

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Alternativa Biorracional para el Control de la Maleza en el
Cultivo de Cebolla *Allium cepa* L.

Por:

JORGE REYES CASTILLO SANTIBÁÑEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Mayo, 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Alternativa Biorracional para el Control de la Maleza en el
Cultivo de Cebolla *Allium cepa* L.

Por:

JORGE REYES CASTILLO SANTIBÁÑEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

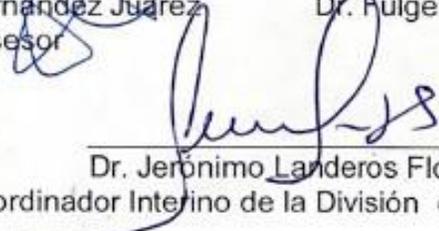
Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Alonso Méndez López
Asesor Principal Interno


Dra. Miriam Sánchez Vega
Asesor Principal Externo


Dr. Agustín Hernández Juárez
Coasesor


Dr. Fulgencio Martín Tucuch Cauich
Coasesor


Dr. Jerónimo Landeros Flores
Coordinador Interino de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México
Mayo, 2023.



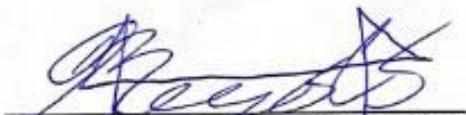
Declaración de no plagio

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, graficas, mapas o datos sin citar el 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



Jorge Reyes Catillo Santibáñez

Asesor Principal



Dr. Alonso Méndez López

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por darme la vida, la dicha y la orientación para poder hacer lo que más me gusta, por ayudarme cuando todo era adverso y por darme la gran oportunidad de culminar mi carrera universitaria.

A MI ALMA TERRA MATER

Por darme la oportunidad de ser parte de esta gran familia; además, de ser mi casa por más de cuatro años, por recibirme con los brazos abiertos y demostrarme que un *Buitre* lo que quiere, lo logra teniendo fe en Dios y con mucha disciplina.

COMITÉ DE TESIS

A la asesora **Dra. Miriam Sánchez** que me brindo su apoyo incondicional, amistad y humanidad, sin todo esto y sus consejos como maestra, asesora y amiga no hubiese sido posible culminar exitosamente la tesis, muchas gracias por la oportunidad.

AMIGOS

A todos mis amigos que estuvieron junto a mí en las buenas y malas, por hacer que mi estancia en la universidad fuera una de las mejores etapas de mi vida y por su apoyo incondicional cuando los necesite:

Alexandro Aguilar, Anziel Aguilar, Albino Cruz, Hendrihs Jaimes, Armando Victoria, Valeria Castañeda, Litzy Mendoza, Odalis Martínez, Homero Ibarra, Omar Chantaca, Brayán Huerta, Manuel Becerra, Ricardo Anaya; así como a **Andrés Castillo, Juan Castillo, Porfirio Gavilán, Azucena Mata, Matilde Castillo, Ericka Castillo.**

Gracias por su amistad incondicional y motivación para la carrera.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

LETICIA SANTIBAÑEZ BONILLA

J. REYES CASTILLO RIVERA

Este logro es para toda la familia ya que gracias a todos ustedes se pudo alcanzar y cumplir esto que tanto anhelábamos, los amo padres y jamás olvidare todo su apoyo incondicional, consejos, motivaciones, regaños y todo el amor y fe que pusieron en mí, espero algún día poder regresarles un poco de tanto que me dieron.

A MIS HERMANOS

DANIEL

Por estar firme siempre conmigo y contar siempre el uno con el otro, te quiero mucho hermano y espero ser un ejemplo para seguir para ti.

ITHALIBY

La mayor de todos, aunque hemos tenido tu ausencia en estos últimos años sé que me apoyas y quieres desde donde vives.

JADE

Gracias jade por sacarnos esa sonrisa en los momentos más difíciles tu eres uno de mis motivos para seguir creciendo día a día y terminar mi carrera universitaria.

REGINA FIGUEROA

Gracias por ofrecerme tu amistad y respeto por compartir esos momentos buenos y malos en la vida eres y serás el amor de mi vida y me alegro por haber coincidido contigo desde que entre a la universidad. Te amo.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA	IV
INDICE DE CONTENIDO.....	V
INDICE DE CUADROS.....	VIII
INDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN..	XI
I. INTRODUCCION	1
1.1 Objetivo.....	3
1.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Hipótesis.....	3
II. REVISION DE LITERATURA	4
2.1 Importancia del Cultivo de Cebolla	4
2.2 Clasificación Taxonómica de la Cebolla	6
2.3 Características Morfológicas de la Cebolla.....	7
2.4 Ciclo Fenológico	9
2.5 Requerimientos Edafoclimáticos.....	11
2.5.1 Clima.....	11
2.5.2 Humedad relativa.....	12
2.5.3 Suelo.....	12
2.6 Nutrición del Cultivo de la Cebolla	12
2.7 Requerimientos Hídricos en el Cultivo de la Cebolla	15
2.8 Variedades de Cebollas.....	16
2.9 Labores Culturales para el Manejo del Cultivo de Cebolla	18
2.9.1 Selección del terreno	18
2.9.2 Barbecho.....	18
2.9.3 Rastreo	18
2.9.4 Surcado y nivelación.....	18
2.9.5 Siembra.....	19
2.9.6 Producción de plántulas en el invernadero	20
2.9.7 Densidad.....	20
2.10 Importancia de la Maleza.....	21

2.10.1	La maleza en el cultivo	21
2.10.2	Importancia económica de la maleza.....	21
2.10.3	Definición de maleza.....	22
2.10.4	Daños	22
2.10.5	Interferencia de maleza-cultivo	23
2.11	Tipos de Maleza	24
2.11.1	Clasificación morfológica	24
2.11.2	Según su ciclo de vida	25
2.12	Resistencia de la maleza a herbicidas.....	26
2.12.1	Resistencia	27
2.12.2	Tolerancia	28
2.12.3	Familias resistentes a herbicidas	28
2.12.4	Grupos de herbicidas con mayor número de biotipos de maleza resistente.....	29
2.12.5	Tipos de resistencia	30
2.13	Manejo Integrado de Maleza (MIM) en el Cultivo de la Cebolla.....	31
2.13.1	Métodos de manejo de malezas	32
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
3.1	Ubicación del Experimento	35
3.2	Manejo del Cultivo	35
3.3	Desarrollo del Experimento.....	37
3.4	Descripción de los Tratamientos.....	39
3.5	Variables.....	40
3.6	Análisis Estadístico.....	43
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
4.1	Identificación de la Maleza por Familia Taxonómica	45
4.2	Interpretación del Análisis de Varianza.....	47
4.3	Análisis del Porcentaje de Cobertura de la Maleza	48
4.4	Análisis de la Variable Porcentaje de Daño a la Maleza.....	52
4.5	Análisis de Numero de Maleza	55
4.6	Análisis del Peso Fresco y Seco de la Maleza	58
4.7	Análisis de Biomasa Acumulada de la Maleza	61
4.8	Análisis del Efecto en el Cultivo.....	63

V.	CONCLUSIONES	67
VI.	LITERATURA CONSULTADA	68

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Requerimientos de temperatura y humedad relativa durante las etapas fenológicas del cultivo de la cebolla.	11
Cuadro 2. Necesidades nutrimentales requeridas en cada etapa de desarrollo del cultivo de la cebolla y fuentes de fertilización.....	15
Cuadro 3. Principales variedades de cebollas producidas en México.....	17
Cuadro 4. Productos comerciales utilizados en manejo del cultivo, durante el desarrollo del experimento.	37
Cuadro 5. Abundancia de individuos de maleza por familia, que interfieren en el cultivo de cebolla. UAAAN, 2022.	45
Cuadro 6. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables del porcentaje de cobertura de la maleza en el cultivo de la cebolla. UAAAN, 2022.	49
Cuadro 7. Comparación de medias para la variable porcentaje de cobertura.	50
Cuadro 8. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables del porcentaje de daño a la maleza. UAAAN, 2022. Cuadrados medios de porcentaje de daño a la maleza.	52
Cuadro 9. Comparación de medias para el porcentaje de daño a la maleza.	54
Cuadro 10.....	55
Cuadro 11. Comparación de medias para la variable número de maleza.....	57
Cuadro 12. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables peso fresco y seco de la maleza en el cultivo de la cebolla. UAAAN, 2022.....	59
Cuadro 13. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables de biomasa acumulada de la maleza en el cultivo de la cebolla. UAAAN, 2022.	62
Cuadro 14. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables evaluadas en el cultivo de la cebolla, con manejo biorracional de la maleza. UAAAN, 2022.....	64

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Volumen de la producción nacional de cebolla 2010-2020.....	5
Figura 2. Representación de las estructuras vegetativas y florales de la planta la cebolla.....	9
Figura 3. Representación de las etapas fenológicas de la cebolla.....	10
Figura 4. Principales familias de maleza resistentes a herbicidas, a nivel mundial.	29
Figura 5. Principales grupos de herbicidas con mayor presencia de biotipos de maleza resistente.	30
Figura 6. Ejemplo de la suberización de cebollín en la zona de Jonacatepec, Morelos, México.	35
Figura 7. Croquis de campo para la aplicación de los tratamientos.	38
Figura 8. Croquis de la parcela experimental y de la toma de datos y muestreos. A) Cuadro de 50x50 cm (unidad experimental); B) primer toma de muestra para peso fresco.	42
Figura 9. Número de individuos por familia de maleza en el cultivo de cebolla	46
Figura 10. Porcentaje de cobertura de la maleza en el cultivo de la cebolla, Buenavista Saltillo, Coahuila, México, 2022.	49
Figura 11. Interferencia de la maleza en el cultivo de cebolla, así como los daño que ocasionó al cultivo. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, 2022.	51
Figura 12. Nivel de daño a la maleza en porcentaje (%) para cada tratamiento, realizado con aplicaciones de bioherbicidas y el testigo con solo agua.	53
Figura 13. Dinámica poblacional del número de maleza presente en cada tratamiento.	56
Figura 14. Numero de individuos por familia en cada tratamiento. UAAAN, 2022.	58
Figura 15 A-B. Peso fresco y seco acumulado por la maleza presente en el cultivo de cebolla.....	60
Figura 16. Biomasa acumulada de la maleza evaluación 2 y 6 expresada en g·m ⁻²	63
Figura 17. Porcentaje de daño al cultivo de la cebolla.	65

