aluminio Al	< 8.0	X			< 20% Sat Al	

** No se tienen datos del rango adecuado para este elemento. * Kg/Ha x 1.54 = lbs/mz

Metodología con base en:
Sparks D.(ed) (1996). Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods.
Soil pH(1.2). Soil: Water Ratio Method.
Western States Laboratory Proficiency Testing program Soil and Plant Analytical Methods. Versión 4.10.1998

Revisado: 
Gerente de Laboratorios

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio.
La reproducción parcial del mismo deberá ser autorizada por escrito por Soluciones Analíticas.
Este informe es válido únicamente en su impresión original



Figura 4. Análisis químico de suelo realizado antes del estudio, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

14 Avenida 19-50 Condado El Naranjo
 Ofibodegas San Sebastián, Bodega 23,
 Zona 4 de Mixco, Guatemala.
 PBX.: 2416-2916 Fax: 2416-2917
 info@solucionesanaliticas.com
 www.solucionesanaliticas.com



Lotificación El Relicario, Lote 6
 Carretera al Pacífico, Km. 9J
 Santa Lucía Cotz, Escuintla.
 PXB.: 7882-2428
 sedes1@solucionesanaliticas.com

INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

Cliente : OMAR MARTIN CHAY XICAY (13506)
 Persona Responsable : OMAR MARTIN CHAY XICAY
 Finca : ()
 Localización :
 Referencia Cliente : ANALISIS DE SUELO BASICO
 Cultivo : LECHUGA -Lactuca sativa (41)

Número de orden : 110027
 Código de muestra : 19.01.09.04.02
 Fecha de ingreso : 09/01/2019
 Fecha del informe : 14/01/2019
 Asesor : RECEPCION AGRICOLA

PARAMETROS DE SUELOS	RANGO ADECUADO	
pH	5.04	5.50 _ 7.20
Concentración de Sales (C.S.)	0.64 dS/m	0.2 _ 0.8
Materia Orgánica (M.O.)	3.75 %	2.0 _ 4.0
C.I.C.e	7.1 meq/100 ml	5.0 _ 15.0
Saturación K	6.65 %	4% _ 6%
Saturación Ca	74.57 %	60% _ 80%
Saturación Mg	17.37 %	10% _ 20%
Saturación AH+H	1.40 %	< 20%

ELEMENTO	CONC. ppm (p/v)	NIVELES			RANGO ADECUADO ppm (p/v)	DOSIS Kg/Ha ±
		BAJO	ADECUADO	ALTO		
Fósforo	P	183.3	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		30 - 75	P ₂ O ₅
Potasio	K	183.4	XXXXXXXXXXXXXXX		150 - 300	70 K ₂ O
Calcio	Ca	1055.0	XXXXXXXXXXXX		1000 -2000	
Magnesio	Mg	147.4	XXXXXXXXXXXXXXX		100 - 250	
Azufre	S	50.5	XXXXXXXXXXXXXXX		10 - 100	
Cobre	Cu	5.4	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX		1 - 7	
Hierro	Fe	120.1	XXXXXXXXXXXXXXX		40 - 250	
Manganeso	Mn	14.4	XXXXXXXXXXXX		10 - 250	
Zinc	Zn	5.7	XXXXXXXXXXXX		2 - 25	
Aluminio	Al	9.0	X		< 20% Sat Al	

** No se tienen datos del rango adecuado para este elemento. * Kg/Ha x 1.54 = lbs/mz

Revisado: 
 Gerente de Laboratorios

Metodología con base en:
 Sparks D.(ed) (1996). Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods.
 Soil pH(1-2). Soil: Water Ratio Method.
 Western States Laboratory Proficiency Testing program Soil and Plant Analytical Methods. Versión 4.10.1998

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio.
 La reproducción parcial del mismo deberá ser autorizada por escrito por Soluciones Analíticas.
 Este informe es válido únicamente en su impresión original



Figura 5. Análisis químico de suelo realizado después del estudio, evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

Tabla 23.

Costo de producción de tratamiento uno, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
I. EGRESOS				Q94,134.59
A. Costos directos (variables)				Q73,079.24
1. Insumos agrícolas				Q46,354.24
a) Pilonos				Q14,444.44
Variedad Cartagena	Unidad	111,111.11	Q0.13	Q14,444.44
b) Fertilizantes				Q6,913.50
Orgánicos				Q720.00
Ácidos húmicos y fúlvicos Humipot	Litro	8	Q90.00	Q720.00
Químicos				Q5,608.50
15-15-15	Saco de 45.36 Kg	7.93	Q225.00	Q1,784.25
16-6-21+3.2MgO+8.5S+0.09B+0.5Zn	Saco de 45.36 Kg	6.80	Q300.00	Q2,040.00
20-0-20	Saco de 45.36 Kg	7.93	Q225.00	Q1,784.25
Foliares				Q585.00
Fertilizante foliar complete	Litro	9	Q65.00	Q585.00
c) Insecticidas				Q1,595.00
Hidrogenooxalato de tiociclam	Envase de 0.2 kg	5	Q200.00	Q1,000.00
Abamectina	Envase de 0.1 l	3	Q175.00	Q525.00
Piretroide	Envase de 0.1 l	2	Q35.00	Q70.00
d) Fungicidas				Q4,399.55
Preventivos				Q1,138.05
Mancoseb	Bolsa de 0.8 kg	11.25	Q35.00	Q393.75
Ziram	Bolsa de 0.75 kg	16.54	Q45.00	Q744.30
Curativos				Q3,261.50
Fosetil aluminio	Envase de 1 l	2.5	Q350.00	Q875.00
Ridomil	Bolsa de 0.75 kg	6.7	Q195.00	Q1,306.50
Trivia Fluopicolide, Propineb	Bolsa de 0.5 kg	7.2	Q150.00	Q1,080.00
e. Adherentes				Q442.75
Disawett max	Envase de 0.1 l	12.65	Q35.00	Q442.75
f) Envases para cosecha				Q9,259.00
Bolsas plasticas	Unidad	9259	Q1.00	Q9,259.00
g) Transporte				Q9,300.00
Flete para el lugar de venta	Unidad	186	Q50.00	Q9,300.00
2. Mano de obra				Q26,725.00
a) Preparación del terreno				Q4,600.00
Labranza de la tierra (manual)	Jornales	46	Q100.00	Q4,600.00
b) Siembra				Q2,025.00

