

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Efecto de Diferentes Volúmenes de Gallinaza Aplicada al Suelo Sobre el
Crecimiento del Cultivo de Cebolla Blanca (*Allium cepa* L.)

Por:

IVÁN GÓMEZ CARMONA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México
Mayo 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Efecto de Diferentes Volúmenes de Gallinaza Aplicada al Suelo Sobre el
Crecimiento del Cultivo de Cebolla Blanca (*Allium cepa* L.)

Por

IVÁN GÓMEZ CARMONA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dr. Alberto Sandoval Rangel
Asesor Principal Interno

MC. Felicito Ausencio Díaz Vázquez
Asesor Principal Externo

Dr. Antonio Flores Naveda
Coasesor

Dr. Marcelino Cabrera de la Fuente
Coasesor

Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila
Mayo 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Efecto de Diferentes Volúmenes de Gallinaza Aplicada al Suelo Sobre el
Crecimiento del Cultivo de Cebolla Blanca (*Allium cepa* L.)

Por

IVÁN GÓMEZ CARMONA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Asesor Principal Interno



MC. Felicitó Ausencio Díaz Vázquez
Asesor Principal Externo



Dr. Antonio Flores Naveda
Coasesor



Dr. Marcelino Cabrera de la Fuente
Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila
Mayo 2022



Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante

Iván Gómez Carmona

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Iván Gómez Carmona

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen de Guadalupe, por haberme permitido llegar hasta este punto de mi vida y haberme otorgado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad, amor y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de mi formación profesional.

Quiero agradecer con mucho cariño, respeto y admiración a mis padres; **Margarito Gómez Palafox y Erika Carmona Hernández**, quienes, con su apoyo incondicional, dedicación y esfuerzo me han motivado para cumplir una de mis metas, sus consejos, educación y enseñanzas son sin duda el mejor legado que hayan podido compartirme. Gracias por ser los principales promotores de mis metas, creer en mí y en mis expectativas, siendo para mí el mejor regalo que pudieron haberme dado, dedicaron una vida entera trabajando para darme un mejor futuro. Este nuevo logro es para ustedes, ahora me toca a mí responder y cumplir todas mis metas, los quiero mucho.

También quiero agradecer a mis hermanos **Oswaldo Gómez Carmona y María José Gómez Carmona** por el cariño, apoyo y consejos que siempre me han brindado, espero poder ser ejemplo de esfuerzo y dedicación para ustedes.

Quiero agradecer a **mi familia**, por su cariño, apoyo y que siempre estuvieron ahí para motivarme y alentarme a que termine la carrera, además de sus valiosos consejos y sabiduría. Gracias.

A mi **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por haberme recibido y permitido formarme profesionalmente, dándome innumerables e incomparables oportunidades dentro y fuera de las aulas, así como también a mis diferentes maestros que me brindaron sus conocimientos, los cuales me permitirán honrar y defender la calidad de tan noble institución educativa.

Al **Dr. Alberto Sandoval Rangel**, por compartir su conocimiento, experiencia y afecto, mismos que permitieron el logro de todos los trabajos realizados durante el proyecto. Gracias por haberme dado la oportunidad de realizar actividades extracurriculares, por la humildad y por la calidez humana que siempre demuestra en su actividad profesional.

Al **MC. Felicito Ausencio Díaz Vázquez**, por compartir de su conocimiento y experiencias, además de brindarme su amistad y paciencia en todo momento desde el inicio hasta la conclusión de este proyecto ya que siempre me brindó su apoyo, además de los conocimientos, sugerencias y puntos de vista en la elaboración de la investigación.

Al **Dr. Antonio Flores Naveda**, por sus valiosas aportaciones y apoyo para terminar este trabajo, por sus recomendaciones sobre el proyecto de investigación, sin duda fueron de gran ayuda.

Al **Dr. Marcelino Cabrera de la Fuente**, por el apoyo para lograr la presentación y termino de este experimento, además de sus observaciones en el trabajo realizado.

DEDICATORIA

A Dios y la virgen de Guadalupe por bendecirnos con el maravilloso regalo de la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

A mis padres **Margarito Gómez Palafox y Erika Carmona Hernández**, que gracias a sus consejos, sacrificios y cariño pude cumplir una de mis metas, por inculcarme desde la infancia los valores necesarios para ser un ciudadano de bien, este logro lo comparto con ustedes.

A mis hermanos **Oswaldo y María José** por los buenos y malos momentos vividos desde nuestros primeros años de vida, por siempre estar conmigo en todo momento y darme buenos consejos.

A mi abuelo **Odilón Gómez Rojas**, gracias por todos los consejos, el apoyo incondicional y la motivación para terminar mi carrera. Tus palabras fundamentadas en la experiencia y en la sabiduría formada a través de los años son regalos invaluable, los cuales has compartido conmigo.

A mi tía **Rafaela Gómez Palafox**, por el apoyo moral mostrado desde mi infancia hasta mi formación profesional, por lo consejos de vida, recomendaciones y observaciones en mis planes y proyectos, todos estos consejos me han ayudado a tener una visión clara y objetiva sobre mis planes a futuro.

A mi novia **Jaqueline López Aguilar**, por estar en los momentos difíciles de mi vida, motivarme a terminar la carrera, por ser esa persona en quien puedo confiar y acudir cuantas veces sea necesario, gracias por acompañarme en este proyecto de vida.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|------|
| AGRADECIMIENTOS | III |
| DEDICATORIAS | V |
| ÍNDICE DE CONTENIDO | VI |
| ÍNDICE DE CUADROS | VIII |
| ÍNDICE DE FIGURAS | IX |
| RESUMEN | X |
| I. INTRODUCCIÓN | 11 |
| 1.1 Objetivo general | 13 |
| 1.2 Objetivos específicos | 13 |
| 1.3 Hipótesis | 13 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA | 14 |
| 2.1 Importancia del cultivo | 14 |
| 2.2 Producción mundial | 15 |
| 2.3 Producción nacional | 16 |
| 2.4 Abonos | 18 |
| 2.5 Estiércoles | 20 |
| 2.6 Tipos de Estiércoles | 20 |
| 2.6.1 Purines | 20 |
| 2.6.2 Pollinaza | 21 |
| 2.6.3 Bovino | 21 |
| 2.6.4 Caprino | 21 |
| 2.6.5 Gallinaza | 21 |
| 2.7 Calidad de la gallinaza | 21 |
| 2.8 Agronomía del cultivo | 23 |
| 2.8.1 Taxonomía del cultivo | 23 |
| 2.8.2 Fisiología del cultivo | 24 |
| 2.8.3 Fenología del cultivo | 26 |
| 2.8.4 Requerimientos edafoclimatológicos | 27 |
| 2.8.5 Requerimientos nutricionales | 28 |
| 2.8.6 Elementos disponibles naturalmente | 29 |
| 2.8.7 Macronutrientes | 29 |

| | |
|---|----|
| 2.8.8 Micronutrientes | 31 |
| 2.9 Manejo agronómico del cultivo..... | 33 |
| 2.9.1 Siembra | 33 |
| 2.9.2 Manejo de plagas y enfermedades del cultivo | 34 |
| 2.9.3 Fertilización..... | 44 |
| 2.9.4 Cosecha | 44 |
| 2.9.5 Post cosecha | 44 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS | 46 |
| 3.1 Ubicación del Experimento | 46 |
| 3.2 Material genético..... | 46 |
| 3.3 Diseño experimental | 46 |
| 3.4 Variables evaluadas | 48 |
| 3.5 Análisis estadístico | 49 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 50 |
| 4.1 Evaluación de variables agronómicas | 50 |
| V. CONCLUSIONES..... | 56 |
| VI. BIBLIOGRAFÍA..... | 57 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Principales estados productores de cebolla en México (2018-2019)... | 17 |
| Cuadro 2. Contenido nutrimental del estiércol bovino comparado con la gallinaza (Kg/tonelada)..... | 23 |
| Cuadro 3. Etapas fenológicas del cultivo de la cebolla. | 26 |
| Cuadro 4. Tratamientos de gallinaza aplicados al suelo cultivado con cebolla blanca. | 47 |
| Cuadro 5. Cuadrados medios del ANOVA ($P \leq 0.05$) para variables agronómicas y de crecimiento del cultivo de cebolla (<i>Allium cepa</i>) como efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de gallinaza. | 51 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Volúmenes de producción y superficie cosechada de cebolla (2000-2018). | 15 |
| Figura 2. Principales países productores de cebolla a nivel mundial, 2018 | 16 |
| Figura 3. Dinámica de la producción nacional de cebolla (2010-2019). | 17 |
| Figura 4. Distribución de la producción nacional de cebolla de forma mensual (%) | 18 |
| Figura 5. Estructura fisiológica de la cebolla (<i>Allium cepa</i>) | 24 |
| Figura 6. Ciclo fenológico de la cebolla (<i>Allium cepa</i>) | 27 |
| Figura 7. Anatomía de Thrips tabaci (a), ciclo biológico (b) y daños en planta de cebolla (c)..... | 35 |
| Figura 8. Larva de Spodoptera exigua (a), ciclo biológico (b) y daño en cebolla (c) | 37 |
| Figura 9. Adultos de Liriomyza spp. (a), ciclo biológico (b) y daño en cebolla (c) | 39 |
| Figura 10. Comparación de medias de las variables agronómicas y de crecimiento en el cultivo de cebolla (<i>Allium cepa</i>) como efecto de la aplicación de gallinaza en diferentes concentraciones. | 53 |

RESUMEN

El objetivo del experimento fue evaluar la respuesta del cultivo de cebolla (*Allium cepa*) a la aplicación de diferentes volúmenes de gallinaza incorporada al suelo sobre variables de crecimiento. Se evaluaron 5 dosis de gallinaza; 2.5, 5.0, 7.5, 10 y 15 ton/ha además de un testigo absoluto al cual no se adicionó gallinaza. El experimento se estableció bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, cada tratamiento consistió en un surco de 36 m de largo con una separación entre surcos de 0.8 m. La gallinaza se aplicó sobre el surco y se incorporó sobre el área de plantación. El trasplante se realizó empleando plántulas del cultivar Sierra Blanca F1[®], a doble hilera con una separación de 20 cm entre hileras y 10 cm entre plantas, en suelo desnudo y con riego por goteo. Se evaluaron las variables: Número de hojas verdaderas, longitud de planta, longitud de hoja, ancho de hoja, peso fresco de planta, peso fresco de raíz, peso fresco de bulbo y diámetro de bulbo. Las dosis de gallinaza aplicadas al suelo en el presente trabajo, no generaron un efecto significativo en el crecimiento de cultivo de cebolla por lo que no es posible sugerir el uso de una dosis específica que permita mejorar el desarrollo del cultivo. Debido posiblemente a que la aplicación de nutrición mineral adicional a los tratamientos con abono orgánico suplió la demanda de nutrientes del cultivo, disminuyendo el efecto de la gallinaza.

Palabras clave: Nutrición, Fertilización, Abonos, Gallinaza.

I. INTRODUCCIÓN

La cebolla (*Allium cepa* L.), es una planta antigua que se originó en las regiones montañosas de Asia Central. Fue "domesticada" hace tiempo, y tal como el maíz han perdurado gracias al trabajo de los agricultores durante muchas generaciones.

El consumo de cebolla está asociado con la reducción de lípidos en sangre, el colesterol y la actividad antiplaquetaria, factores que contribuyen a disminuir los riesgos de padecer enfermedades cardiovasculares, una de las principales causas de muerte en muchos países (Rothman y Dondo, 2000).

La cebolla blanca es considerada como una hortaliza que en México se consume de forma abundante, ocupa el quinto lugar dentro de la superficie dedicada a la producción, mientras que lo referente a sus volúmenes de producción y valor se encuentran en el número cuatro, siendo superado solamente por el tomate, papa y chile verde (Carrillo, 2012).

De acuerdo con el mismo autor, las características deseables de calidad de la cebolla son el tamaño, color, forma y sabor. También se menciona que la cebolla tiene cuatro presentaciones principales que son; cebolla Blanca, Amarilla, Roja, y Cebollines.

En México se necesita de la aplicación de nuevos métodos en los procesos de producción del cultivo de cebolla blanca, para poder aumentar el rendimiento y la calidad del producto sin causar un daño al medio ambiente y al suelo. Uno de estos métodos es la incorporación de materia orgánica al suelo, generando con ello efectos positivos en las propiedades físicas del suelo como mayor porosidad y retención de agua y en propiedades químicas como la estabilización del pH del suelo y mejora en la capacidad de intercambio catiónico del mismo.

Los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal de los cuales las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrimentos; el suelo, con la descomposición de estos abonos, se ve enriquecido con carbono orgánico y mejora sus características físicas, químicas y biológicas (García, 2011).

Los abonos orgánicos juegan un papel muy importante en la agricultura, desde mantener y mejorar la disponibilidad de nutrimentos en el suelo hasta obtener mayores rendimientos en las cosechas de los cultivos. Al respecto, López-Martínez *et al.*, (2001) al evaluar los efectos de cuatro abonos orgánicos en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento de un cultivo de maíz, encontró que éstos mejoraron el rendimiento de grano, lo cual hace recomendable sustituir o disminuir el uso de la fertilización inorgánica

La gallinaza es un abono orgánico de excelente calidad. Esta se compone de los desechos de las aves de corral y del material usado como cama, que por lo general es cascarilla de arroz mezclada con cal, en pequeñas proporciones, la cual se coloca en el piso. Es un excelente abono orgánico, relativamente concentrado y de rápida acción. Lo mismo que el estiércol, contiene todos los nutrientes básicos indispensables para las plantas, pero en mayor cantidad (Cantarero y Martínez, 2002).

Restrepo (1998) menciona que el principal aporte de la gallinaza consiste en mejorar las características de la fertilidad del suelo, con algunos nutrientes principales como fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro, pero el que mayor concentración presenta es el nitrógeno.

Por todo lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar los efectos de la aplicación de gallinaza al suelo, sobre variables de crecimiento en el cultivo de cebolla blanca (*Allium cepa* L.). Para lo cual se desarrollaron los presentes objetivos e hipótesis.

1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de diversos volúmenes de gallinaza al suelo y sus implicaciones sobre el desarrollo del cultivo de cebolla.

1.2 Objetivos específicos

- Medir el efecto de la aplicación de gallinaza al suelo a proporciones diferenciadas sobre el desarrollo fisiológico del cultivo de cebolla blanca
- Determinar en base a resultados, la dosis de gallinaza que presente un efecto positivo mayor sobre el crecimiento del cultivo de la cebolla.