Figura 18. Peso fresco y seco acumulado del cultivo	66
Figura 19. Biomasa del cultivo en $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ (C).....	66

RESUMEN

Esta investigación se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en la Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, CP 25315, Saltillo, Coahuila, México. El objetivo de este trabajo estuvo enfocado en el efecto que causan los bioherbicidas o productos biorracionales en la maleza cuando esta interacciona en el cultivo de la cebolla. Los prototipos de los bioherbicidas fueron proporcionados por la empresa GreenCorp, Biorganiks de México, S.A. de C.V. Se trabajó con cebollín blanco de la variedad carta blanca traído del municipio de Jonacatepec, Morelos, México. El trabajo se desarrolló en los campos de la Universidad, conocidos como "El bajío". Para el trabajo se evaluaron las variables: porcentaje de cobertura, porcentaje de daño a la maleza y al cultivo, número de maleza, peso fresco y fresco de la maleza y el cultivo, biomasa de la maleza y cultivo y número de maleza por familia taxonómica. Los tratamientos utilizados fueron los prototipos A1, A2, A3 y el testigo absoluto, a todos los tratamientos excepto al testigo se agregó el adherente Kactuz Ad® para potencializar su efecto y protección de la formulación del prototipo experimental, ya que el experimento se estableció a campo abierto, una vez que se observará la maleza emerger en las unidades experimentales, se comenzaron a aplicar los bioherbicidas durante tres semanas (una aplicación por semana), en cada aplicación se realizó el registro de las variables y posterior a las tres aplicaciones se hicieron otras tres evaluaciones, para determinar el efecto residual sobre la maleza de los productos, así como la dinámica poblacional de la maleza en competencia con el cultivo. Dentro de los resultados obtenidos se encontró que los tres prototipos tienen efecto a la maleza, sin embargo, el prototipo A3, fue el más efectivo en postmergencia para maleza de hoja angosta, en este tratamiento se reportó un porcentaje de cobertura promedio del 17.5% en comparación del testigo que fue del 80.0%.

Palabras clave: cebolla, interferencia maleza-cultivo, manejo biorracional, bioherbicidas, manejo de maleza.

I. INTRODUCCION

El cultivo de la cebolla *Allium cepa* L. es uno de los cultivos más importantes a nivel nacional y mundial ya que está dentro de la gastronomía de muchas culturas, es la segunda hortaliza más producida a nivel mundial. La cebolla blanca concentra 90% de la producción nacional; 7% le corresponde a la morada y el resto a la amarilla. En Chihuahua, Zacatecas, Baja California, Michoacán, Tamaulipas y Guanajuato se concentra el 70% de la producción del país (SAGARPA, 2015).

En México, la producción de cebolla se orienta a cubrir la demanda interna, que en 2013 fue de 1,270,059 toneladas, cosechadas en una superficie de 43 mil hectáreas. La participación de la República Mexicana en la producción internacional de este vegetal, cuyo principal comprador es Estados Unidos, destaca por haber realizado exportaciones superiores a las 390 mil toneladas en 2014, logrando una balanza comercial favorable (TRADE MAP, 2015).

En 2013, México exportó al mundo 318 mil toneladas de cebolla, equivalentes a 363.721 millones de dólares estadounidenses, mientras que solo las exportaciones a Estados Unidos fueron de 309.972 millones de dólares, es decir, el 85% (Valencia *et al*, 2017).

La maleza es un factor determinante a considerar en la producción agropecuaria, las áreas en las que causa problemas son variadas y de diversa estimación económica, tendiente a la pérdida debido al mal manejo que se le da al sistema productivo empleado. Este tipo de plantas tienen mayor capacidad competitiva que las cultivadas, por sus requerimientos de agua, luz, nutrientes y espacio, sumando a ello la velocidad de crecimiento, producción de semillas, entre otras; por lo que se requiere aplicar diversas estrategias de manejo para controlarlas (Jangre *et al*, 2018).

La competencia de la maleza con el cultivo juega un papel importante y crítico desde el inicio de la producción y hasta finalizar el ciclo, existen casos específicos de algunos sistemas de producción que pueden ser más sensibles o tolerantes a la interferencia con la maleza. La familia Aliaceae, tienen poca capacidad para competir con las especies de malezas de otras familias, por su morfología, es por ello que en algunos casos se recurre a emplear métodos de control que en muchos casos no es el más idóneo; en el caso específico de la cebolla, la principal estrategia para el control de la maleza son aplicaciones repetitivas de herbicidas, ya que la competencia de maleza llega a reducir entre un 26 a 87% el rendimiento (Jean-Simon *et al.*, 2012).

Esta actividad excesiva en cuanto al uso de herbicidas trae como consecuencia otros efectos negativos, entre ellos la generación de biotipos de maleza, resistentes a herbicidas y la contaminación ambiental y efectos a la salud humana, para citar solo algunos de ellos. Por eso es importante llevar a cabo diversos métodos de control de preferencia establecer Manejo Integrado de la Maleza, con las diferentes alternativas de control (Olayinka, 2015).

Otros efectos que ocasiona la maleza en el cultivo de la cebolla, es que este tipo de plantas pueden hospedar plagas y enfermedades importantes para el cultivo, deformaciones de la planta, tanto en la parte aérea como el bulbo, clorosis, elongación de la planta, deficiencia de nutrientes.¹

Con base al texto anterior, se optó por buscar alternativas sustentables y/o agroecologías para evitar el uso excesivo de herbicidas químicos en el cultivo de cebolla; los extractos vegetales y formulaciones a base de este tipo de compuestos, han generado un interés por los investigadores, por lo que se requiere evaluar los efectos de estos productos sobre la maleza e incluso sobre el propio cultivo.

¹<https://www.vegetables.bayer.com/co/es-co/recursos/growing-tips/la-maleza-en-el-cultivo-de-la-cebolla.html>

1.1 Objetivo

Evaluar el efecto de la aplicación postemergente de prototipos de bioherbicidas en la maleza que interfiere en el cultivo de la cebolla y los daños fitotóxico a éste, con la finalidad de ser considerados como alternativa biorracional en el control de la maleza.

1.2 Objetivos específicos

- Determinar el impacto desfavorable provocado por el efecto de prototipos de bioherbicidas, sobre el crecimiento, número y daño fitotóxico a la maleza que interfiere en el cultivo de cebolla, aplicados de forma postemergente.
- Evaluar la afectación fitotóxica y el detrimento en la calidad del cultivo provocados por la aplicación postemergente de prototipos de bioherbicidas sobre el cultivo de cebolla para el control de la maleza.
- Proponer un producto amigable con el ambiente que pueda ser una alternativa para el manejo biorracional para el control de la maleza en el cultivo de cebolla.

1.3 Hipótesis

Existe un control eficiente con bioherbicidas biorracionales para la maleza presente en el cultivo de cebolla, sin que estos causen daños graves al cultivo de cebolla.

II. REVISION DE LITERATURA

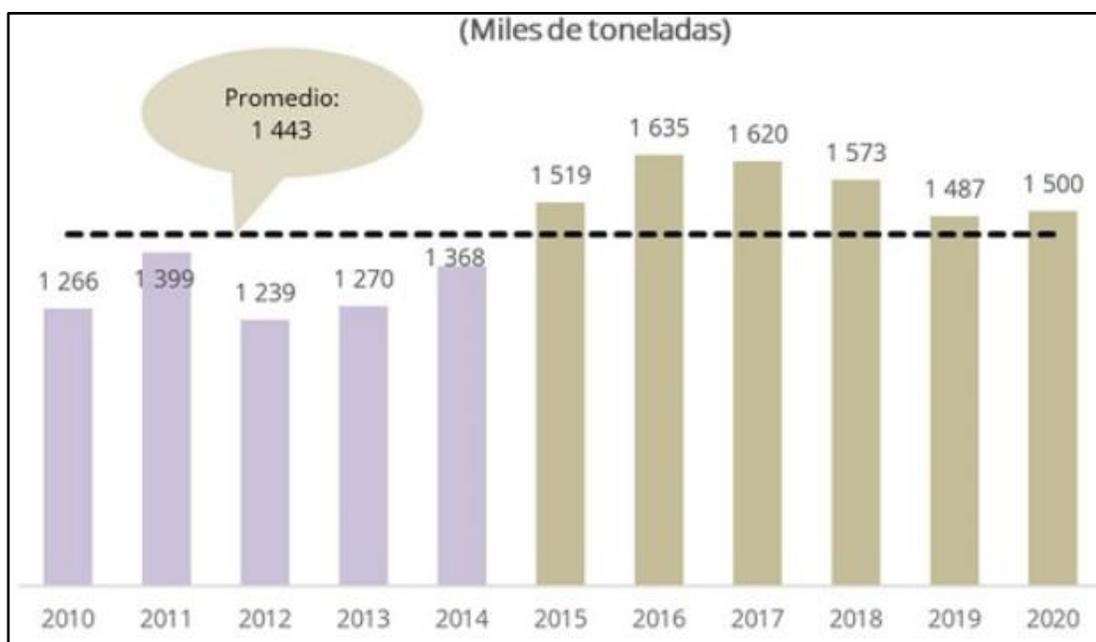
2.1 Importancia del Cultivo de Cebolla

La cebolla ocupa el cuarto lugar en la producción mundial de hortalizas, con un volumen de 57.9 millones de toneladas. El aumento de la producción de cebolla en el mundo es significativo, y responde principalmente a la ampliación de las zonas de cultivo (FAO,2005).