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
Establecimiento de la plantación	Jornales	27	Q75.00	Q2,025.00
c) Limpias				Q3,600.00
Limpia de malezas (Manual)	Jornales	48	Q75.00	Q3,600.00
d) Fertilizaciones				Q2,700.00
Primera fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
Segunda fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
Tercera fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
e) Aplicación de Ácidos húmicos y fúlvicos				Q1,800.00
Primera aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
Segunda aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
Tercera aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
f) Control fitosanitario				Q4,800.00
Aplicación de plaguicidas	Jornales	64	Q75.00	Q4,800.00
g) Cosecha				Q7,200.00
Corte manual	Jornales	96	Q75.00	Q7,200.00
B. Costos Indirectos (fijos)				Q21,055.35
1. Arrendamiento del terreno				Q8,400.00
Arrendamiento del terreno	Ha	1	Q8,400.00	Q8,400.00
2. Análisis de suelos				Q900.00
Análisis básico de suelos	Unidad	2	Q450.00	Q900.00
3. Costos de administración				Q11,755.35
20% de los costos directos				Q11,755.35
II: INGRESOS				Q163,483.80
a. Lechuga de primera	Bolsas de 12 unidades	6365.7407	Q20.00	Q127,314.81
b. Lechuga de segunda	Bolsas de 12 unidades	2893.5184	Q12.50	Q36,168.98
Utilidad neta				Q69,349.20
Rentabilidad %				42%

Tabla 24.

Costo de producción de tratamiento dos, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
I. EGRESOS				Q89,540.15
A. Costos directos (variables)				Q68,484.80
1. Insumos agrícolas				Q41,909.80
a) Pilonos				Q10,000.00
Variedad Legacy	Unidad	111,111.11	Q0.09	Q10,000.00
b) Fertilizantes				Q6,913.50
Orgánicos				Q720.00
Ácidos húmicos y fúlvicos Humipot	Litro	8	Q90.00	Q720.00
Químicos				Q5,608.50
15-15-15	Saco de 45.36 Kg	7.93	Q225.00	Q1,784.25
16-6-21+3.2MgO+8.5S+0.09B+0.5Zn	Saco de 45.36 Kg	6.80	Q300.00	Q2,040.00
20-0-20	Saco de 45.36 Kg	7.93	Q225.00	Q1,784.25
Foliares				Q585.00
Fertilizante foliar complete	Litro	9	Q65.00	Q585.00
c) Insecticidas				Q1,595.00
Hidrogenooxalato de tiociclam	Envase de 0.2 kg	5	Q200.00	Q1,000.00
Abamectina	Envase de 0.1 l	3	Q175.00	Q525.00
Piretroide	Envase de 0.1 l	2	Q35.00	Q70.00
d) Fungicidas				Q4,399.55
Preventivos				Q1,138.05
Mancoseb	Bolsa de 0.8 kg	11.25	Q35.00	Q393.75
Ziram	Bolsa de 0.75 kg	16.54	Q45.00	Q744.30
Curativos				Q3,261.50
Fosetil aluminio	Envase de 1 l	2.5	Q350.00	Q875.00
Ridomil	Bolsa de 0.75 kg	6.7	Q195.00	Q1,306.50
Trivia Fluopicolide, Propineb	Bolsa de 0.5 kg	7.2	Q150.00	Q1,080.00
e. Adherentes				Q442.75
Disawett max	Envase de 0.1 l	12.65	Q35.00	Q442.75
f) Envases para cosecha				Q9,259.00
Bolsas plasticas	Unidad	9259	Q1.00	Q9,259.00
g) Transporte				Q9,300.00
Flete para el lugar de venta	Unidad	186	Q50.00	Q9,300.00
2. Mano de obra				Q26,575.00
a) Preparación del terreno				Q4,600.00
Labranza de la tierra (manual)	Jornales	46	Q100.00	Q4,600.00
b) Siembra				Q2,025.00

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
Establecimiento de la plantación	Jornales	27	Q75.00	Q2,025.00
c) Limpias				Q3,450.00
Limpia de malezas (Manual)	Jornales	46	Q75.00	Q3,450.00
d) Fertilizaciones				Q2,700.00
Primera fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
Segunda fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
Tercera fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
e) Aplicación de Ácidos húmicos y fúlvicos				Q1,800.00
Primera aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
Segunda aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
Tercera aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
f) Control fitosanitario				Q4,800.00
Aplicación de plaguicidas	Jornales	64	Q75.00	Q4,800.00
g) Cosecha				Q7,200.00
Corte manual	Jornales	96	Q75.00	Q7,200.00
B. Costos Indirectos (fijos)				Q21,055.35
1. Arrendamiento del terreno				Q8,400.00
Arrendamiento del terreno	Ha	1	Q8,400.00	Q8,400.00
2. Análisis de suelos				Q900.00
Análisis básico de suelos	Unidad	2	Q450.00	Q900.00
3. Costos de administración				Q11,755.35
20% de los costos directos				Q11,755.35
II: INGRESOS				Q154,803.24
a. Lechuga de primera	Bolsas de 12 unidades	5208.3333	Q20.00	Q104,166.67
b. Lechuga de segunda	Bolsas de 12 unidades	4050.9258	Q12.50	Q50,636.57
Utilidad neta				Q65,263.09
Rentabilidad %				42%

Tabla 25.