1.3 Hipótesis

Hipótesis alternativa: La aplicación de gallinaza al suelo, presentará un efecto positivo directamente proporcional al volumen aplicado, sobre el desarrollo fisiológico del cultivo de cebolla blanca

Hipótesis nula: La aplicación de gallinaza al suelo, no presentará efecto alguno sobre el desarrollo fisiológico del cultivo de cebolla, independientemente del volumen de gallinaza aplicado.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia del cultivo

Después del tomate, la cebolla ocupa el segundo lugar en la escala de importancia de las hortalizas en el mundo, de acuerdo a su volumen de producción (Moreira y Hurtado, 2003). En relación a la superficie cosechada la cebolla ocupa el tercer lugar solo por debajo de la papa y el tomate (FAO, 2014).

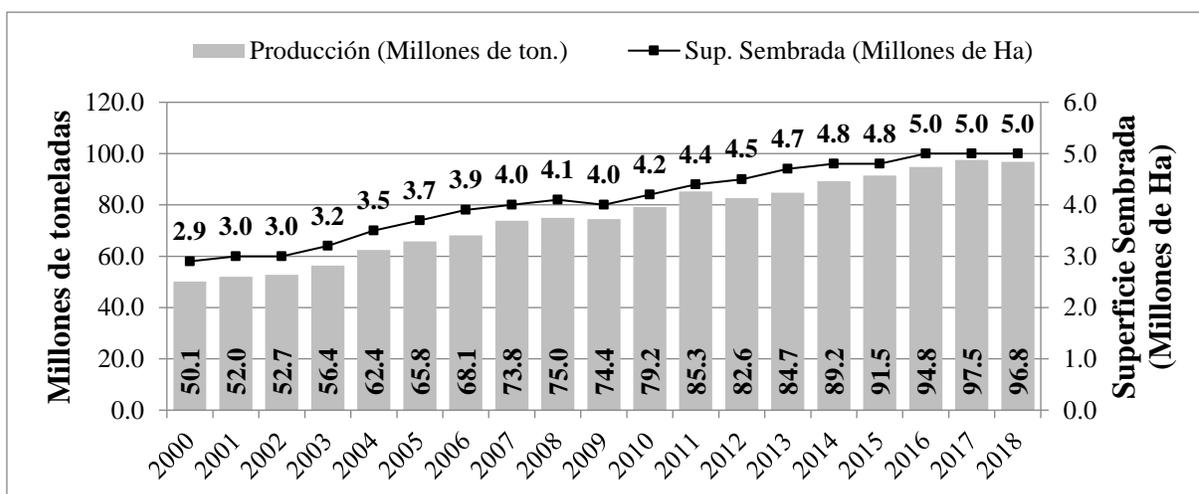
Pinzón (2009) menciona que el consumo de cebolla se ha incrementado por sus cualidades condimentarias, con relación a sus beneficios de carácter medicinal; en relación a su importancia socioeconómica, este cultivo presenta gran importancia por la cantidad de mano de obra, directa e indirecta que genera y por el capital invertido. Respecto al manejo agronómico, este cultivo presenta problemas fitosanitarios, principalmente hongos, bacterias y nematodos, lo que se traduce en un incremento de los costos de producción, reducción de rendimientos y por lo tanto disminución del área sembrada y desplazamiento del cultivo a otras zonas buscando suelos no infectados.

Una característica importante de este cultivo es que presenta la posibilidad de ser almacenado con mínimas reducciones en su calidad comercial durante un periodo de tiempo variable, permitiendo un flujo del producto de forma regular al mercado de consumo, lo cual permite su comercialización en diversas áreas del mundo (DAPRO, 2020).

2.2 Producción mundial

Los principales productores son China e India y los principales exportadores de cebolla son Holanda y China. Para el año 2019, el volumen de producción mundial de cebolla fue de aproximadamente 97 millones de toneladas, el área cosechada llegó a 5 millones de hectáreas. Por su parte el rendimiento promedio para el periodo 2014-2018 fue de 19 toneladas por hectárea (FAO, 2019).

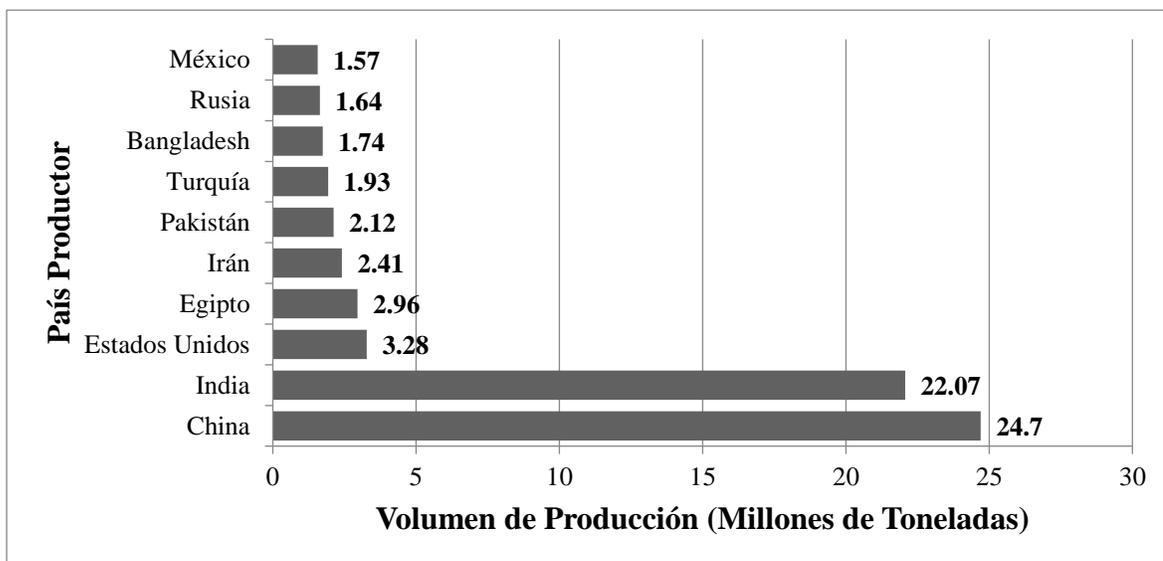
En la Figura 1 se observa la dinámica de la producción mundial y el área sembrada de la cebolla. La oferta del producto presenta una tendencia creciente al igual que la superficie sembrada la cual presenta un promedio de 5 millones de hectáreas.(DAPRO, 2020).



Fuente: FAO, 2019. Elaboración de MDPyEP-DAPRO.

Figura 1. Volúmenes de producción y superficie cosechada de cebolla (2000-2018).

El cultivo de cebolla es producido por 175 países, cubriendo una superficie aproximada de 5 millones de hectáreas (Figura 2). Asia participa con más del 60% de esta producción. China produce más del 25% del volumen de producción mundial con 24.7 millones de toneladas para 2018, India se ubica en segundo lugar con 22.1 millones de toneladas para el mismo año, EUA se ubica como el tercer productor mundial, pero con un porcentaje de participación mucho más bajo cercano a 3.28 millones de toneladas.(FAO, 2019).



Fuente: FAO, 2019. Elaboración de MDPyEP-DAPRO.

Figura 2. Principales países productores de cebolla a nivel mundial, 2018.

2.3 Producción nacional

De acuerdo con los reportes de SIAP (2020) la cebolla ocupa el tercer lugar de importancia en cuanto a su producción nacional. En 2019 se observó una reducción de 45 mil toneladas en el volumen de producción respecto al año anterior, como efecto de un descenso de 4.7% y 4.4% en la superficie sembrada y cosechada, además de una caída del 1.1% en el rendimiento respecto al año anterior. Además, México se encuentra en el lugar 12° como productor mundial del cultivo de cebolla con un aporte de 1, 487,102 toneladas.

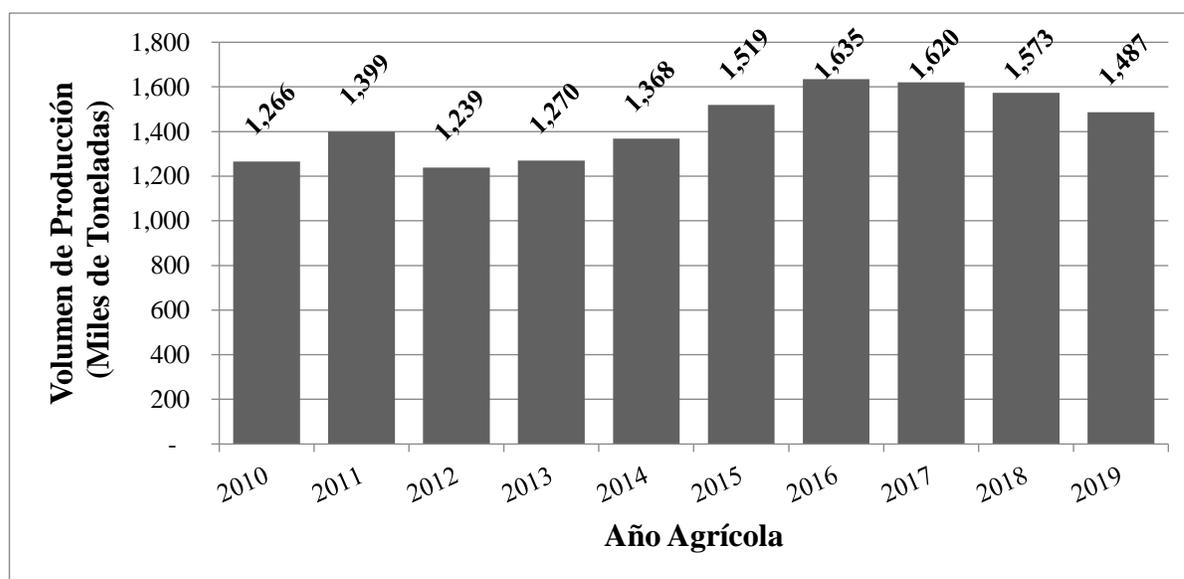
En relación a la importancia del cultivo en la ingesta nacional, se reporta un consumo anual *per cápita* de cebolla en México, de aproximadamente 10 Kg. La producción nacional se concentra en la región Noreste y Centro-Occidente (Cuadro 1), en los estados de Chihuahua, Guanajuato, Zacatecas, Tamaulipas y Michoacán con una producción aproximada de 896,444 toneladas.

Cuadro 1. Principales estados productores de cebolla en México (2018-2019).

| Puesto | Entidad federativa | Región | Volumen (toneladas) | Variación (%) 2018-2019 |
|--------|--------------------|------------------|---------------------|-------------------------|
| | Total nacional | | 1,487,102 | -5.4 |
| 1 | Chihuahua | Noreste | 330,372 | -1.2 |
| 2 | Guanajuato | Centro-Occidente | 197,127 | 11.6 |
| 3 | Zacatecas | Noreste | 153,349 | -16.5 |
| 4 | Tamaulipas | Noreste | 114,366 | -14.6 |
| 5 | Michoacán | Centro-Occidente | 101,230 | -10.6 |
| 6 | Baja California | Noroeste | 99,914 | -15.6 |
| 7 | Puebla | Centro | 93,218 | -1.9 |
| 8 | San Luis Potosí | Centro-Occidente | 83,311 | 2.3 |
| 9 | Morelos | Centro | 76,554 | 0.9 |
| 10 | Jalisco | Centro-Occidente | 64,929 | -2.0 |
| | Resto | | 172,733 | -10.7 |

Fuente: Panorama Agroalimentario, SIAP, 2020.

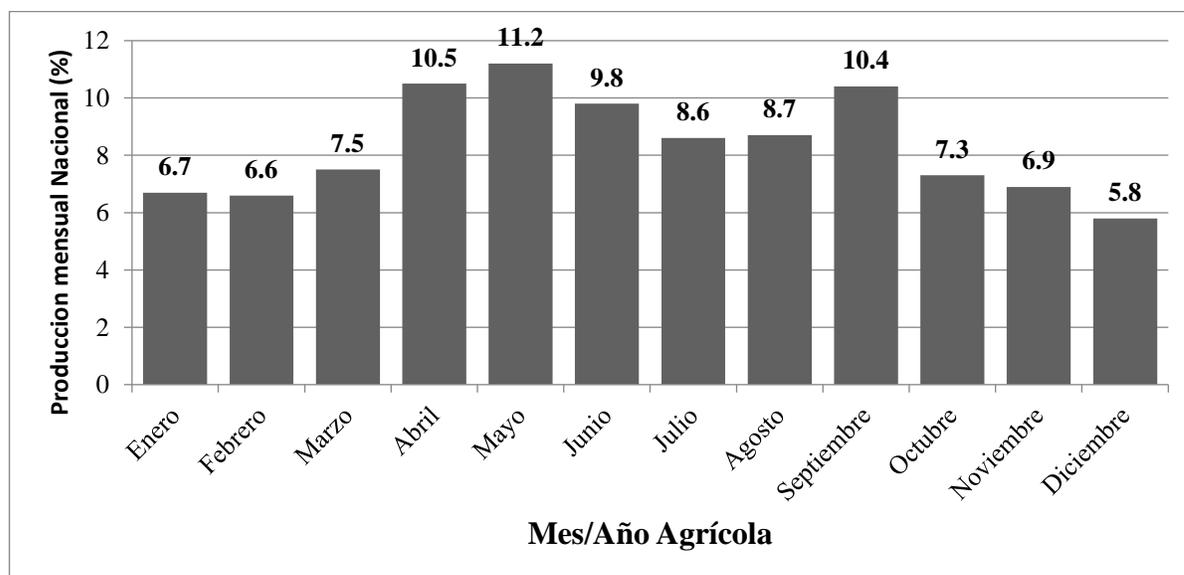
Respecto a la dinámica de producción nacional (Figura 3) se observaron incrementos en la producción en el periodo 2013 a 2016 alcanzando un máximo de 1,635,000 toneladas, sin embargo, después de ese periodo se observan reducciones en la producción de tal manera que para el año 2019 se obtuvo una producción aproximada de 1,487,000, generando una reducción del 9.05%.



Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP, 2020.

Figura 3. Dinámica de la producción nacional de cebolla (2010-2019).

El cultivo presenta una producción estacional (Figura 4) con dos incrementos a lo largo del año agrícola, el primer incremento de los volúmenes de producción se da en el periodo de abril y mayo donde se concentra cerca del 22% de la producción, el segundo incremento de la producción se observa en el mes de septiembre con el 10.4% de la producción. Este comportamiento anual permite la oferta del producto de manera constante.



Fuente: Elaboración Propia con datos de SIAP, 2020.

Figura 4. Distribución de la producción nacional de cebolla de forma mensual (%).