Los principales productores son: China (33%), India (10%) y Estados Unidos (6%). La producción de América Latina representa el 9% del total mundial, y las cifras más destacadas corresponden a Argentina, Brasil, Colombia, Chile y México. En América Latina se destaca netamente Brasil, cuya producción anual alcanza un millón de toneladas y representa el 2% del volumen mundial. Argentina participa con el 1% del total producido. Los principales países exportadores agrupan el 5% del volumen total del comercio, ellos son India, Países Bajos, China y Egipto (Fernández, 2016).

México se ubica entre los 17 países con mayor superficie cultivada con el 4° lugar en rendimiento (Osuna & Ramírez, 2013). En el país, esta hortaliza se cultiva en 26 estados, en el año 2020 con una producción de 1,499,740 toneladas, México aporta 1 de cada 50 toneladas de cebolla que se consumen en el mundo, tendencia que se mantiene en crecimiento. Chihuahua es el principal productor con una participación de 21.6% de la producción nacional total, seguido por Guanajuato 14.0% y Zacatecas (12.1%). El histórico de la producción de cebolla a nivel nacional desde el 2010 al 2020, represento un promedio de 1,443 miles de toneladas, el año de mayor producción se registró en 2016, con 1,635 miles de toneladas y a partir

del 2015 a 2020 la demanda de este producto hortícola no ha disminuido del promedio registrado en un periodo de 10 años (Figura 1).²



Fuente SADER_SIAP, (2020)

Figura 1. Volumen de la producción nacional de cebolla 2010-2020.

La cebolla es un cultivo originario de Asia, concretamente de Irán y Pakistán. Es una verdura muy antigua, y ya era cultivada por los sumerios 6.000 a.C. Los egipcios la conocían desde 5.000 a.C., apareciendo en pinturas murales. Los romanos y griegos la consumían, y fueron los primeros quienes extendieron su consumo por Europa septentrional. Desde este continente se llevaron a América.³

Desde la antigüedad es una planta valiosa para las personas dedicadas a su cultivo. En Egipto, de fecha alrededor de 3000 años a.C. se encontró un mural con imágenes de cebollas, por lo tanto, se puede inferir que las cebollas eran ya una

²[https://www.gob.mx/profeco/articulos/cebolla-que-sea-la-unica-que-te-haga-llorar?state=published#:~:text=En%202020%2C%20la%20producci%C3%B3n%20de,de%20la%20producci%C3%B3n%20\(47.8%25\).](https://www.gob.mx/profeco/articulos/cebolla-que-sea-la-unica-que-te-haga-llorar?state=published#:~:text=En%202020%2C%20la%20producci%C3%B3n%20de,de%20la%20producci%C3%B3n%20(47.8%25).)

³<https://www.frutas-hortalizas.com/Hortalizas/Origen-produccion-Cebolla.html#:~:text=La%20cebolla%20es%20un%20cultivo,a.C.%2C%20apareciendo%20en%20pinturas%20murales.>

fuerente importante de alimento para las personas habitantes del antiguo Egipto (Shigyo & Kik, 2007).

La palabra "*cebolla*" se deriva del latín y significa "*perla grande*", se comparó con una perla no sólo por su forma, sino también por su gran valor en calidad comercial.

Actualmente no se conoce el origen de la cebolla en estado silvestre; sin embargo, se puede encontrar variedades de diferentes colores, sabores y formas haciendo de él un ingrediente importante en todo tipo de platillos en todo el mundo (Chimal, 2016).

La cebolla es un vegetal que tiene pocas calorías, mucho contenido de agua y también buen aporte de fibras, minerales y vitaminas. De hecho, es considerado desde siempre uno de esos alimentos fundamentales para regular el buen funcionamiento del organismo. Resulta muy versátil en la cocina. Como alimento, la cebolla es una planta que no debería faltar nunca en la mesa, ya que por sus componentes, es considerada, junto con el ajo, un auténtico alimento-medicina. Estimula el apetito y regulariza las funciones del estómago, es diurética, por lo tanto es un medio importante, como depurativo del organismo (Quimí, 2015).

2.2 Clasificación Taxonómica de la Cebolla

De acuerdo con Integrated Taxonomic Information System (ITIS, 2010), la clasificación taxonómica de la cebolla es la siguiente:

Reino: Plantae
División: Tracheophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Asparagales
Familia: Aliaceae
Género: *Allium*
Especie: *Allium cepa* L.

2.3 Características Morfológicas de la Cebolla

Es una planta monocotiledónea herbácea bienal que usualmente se cultiva como planta anual, excepto para producir semilla. La cebolla pertenece a la familia Alliaceae.⁴

Semilla: se compone de dos caras, en su primer desarrollo es lisa y posee un color blanquecino. Después, se torna rugosa y pasa a un color negro. Tienen un diámetro ecuatorial de 3 a 4 mm de largo, posee un tegumento seminal, endospermo que es rico en carbohidratos, proteínas y grasas los cuales rodean al embrión. Al germinar la semilla, brota una raíz primaria junto con el cotiledón que emerge hacia la superficie. El peso de mil semillas es de 2.8 a 3.7 g. por lo cual, se pueden producir de 300 a 500 plántulas con solo un gramo de semillas (Torres, 2018).

Sistema radicular: es fasciculado, corto y poco ramificado; siendo las raíces blancas, espesas y simples (Cueto, 2017).

La cebolla consta de un sistema radicular muy limitado, cuenta con un aproximado de 20 a 200 raíces, las cuales se desarrollan en los primeros 35 a 60 cm del suelo. Esto hace que se estimule una baja absorción de nutrientes y agua, lo cual las hace poco competitivas con malezas. El sistema radicular se renueva constantemente, las primeras raíces brotan durante la germinación de la semilla y estas con forme pasa el tiempo van muriendo y se van generando nuevas raíces (Torres, 2018).

Tallos: el tallo está constituido por una masa caulinar aplastada llamada “disco” de entrenudos muy cortos, situado en la base del bulbo. y que cuando ocurren diversas condiciones de medio físico y del ciclo de la planta, emite a través de su yema central, un escapo floral hueco de sección cilíndrica o tronco cónico, que

⁴<https://www.uprm.edu/eea/wp-content/uploads/sites/177/2016/04/2.-CEBOLLA-CARACTERISTICAS-DE-LA-PLANTA-G.-Fornaris-v2012.pdf>

atravesando el bulbo da origen a la inflorescencia y que pueda alcanzar más de 1.0 m de altura (Venegas, 2013).

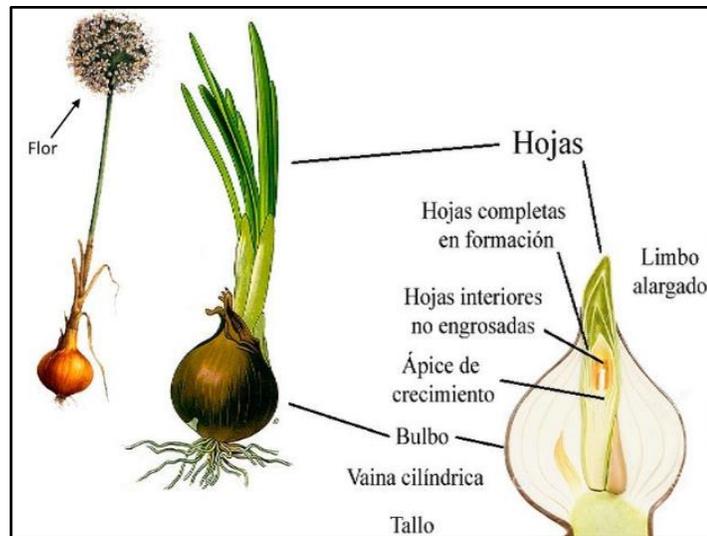
Hojas: las hojas constan de dos partes, el limbo y la vaina. Están constituidas por una parte basal, son cilíndricas, huecas y algunas veces cerosas, muy finas y turgentes, que a medida que van creciendo pueden achatarse, y a doblarse, y terminan en forma aguzada. En su parte superior el conjunto de hojas forma el falso tallo y en la inferior el bulbo. Pueden alcanzar hasta una altura de 60 cm (Torres, 2018).

Bulbos: la planta eventualmente deja de formar láminas de hojas y en su lugar el vértice empieza a formar una serie de capas, engrosadas y vainas foliares concéntricas: éstas forman los catáfilos del bulbo. Una vez que no hay nueva lámina de hojas, el cuello de la cebolla se ahueca y la parte superior de la planta cae bajo el peso de estas; las hojas de color verde envejecen y mueren poco a poco, pero durante este periodo los nutrientes de las hojas exportan los nutrientes al bulbo. Los bulbos son variables en cuanto a su tamaño, color y forma, y se cultiva en casi todo el mundo (Chimal, 2016).

Inflorescencia y flores: durante el periodo de floración, los principales y por lo general varios puntos de crecimiento lateral, de la superficie de la placa basal continúan creciendo lentamente, se forman hojas aplanadas y tallos florales primarios, escapo es una estructura formada con firmeza, de color verde, hueco e inflado a un tercio de su altura; lleva los botones florales en la punta. Al principio, los brotes están ocultos por un espacio exterior o vaina delgada que se divide para que los brotes se desarrollen y se abran las flores, la cual se realiza en una inflorescencia esférica conocida como umbela (Chimal, 2016).