Costo de producción de tratamiento tres, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
I. EGRESOS				Q93,984.59
A. Costos directos (variables)				Q72,929.24
1. Insumos agrícolas				Q46,354.24
a) Pilones				Q14,444.44
Variedad Rumours	Unidad	111,111.11	Q0.13	Q14,444.44
b) Fertilizantes				Q6,913.50
Orgánicos				Q720.00
Ácidos húmicos y fúlvicos Humipot	Litro	8	Q90.00	Q720.00
Químicos				Q5,608.50
15-15-15	Saco de 45.36 Kg	7.93	Q225.00	Q1,784.25
16-6-21+3.2MgO+8.5S+0.09B+0.5Zn	Saco de 45.36 Kg	6.80	Q300.00	Q2,040.00
20-0-20	Saco de 45.36 Kg	7.93	Q225.00	Q1,784.25
Foliares				Q585.00
Fertilizante foliar complete	Litro	9	Q65.00	Q585.00
c) Insecticidas				Q1,595.00
Hidrogenooxalato de tiociclam	Envase de 0.2 kg	5	Q200.00	Q1,000.00
Abamectina	Envase de 0.1 l	3	Q175.00	Q525.00
Piretroide	Envase de 0.1 l	2	Q35.00	Q70.00
d) Fungicidas				Q4,399.55
Preventivos				Q1,138.05
Mancoseb	Bolsa de 0.8 kg	11.25	Q35.00	Q393.75
Ziram	Bolsa de 0.75 kg	16.54	Q45.00	Q744.30
Curativos				Q3,261.50
Fosetil aluminio	Envase de 1 l	2.5	Q350.00	Q875.00
Ridomil	Bolsa de 0.75 kg	6.7	Q195.00	Q1,306.50
Trivia Fluopicolide, Propineb	Bolsa de 0.5 kg	7.2	Q150.00	Q1,080.00
e. Adherentes				Q442.75
Disawett max	Envase de 0.1 l	12.65	Q35.00	Q442.75
f) Envases para cosecha				Q9,259.00
Bolsas plasticas	Unidad	9259	Q1.00	Q9,259.00
g) Transporte				Q9,300.00
Flete para el lugar de venta	Unidad	186	Q50.00	Q9,300.00
2. Mano de obra				Q26,575.00
a) Preparación del terreno				Q4,600.00
Labranza de la tierra (manual)	Jornales	46	Q100.00	Q4,600.00
b) Siembra				Q2,025.00

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
Establecimiento de la plantación	Jornales	27	Q75.00	Q2,025.00
c) Limpias				Q3,450.00
Limpia de malezas (Manual)	Jornales	46	Q75.00	Q3,450.00
d) Fertilizaciones				Q2,700.00
Primera fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
Segunda fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
Tercera fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
e) Aplicación de Ácidos húmicos y fúlvicos				Q1,800.00
Primera aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
Segunda aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
Tercera aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
f) Control fitosanitario				Q4,800.00
Aplicación de plaguicidas	Jornales	64	Q75.00	Q4,800.00
g) Cosecha				Q7,200.00
Corte manual	Jornales	96	Q75.00	Q7,200.00
B. Costos Indirectos (fijos)				Q21,055.35
1. Arrendamiento del terreno				Q8,400.00
Arrendamiento del terreno	Ha	1	Q8,400.00	Q8,400.00
2. Análisis de suelos				Q900.00
Análisis básico de suelos	Unidad	2	Q450.00	Q900.00
3. Costos de administración				Q11,755.35
20% de los costos directos				Q11,755.35
II: INGRESOS				Q162,398.73
a. Lechuga de primera	Bolsas de 12 unidades	6221.0648	Q20.00	Q124,421.30
b. Lechuga de segunda	Bolsas de 12 unidades	3038.1944	Q12.50	Q37,977.43
Utilidad neta				Q68,414.14
Rentabilidad %				42%

Tabla 26.

Costo de producción de tratamiento cuatro, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
I. EGRESOS				Q95,514.59
A. Costos directos (variables)				Q74,459.24
1. Insumos agrícolas				Q47,884.24
a) Pilones				Q14,444.44
Variedad Cartagena	Unidad	111,111.11	Q0.13	Q14,444.44
b) Fertilizantes				Q8,443.50
Orgánicos				Q2,250.00
Ácidos húmicos y fúlvicos Lonite	Litro	30	Q75.00	Q2,250.00
Químicos				Q5,608.50
15-15-15	Saco de 45.36 Kg	7.93	Q225.00	Q1,784.25
16-6-21+3.2MgO+8.5S+0.09B+0.5Zn	Saco de 45.36 Kg	6.80	Q300.00	Q2,040.00
20-0-20	Saco de 45.36 Kg	7.93	Q225.00	Q1,784.25
Foliales				Q585.00
Fertilizante foliar complete	Litro	9	Q65.00	Q585.00
c) Insecticidas				Q1,595.00
Hidrogenooxalato de tiociclam	Envase de 0.2 kg	5	Q200.00	Q1,000.00
Abamectina	Envase de 0.1 l	3	Q175.00	Q525.00
Piretroide	Envase de 0.1 l	2	Q35.00	Q70.00
d) Fungicidas				Q4,399.55
Preventivos				Q1,138.05
Mancoseb	Bolsa de 0.8 kg	11.25	Q35.00	Q393.75
Ziram	Bolsa de 0.75 kg	16.54	Q45.00	Q744.30
Curativos				Q3,261.50
Fosetil aluminio	Envase de 1 l	2.5	Q350.00	Q875.00
Ridomil	Bolsa de 0.75 kg	6.7	Q195.00	Q1,306.50
Trivia Fluopicolide, Propineb	Bolsa de 0.5 kg	7.2	Q150.00	Q1,080.00
e. Adherentes				Q442.75
Disawett max	Envase de 0.1 l	12.65	Q35.00	Q442.75
f) Envases para cosecha				Q9,259.00
Bolsas plasticas	Unidad	9259	Q1.00	Q9,259.00
g) Transporte				Q9,300.00
Flete para el lugar de venta	Unidad	186	Q50.00	Q9,300.00
2. Mano de obra				Q26,575.00
a) Preparación del terreno				Q4,600.00
Labranza de la tierra (manual)	Jornales	46	Q100.00	Q4,600.00
b) Siembra				Q2,025.00

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
Establecimiento de la plantación	Jornales	27	Q75.00	Q2,025.00
c) Limpias				Q3,450.00
Limpia de malezas (Manual)	Jornales	46	Q75.00	Q3,450.00
d) Fertilizaciones				Q2,700.00
Primera fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
Segunda fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
Tercera fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
e) Aplicación de Ácidos húmicos y fúlvicos				Q1,800.00
Primera aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
Segunda aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
Tercera aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
f) Control fitosanitario				Q4,800.00
Aplicación de plaguicidas	Jornales	64	Q75.00	Q4,800.00
g) Cosecha				Q7,200.00
Corte manual	Jornales	96	Q75.00	Q7,200.00
B. Costos Indirectos (fijos)				Q21,055.35
1. Arrendamiento del terreno				Q8,400.00
Arrendamiento del terreno	Ha	1	Q8,400.00	Q8,400.00
2. Análisis de suelos				Q900.00
Análisis básico de suelos	Unidad	2	Q450.00	Q900.00
3. Costos de administración				Q11,755.35
20% de los costos directos				Q11,755.35
II: INGRESOS				Q168,909.14
a. Lechuga de primera	Bolsas de 12 unidades	7089.1204	Q20.00	Q141,782.41
b. Lechuga de segunda	Bolsas de 12 unidades	2170.1388	Q12.50	Q27,126.73
Utilidad neta				Q73,394.55
Rentabilidad %				43%

Tabla 27.