2.4 Abonos

García y Félix (2013) mencionan que un abono orgánico es todo material de origen natural que tenga propiedades fertilizantes o de mejoramiento de suelo, que no es obtenido por síntesis química. La composta, la lombricomposta, el bocashi y el abono a base de lirio acuático son los cuatro abonos orgánicos más usados, todos permiten el aprovechamiento de los desperdicios de los cultivos y animales para convertirlos en materia orgánica o humus.

Los abonos orgánicos se han integrado a la agricultura desde el inicio de las civilizaciones y su efecto sobre la fertilidad de los suelos y producción de los cultivos han sido comprobados, aunque su composición química, el aporte de nutrientes y su efecto en el suelo varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de

humedad (Romero *et al.*, 2000). Además, el valor de la materia orgánica que contiene, ofrece grandes ventajas que difícilmente pueden lograrse con los fertilizantes inorgánicos, como por ejemplo la mejora en la capacidad de retención de humedad, la capacidad de intercambio catiónico y aniónico, aireación y población de microorganismos benéficos (Castellanos, 1980).

En la actualidad, la estructura del suelo es el factor principal que limita la fertilidad y productividad de los suelos agrícolas; el intenso laboreo y compresión mecánica aplicada al suelo en la preparación del terreno tiende a deteriorar su estructura.

La aplicación de abonos orgánicos tales como estiércoles, compost y residuos de cosecha, además de algunos abonos más elaborados se llevan a cabo en superficies de tierras bajo explotación intensiva para mantener y mejorar la estructura del suelo, incrementar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrientes para el cultivo (Castellanos, 1982), (Galindez y Pascua, 2019).

Abonos como gallinaza, composta bovina y caprina a dosis de 20 y 30 toneladas por hectárea han mostrado efecto positivo en los rendimientos de maíz, además de incrementos del 10% aproximadamente en la capacidad de retención de humedad del suelo (López-Martínez *et al.*, 2001).

El cultivo de la cebolla responde en buena manera al aporte de nutrición mineral, sin embargo el uso de abonos orgánicos también ofrecen buenos resultados en relación al rendimiento y calidad comercial del producto (Álvarez-Hernández *et al.*, 2011) (Polanco-Puerta y Gómez-Posada, 2017).

Se ha observado como el empleo de abonos orgánicos líquidos pueden tener un efecto positivo sobre el rendimiento y productividad de cultivos como la cebolla (Zewde *et al.*, 2018). Por otro lado, la aplicación de abonos como la gallinaza han reportado incrementos considerables en variables como rendimiento, peso del bulbo, diámetro y altura de bulbo, incluso cuando cultivos como la cebolla son establecidos como cultivo de segundo ciclo (Yoldas *et al.*, 2020).

Además del incremento observado en variables de crecimiento y desarrollo, la aplicación de abonos como estiércol de corral en combinación con gallinaza, bajo diferentes proporciones, ha generado incrementos positivos sobre propiedades nutraceuticas como el contenido de aceites esenciales en cebolla (Yassen y Khalid, 2009).

2.5 Estiércoles

Dentro de los abonos orgánicos mayormente utilizados en la agricultura, los estiércoles ocupan un lugar importante por su baja demanda de procesamiento y su alta disponibilidad, considerándose en algunos casos como desechos de las áreas de producción pecuaria, las cuales en su mayoría no aprovechan dicho recurso.

Estos desechos poseen diversos nutrientes que pudieran ser aprovechables por las plantas. Por lo general, contienen altos niveles de nitrógeno, entre ellos se encuentran los producidos por la ganadería, la avicultura, la porcicultura, cunicultura, capricultura y la ovicultura (boñiga, gallinaza, cerdaza, ovejaza, conejaza y cabraza) entre otros.

El contenido de los nutrientes del abono dependerá de la especie animal, manejo del abono, de las instalaciones en las que se mantiene el ganado, edad del animal, así como del lugar donde es colectado (Garro y Sierra, 2017).

2.6 Tipos de Estiércoles

2.6.1 Purines

Se obtiene de la mezcla de excrementos sólidos y líquidos del ganado, diluido en las aguas de limpieza de los establos. La composición final depende del tipo de animal, de la dilución de orines y heces, del tiempo y tipo de fermentación cuando proceda. Por su contenido en sales potásicas, el purín es considerado como un abono rico en nitrógeno y potasio (Garro y Sierra, 2017).

2.6.2 Pollinaza

Se compone de residuos sólidos de la producción de pollo de engorde, está compuesta de plumas, residuos de alimento y del material de las camas, presenta buenos contenidos de macronutrientes (Garro y Sierra, 2017).

2.6.3 Bovino

Cepeda (2017) reporta que al incorporar estiércol bovino al suelo se obtiene un gran impacto positivo y se observan sus efectos en las propiedades físicas, químicas y biológicas. Una de sus funciones es que al descomponerse el abono produce sustancias y aglutinantes microbianos que ayudan a estabilizar la estructura deseable del suelo, disminuye el impacto de las gotas de lluvia al caer al suelo, favoreciendo la infiltración lenta del agua, además, reduce el escurrimiento y la erosión, así como también aportan diferentes nutrientes necesarios para el cultivo.

2.6.4 Caprino

Colín-Navarro *et al.*, (2019) mencionan que el estiércol caprino se produce en grandes cantidades y que su incorporación al suelo pueden causar contaminación de la atmosfera y el agua, por lo que es necesario someterlo a procesos de estabilización para su uso agronómico, el estiércol caprino es un buen fertilizante orgánico para el suelo ya que presenta buen contenido de macronutrientes para el cultivo y es una alternativa de bajo costo.

2.6.5 Gallinaza

Garro y Sierra (2017) mencionan que la gallinaza está formada por los remanentes sólidos de la producción de gallina ponedora, esta será una mezcla de plumas, residuos de alimentos, huevos rotos u otro desecho de las aves, mezclado con el material usado como cama, que puede ser aserrín, viruta o bien otro material absorbente. Esto es una mezcla que permanece en el gallinero durante un año aproximadamente, al final del cual se extrae y se somete a un proceso de secado.

2.7 Calidad de la gallinaza

De acuerdo con Estrada (2005) reporta que la calidad de la gallinaza está determinada principalmente por el tipo de alimento, la edad del ave, la cantidad de

alimento desperdiciado, la cantidad de plumas, la temperatura ambiente y la ventilación del lugar donde se encuentren las gallinas, también menciona que es muy importante el tiempo de permanencia de los desechos en el gallinero, ya que una conservación prolongada de estos, generará volatilización de compuestos amoniacales, lo cual reduce considerablemente su contenido de nitrógeno.

Estrada (2005) reporta que el empleo de la gallinaza como abono en cualquiera de sus formas, incrementa considerablemente la cantidad de materia orgánica del suelo, con lo cual se incrementa su capacidad de retención de agua, además de aportar elementos nutritivos para la planta como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y algunos micronutrientes.

Peláez (1999) menciona que el producto terminado de la gallinaza debe presentar las siguientes características:

- La relación carbono / nitrógeno debe descender en forma lenta, lo que permite generar pocas pérdidas de nitrógeno por fijación o inmovilización
- La cantidad de P y K deben conservarse en valores cercanos a los originales y en principio no deben ser menores a 3% y 1%, respectivamente.
- El pH óptimo debe ser alrededor de 8.1.
- La conductividad eléctrica no debe exceder 3.0 mS/cm.
- La capacidad de intercambio catiónico, debe ser de 170 meq/100 g de materia orgánica.
- La fracción de liposolubles no debe ser mayor de 1%.
- La fracción de hidrosolubles debe disminuir como mínimo hasta un 25% con respecto al valor inicial.
- La capacidad de retención de agua, en un compost de gallinaza debe ser a 1.5 mililitros por gramo de composta considerada.

De acuerdo con Castellanos (1980) la gallinaza presenta un mayor contenido mineral en la mayoría de los elementos mayores, además presenta un mayor contenido de materia orgánica comparado con el estiércol bovino, como se observa en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Contenido nutrimental del estiércol bovino comparado con la gallinaza (Kg/tonelada).

| Nutriente | Estiércol bovino | Gallinaza |
|------------------|-------------------------|------------------|
| Nitrógeno | 14.2 | 34.7 |
| Fósforo | 14.6 | 30.8 |
| Potasio | 34.1 | 20.9 |
| Calcio | 36.8 | 61.2 |
| Magnesio | 7.1 | 8.3 |
| Sodio | 5.1 | 5.6 |
| Sales solubles | 50 | 56 |
| Materia orgánica | 510 | 700 |

Fuente: Castellanos, 1980

Existen estudios recientes, que demuestran el efecto tanto de la aplicación directa y de los efectos residuales de la gallinaza en cebolla como primer o segundo cultivo, generando incrementos sobre variables como rendimiento, peso de bulbo, diámetro de bulbo y altura de bulbo (Yoldas *et al.*, 2020), además de incrementos positivos en el contenido de aceites esenciales, relacionados con el incremento de la cantidad de gallinaza en el abono aplicado (Yassen y Khalid, 2009).

2.7 Agronomía del cultivo

2.8.1 Taxonomía del cultivo

Pinzón (1996) reporta que existe una polémica respecto a la correcta ubicación del genero *Allium* en alguna familia botánica. Algunos lo consideran perteneciente a la familia *Amaryllidaceae*, entre tanto que otros autores contemporáneos lo ubican en la familia *Liliaceae*. Para el propósito de este trabajo lo clasificaremos de la siguiente manera:

Clase: *Monocotyledonea*

Orden: *Liliflorae*

Familia: *Liliaceae*

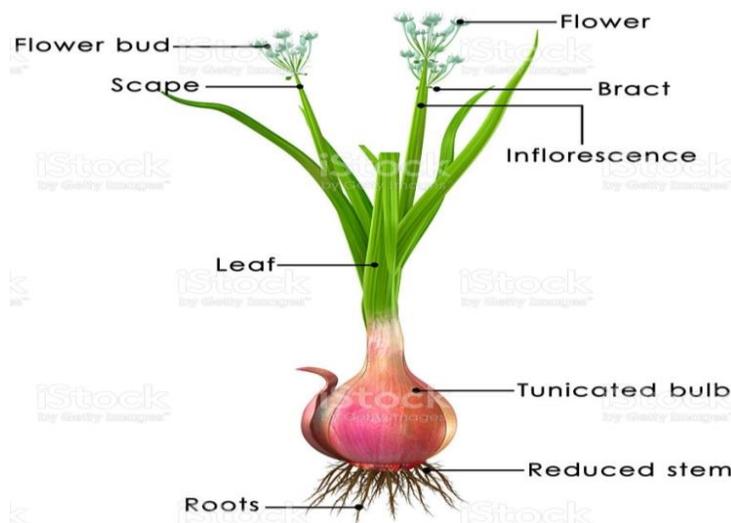
Género: *Allium*

Especie: *Cepa*

2.8.2 Fisiología del cultivo

Enciso *et al.*, (2019) mencionan que la cebolla es una planta bienal que completa su ciclo biológico en dos etapas: vegetativa y reproductiva (Figura 5). La planta de cebolla se compone de hojas, raíz, tallo y bulbo en su etapa vegetativa, mientras que en su etapa reproductiva se puede observar la presencia de flores, frutos y semilla.

Hojas: Son opuestas y alternas, lanceoladas, constituidas por una vaina envolvente y una lámina fistulosa hueca y redondeada. Cada hoja nueva nace a través de un orificio que se abre entre el límite de la vaina y la lámina, de tal modo que la lámina externa envuelve a todas las hojas ensanchadas. El conjunto de las vainas envolventes forma un órgano hinchado denominado bulbo tunicado. Las hojas están cubiertas de una capa cerosa que le protege de las enfermedades foliares. Una planta que crece en óptimas condiciones puede producir de 13 a 18 hojas (Enciso *et al.*, 2019).



Fuente: <https://www.istockphoto.com/es/foto/allium-cepa-gm531345335-55223648>

Figura 5. Estructura fisiológica de la cebolla (*Allium cepa*)

Raíz: La raíz embrional muere rápidamente y el sistema radical emerge mediante raíces que brotan del tallo de manera continua y no se bifurcan. Las raíces más jóvenes aparecen en la parte externa y superior del tallo verdadero.

Aproximadamente el 90% del sistema radicular en las plantas de cebolla se agrupa en los primeros 20 cm de suelo (Casierra-Posada, 2015).

Tallo: Tiene forma de disco, con entrenudos muy cortos, constituye la base del bulbo y se localiza debajo del nivel del suelo. En el centro del disco caulinar se localiza el meristemo apical de donde surgen las hojas (*Enciso et al.*, 2019).

Bulbo: Es un órgano de reserva formado por las vainas de las hojas más jóvenes que se hinchan al aumentar el tamaño de sus células por la acumulación de carbohidratos de reserva (especialmente fructanos) (Casierra-Posada, 2015).

Flores: Normalmente son de coloración blanca o lila, agrupadas formando una inflorescencia del tipo umbela. Son hermafroditas, pero no son autógamas por presentar protandria, que es la liberación del polen antes de que el estigma esté receptivo. Esto hace que la polinización cruzada sea próxima al 100%. La apertura floral es irregular y puede prolongarse por más de dos semanas (*Enciso et al.*, 2019).

Fruto: Es una capsula tricarpelar, en la cual puede formarse hasta seis semillas, en las fases tempranas la capsula es de color verde pardo y de forma obtusa triangular (Serrano, 1993).

Semilla: Moreira y Hurtado (2003) reportan que la semilla de la cebolla es producida en la inflorescencia o conjunto de flores. Es pequeña, angulosa y de color negro. Cuando la semilla se encuentra en la etapa madura tiene forma arriñonada.

La mayor parte de la semilla está constituida por el endospermo, en cuyo interior se ubica el embrión que tiene forma cilíndrica y este retorcido en un espiral. La semilla tiene la capacidad de germinar a temperaturas bajas, en efecto al umbral mínimo para que se inicie el proceso es de 1 °C a 5 °C.

2.8.3 Fenología del cultivo

De acuerdo con Voss (1979), reporta que los estados fenológicos del cultivo de cebolla están clasificados como se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Etapas fenológicas del cultivo de la cebolla.