Las flores tienen un color blanco pardo, consta de una corola la cual está formada por; seis pétalos, un cáliz con seis sépalos, un androceo con seis estambres, ovario súpero y trilocular formado por dos óvulos en lóbulo (Figura 2). El tallo florar termina

en una umbela simple de la cual se pueden formar de 50 a 2,000 flores (Torres, 2018).



Fuente: Torres, (2018)

Figura 2. Representación de las estructuras vegetativas y florales de la planta la cebolla

2.4Ciclo Fenológico

En el proceso de desarrollo, desde la germinación de las semillas hasta la formación de las nuevas semillas, las plantas muestran varios cambios visibles externos, que son resultado de las condiciones ambientales. Estos cambios externos son denominados fases fenológicas (o etapas) del desarrollo de la planta y las observaciones que de ellos se hace se denominan observaciones fenológicas. El comienzo y fin de las fases sirven como un medio para juzgar la rapidez del desarrollo de estas plantas. La duración del ciclo vegetativo de un cultivo depende de la variedad, el clima y la fecha de siembra, por lo que es un dato que se debe obtener en cada localidad (Cely, 2010).

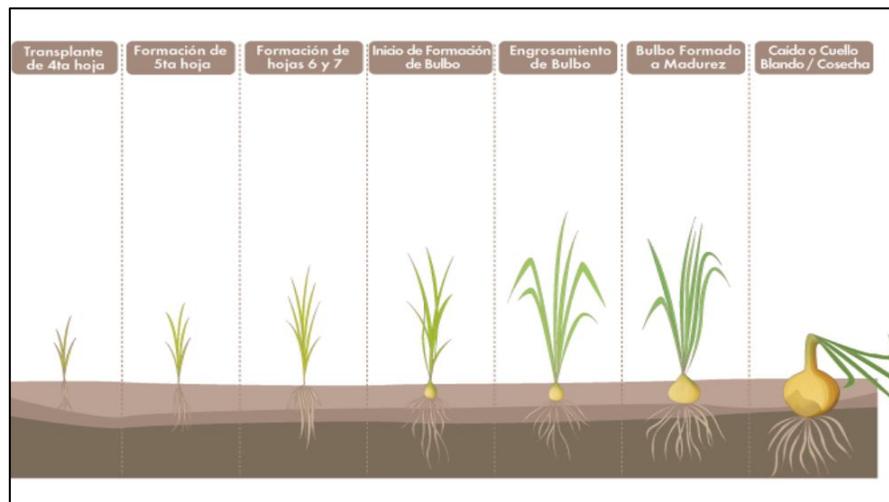
El ciclo fenológico de la cebolla se divide en cuatro etapas (Figura 3), las cuales son descritas por Cueto (2017):

Aparición de hojas: Cuando después del trasplante las plántulas comienzan a brotar nuevas hojas de forma tubular que pueden variar entre 12 a 16 hojas dependiendo de la variedad.

Formación de bulbo: comienza cuando cesa la aparición de nuevas hojas y empieza la acumulación de reservas en el bulbo, el mismo que comienza a engrosar los catáfilos.

Maduración inicial: las hojas empiezan a doblarse y el cultivo en general comienza a amarillear.

Maduración completa: Los bulbos están desprovistos totalmente de sus hojas y listos para comercializar.



Fuente SQM, (2018)

Figura 3. Representación de las etapas fenológicas de la cebolla.

2.5 Requerimientos Edafoclimáticos

2.5.1 Clima

Es un cultivo que prefiere climas frescos moderadamente fríos durante el periodo que el precede a la formación del bulbo y temperaturas altas durante la cosecha y curado. Es un cultivo muy sensible a la foto período, quiere decir, que necesita más horas de luz solar (Vilca, 2010).

El rango en el que crece mejor la cebolla es entre 12.8°C y 24°C. el mejor crecimiento y calidad se obtiene cuando las temperaturas son frescas durante el desarrollo vegetativo (desde que sucede la germinación hasta que se hace el llenado de bulbo) prefiriéndose que las temperaturas no sobrepasen los 24°C. después de esta etapa es preferible que las temperaturas sean más altas ya que viene la etapa de maduración y curación. Las cebollas dulces necesitan noches frescas con temperaturas de 10 - 15°C y días calientes con temperaturas de más de 26.7°C, para poder alcanzar altos niveles de azúcares en el bulbo (Cuadro 1) (Casas, s/f).

Cuadro 1. Requerimientos de temperatura y humedad relativa durante las etapas fenológicas del cultivo de la cebolla.

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Efectos fenológicos (fase/días)	Germinación- Desarrollo de hojas (40 d)		Transplante Aparición y desarrollo de hojas (45 ddt)		Maduración inicial (45 d) - Maduración completa (35 d)	
Temperatura óptima (°C)	18-23	18-23	18-25	18-25	18-25	18-25
Temperatura crítica (°C)	<15-28>	<15-28>	<15-28>	<15-28>	<15-28>	<15-28>
Humedad óptima	70-85	70-85	70-85	70-85	70-85	70-85
Deficit hídrico	Sensible	Sensible	Sensible	Sensible	Sensible	Tolerante
Periodo vegetativo	30	58	0-31	61	92	117

Fuente Senamhi, s/f

2.5.2 Humedad relativa

La humedad es muy importante, por tanto, para este cultivo ya que es muy sensible al exceso, los cambios bruscos pueden causar agrietamiento en los bulbos. Una vez que la planta ha iniciado el proceso de crecimiento, el suelo debe estar arriba de un 60% de agua disponible en los primeros 40 cm de profundidad. El exceso de humedad al final del cultivo repercute negativamente en su conservación. Se recomienda que el suelo tenga una buena retención de humedad en los primeros 15-25 cm superiores del suelo (Venegas, 2013).

2.5.3 Suelo

Prefiere suelos sueltos, sanos, profundos, ricos en materia orgánica, de consistencia media y no calcárea. Los aluviones de los valles y los suelos de transporte en las dunas próximas al mar le van muy bien. En terrenos pedregosos, poco profundos, mal labrados y en los arenosos pobres, los bulbos no se desarrollan bien y adquieren un sabor fuerte, son preferibles franco-arcillosos y franco-arenosos (Venegas, 2013).

La cebolla es medianamente sensible a la acidez, oscilando el pH óptimo entre 6.0 - 6.5 (Cueto, 2017).

2.6 Nutrición del Cultivo de la Cebolla

Para proporcionar una nutrición balanceada se requiere hacer determinaciones del contenido de nutrientes en el suelo y en el agua de riego previo al establecimiento del cultivo; así como determinaciones en la planta durante el ciclo de cultivo, lo cual se basa en los respectivos análisis, de preferencia se deben de realizar previo al establecimiento del cultivo (Navarro, 2012).

La fertilización para las plantas de cebolla debe ser dada y proporcionada de acuerdo con análisis de suelo previamente realizados antes de la plantación. Se realizan dos aplicaciones con el motivo de que haya nutrientes cuando los necesite y en disponibilidad para la planta, se recomienda hacer la primera aplicación al momento de trasplante y la segunda cuatro días después de establecer bien el cultivo en banda a 5.0 cm de la planta (Núñez, 2017).

La utilización del elemento azufre es muy importante ya que favorecen la intensidad de sabor, olor y alto contenido de sólidos disponibles además de que este es el responsable del olor característico de la cebolla (Basantes, 2015).

La cebolla es una planta que tolera la presencia de boro (B) en el suelo y que el requerimiento de la planta por este elemento es medio, además indica que el cultivo responde ampliamente a los aportes de magnesio (Mg) y molibdeno (Mo) en suelos orgánicos (Cargua, 2013).

El nitrógeno (N) es esencial para la planta, ya que está contenido en cada una de sus células, se requiere en grandes cantidades para crecer, es necesario para la síntesis de la clorofila y como parte de la molécula clorofila está presente en el proceso de fotosíntesis; es componente de las vitaminas, en las síntesis de energía y el incremento de proteínas en la planta. Con dosis adecuadas de fósforo (P) y potasio (K) mejora la capacidad de la planta para utilizar dosis altas de N, de esta forma acumular más proteínas y mejorar la calidad del producto (Núñez, 2017).

El elemento P es de los elementos más importantes ya que no puede ser sustituido por otro nutriente, la planta lo necesita para completa exitosamente su ciclo de producción. Este promueve la rápida formación de raíces, mejora la calidad de los frutos, hortalizas, granos, es importante para la formación de la semilla y está involucrado en las características hereditarias. Aunque el fósforo es más demandado en las etapas iniciales de desarrollo de los cultivos y debido a su poca movilidad en el suelo, se recomienda hacer aplicaciones a fondo de una gran parte

de este nutriente y luego complementar su fertilización a lo largo del ciclo (Ordóñez, 2014).

El K es considerado el catión más importante en la fisiología de las plantas, no solo por su contenido en los tejidos vegetales, sino por las funciones que desempeña. Su velocidad de absorción es alta, como consecuencia de la permeabilidad selectiva de las membranas vegetales; hecho que propicia la difusión facilitada (tanto de ingreso como de salida) de este nutriente para diversos procesos fisiológicos, entre los cuales se pueden citar: crecimiento meristemático, estado hídrico, fotosíntesis y transporte a larga distancia (Sadeghian, 2012).