Costo de producción de tratamiento cinco, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
I. EGRESOS				Q91,070.15
A. Costos directos (variables)				Q70,014.80
1. Insumos agrícolas				Q43,439.80
a) Pilonos				Q10,000.00
Variedad Legacy	Unidad	111,111.11	Q0.09	Q10,000.00
b) Fertilizantes				Q8,443.50
Orgánicos				Q2,250.00
Ácidos húmicos y fúlvicos Lonite	Litro	30	Q75.00	Q2,250.00
Químicos				Q5,608.50
15-15-15	Saco de 45.36 Kg	7.93	Q225.00	Q1,784.25
16-6-21+3.2MgO+8.5S+0.09B+0.5Zn	Saco de 45.36 Kg	6.80	Q300.00	Q2,040.00
20-0-20	Saco de 45.36 Kg	7.93	Q225.00	Q1,784.25
Foliares				Q585.00
Fertilizante foliar complete	Litro	9	Q65.00	Q585.00
c) Insecticidas				Q1,595.00
Hidrogenooxalato de tiociclam	Envase de 0.2 kg	5	Q200.00	Q1,000.00
Abamectina	Envase de 0.1 l	3	Q175.00	Q525.00
Piretroide	Envase de 0.1 l	2	Q35.00	Q70.00
d) Fungicidas				Q4,399.55
Preventivos				Q1,138.05
Mancoseb	Bolsa de 0.8 kg	11.25	Q35.00	Q393.75
Ziram	Bolsa de 0.75 kg	16.54	Q45.00	Q744.30
Curativos				Q3,261.50
Fosetil aluminio	Envase de 1 l	2.5	Q350.00	Q875.00
Ridomil	Bolsa de 0.75 kg	6.7	Q195.00	Q1,306.50
Trivia Fluopicolide, Propineb	Bolsa de 0.5 kg	7.2	Q150.00	Q1,080.00
e. Adherentes				Q442.75
Disawett max	Envase de 0.1 l	12.65	Q35.00	Q442.75
f) Envases para cosecha				Q9,259.00
Bolsas plasticas	Unidad	9259	Q1.00	Q9,259.00
g) Transporte				Q9,300.00
Flete para el lugar de venta	Unidad	186	Q50.00	Q9,300.00
2. Mano de obra				Q26,575.00
a) Preparación del terreno				Q4,600.00
Labranza de la tierra (manual)	Jornales	46	Q100.00	Q4,600.00
b) Siembra				Q2,025.00

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
Establecimiento de la plantación	Jornales	27	Q75.00	Q2,025.00
c) Limpias				Q3,450.00
Limpia de malezas (Manual)	Jornales	46	Q75.00	Q3,450.00
d) Fertilizaciones				Q2,700.00
Primera fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
Segunda fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
Tercera fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
e) Aplicación de Ácidos húmicos y fúlvicos				Q1,800.00
Primera aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
Segunda aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
Tercera aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
f) Control fitosanitario				Q4,800.00
Aplicación de plaguicidas	Jornales	64	Q75.00	Q4,800.00
g) Cosecha				Q7,200.00
Corte manual	Jornales	96	Q75.00	Q7,200.00
B. Costos Indirectos (fijos)				Q21,055.35
1. Arrendamiento del terreno				Q8,400.00
Arrendamiento del terreno	Ha	1	Q8,400.00	Q8,400.00
2. Análisis de suelos				Q900.00
Análisis básico de suelos	Unidad	2	Q450.00	Q900.00
3. Costos de administración				Q11,755.35
20% de los costos directos				Q11,755.35
II: INGRESOS				Q156,973.38
a. Lechuga de primera	Bolsas de 12 unidades	5497.6852	Q20.00	Q109,953.70
b. Lechuga de segunda	Bolsas de 12 unidades	3761.574	Q12.50	Q47,019.67
Utilidad neta				Q65,903.23
Rentabilidad %				42%

Tabla 28.

Costo de producción de tratamiento seis, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
I. EGRESOS				Q95,514.59
A. Costos directos (variables)				Q74,459.24
1. Insumos agrícolas				Q47,884.24
a) Pilones				Q14,444.44
Variedad Rumours	Unidad	111,111.11	Q0.13	Q14,444.44
b) Fertilizantes				Q8,443.50
Orgánicos				Q2,250.00
Ácidos húmicos y fúlvicos Lonite	Litro	30	Q75.00	Q2,250.00
Químicos				Q5,608.50
15-15-15	Saco de 45.36 Kg	7.93	Q225.00	Q1,784.25
16-6-21+3.2MgO+8.5S+0.09B+0.5Zn	Saco de 45.36 Kg	6.80	Q300.00	Q2,040.00
20-0-20	Saco de 45.36 Kg	7.93	Q225.00	Q1,784.25
Foliales				Q585.00
Fertilizante foliar complete	Litro	9	Q65.00	Q585.00
c) Insecticidas				Q1,595.00
Hidrogenooxalato de tiociclam	Envase de 0.2 kg	5	Q200.00	Q1,000.00
Abamectina	Envase de 0.1 l	3	Q175.00	Q525.00
Piretroide	Envase de 0.1 l	2	Q35.00	Q70.00
d) Fungicidas				Q4,399.55
Preventivos				Q1,138.05
Mancoseb	Bolsa de 0.8 kg	11.25	Q35.00	Q393.75
Ziram	Bolsa de 0.75 kg	16.54	Q45.00	Q744.30
Curativos				Q3,261.50
Fosetil aluminio	Envase de 1 l	2.5	Q350.00	Q875.00
Ridomil	Bolsa de 0.75 kg	6.7	Q195.00	Q1,306.50
Trivia Fluopicolide, Propineb	Bolsa de 0.5 kg	7.2	Q150.00	Q1,080.00
e. Adherentes				Q442.75
Disawett max	Envase de 0.1 l	12.65	Q35.00	Q442.75
f) Envases para cosecha				Q9,259.00
Bolsas plasticas	Unidad	9259	Q1.00	Q9,259.00
g) Transporte				Q9,300.00
Flete para el lugar de venta	Unidad	186	Q50.00	Q9,300.00
2. Mano de obra				Q26,575.00
a) Preparación del terreno				Q4,600.00
Labranza de la tierra (manual)	Jornales	46	Q100.00	Q4,600.00
b) Siembra				Q2,025.00