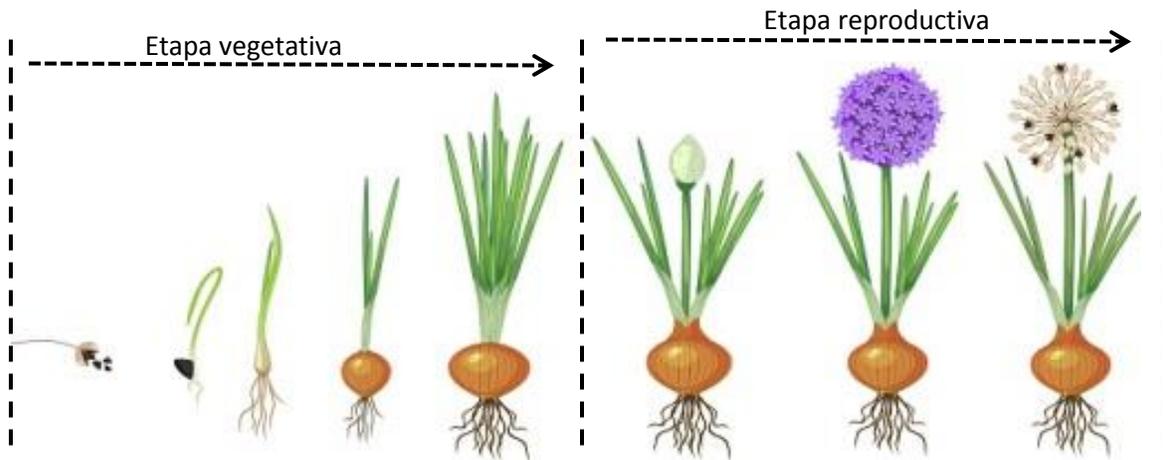
| Estado de crecimiento | Días después de la siembra |
|---|-----------------------------------|
| 1. Semilla | 0 |
| 2. Emergencia de la radícula | 10 a 15 |
| 3. Estado de bastón | 15 a 30 |
| 4. Estado de bandera | 30 a 40 |
| 5. Desarrollo de 1 a 2 hojas verdaderas | 40 a 50 |
| 6. Desarrollo de 3 a 4 hojas verdaderas | 50 a 70 |
| 7. Bulbificación visible | 70 a 90 |
| 8. Comienzo del estado de maduración | 130 a 160 |
| 9. Estado de maduración completa | 150 a 180 |

Fuente: Voss, 1979

De acuerdo con el autor mencionado, una vez que la semilla entra en contacto con el suelo y se tienen las condiciones adecuadas de temperatura y humedad, iniciará el proceso de germinación y así observa la emergencia de la raíz primaria.

Posteriormente emergerá el ápice vegetativo y tomará la apariencia de un bastón o codo. Al finalizar estas etapas se observan de una a dos hojas verdaderas y seguidamente la tercera y cuarta hoja verdadera.

Una vez concluidas estas etapas, la cebolla contará con las hojas necesarias para llevar a cabo sus funciones metabólicas, lo cual se complementa con la presencia de una raíz desarrollada que facilita la captación de nutrientes (Figura 6).



Fuente: <https://es.dreamstime.com/ciclo-de-vida-la-cebolla-image119128882>

Figura 6. Ciclo fenológico de la cebolla (*Allium cepa*).

La siguiente etapa corresponde a la bulbificación la cual ocurre cuando el diámetro del bulbo duplica el tamaño del cuello, posteriormente se lleva a cabo la maduración del bulbo que sucede cuando es interrumpida la emergencia de las hojas. Para finalizar el ciclo vegetativo, las hojas tienden a inclinarse y comienzan a secarse, lo que indica que el bulbo ha adquirido su tamaño adecuado para el mercado. El tiempo que tarda cada etapa fenológica del cultivo está determinado principalmente por la temperatura, duración del día, la fertilidad y humedad del suelo.

2.8.4 Requerimientos edafoclimatológicos

Según, Vázquez *et al.*, (2011) reportan que el clima en el cual el cultivo se desarrolla mejor es aquel que presente temperaturas frescas que van desde los 13 °C a los 24 °C, y a una altura de 500 a 1,800 msnm. Por su parte, Enciso *et al.*, (2019) reportan que la temperatura mínima para la germinación y emergencia es de 5 °C, la óptima de 20 a 26 °C y la máxima de 36 °C. La temperatura óptima para la bulbificación se encuentra entre 25 °C y 30 °C.

Fotoperiodo: La formación y desarrollo del bulbo está influenciado directamente por el fotoperiodo ya sea corto (10 a 12 h), intermedio (12 a 13 h) o largo (más de 14 h). El fotoperiodo está en función de la latitud y tiene influencia sobre la

formación de los bulbos, por lo que los cultivares que crecen mejor en días cortos de 10 a 12 h luz se adaptan mejor a las latitudes de 0 a 24° (Vázquez *et al.*, 2011).

Humedad relativa: De acuerdo con Moreira y Hurtado (2003) la humedad relativa tiene relación con la incidencia de enfermedades fúngicas; zonas donde pueden pasar varios meses sin llover son las más ideales para la cebolla. Se debe contar con una humedad relativa de 50% a 70% para poder lograr una buena maduración y curado natural en el campo.

Suelos: Las cebollas pueden desarrollarse en un amplio rango de suelos, de preferencia en los francos, franco limoso, franco arenoso y franco arcilloso (no más del 30% de arcilla). Los suelos arcillosos presentan problemas para el manejo del agua, causan lesiones a los bulbos y dificultan su desarrollo (Moreira y Hurtado, 2003).

Las condiciones ideales del suelo son:

- Buena textura
- Fertilidad
- Buen drenaje
- Contar con un pH de 6.0 a 7.0

2.8.5 Requerimientos nutricionales

Vázquez *et al.*, (2011) mencionan que, para obtener un óptimo desarrollo del cultivo de cebolla, es necesario proveer todos los elementos (Macronutrientes y Micronutrientes) que necesita la planta. Sin embargo, el carbono, hidrógeno y oxígeno están disponibles de forma natural, para el caso de los macro y micronutrientes están también parcialmente disponibles en suelo o agua, pero es necesario complementar con el uso de fertilizantes.

2.8.6 Elementos disponibles naturalmente

Carbono(C). De acuerdo con Roberto (2003) el carbono juega un papel importante en las paredes celulares, en azúcares sintetizados por la clorofila. El carbono constituye aproximadamente el 50% del peso seco de la planta.

Hidrógeno (H). Es importante en el intercambio de cationes (reacciones químicas para la absorción de nutrientes por el sistema radicular) y en la relación suelo-planta. El hidrógeno también es esencial para la formación de azúcares y almidones y fácilmente es obtenido por la fuente del agua. Este elemento también mantiene rígida la estructura de la planta (conocido como presión de turgencia), cuando la planta carece de agua, la presión de turgencia disminuye y comienza su estado de marchitez (Nobel, 2009).

Oxígeno (O). De acuerdo con Roberto (2003) el oxígeno se necesita para la formación de azúcares, almidones y celulosa. Además, este elemento es esencial para el proceso de la respiración el cual provee energía a la planta para su crecimiento y desarrollo.

2.8.7 Macronutrientes

De acuerdo con Vázquez *et al.*, (2011), los macronutrientes son aquellos elementos que son absorbidos en cantidades grandes desde el medio de crecimiento (suelo o sustrato). Los macronutrientes son conocidos como constituyentes del crecimiento y desarrollo de la planta; nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S).

Nitrógeno (N). Bernal *et al.*, (2008) mencionan que el nitrógeno forma parte de un gran número de compuestos orgánicos como las hormonas de crecimiento. También participa en la estructura de todas las proteínas, de los ácidos nucleicos y además se encuentra como constituyente de la clorofila y enzimas del grupo de los citocromos y en varias coenzimas. De acuerdo con Menezes (2013) al momento de la cosecha (148 DDT) el cultivo del cebolla alcanza una extracción de N por parte de los bulbos de 29.3 a 64.5 kg por hectárea. Del mismo modo Vidigal *et al.*, (2010)

reportan una acumulación máxima de N en la planta completa de 211.75 mg planta⁻¹ presentando una tasa máxima de absorción en la planta de 14.86 mg planta⁻¹ día⁻¹

Fósforo (P). De acuerdo con Vázquez *et al.*, (2011) el fósforo es necesario en todos los procesos metabólicos de la planta, durante el desarrollo tanto aéreo como radicular, reproducción (floración y fructificación) y en especial para adaptación bajo condiciones ambientales no óptimas para su desarrollo. También forma parte de los procesos fisiológicos como fotosíntesis, respiración oxidativa y asimilación de carbono y nitrógeno. De acuerdo con Menezes (2013) la planta de cebolla alcanza una extracción de P en la parte correspondiente a los bulbos de entre 6.73 y 12.62 Kg de P hectárea⁻¹. Al respecto Vidigal *et al.*, (2010) reportan que el cultivo de cebolla presenta una acumulación máxima de P de aproximadamente 36.75 mg planta⁻¹ generando una tasa máxima de absorción de 0.78 mg planta⁻¹ día⁻¹

Potasio (K). Martínez *et al.*, (2009) mencionan que la planta necesita potasio para generar la turgencia y el mantenimiento del potencial osmótico celular, regulando en las células la apertura de los estomas. Además, según los mismos autores, el potasio funciona como un estabilizador del pH celular, contrarresta las cargas negativas de los ácidos orgánicos y aniones inorgánicos y es activador de más de 60 enzimas en el tejido meristemático y por otro lado actúa en la producción del ATP, en la síntesis de almidón y proteínas y en el proceso de fotosíntesis y el metabolismo de los carbohidratos. Menezes (2013) informó que el cultivo de cebolla generó una extracción de K de aproximadamente 18.82 a 39.27 Kg de K por hectárea. En relación a la extracción por planta, Vidigal *et al.*, (2010) informan una tasa máxima de K acumulado en una planta completa, de 241.89 mg planta⁻¹, con una tasa máxima de absorción de 4.64 mg planta⁻¹ día⁻¹.

Calcio (Ca). De acuerdo con Navarro y Navarro (2003) una de las principales funciones del calcio en la planta es formar parte de la estructura de la protopectina, como agente cementante para mantener las células unidas, estando localizado en la lámina media y en la pared primaria celular. Menezes (2013) menciona una estimación aproximada de la extracción de Ca por el cultivo de cebolla dentro del

rango de 8.40 a 20.19 Kg de Ca por hectárea⁻¹. Del mismo modo Vidigal *et al.*, (2010) mencionan que la planta de cebolla presenta una acumulación máxima de Ca de 88.79 $\mu\text{g planta}^{-1}$, con una tasa de absorción de 1.76 $\mu\text{g planta}^{-1} \text{ día}^{-1}$.

Magnesio (Mg). Wild y Jones (1992) mencionan que el magnesio es un componente específico en la producción de clorofila, también cumple un rol específico como activador de enzimas envueltas en la respiración, fotosíntesis y síntesis de ADN y ARN. Además, de acuerdo con los mismos autores el magnesio actúa como cofactor de la mayor parte de las enzimas que intervienen en la fosforilación, y su importancia es grande en la transferencia de la energía. Menezes (2013) menciona que la tasa de absorción máxima de la planta de cebolla en bulbo cosechado a los 148 DDT se ubica en un rango de 1.97 a 3.65 Kg de Mg por hectárea. Respecto a la absorción por planta y absorción diaria Vidigal *et al.*, (2010) mencionan que la acumulación máxima de Mg es de 20.68 $\mu\text{g planta}^{-1}$, con una tasa de absorción de 0.41 $\mu\text{g planta}^{-1} \text{ día}^{-1}$.

Azufre (S). De acuerdo con Vázquez *et al.*, (2011) el azufre participa en la síntesis de proteína, favorece la homeostasis del cultivo con el medio ambiente, asimilación de agua y participa en la fructificación, además es un fungicida natural para el control de hongos. Vidigal *et al.*, (2010) reportan que el cultivo de cebolla presenta una acumulación máxima de S de 66.15 $\mu\text{g planta}^{-1}$, con una tasa de absorción de S de 2.18 $\mu\text{g planta}^{-1} \text{ día}^{-1}$.

2.8.8 Micronutrientes

Hierro (Fe). De acuerdo con Tamara (2016) el hierro es un elemento que tiene grupos hemo unidos a las porfirinas al estar unidos, se encuentra presente en la actividad del citocromo f, b 559, c y b. También está presente en enzimas respiratorias como: peroxidasa, catalasa, ferredoxina y citocromo-oxidasa.

Otra de las funciones más importantes de este elemento es que está presente en la cadena de transporte de electrones de la mitocondria, que es donde se genera la mayoría del ATP en la fosforilación oxidativa, además, protege a los cloroplastos de los radicales libres producidos durante las reacciones fotosintéticas. Vidigal *et al.*,

(2010) reportan que el cultivo de cebolla presenta una acumulación máxima de Fe de 1859.32 $\mu\text{g planta}^{-1}$, con una tasa de absorción de Fe de 38.03 $\mu\text{g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

Zinc (Zn). Mengel y Kirkby (2000) mencionan que el zinc es un elemento que interviene en la síntesis de auxinas y que es activador de varias enzimas como deshidrogenasa alcohólica, superóxido dismutasa y anhidrasa carbónica. Además es activador de enzimas responsables de la síntesis de triptófano que es precursor de la auxina AIA que acelera la división celular. Vidigal *et al.*, (2010) reportan que el cultivo de cebolla presenta una acumulación máxima de Zn de 467.76 $\mu\text{g planta}^{-1}$, con una tasa de absorción de Zn de 35.73 $\mu\text{g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

Molibdeno (Mo). Tamara (2016) reporta que el molibdeno es un elemento de transición para muchos organismos y aparece en más de 60 enzimas catalizadoras de reacciones de oxidación-reducción. Además, que gran parte de este elemento se encuentra en la enzima nitrato reductasa de las raíces y tallos de las plantas superiores.

Algo muy importante de este elemento es que de acuerdo con Mengel y Kirkby (2000) el molibdeno es utilizado en el metabolismo de la planta para reducir las cantidades de NO_3 .

Manganeso (Mn). Tamara (2016) menciona que el manganeso es un elemento que participa en la fotosíntesis y en la respiración de la planta. También ayuda en la asimilación del nitrógeno y actúa en la germinación del polen de la planta. Vidigal *et al.*, (2010) reportan que el cultivo de cebolla presenta una acumulación máxima de Mn de 815.11 $\mu\text{g planta}^{-1}$, con una tasa de absorción de Mn de 66.07 $\mu\text{g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

Cobre (Cu). De acuerdo con Mengel y Kirkby (2000) el cobre es un elemento que está ligado enzimáticamente y participa en reacciones redox que son en su mayoría dependientes del cambio de valencia. También al ser un elemento de transición es capaz de transferir electrones y en la captura de energía por medio de proteínas y enzimas oxidativas.

Boro (B). Tamara (2016) reporta que el boro es un elemento importante en las funciones de la planta ya que ayuda a la elongación de las raíces, participa en el metabolismo del ácido nucleico, proteínas, aminoácidos y nitratos, también auxinas, fenoles y azúcares. Además, es responsable de la formación de flores, producción de semilla y en el transporte de metabolitos a nivel de la pared celular.