Este elemento es esencial en la translocación de azúcares y la formación de almidón, ayuda a la planta a hacer un uso más eficiente del agua, promoviendo la turgencia (rigidez producida por un suministro adecuado de agua en las células de las hojas) para mantener la presión interna de la planta. Las células oclusivas de los estomas lo requieren para su apertura y cierre, proceso importante en la eficiencia hídrica además de que ayuda a generar resistencia a las plantas contra enfermedades (Sadeghian, 2012).

Depende de la fertilidad natural del suelo y la densidad a emplearse, pero las dosis que se emplean están alrededor de 180 - 250 N, 110 - 150 P₂O₅, 180 - 250 K₂O Kg·ha⁻¹ de 50 - 60 de CaO y de 10 - 20 de MgO Kg·ha⁻¹, respectivamente (Casas, s/f).

Los nutrientes pueden ser proporcionados por el sistema de riego, boleo o con base a una curva de crecimiento, lo cual consiste en aplicar después del trasplante fracciones de fertilizante y ver cómo reacciona la planta a esas aplicaciones, poco a poco se van incrementando las dosis de fertilizante hasta llegar al punto máximo de aplicaciones de nutrientes y posterior a ese punto disminuye (senescencia). De otra manera se recomienda aplicar antes del trasplante el 30 - 40% de la fertilización total y el restante de acuerdo con la curva de crecimiento de la planta (Mata *et al.*,

2011). A continuación, se muestra un ejemplo de algunas dosis recomendadas para cada etapa del cultivo, así como de productos comerciales (Cuadro 3):

Cuadro 2. Necesidades nutrimentales requeridas en cada etapa de desarrollo del cultivo de la cebolla y fuentes de fertilización.

Etapa	DDT	Unidades			Productos comerciales (Kg-ha ⁻¹)		
		N	P	K	Multi-K	Fosfonitrato	Ac. Fosfórico
Siembra (2 hojas)	21	50	34	99	225	171	40
Desarrollo de hojas	47	90	46	114	260	298	55
Formación de bulbo	52	40	80	69	157	126	27
Total	120	180	34	282	642	592	122

DDT: días después del transplante del cultivo; N: nitrógeno; P: fósforo; K: potasio.

Fuente INIFAP (2013).

2.7 Requerimientos Hídricos en el Cultivo de la Cebolla

Los antecedentes relacionados con el cultivo de la cebolla mencionan que este cultivo es muy sensible a la humedad del suelo y que responde positivamente a umbrales altos de humedad en el suelo (Assuero et al., 2007).

La cebolla responde muy bien a riegos o niveles altos de humedad durante todo su ciclo vegetativo, presentando estadios de mayor sensibilidad al déficit de humedad. En el período de formación y crecimiento de los bulbos, una baja disponibilidad de agua en el suelo causa una reducción acentuada en la productividad del cultivo. Además, señalan que, en trabajos de evaluación del cultivo de la cebolla, para diferentes niveles de humedad se ha demostrado que los más altos niveles de agua en el suelo han dado como resultado mayores rendimientos (Paguay, 2017).

El sistema radicular de la cebolla es demasiado pequeño y superficial por ellos los riegos deben ser frecuentes para poder tener la mayor humedad disponible y si la textura es gruesa el tiempo de aplicación de riego debe ser reducida para evitar pérdidas de agua y nutrientes por percolación además el agua que esté por encima del bulbo puede ser perjudicial generando condiciones para enfermedades

fungosas y amarillamiento de hojas. La cebolla no tolera sequías muy prolongadas en especial durante las primeras etapas de crecimiento y cuando los bulbos se encuentran en plena formación (Paguay, 2017).

Otro asunto acerca de los riegos en este cultivo es el aumento que se consigue en la producción debido a la alta frecuencia. Al mantenerse constantemente en el suelo una humedad elevada, la absorción de agua por las raíces exige un esfuerzo menor a la planta y la producción se desarrolla en mejores condiciones, aumentando los rendimientos (Paguay, 2017).

El primer riego se debe efectuar inmediatamente después de la plantación. Posteriormente los riegos son indispensables a intervalos de 15-20 días. El déficit hídrico en el último período de la vegetación favorece la conservación del bulbo, pero confiere un sabor más agrio. Se deben interrumpir los riegos de 15 a 30 días antes de la recolección (Guangasi, 2012).

Las necesidades hídricas estimadas oscilan en riego por goteo entre 1.200 - 1.500 m³·ha⁻¹ y ciclo y 2.400 - 3.000 m³·ha⁻¹ en riego rodado o por inundación, aportando en aspersión sólo el 90 % del caudal cuando es rodado. El cultivo de la cebolla es altamente sensible a los déficits hídricos, de allí que, para lograr rendimientos económicamente aceptables, es necesario suplir agua al suelo cuando en los primeros 20 cm se agota el 40% del agua útil. Con un manejo adecuado del riego y de la fertilización, los rendimientos pueden superar las 40 t·ha⁻¹ (Paguay, 2017).

2.8 Variedades de Cebollas

Las variedades de cebolla se pueden clasificar por el fotoperiodo o por el color, en el primer caso, se encuentran variedades de día corto, adaptadas a 10 - 12 horas de luz; variedades de día intermedio que requieren de 12-14 horas y de día largo, con 15 horas de requerimiento de luz para bulbificar (Lenschak, 2017).

En México por su amplio territorio y por contar con climas adecuados para la producción de cebolla, en la mayoría del territorio nacional se pueden cultivar estas plantas, además de que en el caso del color se tienen con tres variedades: cebolla amarilla, blanca y roja, que se desarrollan de buena manera en el territorio nacional. Otras características varietales son la forma, resistencia o tolerancia a enfermedades, entre otros factores. La variedad para sembrar dependerá del mercado al que se va a destinar, la época del año de plantación y la experiencia del productor (Ramírez *et al.*, 2011).

Cuadro 3. Principales variedades de cebollas producidas en México.

Tipo	Genotipo	Bulbo calidad de exportación (%)	Tamaño del bulbo	Peso promedio del bulbo (g)
Cebolla amarilla	Sweet Caroline	93	C-SC	494
	Sweet Vidalia	90	J-C-SC	302
	Sweet Melody	90	C-SC	420
	Cougar	87	J-C-SC	310
	Mercedes (T)	83	J-C	260
Cebolla blanca	Carta Blanca	95	J-C	380
	Stratus	90	J-C	324
	Kristal	93	J-C	347
	Cirrus	90	J-C	315
	Contessa	85	M-J-C	235
Cebolla morada	Rasta	88	J-C	373
	Mata Harri	85	J-C	340
	Red Granex	82	M-J-C	220

Tamaño de bulbo: SC= Super colosal, C=Colosal, J= Jumbo

Fuente: (CEHUAS, 2007-2010)

2.9 Labores Culturales para el Manejo del Cultivo de Cebolla

Las labores culturales según (Gadea, 2015) se deben realizar de la siguiente manera.

2.9.1 Selección del terreno

De preferencia suelos francos, sueltos con buen dren, con poca presencia de piedra ya que estas pueden afectar en la forma del bulbo, evitar suelos que causen encharcamiento ya que este es un problema muy grave para el cultivo.

2.9.2 Barbecho

Consiste en que los primeros 25-30 cm del suelo (capa arable) sea removida de abajo hacia arriba permitiendo la aireación del suelo, facilitar el paso de agua y raíces, incorporar residuos del cultivo anterior para su degradación y posteriormente dar nutrientes al cultivo, eliminar las malezas que estén presentes y se hace con ayuda del tractor y el implemento de discos.

2.9.3 Rastreo

Esta técnica consiste en romper los terrones que se encuentren en el terreno, sacar las piedras que salgan después de hacer el barbecho, esto con el fin de que haya un suelo mejor mullido para facilitar el crecimiento de las raíces del cultivo y paso del agua, generalmente se hace 2-3 veces de forma cruzada para obtener un mejor mullido de suelo y se hace con ayuda del implemento rastra.

2.9.4 Surcado y nivelación

Se podría decir que esta es la fase final de la preparación del suelo ya que en esta se realizan los surcos y estos van a depender de la densidad de plantación, así

como del número de hilos que estarán en el surco, la nivelación se hará con una pendiente generalmente del 2% para tener riegos uniformes y evitar encharcamientos ya que estos generan enfermedades al cultivo.

2.9.5 Siembra

La siembra según (Rojas, 2018) se puede establecer de la siguiente manera

La producción de la cebolla se da mediante métodos de siembra directa y trasplante. El primero es poco usual y se recomiendan de 3.0–4.0 (Kg·ha⁻¹) de semilla.

El trasplante es el más común ya que con este método se tiene un mejor control en la distancia entre planta y planta y se obtiene bulbos más uniformes. Para obtener una población proporcionada de plantas por hectárea, es necesario establecer un almácigo con una siembra de 2.5 a 3.0 Kg·ha⁻¹ de semilla y posteriormente realizar el trasplante de la plántula.

El sistema tradicional con riego rodado se establece en surcos separados a 80 cm con dos hileras a una distancia de 15 a 18 cm entre ellas y 10 cm entre plantas (250,000 plantas·ha⁻¹). Para el caso de riego presurizado (goteo) se establecen los surcos con una separación de 100 cm con cuatro hileras de plantas a una distancia de 15 cm entre las hileras del centro y 11 cm entre las del centro y las orillas (400,000 plantas·ha⁻¹).

En ambos métodos se debe tener en cuenta la fecha de siembra o tener variedades que se adapten bien a las fechas que se desea plantar, ya que un mal establecimiento del cultivo puede generar problemas de producción de tallos florales, bulbos de menor tamaño y como consecuencia pérdida de calidad y rendimiento.

El trasplante debe realizarse cuando la planta presente 2-4 hojas verdaderas o que los bulbos tengan un diámetro de 5-8 mm y en siembra directa se recomienda hacer un deshije cuando la planta presente estas condiciones.