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
Establecimiento de la plantación	Jornales	27	Q75.00	Q2,025.00
c) Limpias				Q3,450.00
Limpia de malezas (Manual)	Jornales	46	Q75.00	Q3,450.00
d) Fertilizaciones				Q2,700.00
Primera fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
Segunda fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
Tercera fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
e) Aplicación de Ácidos húmicos y fúlvicos				Q1,800.00
Primera aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
Segunda aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
Tercera aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
f) Control fitosanitario				Q4,800.00
Aplicación de plaguicidas	Jornales	64	Q75.00	Q4,800.00
g) Cosecha				Q7,200.00
Corte manual	Jornales	96	Q75.00	Q7,200.00
B. Costos Indirectos (fijos)				Q21,055.35
1. Arrendamiento del terreno				Q8,400.00
Arrendamiento del terreno	Ha	1	Q8,400.00	Q8,400.00
2. Análisis de suelos				Q900.00
Análisis básico de suelos	Unidad	2	Q450.00	Q900.00
3. Costos de administración				Q11,755.35
20% de los costos directos				Q11,755.35
II: INGRESOS				Q166,739.00
a. Lechuga de primera	Bolsas de 12 unidades	6799.7685	Q20.00	Q135,995.37
b. Lechuga de segunda	Bolsas de 12 unidades	2459.4906	Q12.50	Q30,743.63
Utilidad neta				Q71,224.41
Rentabilidad %				43%

Tabla 29.

Costo de producción de tratamiento siete, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
I. EGRESOS				Q95,764.59
A. Costos directos (variables)				Q74,709.24
1. Insumos agrícolas				Q48,134.24
a) Pilones				Q14,444.44
Variedad Rumours	Unidad	111,111.11	Q0.13	Q14,444.44
b) Fertilizantes				Q8,693.50
Orgánicos				Q2,500.00
Ácidos húmicos y fúlvicos Humita-15	Litro	20	Q125.00	Q2,500.00
Químicos				Q5,608.50
15-15-15	Saco de 45.36 Kg	7.93	Q225.00	Q1,784.25
16-6-21+3.2MgO+8.5S+0.09B+0.5Zn	Saco de 45.36 Kg	6.80	Q300.00	Q2,040.00
20-0-20	Saco de 45.36 Kg	7.93	Q225.00	Q1,784.25
Foliales				Q585.00
Fertilizante foliar complete	Litro	9	Q65.00	Q585.00
c) Insecticidas				Q1,595.00
Hidrogenooxalato de tiociclam	Envase de 0.2 kg	5	Q200.00	Q1,000.00
Abamectina	Envase de 0.1 l	3	Q175.00	Q525.00
Piretroide	Envase de 0.1 l	2	Q35.00	Q70.00
d) Fungicidas				Q4,399.55
Preventivos				Q1,138.05
Mancoseb	Bolsa de 0.8 kg	11.25	Q35.00	Q393.75
Ziram	Bolsa de 0.75 kg	16.54	Q45.00	Q744.30
Curativos				Q3,261.50
Fosetil aluminio	Envase de 1 l	2.5	Q350.00	Q875.00
Ridomil	Bolsa de 0.75 kg	6.7	Q195.00	Q1,306.50
Trivia Fluopicolide, Propineb	Bolsa de 0.5 kg	7.2	Q150.00	Q1,080.00
e. Adherentes				Q442.75
Disawett max	Envase de 0.1 l	12.65	Q35.00	Q442.75
f) Envases para cosecha				Q9,259.00
Bolsas plasticas	Unidad	9259	Q1.00	Q9,259.00
g) Transporte				Q9,300.00
Flete para el lugar de venta	Unidad	186	Q50.00	Q9,300.00
2. Mano de obra				Q26,575.00
a) Preparación del terreno				Q4,600.00
Labranza de la tierra (manual)	Jornales	46	Q100.00	Q4,600.00
b) Siembra				Q2,025.00

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
Establecimiento de la plantación	Jornales	27	Q75.00	Q2,025.00
c) Limpias				Q3,450.00
Limpia de malezas (Manual)	Jornales	46	Q75.00	Q3,450.00
d) Fertilizaciones				Q2,700.00
Primera fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
Segunda fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
Tercera fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
e) Aplicación de Ácidos húmicos y fúlvicos				Q1,800.00
Primera aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
Segunda aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
Tercera aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
f) Control fitosanitario				Q4,800.00
Aplicación de plaguicidas	Jornales	64	Q75.00	Q4,800.00
g) Cosecha				Q7,200.00
Corte manual	Jornales	96	Q75.00	Q7,200.00
B. Costos Indirectos (fijos)				Q21,055.35
1. Arrendamiento del terreno				Q8,400.00
Arrendamiento del terreno	Ha	1	Q8,400.00	Q8,400.00
2. Análisis de suelos				Q900.00
Análisis básico de suelos	Unidad	2	Q450.00	Q900.00
3. Costos de administración				Q11,755.35
20% de los costos directos				Q11,755.35
II: INGRESOS				Q180,844.91
a. Lechuga de primera	Bolsas de 12 unidades	8680.5556	Q20.00	Q173,611.11
b. Lechuga de segunda	Bolsas de 12 unidades	578.70361	Q12.50	Q7,233.80
Utilidad neta				Q85,080.32
Rentabilidad %				47%

Tabla 30.