2.8 Manejo agronómico del cultivo

2.9.1 Siembra

De acuerdo con Vázquez *et al.*, (2011) la preparación del terreno consiste en la aplicación de barbecho con un arado de discos a una profundidad de 20 a 30 cm, para después pasar con una rastra de discos, 20 a 30 días después del barbecho y un segundo paso perpendicular, 15 a 20 días después. Además, se recomienda realizar un barbecho y de uno a dos pasos de rastra, esto para eliminar los terrones, es necesario considerar que la profundidad del suelo sea de 20 cm a 30 cm para un mejor desarrollo del bulbo.

Reporta Vázquez *et al.*, (2011) que al tener lista las camas, estas deben ser bajas y tener una medida de 1.84 a 2.0 m de ancho, esto permitirá establecer cuatro hileras de plantas siempre y cuando el sistema productivo considere un sistema de riego por aspersión o bien si se cuenta con riego por gravedad, se deben formar camas de 0.9 m a 1.0 m con doble hilera de plantas.

Cuando se emplea el método de siembra directa, es importante formar surcos, nivelándolos ligeramente con un tablón para uniformizar la superficie del suelo, el cual debe estar perfectamente blando y con la humedad adecuada para que permita el desplazamiento de la sembradora. En estos casos, la siembra debe hacerse a “chorrillo”, depositando la semilla a 1.5 a 2 cm de profundidad y se requiere de 2 a 3 Kg de semilla por hectárea.

Vázquez *et al.*, (2011) mencionan que la siembra del cultivo de cebolla puede realizarse durante todo el año, sin embargo, es de vital importancia tener en cuenta

el tipo de variedad a establecer, de tal manera que esta se adapte a la temporada proyectada, ya que el fotoperiodo afecta su ciclo fenológico.

También menciona que al producir plantas bajo condiciones de invernadero se logra ampliar la siembra y así se pueden obtener ventajas como el ahorro de cantidad de semilla usada y cosecha más temprana, que puede coincidir con mejores precios en el mercado.

2.9.2 Manejo de plagas y enfermedades del cultivo

Trips de la cebolla (*Thrips tabaci* Lindeman):

De acuerdo con Dughetti (2010) *Thrips tabaci* es una de la plagas más importantes del cultivo (Figura 7). Se trata de un insecto que se encuentra distribuido a nivel mundial y posee un amplio rango de plantas huéspedes que le sirven de hospedero, pero tiene una preferencia por las *Alliaceas* (ajo, cebolla, echalote).

Daño

Según, Ortega (2020) menciona que los adultos y ninfas se encuentran en la hoja del cultivo y que ambos extraen la savia, causando la destrucción del tejido y manchas blanquecinas plateadas en la superficie de la hoja.

Muniappan *et al.*, (2012) mencionan que cuando incrementa la población puede ocasionar marchitez prematura, retrasar el desarrollo de la hoja y distorsionar los brotes.

Actualmente uno de los daños indirectos más importantes de esta plaga es la trasmisión de virus *Iris yellow spot virus* (IYSV).

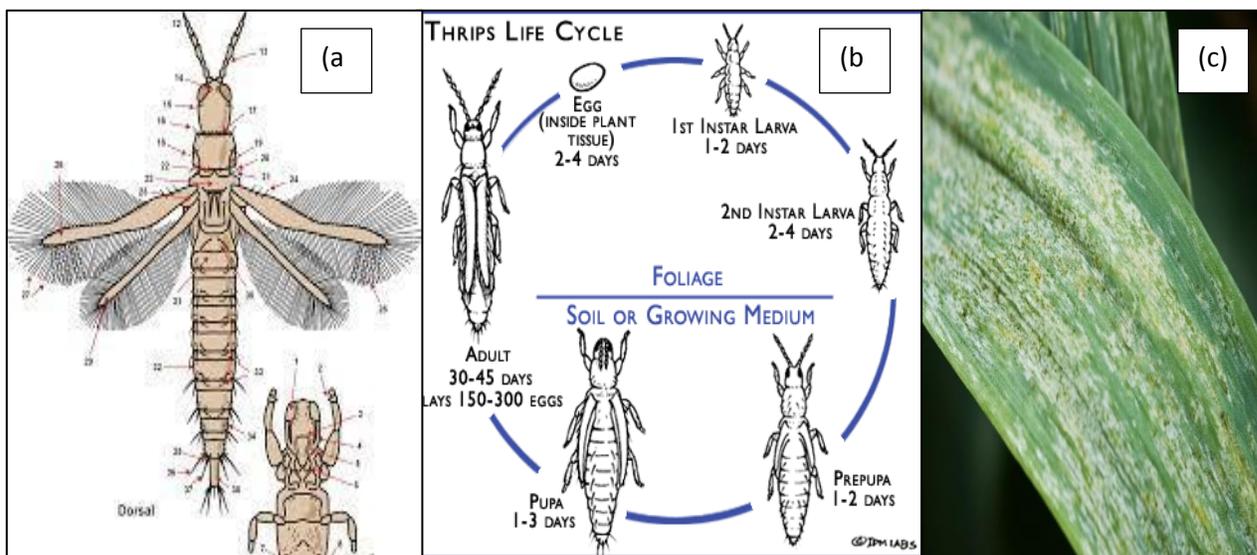


Figura 7. Anatomía de *Thrips tabaci* (a), ciclo biológico (b) y daños en planta de cebolla (c)

Descripción

Dughetti (2010) menciona que el trips es un insecto muy pequeño que mide aproximadamente un 1 mm, debido que el insecto tiene un tamaño tan reducido, se hace difícil su observación a simple vista. Las formas jóvenes de este insecto, llamadas larvas son normalmente más claras que los adultos y en la medida que van alimentándose y creciendo van tomando un color más oscuro pasando de un blanco amarillento a un amarillo más oscuro ya en estado adulto. El adulto se caracteriza por poseer la cabeza rectangular. Las alas son alargadas, en forma de sable, flexionadas en los extremos.

Ciclo Biológico

Dughetti (2010) menciona que la reproducción del trips es básicamente partenogénica, es decir que la población de trips está constituida por hembras, reproduciéndose sin la intervención del macho. Aunque al tener presencia de un macho que es poco frecuente se tendrá una reproducción sexual.

El mismo autor hace menciona que el ciclo biológico en promedio se cumple en aproximadamente 15 días. Las hembras adultas viven alrededor de 15 a 20 días. El período de desarrollo de los trips es variable y está condicionado a la temperatura.

Control

Dughetti (2010) reporta que el control químico del *Thrips tabaci* en el cultivo de cebolla puede realizarse utilizando diferentes insecticidas (piretroides, fosforados y carbamatos) que se encuentran disponibles en el mercado, pero debemos rotar el uso de los insecticidas de diferentes grupos químicos, esto es para evitar que la plaga genere resistencia.

El mismo autor reporta que también se pueden hacer diferentes prácticas para reducir la población del trips como rotar los cultivos en cada ciclo, destruir los restos de cosecha, barbechar para disminuir las infestaciones, quitar las malezas que se encuentren alrededor y regar en forma frecuente para limitar el avance de la plaga en el cultivo de cebolla.

Gusano Soldado (*Spodoptera exigua* (Hübner)):

Gómez y Rojas (2012) mencionan que el gusano soldado se establece en cultivos anuales, además de atacar severamente las siembras directas (Figura 8). El gusano soldado puede atacar a más de 60 especies de plantas pertenecientes a 23 familias botánicas.

Los mismos autores reportan que sus poblaciones generalmente se establecen después de que sus enemigos naturales se han reducido a través de aplicaciones de insecticidas de amplio espectro. Méndez (2021) menciona que la distribución de la plaga se encuentra en más de 30 países y se ha informado de su presencia en más de 100 países y continúa su distribución hacia el resto del mundo.

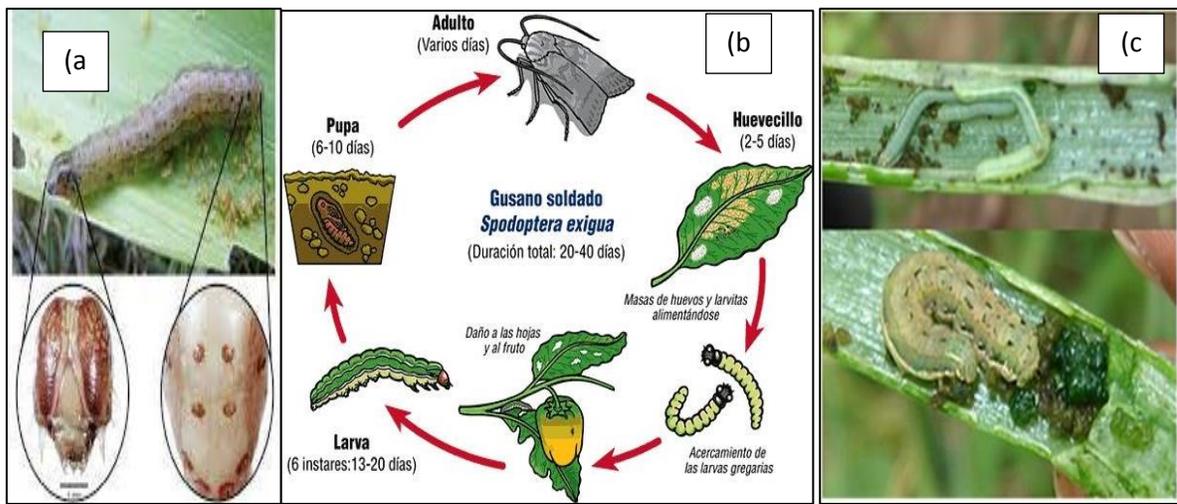


Figura 8. Larva de *Spodoptera exigua* (a), ciclo biológico (b) y daño en cebolla (c)

Daño

Ortega (2020) menciona que el daño se presenta cuando la larva recién emergida se introduce en la hoja y empieza a alimentarse del tejido interno, las hojas dañadas se empiezan a pudrir y se secan. Los daños más frecuentes se pueden observar en almácigos y en cultivos ya establecidos.

Descripción

Watterbarger (2010) menciona que el adulto del gusano soldado es una palomilla con alas interiores de color café y una mancha circular central pálida naranja. Las alas posteriores son blancas con venas cafés. Los huevecillos los cubre con escamas de su cuerpo. La larva recién emergida es de color verde y cabeza negra, ya madura es de color gris verde con bandas claras a lo largo del cuerpo. Cuando se encuentra en estado de pupa se ubica en el suelo con una coloración café oscuro brillante.

Ciclo biológico

Villalobos (2020) afirma que el gusano soldado presenta metamorfosis completa, es decir, pasa por los estados biológicos: huevo, larva, pupa y adulto. Las hembras y los machos son capaces de aparearse desde la primera noche de su emergencia.

El autor menciona que en climas calurosos la etapa de huevo dura 2 a 3 días, la etapa larval de 18 a 20 días, la pupa de 6 a 7 días, por lo tanto, el ciclo biológico se completa en 30 a 40 días.

Control

Watterbarger (2010) comenta que las larvas de gusano soldado son susceptibles a diferentes ingredientes activos que son: Azadiractina, Metomilo, *Bacillus thuringiensis*. La dosis va de acuerdo a que tanta presencia hay de la plaga en el cultivo y respetando las indicaciones de la etiqueta del producto.

Por su parte, Garza y Terán (2001) sugieren que para el control biológico del gusano soldado, pueden emplearse depredadores, parasitoides y entomopatógenos capaces de controlar la población de la plaga. La *Chrysoperla carnea* se alimenta de los huevos y larvas, es capaz de eliminar todas las larvas recién emergidas de una masa de huevecillos en un lapso de 24 horas; mientras que especies de chinches de los géneros *Sinea*, *Zelus* (*Reduvidae*) y *Orius* (*Anthocoridae*), se alimentan únicamente de larvas.

Minador de la hoja (*Liriomyza spp.*)

Zumbado y Azofeifa (2018) afirman que el género de *Liriomyza* ataca una amplia variedad de cultivos con preferencia por cucurbitáceas, leguminosas y solanáceas, se ha registrado su presencia en cebolla y algunas ornamentales.

Garza (2001) explica que el minador de la hoja es originario de América y está distribuido en el mundo, ha sido reportado en norte, centro, y sur de América. En la Planicie Huasteca, región que comprende el oriente de San Luis Potosí, norte de Veracruz y sur de Tamaulipas, el minador de la hoja es una de las principales plagas del chile y jitomate (Figura 9).

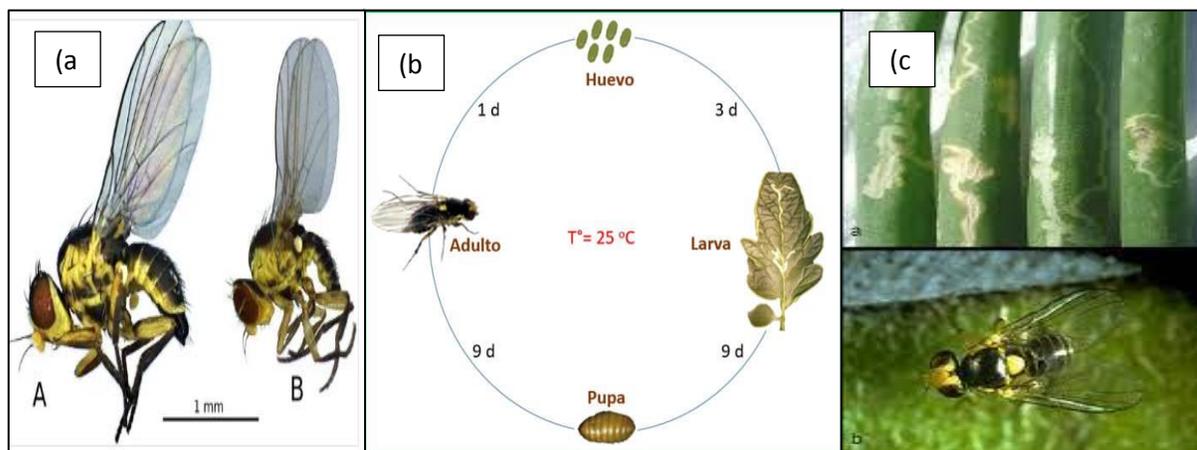


Figura 9. Adultos de *Liriomyza* spp. (a), ciclo biológico (b) y daño en cebolla (c)

Daño

Garza (2001) reporta que las larvas producen minas continuas en las hojas, las cuales son lineales e irregulares, con líneas conspicuas negras parecidas a hilos de excremento en los lados alternos de la mina. Las minas individuales son de poca importancia, sin embargo, cuando la población larval aumenta pueden ser minadas hojas enteras y las plantas muy dañadas parecen como si hayan sido chamuscadas por fuego. Las hojas minadas son más susceptibles al daño por viento lo que ocasiona la defoliación completa del cultivo.