2.9.6 Producción de plántulas en el invernadero

Las plántulas se producen en charolas en condiciones de invernadero o malla sombra, las charolas se rellenan con un sustrato estéril, se colocan de 5-6 semillas por cavidad de la charola y se cubre con el mismo sustrato para así poder facilitar la emergencia de la plántula, se cubre con plástico para elevar la humedad y temperatura con el fin de acelerar la emergencia de las plántulas. Por lo regular se riega diariamente y en el riego se aplican fungicidas y fertilizantes en caso de ser necesarios para su buen desarrollo y emergencia (Mata *et al.*, 2011).

2.9.7 Densidad

Con el objetivo de obtener mayor producción del cultivo de la cebolla se recomienda trasplantar en camas de cuatro hileras con una cintilla en suelos arcillosos, y para suelos francos se recomienda dos cintillas de riego con una distancia entre plantas de 12-15 cm. Incluso hay diferentes tipos de sistemas de producción en los que la densidad de plantación cambia, hay sistemas de ciertas regiones del país en las que la distancia entre plantas es de 12 cm, 222,223 plantas por hectárea, debido a que el agua no es suficiente o los suelos carecen de retención de humedad; éstas densidades son con el fin de no generar cierto tipo de competencia entre plantas y haya una buena producción. También hay sistemas en los que la distancia entre plantas es de 10 cm, 266,667 plantas por hectárea debido a que hay condiciones más adecuadas para este tipo de cultivos, incluso hay densidades de distancia entre plantas de 8.0 cm, 333,333 plantas por hectárea (Mata *et al.*, 2011).

2.10 Importancia de la Maleza

2.10.1 La maleza en el cultivo

La maleza puede convertirse en el principal problema biótico de los cultivos, la importancia de este tipo de plantas en cultivos de producción agrícola y su control se ha hecho muy evidente, de tal manera que para tener una producción de calidad y rentable se debe realizar el control adecuado debido a las pérdidas económicas que generan (Quintero-Pértuz & Carbonó-DelaHoz, 2011). A nivel mundial han generado mermas en el rendimiento y cuantiosas pérdidas económicas para las personas y sus intereses (Adkins & Shabbir, 2014).

Las malas hierbas disminuyen los rendimientos, son hospederas de plagas y enfermedades, afectan la calidad de la cosecha, dificultan las labores de cosecha, aumentan los costos de producción y disminuyen el valor de la tierra. La maleza posee una serie de características como: abundante producción de semillas, dormancia, propagación, medios de diseminación, crecimiento rápido, son rusticas y una gran habilidad para extraer agua y nutrientes (Gallegos, 2015).

2.10.2 Importancia económica de la maleza

La maleza son el peor problema fitosanitario para la agricultura mundial ya que las pérdidas asociadas a estas plantas suman dos billones de toneladas de alimento al año. Las plagas agrícolas, en general, se clasifican en tres grupos: fitopatógenos, artrópodos y maleza. De estos grupos se afirma que las pérdidas causadas por maleza superan las ocasionadas por los otros grupos en su conjunto (FAO, 2011).

Un cultivo que está creciendo con maleza no crece en un ambiente con acceso a todos los factores de producción, por tanto, el rendimiento de la producción baja a

la mitad, en casos extremos hasta en un 80%, y en los más leves un 30%, lo que significa pérdidas cuantiosas.⁵

2.10.3 Definición de maleza

Con el término "maleza" significa que es toda planta que crece en donde no se desea, plantas "fuera de lugar" o "plantas indeseables"(Quintero-Pértuz & Carbonó-DelaHoz, 2011). En general, expresa una noción de nocividad por su intención conceptual, con base en los intereses y objetivos del hombre, mas no corresponde a una realidad natural (Dekker, 2011), ya que no existe ningún atributo morfológico o fisiológico que permita caracterizar a una especie vegetal como "maleza". La maleza, también es conocida como: arvenses, malas hierbas, adventicias y hierbas dañinas, son "plantas que crecen en lugares no deseados, son persistentes, generalmente no tienen valor económico e interfieren con el crecimiento normal de los cultivos" (Helfgott, 2018). Que se catalogue o no a una planta como mala hierba, depende de la opinión del observador (Menalled, 2010).

2.10.4 Daños

La maleza representan un papel muy importante en la producción agrícola ya que si no se controlan a tiempo estas pueden llegar afectar a tal grado que se pierda el 100% de la producción sobre todo en las primeras etapas del cultivo, de los principales daños que estas ocasionan a los cultivos son: plantas raquílicas, elongación, clorosis para citar solo algunas; además de generar competencia de espacio, luz, nutrientes, agua, maleza-cultivo que en el caso de la cebolla es muy relevante este último factor (Carvajal *et al.*, 2014). También perjudican la cantidad y calidad de la producción agrícola e interfieren con las labores de cosecha (Menalled, 2010).

⁵ <https://www.redagricola.com/cl/xx-congreso-la-asociacion-latinoamericana-malezas/>

2.10.5 Interferencia de maleza-cultivo

“Época crítica” o “Periodo crítico de competencia” se entiende como aquella etapa del crecimiento del cultivo en la cual la competencia de la maleza causa la mayor reducción de los rendimientos. Esta época crítica generalmente coincide con la etapa en la cual la planta requiere la mayor cantidad de nutrientes, agua y luz para su adecuado desarrollo vegetativo y reproductivo (Gallegos, 2015).

El grado de interferencia maleza-cultivo depende de diferentes factores relacionados con el cultivo, como la variedad, el distanciamiento y densidad de siembra, así como de la maleza en cuanto a la especie a la que pertenece, densidad y distribución, además de la época y duración de la interferencia, pero estos factores pueden cambiar según las condiciones edafoclimáticas, nutricionales y el manejo (Quintero-Pértuz & Carbonó-DelaHoz, 2011).

Según (Gallegos, 2014) describe los diferentes tipos de competencia entre planta–maleza

Competencia por agua: la competencia inicia cuando la zona radicular invade la zona de alimentación de la planta vecina generalmente esto ocurre antes de que las zonas aéreas emerjan para empezar a competir por luz. En ambientes secos esto tiene que ver con la supervivencia de las plantas, aunque estas estén adaptadas al medio. Esta competencia depende de varios factores como la estructura de su sistema radicular, la rapidez, el desarrollo y la forma en la que use el agua.

Competencia por luz: en los primeros estados de desarrollo esta competencia es casi nula tan pronto comienzan a sombrearse entre sí comienza la competencia, existen notables diferencias entre especies por competir por luz o especies que toleran la sombra. Las especies que poseen un rápido desarrollo, una talla elevada o un hábito trepador son excelentes competidores, por el contrario, especies rastreras casi no compiten por este factor, algunas especies no solo son capaces

de competir por luz si no que se ven afectadas por la sombra también. La falta de luz provoca en las plantas un desarrollo anómalo llamada ahilado o etiolado en sentido de que aumenta en altura, con poca resistencia en los tejidos estructurales.

Competencia por nutrientes: la capacidad para que las malezas absorban los nutrientes depende de la estructura de su sistema radicular y de su rapidez de desarrollo. Muchas especies de malezas perenes ya presentan su sistema radicular bien establecido en el momento en que el cultivo inicia su desarrollo. Como consecuencias éstas se adelantan en la exploración del suelo y en consumir o absorber los nutrientes, lo que a largo plazo afecta en el rendimiento de los cultivos. Estas competencias entre maleza-cultivo pueden ser modificadas por las prácticas de fertilización utilizadas así la fertilización nitrogenada promueve el desarrollo de los cultivos, pero también el desarrollo de algunas malas hierbas. Por el contrario, existen otros tipos de maleza que su desarrollo puede ser reducido sustancialmente con altas dosis de abono.

Competencia por espacio: este tipo de competencia abarca desde el espacio subterráneo hasta el espacio aéreo, las primeras plantas en emerger u ocupar tienden a excluir a las que aparecen posteriormente. Cuando un cultivo está totalmente infestado el espacio que debería ocupar el cultivo ya ha sido ocupado por la maleza.

2.11 Tipos de Maleza

2.11.1 Clasificación morfológica

Las monocotiledóneas son un grupo que reúne a muchas de las malezas más importantes, tanto por su incidencia como por tasa de crecimiento con bajas temperaturas. Reciben el nombre de hoja angosta, pues al emerger desde el suelo emiten un coleóptilo (primera hoja) que es angosto, con forma de espada y presenta nervadura paralela (Figueroa & Cordovez, 2017).

Las dicotiledóneas, existen aproximadamente 20 familias de malezas de importancia agrícola. Son llamadas de hoja ancha, porque sus cotiledones (primeras hojas) son anchos, con diferentes formas y presentan nervadura ramificada (Figueroa & Cordovez, 2017).

2.11.2 Según su ciclo de vida

Maleza anual: son aquellas que completan su ciclo de vida de semilla a semilla en menos de un año o en una temporada de crecimiento, producen abundante semilla, crecen rápidamente, y por lo general, pero no siempre, son más fáciles de controlar que las malezas perenes. Las anuales de verano germinan en primavera, crecen en verano, florecen y mueren en otoño, por ejemplo, *Amaranthus retroflexus* (Zimdahl, 2007).

Maleza bianual: Las malezas bienales requieren de dos temporadas para terminar su ciclo de semilla a semilla. Durante la primera etapa, se desarrollan vegetativamente hasta llegar al estado de roseta y solo emiten tallo floral después de una segunda temporada, al completarse el requerimiento de horas de frío. En ciertas áreas de bajas temperaturas es posible que algunas bienales completen sus horas de frío en la primera temporada y se comporten como anuales, siendo estas bienales facultativas. Una vez iniciado su crecimiento reproductivo, el tallo floral es capaz de rebrotar al ser cortado ya que el punto de crecimiento está bajo la roseta pero dependiendo de las condiciones, este tallo será de menor altura y con menor producción de semillas. Algunos ejemplos: zanahoria silvestre (*Daucus carota*), hierba azul (*Echium vulgare* y *E. plantagineum*), cicuta (*Conium maculatum*) (Pedreros, s/f).