Costo de producción de tratamiento ocho, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
I. EGRESOS				Q91,320.15
A. Costos directos (variables)				Q70,264.80
1. Insumos agrícolas				Q43,689.80
a) Pilonos				Q10,000.00
Variedad Legacy	Unidad	111,111.11	Q0.09	Q10,000.00
b) Fertilizantes				Q8,693.50
Orgánicos				Q2,500.00
Ácidos húmicos y fúlvicos Humita-15	Litro	20	Q125.00	Q2,500.00
Químicos				Q5,608.50
15-15-15	Saco de 45.36 Kg	7.93	Q225.00	Q1,784.25
16-6-21+3.2MgO+8.5S+0.09B+0.5Zn	Saco de 45.36 Kg	6.80	Q300.00	Q2,040.00
20-0-20	Saco de 45.36 Kg	7.93	Q225.00	Q1,784.25
Foliares				Q585.00
Fertilizante foliar complete	Litro	9	Q65.00	Q585.00
c) Insecticidas				Q1,595.00
Hidrogenooxalato de tiociclam	Envase de 0.2 kg	5	Q200.00	Q1,000.00
Abamectina	Envase de 0.1 l	3	Q175.00	Q525.00
Piretroide	Envase de 0.1 l	2	Q35.00	Q70.00
d) Fungicidas				Q4,399.55
Preventivos				Q1,138.05
Mancoseb	Bolsa de 0.8 kg	11.25	Q35.00	Q393.75
Ziram	Bolsa de 0.75 kg	16.54	Q45.00	Q744.30
Curativos				Q3,261.50
Fosetil aluminio	Envase de 1 l	2.5	Q350.00	Q875.00
Ridomil	Bolsa de 0.75 kg	6.7	Q195.00	Q1,306.50
Trivia Fluopicolide, Propineb	Bolsa de 0.5 kg	7.2	Q150.00	Q1,080.00
e. Adherentes				Q442.75
Disawett max	Envase de 0.1 l	12.65	Q35.00	Q442.75
f) Envases para cosecha				Q9,259.00
Bolsas plasticas	Unidad	9259	Q1.00	Q9,259.00
g) Transporte				Q9,300.00
Flete para el lugar de venta	Unidad	186	Q50.00	Q9,300.00
2. Mano de obra				Q26,575.00
a) Preparación del terreno				Q4,600.00
Labranza de la tierra (manual)	Jornales	46	Q100.00	Q4,600.00
b) Siembra				Q2,025.00

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
Establecimiento de la plantación	Jornales	27	Q75.00	Q2,025.00
c) Limpias				Q3,450.00
Limpia de malezas (Manual)	Jornales	46	Q75.00	Q3,450.00
d) Fertilizaciones				Q2,700.00
Primera fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
Segunda fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
Tercera fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
e) Aplicación de Ácidos húmicos y fúlvicos				Q1,800.00
Primera aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
Segunda aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
Tercera aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
f) Control fitosanitario				Q4,800.00
Aplicación de plaguicidas	Jornales	64	Q75.00	Q4,800.00
g) Cosecha				Q7,200.00
Corte manual	Jornales	96	Q75.00	Q7,200.00
B. Costos Indirectos (fijos)				Q21,055.35
1. Arrendamiento del terreno				Q8,400.00
Arrendamiento del terreno	Ha	1	Q8,400.00	Q8,400.00
2. Análisis de suelos				Q900.00
Análisis básico de suelos	Unidad	2	Q450.00	Q900.00
3. Costos de administración				Q11,755.35
20% de los costos directos				Q11,755.35
II: INGRESOS				Q159,143.52
a. Lechuga de primera	Bolsas de 12 unidades	5787.037	Q20.00	Q115,740.74
b. Lechuga de segunda	Bolsas de 12 unidades	3472.2221	Q12.50	Q43,402.78
Utilidad neta				Q67,823.37
Rentabilidad %				43%

Tabla 31.

Costo de producción de tratamiento nueve, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
I. EGRESOS				Q95,764.59
A. Costos directos (variables)				Q74,709.24
1. Insumos agrícolas				Q48,134.24
a) Pilones				Q14,444.44
Variedad Rumours	Unidad	111,111.11	Q0.13	Q14,444.44
b) Fertilizantes				Q8,693.50
Orgánicos				Q2,500.00
Ácidos húmicos y fúlvicos Humita-15	Litro	20	Q125.00	Q2,500.00
Químicos				Q5,608.50
15-15-15	Saco de 45.36 Kg	7.93	Q225.00	Q1,784.25
16-6-21+3.2MgO+8.5S+0.09B+0.5Zn	Saco de 45.36 Kg	6.80	Q300.00	Q2,040.00
20-0-20	Saco de 45.36 Kg	7.93	Q225.00	Q1,784.25
Foliares				Q585.00
Fertilizante foliar complete	Litro	9	Q65.00	Q585.00
c) Insecticidas				Q1,595.00
Hidrogenooxalato de tiociclam	Envase de 0.2 kg	5	Q200.00	Q1,000.00
Abamectina	Envase de 0.1 l	3	Q175.00	Q525.00
Piretroide	Envase de 0.1 l	2	Q35.00	Q70.00
d) Fungicidas				Q4,399.55
Preventivos				Q1,138.05
Mancoseb	Bolsa de 0.8 kg	11.25	Q35.00	Q393.75
Ziram	Bolsa de 0.75 kg	16.54	Q45.00	Q744.30
Curativos				Q3,261.50
Fosetil aluminio	Envase de 1 l	2.5	Q350.00	Q875.00
Ridomil	Bolsa de 0.75 kg	6.7	Q195.00	Q1,306.50
Trivia Fluopicolide, Propineb	Bolsa de 0.5 kg	7.2	Q150.00	Q1,080.00
e. Adherentes				Q442.75
Disawett max	Envase de 0.1 l	12.65	Q35.00	Q442.75
f) Envases para cosecha				Q9,259.00
Bolsas plasticas	Unidad	9259	Q1.00	Q9,259.00
g) Transporte				Q9,300.00
Flete para el lugar de venta	Unidad	186	Q50.00	Q9,300.00
2. Mano de obra				Q26,575.00
a) Preparación del terreno				Q4,600.00
Labranza de la tierra (manual)	Jornales	46	Q100.00	Q4,600.00
b) Siembra				Q2,025.00