Descripción

Garza (2001) reporta que el minador de la hoja presenta metamorfosis completa, es decir, cuatro estados biológicos de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto.

Los huevecillos recién ovipositados son de color blanco crema y de forma oval alargada; son muy difíciles de ver a simple vista ya que miden 0.25 mm de longitud. Las larvas son de color amarillo brillante a verde amarillento, miden de 2 a 4 mm de longitud y 0.5 mm de ancho cuando están completamente desarrolladas. La pupa es de color café amarillento de forma ovalada y distintamente segmentada. Los adultos son mosquitas que miden de 2 a 3 mm de longitud, de color gris y con manchas grandes negras y amarillas.

Ciclo Biológico

Mau y Martín (1991) mencionan que los huevecillos son depositados individualmente por la hembra en el daño que realizó en la epidermis de la hoja y requieren de 2 a 4 días para su eclosión. Esta plaga tiene 3 estados larvales y cada uno tiene una duración de 2 a 3 días. Durante su primero y segundo estado larval se alimenta del mesófilo de la hoja. Mientras que en el tercero se alimenta de la parte superior de la hoja. Dejando una huella espiral retorcida que al principio es transparente y luego se vuelve café, cuando la larva llega a su madurez realiza una incisión longitudinal y sale para convertirse en pupa en la superficie de la hoja o en el suelo, donde completa su desarrollo entre 5 y 12 días. Los adultos son muy buenos voladores y se mueven alrededor de las plantas en rápidos movimientos irregulares, viven de 10 a 20 días dependiendo de las condiciones ambientales.

Control

Para que no se incremente la población o prevenir el minador en el cultivo, lo ideal es utilizar abamectina y ciromacyna en dosis de 5.4 y 75 g I.A./ha respectivamente, los cuales deben ser utilizados en forma alterna para reducir los riesgos de resistencia al producto (Garza, 2001).

El autor ya mencionado recomienda también el uso de trampas adhesivas, ya que se ha observado que el minador de la hoja le atrae el color blanco y el uso de tiras plásticas de este mismo color. Otra de las formas en las cuales se puede controlar la presencia del minador de la hoja es con un control biológico ya que a nivel mundial, se han encontrado varios parasitoides del minador de la hoja, principalmente de las familias *Braconidae*, *Chalcididae*, *Eulophidae*, y *Pteromalidae* (Garza, 2001).

Mancha púrpura (*Alternaría porri* (Ellis)):

Reveles-Hernández *et al.*, (2014) mencionan que la mancha púrpura es provocada por el hongo *Alternaría porri* Ellis. La enfermedad aparece en las hojas como manchas blanquecinas con el centro de color morado, al desarrollarse estas lesiones, pueden ser cubiertas por una masa negra de esporas. En condiciones adecuadas las lesiones pueden doblar las hojas.

La enfermedad aparece en el cultivo cuando se presenta un exceso de lluvias acompañado por periodos de alta temperatura. Las hojas viejas de la planta son más susceptibles a ser afectadas por el hongo, sin embargo, si las hojas jóvenes son severamente dañadas por altas poblaciones de trips serán más susceptibles a la enfermedad.

Control

Osuna y Ramírez (2013) sugieren aplicar fungicidas para controlar la incidencia del hongo, como el Mancozeb (0.8 – 3.3 kg/ha), Clorotalonil (0.6 – 3.7 Kg/ha), Zineb (1.0 – 1.8 19 kg/ha) o Metalaxil M + Clorotalonil (0.09 kg/ha).

Otra de las razones por la cual hay presencia del *Alternaría porri* en el cultivo, es cuando hay altas condiciones de humedad que pueden ser reducidas si en el suelo se mantiene un buen drenaje y se evita las altas densidades de plantación (Reveles-Hernández *et al.*, 2014) .

Camacho-Luna *et al.*, (2021) reportan que existen hongos benéficos del genero *Trichoderma* que pueden ser usado para su biocontrol, pero es limitado el conocimiento de los mecanismos de la repuesta de defensa en la interacción de plantas de cebolla con *Trichoderma* y *Alternaría porri*. Lo que se sabe es que el *Trichoderma* establece una relación de simbiosis con las raíces de las plantas, lo que con lleva a promover su crecimiento y desarrollo e inducir una respuesta de defensa en las plantas contra el ataque de patógenos e inclusive insectos plaga.

Mildiu (*Peronospora destructor*)

Reveles-Hernández *et al.*, (2014) mencionan que el mildiu posee distribución mundial, además de que es especialmente destructiva durante periodos prolongados de clima húmedo y frío; su presencia disminuye el rendimiento y reduce la calidad de los bulbos; el agente causal es el oomiceto *Peronospora destructor*.

Schwartz, (1995) reporta que los primeros síntomas se observan en las hojas más viejas como manchas alargadas (3 a 30 cm) las partes infectadas se cubren de masas de esporas de color gris, las puntas de las hojas se doblan y colapsan, especialmente durante climas fríos, si la temperatura se eleva y la humedad desaparece, las colonias fungosas pueden desaparecer, pero al volver las condiciones adecuadas como frío y humedad el hongo puede reaparecer causando nuevas lesiones. Los bulbos se infectan sistémicamente y se vuelven suaves y se terminan pudriendo.

Control

De acuerdo con Mamani (2014) la mejor manera de prevenir esta enfermedad es sembrando el cultivo de cebolla cuando el clima es seco y las temperaturas son mayores de 25 °C, otras de las formas de prevenir la presencia del hongo es evitar tener siembras múltiples o de diferentes tiempos de siembra en la misma área por que los cultivos viejos pueden servir de inóculo de mildiu para los cultivos nuevos.

Reveles-Hernández *et al.*, (2014) reportan que los fungicidas que controlan y previenen la presencia del hongo son fungicidas cúpricos, ditiocarbamatos, Clorotalonil, fosetyl-Al y Metalaxyl.

Raíz rosada (*Phoma terrestris*)

Maranhão y Albuquerque (2009) reportan que la raíz rosada es una de las enfermedades más importantes de la cebolla en regiones de clima cálido, la enfermedad se encuentra en todo el mundo y especialmente severa en cultivos de cebolla que se desarrollan en climas tropicales y subtropicales.

Esta enfermedad es causada por el hongo llamado *Phoma terrestris*, el cual es capaz de producir toxinas involucradas en el desarrollo de la enfermedad (Reveles-Hernández *et al.*, 2014).

Reveles-Hernández *et al.*, (2014) reportan que el daño se encuentra en la raíz de la planta se puede identificar fácilmente, ya que el daño presenta una ligera coloración rosa que eventualmente se vuelve rojo intenso y finalmente un rosa oscuro en los estados finales de la enfermedad. Las raíces severamente infectadas se desintegran; la planta desarrolla nuevas raíces que también son infectadas y destruidas. Los bulbos de variedades blancas muestran manchas rojizas en las escamas exteriores cuando la planta se desarrolla en suelos infestados por el hongo.

La enfermedad es más severa en suelos pesados con deficiente drenaje y con bajos niveles de materia orgánica (Goldberg, 2012). El desarrollo de este complejo sintomático produce una reducción de capacidades para la captación de agua y nutrientes, que interfiere con el desarrollo normal del cultivo. (Maranhão y Albuquerque, 2009).

Control

Maranhão y Albuquerque (2009) mencionan que la aplicación de productos fungicidas en suelos infestados ha sido efectiva para el control de la raíz rosada de la cebolla. Normalmente se utilizan productos como Cloropicrina, Vapam o Bromuro de Metilo que reducen la presencia de *P. terrestris* en el suelo y en la severidad de raíz rosada.

Reveles-Hernández *et al.*, (2014) mencionan que en suelos infestados por raíz rosada recomiendan no sembrar cebolla mínimo en periodos de 2 a 6 años, ya que la enfermedad es más severa cuando se siembra cebolla todo el tiempo en el mismo lugar.

2.9.3 Fertilización

Vázquez *et al.*, (2011) mencionan que la dosis del fertilizante varía según la fertilidad del suelo, tipo de suelo y la región ya que para algunos estados de la república se recomiendan diferentes dosis de fertilización por ejemplo: para el Bajío utilizan 140-60-00, Morelos utilizan 150-80-00, Chihuahua utilizan 160-60-00 y en Tamaulipas utilizan 200-80-00; en donde se sugiere fraccionar el nitrógeno para hacer más efectivo su aprovechamiento para la planta.

2.9.4 Cosecha

Enciso *et al.*, (2019) reportan que la etapa de cosecha de la cebolla está determinada por la variedad. El punto ideal es cuando el bulbo alcanza la maduración fisiológica, caracterizada por la caída o doblado del cuello de la planta, debido a que se ablanda de la parte inferior del tallo. Otros indicadores de la maduración del bulbo son el amarillamiento del follaje y que la película externa del bulbo presente la coloración típica de la variedad y se desprenda fácilmente.

De acuerdo con el autor ya mencionado, cuando el 50% a 60% de las plantas del cultivo están caídas o dobladas, se puede realizar el acame de las plantas restantes en forma manual para el secado de las hojas y facilitar la cosecha.

En general al transcurrir 10 a 15 días después del acame se debe cosechar toda la parcela y esto se puede realizar de forma manual o mecanizada.

2.9.5 Post cosecha

De acuerdo con Enciso *et al.*, (2019) en esta etapa, es de vital importancia la aplicación de la práctica de curado, la cual tiene como objetivo secar los bulbos y el follaje para eliminar el exceso de humedad que puede favorecer la presencia de enfermedades, secar hojas y escamas exteriores del bulbo, desarrollar buen olor y cerrar bien el cuello del bulbo.

Para el proceso de curado, las plantas cosechadas son colocadas en hileras sobre la superficie del suelo, cuidando de que las hojas de una hilera cubran los bulbos de la otra hilera, para evitar quemaduras en el bulbo causadas por el sol. En esta etapa las plantas cosechadas estarán en el campo durante un periodo de 3 días a 5 días dependiendo de las condiciones climáticas y de la variedad.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del Experimento

El trabajo de investigación se estableció en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en la localidad de Buenavista, en el municipio de Saltillo Coahuila, México. Se llevó a cabo en uno de los campos experimentales dentro de la misma, con una localización geográfica de 25° 21' 21.6" Latitud Norte y 101° 02' 13" longitud Oeste y una altitud de 1,760 msnm. Con una precipitación media anual de 350-400 mm y una temperatura media anual de 18.8 °C. En un suelo de tipo calcáreo con alto contenido de calcio y magnesio y bajo contenido de materia orgánica.

3.2 Material genético

Cebolla Sierra Blanca F1: Híbrido de día intermedio, de maduración temprana y excelente color blanco brillante, con potencial para desarrollar tamaños grandes a jumbo y muy buena forma de globo. Cuenta con follaje vigoroso y excelente uniformidad de maduración (Seminis, 2020).

3.3 Diseño experimental

Se evaluaron cinco dosis de Gallinaza y un testigo absoluto (Cuadro 4), cada tratamiento fue evaluado en cuatro repeticiones, en un diseño de Bloques completos al azar. Cada repetición constó de un surco de 36 m de largo y una separación entre surcos de 0.8 m. Plantados a doble hilera a una separación entre plantas de 0.1 m e hileras a 0.2 m.

Cuadro 4. Tratamientos de gallinaza aplicados al suelo cultivado con cebolla blanca.

| No | Descripción | Dosis (Ton ha⁻¹) |
|-----------|---|------------------------------------|
| 1 | Testigo absoluto (Sin fertilización base y sin gallinaza) | 0.00 |
| 2 | Gallinaza | 5.00 |
| 3 | Gallinaza | 10.00 |
| 4 | Gallinaza | 15.00 |
| 5 | Gallinaza | 20.00 |
| 6 | Gallinaza | 0.30 |

Descripción de Actividades para el Establecimiento de Trabajo Experimental

Obtención de la Gallinaza

La Gallinaza se adquirió en la Avícola San Juan, en el Municipio de Vanegas SLP., y consiste en Gallinaza seca.

Producción de Plántula

La plántula se produjo en almácigo de tierra. La siembra se hizo el día 15 de abril del 2020 en surcos de 25 m con una separación de 0.8 m. Sobre la “cama” del surco se realizaron cuatro líneas a una profundidad de 2 cm y a una separación de 7 cm, posteriormente se sembró en forma manual a “chorrillo”. La duración de la plántula en el almácigo está determinada por la temperatura. Para la región del sureste de Coahuila, si la siembra se realiza entre mayo y septiembre, se tienen plántulas en 60 ± 7 días, cuando la siembra se realiza entre septiembre a marzo la planta requiere de 75 días.

Preparación de terreno para Plantación y Aplicación de tratamientos

Se realizó un barbecho, rastreo y surcado con maquinaria, posteriormente las camas se terminaron de arreglar con rastrillo. Una vez preparada la cama de plantación se aplicaron las diferentes dosis de gallinaza, la cual fue previamente cribada a una granulometría de 0.5 cm. La gallinaza se distribuyó de manera uniforme a lo largo del surco y posteriormente se incorporó con un rastrillo. Después se marcaron las líneas para plantación y se plantó colocando una planta por mata. Finalmente se colocó una cintilla para fertirriego Marca Toro® calibre 6 mil, con emisores a 20 cm y un gasto por gotero de 1.013 L/hora/gotero a una presión de 8 a 10 psi.

3.4 Variables evaluadas

Se tomaron en cuenta variables agronómicas de crecimiento para explicar el efecto de la gallinaza sobre el cultivo de la cebolla.

3.4.1 Variables agronómicas de crecimiento

Se tomaron al azar 5 plantas de cebolla por cada tratamiento y repetición. Se inició el muestreo a los 90 Días Después de Siembra (DDS) y se realizaron 7 muestreos con un intervalo de una semana. A las plantas seleccionadas se les midió:

Número de hojas verdaderas (NHV). Se contabilizó el número de hojas verdaderas, el resultado se expresó en número de hojas planta⁻¹.

Longitud de planta (LP). Se midió con un flexómetro, desde la base del bulbo hasta el ápice de la hoja más larga. El resultado se expresó en cm planta⁻¹.

Longitud de hoja (LH). Se midió con un flexómetro desde el cuello de la planta, hasta el ápice de la hoja más larga. El resultado se expresó en cm hoja⁻¹.