Maleza perenne: Las malezas perennes o plurianuales pueden o no completar su ciclo de semilla a semilla, en una temporada, pero después pueden seguir

completando el ciclo de manera indefinida desde propágulos vegetativos. Dentro de este grupo hay dos tipos:

Perennes simples: se reproducen casi exclusivamente por semillas, sin embargo, son capaces de rebrotar desde la raíz (corona); si el sistema radicular pivotante es dañado o cortado cada trozo de raíz, es capaz de generar otra planta. Ejemplos son: diente de león (*Taraxacum officinale*), siete venas (*Plantago lanceolata*), galega (*Galega officinalis*).

Perennes complejas o vivaces: además de propagarse por semillas, lo hacen asexualmente por propágulos vegetativos que originan plantas independientes, pero genéticamente iguales, la mayoría de estas malezas no tolera las bajas temperaturas, pero son capaces de pasar el invierno con sus propágulos en latencia. Entre estas estructuras las más comunes son: los estolones, rizomas, tubérculos, bulbos, cormos y fragmentos. Estas malezas son las más complicadas de controlar, ya que pueden rebrotar innumerables veces, especies como pasto bermuda (*Cynodon dactylon*) y chépicas (*Paspalum paspalodes*, *Pennisetum clandestinum*, *Distichlis spicata*), tienen estolones sobre la superficie del suelo y rizomas bajo la superficie; mientras que los diferentes tipos de coquillo (*Cyperus esculentus*, *C. rotundus*) tienen rizomas, bulbos y tubérculos (Pedreros, s/f).

2.12 Resistencia de la maleza a herbicidas

En las últimas décadas el enfoque alternativo más utilizado para solucionar el problema de la maleza consistió en el uso de herbicidas. Su alta eficacia condujo a la idea de la erradicación de la maleza, continuamente renovada por el desarrollo frecuente de nuevos herbicidas y repetidamente frustrada debido a la compleja realidad del problema. A pesar de la continua generación y sustitución de diversos herbicidas, en las últimas dos décadas no fue posible erradicar a la maleza, sino que por el contrario se seleccionaron genotipos tolerantes y/o resistentes a algunos principios activos (Papa, 2009).

El empleo de herbicidas se limita entonces a la aplicación rutinaria de un producto, sin considerar aspectos de la biología de la maleza ni su integración en programas de manejo que involucren otras técnicas de control (Papa, 2009).

2.12.1 Resistencia

Es la capacidad hereditaria natural que tienen algunos biotipos de una población de maleza para sobrevivir y reproducirse después de ser tratados con un herbicida que, aplicado en condiciones normales (de ambiente y de operación), controlaría efectivamente esa población. Es importante resaltar los puntos siguientes (Fischer & Valverde, 2010):

- La resistencia a uno o varios herbicidas es una característica hereditaria de la maleza, cuya transmisión a las generaciones sucesivas depende de la naturaleza del gen o de los genes involucrados (por dominancia, pseudo-dominancia o recesividad).
- La aparición de la resistencia se relaciona con la presión de selección impuesta por el uso repetido de un mismo herbicida.
- La especie de maleza, como tal, es afectada por el herbicida cuando éste se aplica en la dosis recomendada, pero gracias a un proceso evolutivo (por selección de individuos resistentes) un grupo de biotipos de la especie sobrevive y completa su ciclo reproductivo, a pesar de la aplicación del herbicida.

2.12.2 Tolerancia

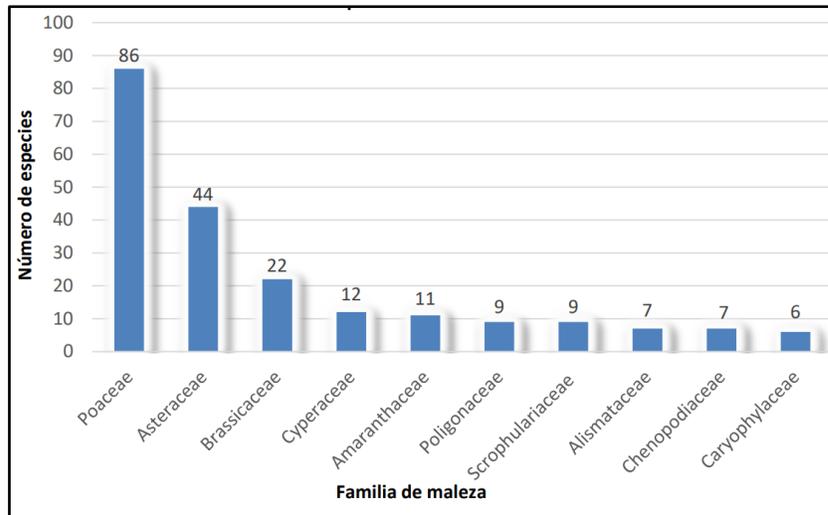
Es la capacidad hereditaria natural que tienen todas las poblaciones de una especie de malezas para sobrevivir y reproducirse después de ser tratadas con un herbicida; la especie como tal no es afectada por el herbicida aplicado. Por lo que, se precisa lo siguiente (Fischer & Valverde, 2010):

- La tolerancia no resulta de un proceso de selección debido al uso convencional de los herbicidas.
- La selectividad fisiológica, es decir, la propiedad de un herbicida de afectar las malezas sin producir daño al cultivo está asociada, justamente, con la tolerancia del cultivo comercial a ese producto.

En ocasiones el termino de resistencia y tolerancia se puede confundir es importante saber la diferencia entre ambos cuando se trata de analizar las fallas en un tratamiento establecido (Barillas & Echegoyen, 2014).

2.12.3 Familias resistentes a herbicidas

En las últimas tres décadas el aumento en los casos de resistencia ha sido exponencial, teniendo maleza resistente a varios herbicidas con diferentes modos de acción, fenómeno que está provocando que el control químico se encuentre en un estado de desequilibrio. La dinámica de las poblaciones de maleza resistente, incremento a partir de los 90's, donde incremento el uso de moléculas químicas para el manejo de la maleza, hoy en día las listas de maleza resistente a diversos ingredientes activos se actualizan, pero se mantienen constantes algunas especies de familias de maleza, destacadas como Poaceae, Asteraceae, Brassicaceae y Cyperaceae, para citar algunas que se ven afectadas por biotipos con condición de resistencia (Figura 4).

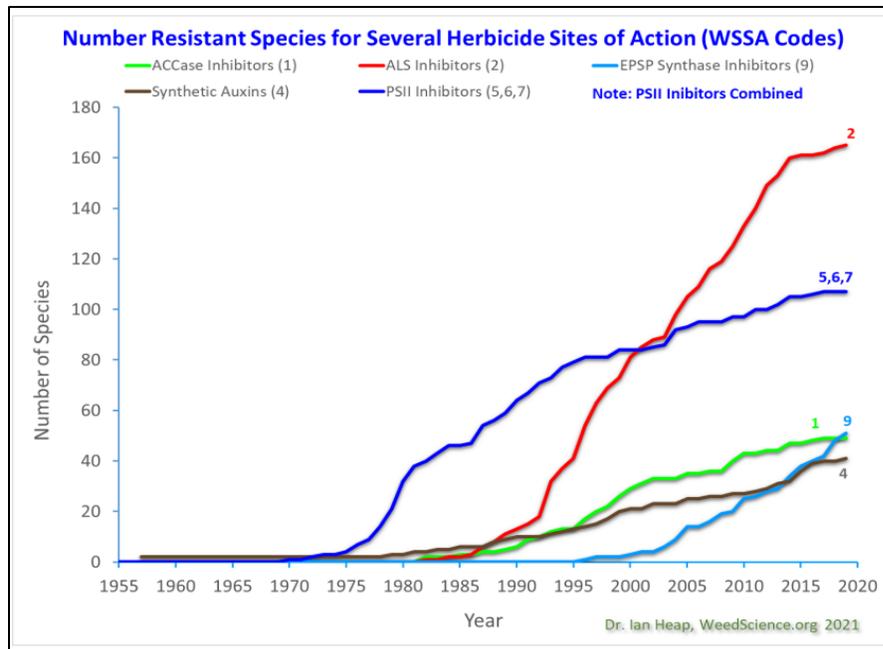


Tomada de Heap (2021)

Figura 4. Principales familias de maleza resistentes a herbicidas, a nivel mundial.

2.12.4 Grupos de herbicidas con mayor número de biotipos de maleza resistente

Los grupos de herbicidas de mayor importancia en la adquisición de resistencia por biotipos de maleza de diferentes familias botánicas son: inhibidores de la ACCasa que afectan la síntesis de lípidos inhibiendo la enzima carboxilasa del acetil coenzima A, las triazinas que inhiben la fotosíntesis y los inhibidores de la ALS que afectan la síntesis de proteínas, aminoácidos de cadena ramificada y cambiando su conformación y luego inhibiendo la acción enzimática de la acetolactato sintetasa. Destaca también el reciente pero incesante incremento de las resistencias a los herbicidas del grupo de las glicinas, glifosato en concreto (Figura 5) (Powles & Preston, 2006).



Fuente: Heap, (2021).

Figura 5. Principales grupos de herbicidas con mayor presencia de biotipos de maleza resistente.