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
Establecimiento de la plantación	Jornales	27	Q75.00	Q2,025.00
c) Limpias				Q3,450.00
Limpia de malezas (Manual)	Jornales	46	Q75.00	Q3,450.00
d) Fertilizaciones				Q2,700.00
Primera fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
Segunda fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
Tercera fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
e) Aplicación de Ácidos húmicos y fúlvicos				Q1,800.00
Primera aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
Segunda aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
Tercera aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
f) Control fitosanitario				Q4,800.00
Aplicación de plaguicidas	Jornales	64	Q75.00	Q4,800.00
g) Cosecha				Q7,200.00
Corte manual	Jornales	96	Q75.00	Q7,200.00
B. Costos Indirectos (fijos)				Q21,055.35
1. Arrendamiento del terreno				Q8,400.00
Arrendamiento del terreno	Ha	1	Q8,400.00	Q8,400.00
2. Análisis de suelos				Q900.00
Análisis básico de suelos	Unidad	2	Q450.00	Q900.00
3. Costos de administración				Q11,755.35
20% de los costos directos				Q11,755.35
II: INGRESOS				Q174,334.49
a. Lechuga de primera	Bolsas de 12 unidades	7812.5	Q20.00	Q156,250.00
b. Lechuga de segunda	Bolsas de 12 unidades	1446.7592	Q12.50	Q18,084.49
Utilidad neta				Q78,569.90
Rentabilidad %				45%

Tabla 32.

Costo de producción de tratamiento 10, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
I. EGRESOS				Q93,264.59
A. Costos directos (variables)				Q72,209.24
1. Insumos agrícolas				Q45,634.24
a) Pilonos				Q14,444.44
Variedad Cartagena	Unidad	111,111.11	Q0.13	Q14,444.44
b) Fertilizantes				Q6,193.50
Orgánicos				
Testigo Relativo				
Químicos				Q5,608.50
15-15-15	Saco de 45.36 Kg	7.93	Q225.00	Q1,784.25
16-6-21+3.2MgO+8.5S+0.09B+0.5Zn	Saco de 45.36 Kg	6.80	Q300.00	Q2,040.00
20-0-20	Saco de 45.36 Kg	7.93	Q225.00	Q1,784.25
Foliales				Q585.00
Fertilizante foliar complete	Litro	9	Q65.00	Q585.00
c) Insecticidas				Q1,595.00
Hidrogenooxalato de tiociclam	Envase de 0.2 kg	5	Q200.00	Q1,000.00
Abamectina	Envase de 0.1 l	3	Q175.00	Q525.00
Piretroide	Envase de 0.1 l	2	Q35.00	Q70.00
d) Fungicidas				Q4,399.55
Preventivos				Q1,138.05
Mancoseb	Bolsa de 0.8 kg	11.25	Q35.00	Q393.75
Ziram	Bolsa de 0.75 kg	16.54	Q45.00	Q744.30
Curativos				Q3,261.50
Fosetil aluminio	Envase de 1 l	2.5	Q350.00	Q875.00
Ridomil	Bolsa de 0.75 kg	6.7	Q195.00	Q1,306.50
Trivia Fluopicolide, Propineb	Bolsa de 0.5 kg	7.2	Q150.00	Q1,080.00
e. Adherentes				Q442.75
Disawett max	Envase de 0.1 l	12.65	Q35.00	Q442.75
f) Envases para cosecha				Q9,259.00
Bolsas plasticas	Unidad	9259	Q1.00	Q9,259.00
g) Transporte				Q9,300.00
Flete para el lugar de venta	Unidad	186	Q50.00	Q9,300.00
2. Mano de obra				Q26,575.00
a) Preparación del terreno				Q4,600.00
Labranza de la tierra (manual)	Jornales	46	Q100.00	Q4,600.00
b) Siembra				Q2,025.00

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
Establecimiento de la plantación	Jornales	27	Q75.00	Q2,025.00
c) Limpias				Q3,450.00
Limpia de malezas (Manual)	Jornales	46	Q75.00	Q3,450.00
d) Fertilizaciones				Q2,700.00
Primera fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
Segunda fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
Tercera fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
e) Aplicación de Ácidos húmicos y fúlvicos				Q1,800.00
Primera aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
Segunda aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
Tercera aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
f) Control fitosanitario				Q4,800.00
Aplicación de plaguicidas	Jornales	64	Q75.00	Q4,800.00
g) Cosecha				Q7,200.00
Corte manual	Jornales	96	Q75.00	Q7,200.00
B. Costos Indirectos (fijos)				Q21,055.35
1. Arrendamiento del terreno				Q8,400.00
Arrendamiento del terreno	Ha	1	Q8,400.00	Q8,400.00
2. Análisis de suelos				Q900.00
Análisis básico de suelos	Unidad	2	Q450.00	Q900.00
3. Costos de administración				Q11,755.35
20% de los costos directos				Q11,755.35
II: INGRESOS				Q161,313.66
a. Lechuga de primera	Bolsas de 12 unidades	6076.3889	Q20.00	Q121,527.78
b. Lechuga de segunda	Bolsas de 12 unidades	3182.8703	Q12.50	Q39,785.88
Utilidad neta				Q68,049.07
Rentabilidad %				42%

Tabla 33.

Costo de producción de tratamiento 11, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
I. EGRESOS				Q88,820.15
A. Costos directos (variables)				Q67,764.80
1. Insumos agrícolas				Q41,189.80
a) Pilonos				Q10,000.00
Variedad Cartagena	Unidad	111,111.11	Q0.09	Q10,000.00
b) Fertilizantes				Q6,193.50
Orgánicos				
Testigo Relativo	Litro			
Químicos				Q5,608.50
15-15-15	Saco de 45.36 Kg	7.93	Q225.00	Q1,784.25
16-6-21+3.2MgO+8.5S+0.09B+0.5Zn	Saco de 45.36 Kg	6.80	Q300.00	Q2,040.00
20-0-20	Saco de 45.36 Kg	7.93	Q225.00	Q1,784.25
Foliares				Q585.00
Fertilizante foliar complete	Litro	9	Q65.00	Q585.00
c) Insecticidas				Q1,595.00
Hidrogenooxalato de tiociclam	Envase de 0.2 kg	5	Q200.00	Q1,000.00
Abamectina	Envase de 0.1 l	3	Q175.00	Q525.00
Piretroide	Envase de 0.1 l	2	Q35.00	Q70.00
d) Fungicidas				Q4,399.55
Preventivos				Q1,138.05
Mancoseb	Bolsa de 0.8 kg	11.25	Q35.00	Q393.75
Ziram	Bolsa de 0.75 kg	16.54	Q45.00	Q744.30
Curativos				Q3,261.50
Fosetil aluminio	Envase de 1 l	2.5	Q350.00	Q875.00
Ridomil	Bolsa de 0.75 kg	6.7	Q195.00	Q1,306.50
Trivia Fluopicolide, Propineb	Bolsa de 0.5 kg	7.2	Q150.00	Q1,080.00
e. Adherentes				Q442.75
Disawett max	Envase de 0.1 l	12.65	Q35.00	Q442.75
f) Envases para cosecha				Q9,259.00
Bolsas plasticas	Unidad	9259	Q1.00	Q9,259.00
g) Transporte				Q9,300.00
Flete para el lugar de venta	Unidad	186	Q50.00	Q9,300.00
2. Mano de obra				Q26,575.00
a) Preparación del terreno				Q4,600.00
Labranza de la tierra (manual)	Jornales	46	Q100.00	Q4,600.00
b) Siembra				Q2,025.00