Ancho de hoja (AH). Se midió la parte media de la hoja más larga de la planta. El resultado se expresó en mm hoja⁻¹.

Peso fresco de planta (PFP). A las plantas se les retiró la tierra de la raíz y se pesó la planta completa en una balanza electrónica marca Ohaus® Modelo Scout Pro. El resultado se expresó en g planta⁻¹.

Peso fresco de raíz (PFR). Se separó la raíz de la planta y se pesó al igual que la variable anterior. El resultado se expresó en g raíz⁻¹.

Peso fresco de bulbo (PFB). Posteriormente se separó el bulbo de las hojas, cortando en la parte media del cuello y se pesó. El resultado se expresó en g bulbo⁻¹.

Diámetro de bulbo (DB). Se midió el diámetro ecuatorial del bulbo con un vernier electrónico Modelo CAL-6MP (Truper, Chihuahua, México). El resultado se expresó en mm.

3.5 Análisis estadístico

Se empleó un modelo estadístico de bloques completos alzar, el cual se compone de la siguiente manera:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Observación en el j-ésimo bloque, con efecto del i-ésimo tratamiento.

μ = Media general de la variable.

τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

β_j = Efecto del j-ésimo bloque.

ε_{ij} = Error experimental en el j-ésimo bloque e i-ésimo tratamiento.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) ($p \leq 0.05$), y una prueba de comparación de medias LSD de Fisher ($p \leq 0.05$). Para el análisis de datos se utilizó el paquete estadístico Infostat v. 2020 (Infostat Inc., Córdoba, Argentina).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluación de variables agronómicas

El análisis de varianza (Cuadro 5) no detectó diferencias significativas en la mayoría de las variables agronómicas evaluadas en el cultivo de cebolla, como efecto de las diferentes concentraciones de gallinaza aplicados al suelo. Sin embargo, para la variable peso fresco de bulbo (PFB) se observó diferencia significativa entre tratamientos.

Para el caso de los bloques se observa la existencia de diferencia altamente significativa para las variables peso fresco de raíz (PFR), peso fresco de bulbo (PFB) y diámetro de bulbo (DB), lo que permite observar que las aplicaciones de bloque se realizaron correctamente para el experimento. Por otra parte, la existencia de diferencias significativas entre bloques sugiere la existencia de gradientes tanto en el suelo como en factores ambientales como la disponibilidad de luz.

Además de lo anterior las aplicaciones de gallinaza posiblemente incidieron en algunas propiedades físicas del suelo como la porosidad y densidad aparente, lo cual puede beneficiar el mayor o menor medida el desarrollo del bulbo.

Cuadro 5. Cuadrados medios del ANOVA ($p \leq 0.05$) para variables agronómicas y de crecimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa*) como efecto de la aplicación de diferentes concentraciones de gallinaza.

| FV. | GL. | NH (q) | LP (cm) | LH (cm) | AH (mm) | PFP (g) | PFR (g) | PFB (g) | DB (mm) |
|-------------|-----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| Tratamiento | 5 | 0.30 ^{NS} | 7.40 ^{NS} | 6.91 ^{NS} | 1.20 ^{NS} | 594.06 ^{NS} | 0.18 ^{NS} | 61.9 [*] | 12.39 ^{NS} |
| Bloque | 3 | 0.61 ^{NS} | 4.91 ^{NS} | 4.10 ^{NS} | 1.52 ^{NS} | 668.74 ^{NS} | 2.15 ^{**} | 126.84 ^{**} | 35.15 ^{**} |
| Error | 15 | 0.17 | 7.78 | 6.56 | 1.07 | 242.3 | 0.31 | 20.52 | 5.66 |
| CV | (%) | 4.93 | 3.34 | 3.38 | 7.56 | 12.27 | 20.41 | 15.23 | 8.03 |

FV= Fuentes de variación; GL= Grados de libertad; NH= Número de hojas; LP= Longitud de planta; LH= Longitud de hoja; AH= Ancho de hoja; PFP= Peso fresco de planta; PFR= Peso fresco de raíz; PFB= Peso fresco de bulbo; DB= Diámetro de bulbo; Error= Error experimental; CV= Coeficiente de variación; NS= Diferencias no significativas; *= Diferencias significativas ($p \leq 0.05$); **= Diferencias significativas ($p \leq 0.01$).

De acuerdo con la prueba de medias de LSD de Fisher, para la variable número de hojas, T2 obtuvo los mejores valores con 8.82 hojas en promedio. Los valores más bajos se obtuvieron en el tratamiento T3 con 8.13 hojas en promedio. Estos resultados difieren con los obtenidos por Lee (2012) quien informa que la aplicación de estiércol bovino, en rangos de 44, 66 y 88 ton ha⁻¹, generaron los valores más altos (6.9, 6.3 y 6.5; 8.3, 7.8 y 8.5; 7.7, 7.7 y 7.7) para el número de hojas en cebolla a los 147, 165 y 189 días después del trasplante. Abrahaley *et al.*, (2020) reportan valores máximos de 15.67 hojas planta⁻¹ mediante la aplicación de 30 ton ha⁻¹ de estiércol bovino + 103.5 kg ha⁻¹ de urea como fuente de N mineral.

Respecto a la variable longitud de planta, a pesar de no existir diferencias estadísticas significativas, la prueba de medias permite observar que el valor máximo se obtuvo en T5, obteniéndose plantas con una longitud promedio de 85.51 cm. En relación a estos resultados, Lee (2012) informa que la aplicación de estiércol bovino en el cultivo de cebolla no generó diferencias estadísticas para esta variable, obteniéndose el valor máximo de 46.9, 71.8 y 77.3 cm planta⁻¹ con la aplicación de 88, 0 y 20 ton ha⁻¹, en muestreos a los 147, 165 y 189 días después del trasplante. Al respecto, Abrahaley *et al.*, (2020) reportan valores máximos de 64.5 cm planta⁻¹ mediante la aplicación de 30 ton ha⁻¹ de estiércol bovino + 103.5 kg ha⁻¹ de urea como fuente de N mineral.

La variable longitud de hojas no presentó diferencia estadística significativa entre tratamientos, la prueba de medias permitió identificar como valor máximo, a aquel generado por T5, con 77.56 cm hoja⁻¹. Al respecto, Abrahaley *et al.*, (2020) reportan valores máximos para esta variable, de 51.28 cm hoja⁻¹ mediante la aplicación de 30 ton ha⁻¹ de estiércol bovino y de 54.21 cm hoja⁻¹ con la aplicación de 103.5 kg ha⁻¹ de urea como fuente de N mineral.

En relación a la variable ancho de hoja bajo la misma prueba de medias, el mejor tratamiento fue T5 con un valor de 14.54 mm en promedio, por su parte el peor tratamiento fue T1 con 12.88 mm en promedio. Abrahaley *et al.*, (2020) reportan valores máximos de 12.20, 12.33 y 12.57 mm hoja⁻¹ mediante la aplicación de 10, 20 y 30 ton ha⁻¹ de estiércol bovino a las cuales se les agrego a cada tratamiento 103.5 kg ha⁻¹ de urea como fuente de N mineral.

Para la variable peso de planta bajo la misma prueba de medias, el mejor tratamiento fue T5 con un valor de 145.43 g en promedio, por su parte el peor tratamiento fue T1 con 112.69 g en promedio. Al respecto, Yassen y Khalid, (2009) reportan que la combinación de estiércol de granja y gallinaza en una relación de 23.8 m³ ha⁻¹ y 47.6 m³ ha⁻¹ respectivamente, generó los valores más altos para la misma variable, con 138.4 g planta⁻¹.

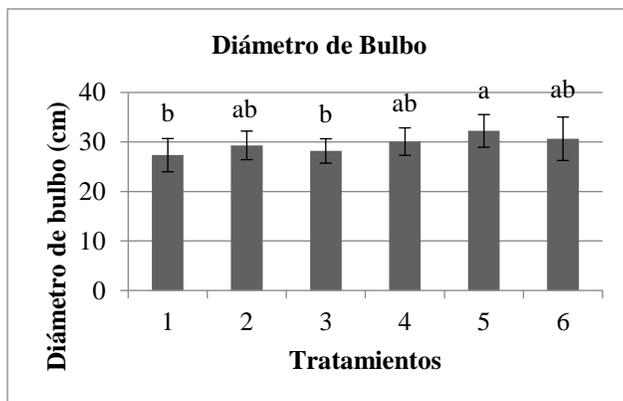
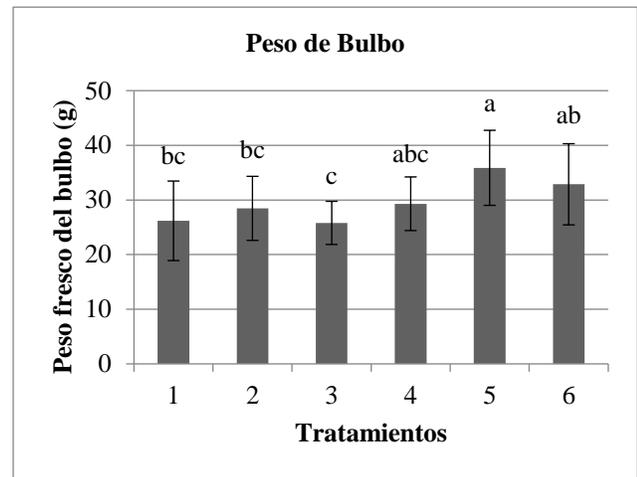
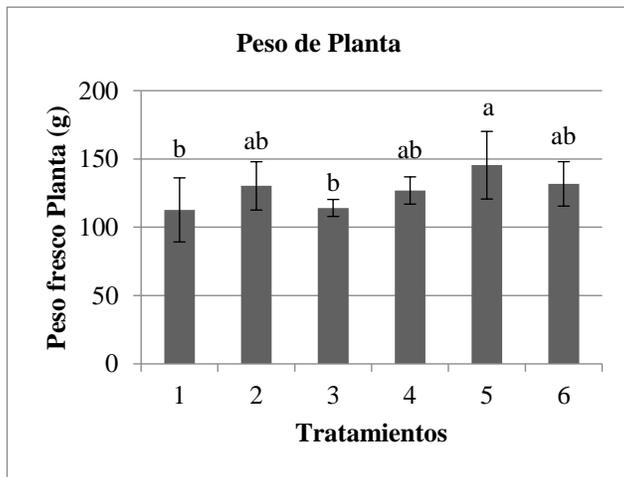
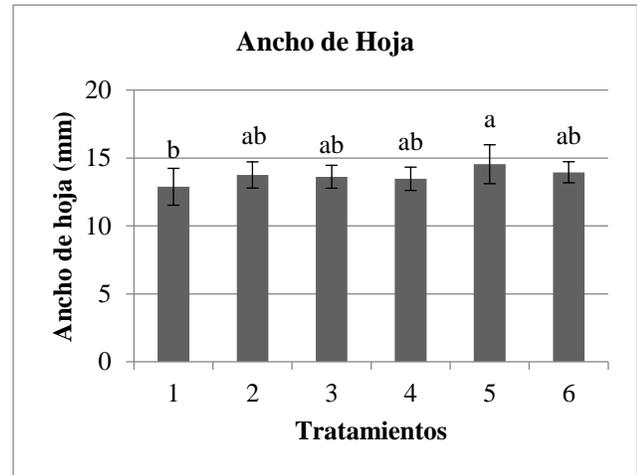
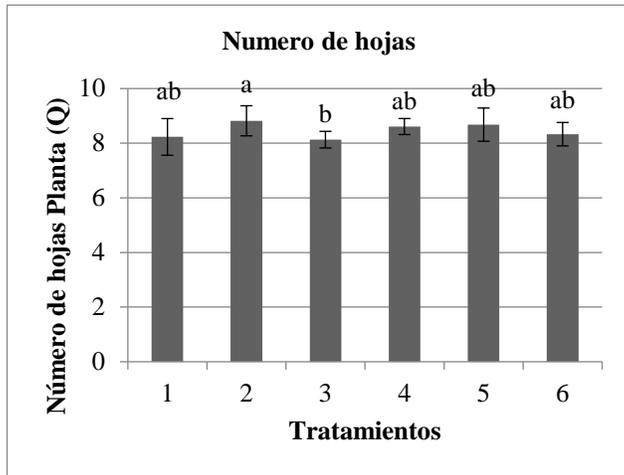


Figura 10. Comparación de medias de las variables agronómicas y de crecimiento en el cultivo de cebolla (*Allium cepa*) como efecto de la aplicación de gallinaza en diferentes concentraciones.

La variable peso fresco de raíz no presentó diferencia significativa entre tratamientos, la prueba de medias permitió identificar que el valor máximo para dicha variable fue de 2.94 g planta⁻¹, obtenida con el T4, estos resultados son superiores a los reportados por Lee (2012) quien obtuvo valores máximos de 2.35 g planta⁻¹ con la aplicación de 66 ton ha⁻¹ de estiércol bovino a los 147 días después de trasplante, en cultivo de cebolla.

En relación a la variable peso fresco de bulbo bajo la misma prueba de medias, el mejor tratamiento fue T5 con un valor de 35.88 g en promedio, por su parte el peor tratamiento fue T3 con un valor de 25.8 g en promedio. Para la misma variable Yoldas *et al.*, (2020) reportaron pesos promedio de 219.006 g con la aplicación de 20 ton ha⁻¹ de gallinaza, en invernadero con cebolla como segundo cultivo. Sin embargo, este tratamiento comparado con fertilización mineral, no generó diferencias estadísticas, de acuerdo con el mismo autor. Del mismo modo, Lee (2012) informo la obtención de valores máximos para la misma variable con promedios de 205.9 g planta⁻¹, con la aplicación de 44 ton ha⁻¹ de estiércol bovino. Lee *et al.*, (2012) informaron la obtención de valores máximos de 141 g planta⁻¹ en cultivo de cebolla para peso de bulbo, mediante la aplicación de 8 ton ha⁻¹ de estiércol porcino. Por su parte Abrahaley *et al.*, (2020) reportan valores máximos de 106.00, 107.87 y 109.50 g bulbo⁻¹ mediante la aplicación de 10, 20 y 30 ton ha⁻¹ de estiércol bovino a las cuales se les agrego a cada tratamiento 103.5 kg ha⁻¹ de urea como fuente de N mineral.