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
Establecimiento de la plantación	Jornales	27	Q75.00	Q2,025.00
c) Limpias				Q3,450.00
Limpia de malezas (Manual)	Jornales	46	Q75.00	Q3,450.00
d) Fertilizaciones				Q2,700.00
Primera fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
Segunda fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
Tercera fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
e) Aplicación de Ácidos húmicos y fúlvicos				Q1,800.00
Primera aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
Segunda aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
Tercera aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
f) Control fitosanitario				Q4,800.00
Aplicación de plaguicidas	Jornales	64	Q75.00	Q4,800.00
g) Cosecha				Q7,200.00
Corte manual	Jornales	96	Q75.00	Q7,200.00
B. Costos Indirectos (fijos)				Q21,055.35
1. Arrendamiento del terreno				Q8,400.00
Arrendamiento del terreno	Ha	1	Q8,400.00	Q8,400.00
2. Análisis de suelos				Q900.00
Análisis básico de suelos	Unidad	2	Q450.00	Q900.00
3. Costos de administración				Q11,755.35
20% de los costos directos				Q11,755.35
II: INGRESOS				Q150,462.96
a. Lechuga de primera	Bolsas de 12 unidades	4629.6296	Q20.00	Q92,592.59
b. Lechuga de segunda	Bolsas de 12 unidades	4629.6295	Q12.50	Q57,870.37
Utilidad neta				Q61,642.82
Rentabilidad %				41%

Tabla 34.

Costo de producción de tratamiento 12, para diferentes fuentes de ácidos húmicos y fúlvicos, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango, 2019.

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
I. EGRESOS				Q93,264.59
A. Costos directos (variables)				Q72,209.24
1. Insumos agrícolas				Q45,634.24
a) Pilonos				Q14,444.44
Variedad Rumours	Unidad	111,111.11	Q0.13	Q14,444.44
b) Fertilizantes				Q6,193.50
Orgánicos				
Testigo Relativo	Litro			
Químicos				Q5,608.50
15-15-15	Saco de 45.36 Kg	7.93	Q225.00	Q1,784.25
16-6-21+3.2MgO+8.5S+0.09B+0.5Zn	Saco de 45.36 Kg	6.80	Q300.00	Q2,040.00
20-0-20	Saco de 45.36 Kg	7.93	Q225.00	Q1,784.25
Foliares				Q585.00
Fertilizante foliar complete	Litro	9	Q65.00	Q585.00
c) Insecticidas				Q1,595.00
Hidrogenooxalato de tiociclam	Envase de 0.2 kg	5	Q200.00	Q1,000.00
Abamectina	Envase de 0.1 l	3	Q175.00	Q525.00
Piretroide	Envase de 0.1 l	2	Q35.00	Q70.00
d) Fungicidas				Q4,399.55
Preventivos				Q1,138.05
Mancoseb	Bolsa de 0.8 kg	11.25	Q35.00	Q393.75
Ziram	Bolsa de 0.75 kg	16.54	Q45.00	Q744.30
Curativos				Q3,261.50
Fosetil aluminio	Envase de 1 l	2.5	Q350.00	Q875.00
Ridomil	Bolsa de 0.75 kg	6.7	Q195.00	Q1,306.50
Trivia Fluopicolide, Propineb	Bolsa de 0.5 kg	7.2	Q150.00	Q1,080.00
e. Adherentes				Q442.75
Disawett max	Envase de 0.1 l	12.65	Q35.00	Q442.75
f) Envases para cosecha				Q9,259.00
Bolsas plasticas	Unidad	9259	Q1.00	Q9,259.00
g) Transporte				Q9,300.00
Flete para el lugar de venta	Unidad	186	Q50.00	Q9,300.00
2. Mano de obra				Q26,575.00
a) Preparación del terreno				Q4,600.00
Labranza de la tierra (manual)	Jornales	46	Q100.00	Q4,600.00
b) Siembra				Q2,025.00

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
Establecimiento de la plantación	Jornales	27	Q75.00	Q2,025.00
c) Limpias				Q3,450.00
Limpia de malezas (Manual)	Jornales	46	Q75.00	Q3,450.00
d) Fertilizaciones				Q2,700.00
Primera fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
Segunda fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
Tercera fertilización	Jornales	12	Q75.00	Q900.00
e) Aplicación de Ácidos húmicos y fúlvicos				Q1,800.00
Primera aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
Segunda aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
Tercera aplicación	Jornales	8	Q75.00	Q600.00
f) Control fitosanitario				Q4,800.00
Aplicación de plaguicidas	Jornales	64	Q75.00	Q4,800.00
g) Cosecha				Q7,200.00
Corte manual	Jornales	96	Q75.00	Q7,200.00
B. Costos Indirectos (fijos)				Q21,055.35
1. Arrendamiento del terreno				Q8,400.00
Arrendamiento del terreno	Ha	1	Q8,400.00	Q8,400.00
2. Análisis de suelos				Q900.00
Análisis básico de suelos	Unidad	2	Q450.00	Q900.00
3. Costos de administración				Q11,755.35
20% de los costos directos				Q11,755.35
II: INGRESOS				Q159,143.52
a. Lechuga de primera	Bolsas de 12 unidades	5787.037	Q20.00	Q115,740.74
b. Lechuga de segunda	Bolsas de 12 unidades	3472.2221	Q12.50	Q43,402.78
Utilidad neta				Q65,878.93
Rentabilidad %				41%