En respecto a la variable diámetro de bulbo bajo la misma prueba de medias, el mejor tratamiento fue T5 con un valor de 32.24 mm en promedio, por su parte los tratamientos que mostraron los valores más bajos para esta variable fueron el T1 y T3 con 27.34 y 28.19 mm respectivamente. Yassen y Khalid (2009) reportan valores máximos de 89.6 mm para esta variable en el mismo cultivo, mediante la aplicación de una mezcla compuesta de 23.8 m³ ha⁻¹ de estiércol de corral y 47.6 m³ ha⁻¹ de gallinaza. Por su parte Lee (2012) reporta valores máximos de 64 mm de diámetro en cultivo de cebolla mediante la aplicación de 66 ton ha⁻¹ de estiércol bovino, a los 189 días después del trasplante. Abrahaley *et al.*, (2020) reportan valores máximos

de 68.5 mm hoja⁻¹ mediante la aplicación de 30 ton ha⁻¹ de estiércol bovino + 103.5 kg ha⁻¹ de urea como fuente de N mineral. Yoldas *et al.*, (2020) mencionan que el efecto residual de la aplicación de 20 ton ha⁻¹ al suelo, en condiciones de invernadero, generó los valores máximos para la variable diámetros de bulbo, con un promedio de 88.97 mm.

IV. CONCLUSIONES

La aplicación de gallinaza en los volúmenes aplicados no generó diferencia estadística significativa para la mayoría de las variables consideradas en el experimento, lo cual pudiera deberse a que la aplicación de nutrición mineral adicional a los tratamientos con abono orgánico suplió la demanda de nutrientes del cultivo, disminuyendo el efecto de la gallinaza.

Las dosis de gallinaza aplicadas al suelo en el presente trabajo, no generaron un efecto significativo en el crecimiento de cultivo de cebolla por lo que no es posible sugerir el uso de una dosis específica evaluada en este experimento, como tratamiento que permita mejorar el desarrollo del cultivo

La prueba de medias permitió detectar algunas diferencias con la formación de grupos estadísticos diferentes, se observa como el incremento en la cantidad del abono orgánico empleado en el experimento produce incrementos en variables como número de hojas, ancho de hoja, peso de planta, diámetro de bulbo, peso de bulbo.

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación, se recomienda que en próximos experimentos, se considere la aplicación parcial de nutrición mineral mediante soluciones diluidas e incluso pudiera eliminarse este aporte mineral con la finalidad de hacer más observable el efecto de manera aislada de la gallinaza, además se sugiere la medición de variables del suelo como pH y CE además de densidad y capacidad de retención de humedad, los cuales pudieran verse modificados con la aplicación de materia orgánica a través de la gallinaza aportada.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Abrahaley, L., Abraham, N. T., & Reda, T. B. (2020). Growth and yield of onion (*Allium cepa* L.) as affected by farmyard manure and nitrogen fertilizer application in Tahtay Koraro District, Northwestern Zone of Tigray, Ethiopia. *Vegetos*, 33(4), 617–627. <https://doi.org/10.1007/s42535-020-00132-7>
- Álvarez-Hernández, J., Venegas-Flores, S., Soto-Ayala, C., Chávez-Vargas, A., & Zavala-Sánchez, L. (2011). Uso de fertilizantes químicos y orgánicos en cebolla (*Allium cepa* L.) en Apatzingán, Michoacán, México. *Avances En Investigación Agropecuaria*, 15(2), 29–43.
- Bernal, D., Morales, L., Fischer, G., Cuervo, J., & Magnitskiy, S. (2008). Caracterización de las deficiencias de macronutrientes en plantas de cebollín (*Allium schoenoprasum* L.). *Revista Colombiana de Ciências Hortícolas*, 2.
- Camacho-Luna, V., Flores-Moctezuma, H., Rodríguez-Monroy, M., Montes-Belmont, R., & Sepúlveda-Jiménez, G. (2021). con *Trichoderma asperellum* y *Alternaria porri* Resumen Introducción. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(4), 14.
- Cantarero, R., & Martínez, O. (2002). Evaluacion De Tres Tipos De Fertilizantes (Gallinaza, Estiércol vacuno, y un Fertilizante Mineral) en el cultivo de Maiz (*Zea mays* L.). Variedad NB-6. *Bioresource Technology*, 153(2), 62. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.08.004><https://www.mendeley.com/catalogue/evaluacion-tres-tipos-fertilizantes-en-maizpdf/>
- Carrillo, D. (2012). *Comportamiento productivo de cebolla (Allium cepa L) a cielo abierto en cuatro niveles de lombricomposta y suelo*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Casierra-Posada, F. (2015). Fisiología del crecimiento y la nutrición en cebolla de bulbo (*Allium cepa* L. hib. 'Yellow Granex') en condiciones tropicales en https://www.researchgate.net/publication/282705953_Fisiologia_del_crecimiento_y_la_nutricion_en_cebolla_de_bulbo_Allium_cepa_L_hib_'Yellow_Granex'_en_condiciones_tropicales
- Castellanos, J. . (1980). El estiércol como fuente de nitrógeno. *Seminarios Técnicos*, 5(13), 12.
- Castellanos, J. . (1982). La importancia de las condiciones físicas del suelo y su mejoramiento mediante la aplicación de estiércoles. *Seminarios Técnicos*, 7(8), 32.

- Cepeda, J. (2017). *Abonos Orgánicos a Base de Estiércol Bovino*. Colín-Navarro, V., Domínguez-Vara, I., Olivares-Pérez, J., Castelán-Ortega, O., García-Martínez, A., & Avilés-Nova, F. (2019). Propiedades químicas y microbiológicas del estiércol de caprino durante el compostaje y vermicompostaje. *Agrociencia*, 53(2), 14.
- DAPRO. (2020). Informe Estadístico de la Cebolla. In *Ministerio de desarrollo productivo y economía plural*. https://siip.produccion.gob.bo/noticias/files/BI_21022020ba0a3_InformeEstadisticoCebolla2020.pdf
- Dughetti, A. (2010). El manejo de las plagas de la cebolla en el valle bonaerense del Rio Colorado. *Inta*, 1–19.
- Enciso G. C., Vera O. P., Santacruz T. A. & González V. J. (2019). *Guía Técnica del Cultivo de cebolla*.
- Estrada, M. (2005). *Manejo y procesamiento de la gallinaza*. 2(1), 43–48.
- FAO. (2014). *Producción de Hortalizas*.
- FAO. (2019). *FAOSTAT. Producción Mundial de Cebolla*.
- Galindez, J. & Pascua, M. (2019). Performance of Onion (*Allium cepa* L.) in Organic System Using Combined Organic Fertilizer and Trichoderma in Split Application. *Agriculture Horticulture and Soil-Science*, 1(03), 11.
- García, C., & Felix, J. (2013). Manual para la producción de abonos orgánicos y biorracionales (Vol. 53, Issue 9).
- García, M. (2011). Determinación de Nitratos en Plantas de Lechuga (*Lactuca sativa* L. var. *Great Lakes*) Fertilizadas Con Abonos Orgánicos (Issue 8). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Garro, J., & Sierra, D. (2017). El suelo y los abonos orgánicos. In *Sector Agro Alimentario* (Vol. 1). <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F04-10872.pdf>
- Garza, E. (2001). El minador de la hoja *Liriomyza spp* y su manejo en la planicie huasteca (Issue 5).
- Garza, E., & Terán, A. (2001). Manejo integrado de las plagas del algodón en la planicie huasteca (Issue 8).
- Gómez, R., & Rojas, J. (2012). Caracterización de áreas de cebolla productoras de bulbillos atacadas por *Spodoptera exigua* Hübner (Lepidoptera; Noctuidae). *Centro de información y documentación agropecuario*, 39(1), 25–28.
- Lee, J. (2012). Evaluation of composted cattle manure rate on bulb onion grown with reduced rates of chemical fertilizer. *HortTechnology*, 22(6), 798–803. <https://doi.org/10.21273/horttech.22.6.798>
- Lee, J. T., Kim, H. D., Lee, S. D., & Ro, C. W. (2012). Evaluation of Composted Pig Manure and Organic Fertilizer for Organic Onion Production in Paddy Soil.

Korean Journal of Horticultural Science and Technology, 30(2), 123–128.
<https://doi.org/10.7235/hort.2012.11086>

- López-Martínez, J., Díaz, A., Martínez, E., & Valdez, R. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Sociedad Mexicana de La Ciencia Del Suelo, A.C.*, 19, 293–299.
<http://www.redalyc.org/artículo.oa?id=57319401>
- Mamani, A. (2014). Inductores de defensa para el control de *Peronospora destructor Berk.* En *Allium cepa var. aggregatum G. Don cv. 'Criolla limeña' en zona árida.* Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Maranhão, E., & Albuquerque, E. (2009). Factores que determinan el desarrollo de la “raíz rosada” de la cebolla causada por *Pyrenochaeta terrestris*. *Academia Pernambucana de Ciência Agronômica*, 5(6), 298.
- Martínez, F. E., Sarmiento, J., & Fischer, G. (2009). Síntomas de deficiencia de macronutrientes y boro en plantas de uchuva (*Physalis peruviana L.*). 27(2), 169–178.
- Mau, R.F.L. y J.L. Martín. (1991). *Liriomyza sativae* (Blanchard) Vegetable Leafminer. Department of Entomology. Honolulu, Hawaii. 4 p.
- Méndez, A. (2021). Carga tóxica asociados al cultivo de la cebolla (*Allium cepa, Lin.*) en condiciones de agricultura suburbana. 1(73), 24.
- Menezes, J. (2013). Biomassa e extração de nutrientes da cebola sob adubação orgânica e biofertilizantes. *Horticultura Brasileira*, 31, 642–648.
- Mengel, K., & Kirkby, E. (2000). Principios de Nutrición Vegetal (1 en español).
- Moreira, A., & Hurtado, G. (2003). Cultivo de la cebolla. (CENTA).
- Muniappan, R., B.M. Shepard, G.R. Carner and P. Aun-Chuan Ooi. 2012. Arthropod Pests of Horticultural Crops in Tropical Asia. CABI. Tarxien, Malta. 180 p.
- Navarro B., S. y Navarro G, G. (2003). Química Agrícola. Segunda edición. Mundi-Prensa. Madrid, España. 488 p.
- Nobel, P.S. (2009). Physicochemical and environmental plant physiology.
- Ortega, B. (2020). La Producción de Cebolla Bajo Fertirrigación por Goteo en el Estado de Morelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División De Agronomía.
- Osuna, C. F. J. y Ramírez, R. S. 2013. Manual para cultivar cebolla con fertirriego y riego por gravedad en el estado de Morelos. Libro Técnico No. 12. Campo Experimental Zacatepec – INIFAP. Zacatepec, Morelos, México. 155 p.
- Peláez, C. (1999). Gallinaza: materia prima en proceso de compostación. *Revista Avicultores. Colombia*, 53, 18-32.
- Pinzón, H. (1996). Botánica, morfología y fisiología de la cebolla: Vol. No. Doc. 1.

- Pinzón, H. (2009). Los cultivos de cebolla y ajo en Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 3, 45–55.
- Polanco-Puerta, M. ;, & Gómez-Posada, S. (2017). Evaluación de tres programas de fertilización edáfica en el cultivo de la cebolla de rama en la cuenca media del río Ótun. *Intropica*, 12(1), 31. <https://doi.org/10.21676/23897864.2203>
- Restrepo, R. . (1998). La idea y el arte de fabricar los abonos orgánicos fermentados, aporte y recomendaciones.
- Reveles-hernández, M., Velásquez-valle, R., Reveles-torres, L. R., Cid-ríos, J. Á., Norte, E. L., México, C. D. E., Enrique, L. I. C., & Martínez, M. Y. (2014). Guía para producción de cebolla en zacatecas (1st ed.).
- Romero, M. R., A. Trinidad, R., García, R. y Ferrara, C. (2000). Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. *Agrocienci.* 34 (3) 261-269.
- Roberto, K. (2003). *How To Hydroponics* (3rd ed.).
- Rothman, S., & Dondo, G. (2000). Cebolla (*Allium cepa* L.). *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 20. <http://www.fca.uner.edu.ar/files/academica/deptos/catedras/horticultura/cebolla.pdf>
- Schwartz, H. & Mohan, S. 1995. Compendio de enfermedades de cebolla y ajo. Sociedad Americana de Fitopatología. Colorado-EE.UU. 212 p.
- Serrano V. J. O. 1993. Utilización de un biofertilizante en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.). Tesis Profesional. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, Estado de México. 94 pp.
- SEMINIS (2020). Cebolla Sierra Blanca. En <https://www.vegetables.bayer.com/mx/es-mx/productos/seminis.html>
- SIAP. (2020). Panorama Agroalimentario 2020.
- Tamara, L. A. (2016). Macronutrientes Y Micronutrientes. *CEUR Workshop Proceedings*, 13(1), 315–322.
- Vázquez, H., Pérez, E., & Ramírez, M. (2011). *Centro De Investigación Regional Del Noreste Campo Experimental Las Huastecas Villa Cuauhtémoc, Tamaulipas. Diciembre 2010 Libro Técnico No Fertirrigación Del Cultivo De Cebolla Con Riego Por Goteo En El Sur De Tamaulipas* (Issue 4). <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/901.pdf>
- Vidigal, S. M., Moreira, M. A., & Pereira, P. R. G. (2010). Crescimento e absorção de nutrientes pela planta cebola cultivada no verão por sementeira direta e por transplante de mudas. *Bioscience Journal*, 26(1), 59–70.
- Villalobos, V. (2020). *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae).
- Voss, R. (1979). Producción de cebolla en California. *Universidad de California*,

969(635.25).

- Wattermarger, C. (2010). *El cultivo de la cebolla (Allium cepa L), en el estado de Coahuila*. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro.
http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6403/T18441_Wattermarger_Davila%2c_Carlos_Leobardo_monog..pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Wild, A. y L.H.P. Jones. 1992. Nutrición mineral de las plantas cultivadas. pp. 73-119. En: Wild, A. (ed.). *Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russel*. Ediciones Mundi- Prensa, Madrid.
- Yassen, A. A., & Khalid, K. A. (2009). Influence of organic fertilizers on the yield, essential oil and mineral content of onion. *International Agrophysics*, 23(2), 183–188.
- Yoldas, F., Ceylan, S., & Mordogan, N. (2020). Residual effect of organic manure and recommended npk fertilizer on yield and bulb performance of onion (*Allium cepa* L.) as second crop under greenhouse conditions. *Applied Ecology and Environmental Research*, 18(1), 303–314.
https://doi.org/10.15666/aeer/1801_303314
- Zewde, A., Mulatu, A., & Astatkie, T. (2018). Inorganic and Organic Liquid Fertilizer Effects on Growth and Yield of Onion. *International Journal of Vegetable Science*, 24(6), 567–573. <https://doi.org/10.1080/19315260.2018.1453572>
- Zumbado, M., & Azofeifa, D. (2018). *Insectos de importancia agrícola* (1st ed.).