2.12.5 Tipos de resistencia

Según (Fischer & Valverde, 2010) menciona los diferentes tipos de resistencia.

Resistencia cruzada: cuando una población de maleza evoluciona hacia la resistencia a un herbicida es común encontrar que también lo hace hacia la resistencia a otros herbicidas. La resistencia cruzada es entonces la que desarrolla un biotipo de una maleza a más de un herbicida gracias a un único mecanismo individual de resistencia que posee. Muchas veces hay resistencia cruzada respecto a herbicidas que tienen el mismo modo de acción.

Resistencia múltiple: es aquella en que el biotipo resistente tiene dos o más mecanismos distintos de resistencia.

Resistencia cruzada negativa: es aquella en que un biotipo resistente a un herbicida experimenta un aumento en la susceptibilidad a otros herbicidas cuyo modo de acción o de degradación es distinto.

Cultivos resistentes: estos cultivos pueden ser transgénicos, es decir, han sido desarrollados por transformación genética. Pueden haber desarrollado también esta resistencia a los herbicidas mediante métodos convencionales (no transgénicos). La siembra de cultivos resistentes a herbicidas abre la posibilidad de que la maleza sea sexualmente compatible con el cultivo adquieran esa resistencia mediante el flujo de genes o de trans (genes provenientes del cultivo) (Heap, 2005).

2.13 Manejo Integrado de Maleza (MIM) en el Cultivo de la Cebolla

Conocer la composición de especies de maleza en un lugar es el primer paso para conocer el grado de afectación y el posterior manejo de la maleza. En este sentido, aplicar el manejo integrado de malezas (MIM), plantea tomar en consideración la identidad taxonómica, la biología, la fenología, el tipo de reproducción y el nivel de infestación de las plantas introducidas en los cultivos para sugerir y ejecutar un manejo eficiente y sostenible garantizando el equilibrio ecológico de los agroecosistemas (Menalled, 2010).

Investigaciones realizadas en el cultivo de cebolla indican que el momento de control es importante, pues a mayor interferencia de las malezas sobre el cultivo, mayor es su efecto sobre el rendimiento, debido a la competencia por agua, luz y nutrientes. En el caso de la cebolla, para asegurar que no habrá pérdidas en el rendimiento de bulbos, la presencia de malezas se debe evitar durante el “periodo crítico de interferencia (PCI)”. Si durante este periodo de tiempo no hay malezas presentes, se logrará el máximo potencial de productividad del cultivo (Galmarini, 1997).

Existen diferentes respuestas al cómo controlar malezas los más comunes son manual, mecánico y químico estos son posibles de implementar para el manejo sustentable del cultivo de la cebolla con criterios técnicos, económicos, de oportunidad, según la experiencia previa. El control manual se ha llevado a cabo por varias décadas por lo general al inicio del ciclo conlleva la posibilidad de dañar a las plantas, lo que junto a la falta de mano de obra y los altos costos para realizar esta labor es cada vez una práctica menos factible de implementar, en especial en grandes superficies (Figueroa & Cordovez, 2017).

El método de control más utilizado hasta la fecha es químico debido a la existencia de productos selectivos que controlan muy bien a la maleza sin afectar el cultivo, se deben hacer varias aplicaciones de estos productos ya que con una sola aplicación no es suficiente para mantener el control de las malezas en todo el ciclo (Figueroa & Cordovez, 2017).

2.13.1 Métodos de manejo de malezas

Existen varios métodos para el control de las malezas o para reducir su infestación a un determinado nivel, entre estos:⁶

Métodos preventivos: incluyen los procedimientos de cuarentena para prevenir la entrada de una maleza exótica en el país o en un territorio particular. Un estudio para realizar por los servicios de cuarentena es el riesgo de entrada y adaptación de especies exóticas invasoras, para sobre esa base confeccionar una lista de malezas objeto de cuarentena.⁷

Métodos físicos: arranque manual, escarda con azada, corte con machete u otra herramienta y labores de cultivo. Los métodos físicos-mecánicos se basan en la utilización de fuego y medios mecánicos, como herramientas manuales (azadón y

⁶ <https://www.fao.org/3/t1147s/t1147s05.htm>

⁷ <https://www.fao.org/3/a0884s/a0884s.pdf>

pala), tracción animal y maquinaria agrícola (arado y surcadora). Se pueden también utilizar coberturas de plástico negro o de material natural “mulch” (residuos de malezas y cultivos) (Torres *et al.*, 2011).

Métodos culturales: rotación de cultivos, preparación del terreno, uso de variedades competitivas, distancia de siembra o plantación, cultivos intercalados o policultivo, cobertura viva de cultivos, acolchado y manejo de agua (Labrada & Parker, 1996).

Es importante para ello la preparación del suelo para el efectivo manejo de las malezas ya que la cebolla no se debe sembrar en propiedades donde no se hayan realizado unas buenas prácticas de control mecánico (arado, rastrillado y otros). Si las condiciones ambientales son inapropiadas se puede ocasionar daños severos al aplicar herbicidas, así como también si la cebolla no está en la etapa correcta de desarrollo, de la misma forma si la medida de uso del herbicida es la inadecuada para el tipo de suelo, o si el contenido de humedad no es apropiado (Lugo & Cabrera, 2012).

Control químico: a través del uso de herbicidas. El uso selectivo de herbicidas para bajar el grado de infestación de malezas en los cultivos es un componente más del sistema de manejo integrado para el control. La generalizada utilización de los herbicidas está asociada a las ventajas que se presentan para su aplicación bajo diversas situaciones. Entre las más significativas, está su menor costo comparativamente con el desmalezado a través de los métodos convencionales. No obstante, esas ventajas, se debe enfatizar en que el manejo de las malezas deberá tener en cuenta todas las alternativas disponibles (Carvajal *et al.*, 2014).

Control biológico: a través del uso de enemigos naturales específicos para el control de especies de malezas. El control biológico consiste en utilizar organismos vivos (enemigos naturales) para el control de plagas. Esos enemigos naturales pueden ser, entre otros, insectos que son liberados y destruyen a la maleza

ingiriéndolas, o bien enfermedades de las plantas, en especial hongos (Quadrelli, 2019).

Implica la introducción de un enemigo natural para el control de una especie de maleza exótica, ya establecida y diseminada en el territorio del país. Por lo general, el enemigo natural suele importarse del lugar de origen de la maleza para su introducción en el país en cuestión (FAO/IPPC, 2005).

Otros métodos no convencionales: la solarización del suelo es un ejemplo de un método no convencional. Esta técnica es segura para el operador y compatible en el ambiente, ya que solo se utilizan mantas de polietileno transparentes o negras para cubrir el suelo húmedo por espacio de 30 a 45 días antes de la siembra. El método se suele aplicar durante la época del año más cálida (temperaturas de 35 a 40°C) y de mayor radiación solar (Labrada, 1996).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del Experimento

La investigación realizada se llevó a cabo en el laboratorio de maleza del departamento de parasitología y en los terrenos experimentales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el área llamada y conocida como “El Bajío”, ubicado en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México (25 ° 22 'N y 101 ° 00' O, 1760 m sobre el nivel del mar) en donde se estableció el cultivo de cebolla y se hizo la aplicación de prototipos de bioherbicidas.

3.2 Manejo del Cultivo

Descripción del material vegetal: el material con el que se trabajó fue cebolla blanca de la variedad carta blanca, se trasplantó cebollín de 4 a 6 cm de calibre, este se trajo de la localidad Jonacatepec, Morelos, México; donde el proceso de producción de este en esa región consistió en germinar la semilla en surco a campo abierto, hasta producir el bulbo por un tiempo de 3 a 4 meses y posteriormente se deja suberizar, colgando manojos de 3 a 5 Kg, de manera vertical lineal y con aireación, para preparar el material vegetal a la siembra del ciclo otoño-invierno, este sistema de producción es característico de esa región (Figura 6).



Foto tomada por el autor de este documento (2023).

Figura 6. Ejemplo de la suberización de cebollín en la zona de Jonacatepec, Morelos, México.

Siembra: el cultivo de la cebolla se estableció de manera estratégica para que tuviera un fotoperiodo adecuado y se adaptará a las condiciones climáticas de la zona, por ello se consideró la fecha de siembra el 29 de junio del 2022. La siembra se hizo en filas, en el lomo del surco, a una distancia de 10 cm entre bulbo y bulbo y de 80 cm entre surcos (Con una densidad de 125,000 plantas por hectárea), con suelo húmedo. A los tres días después del trasplante, se aplicó una mezcla de algas marinas, enraizador y tiofanato de metilo para la sanidad y anclaje del cultivo.

Fertilización: la fertilización realizada fue mixta ya que se usaron fertilizantes orgánicos como composta y lixiviado de lombriz la cual se aplicó al inicio de la siembra y 15 días después, también se aplicó la fórmula 16-16-16 y lixiviado de lombriz durante el desarrollo del cultivo.

Riego: en la superficie donde se estableció el cultivo, no se tenía mucha disponibilidad de agua por lo que para regar el cultivo se empleó un sistema de riego por goteo de 10 cm entre gotero y gotero, este método nos permitió el control más eficiente del agua, el primer riego fue antes de la siembra y dejó durante toda una noche antes de la siembra para que hubiera la humedad necesaria para promover el crecimiento del sistema radicular, una vez establecido el cultivo se dejaba regando el cultivo de 2 a 3 horas diarias durante cuatro días después de eso se monitoreaba diariamente el cultivo para evitar déficit de agua o estrés teniendo en cuenta las condiciones de humedad en el suelo y las condiciones climatológicas, ya que se presentó temporal en el desarrollo del cultivo.

Control de plagas, enfermedades y bioestimulación: para el control de plagas y enfermedades se utilizaron productos preventivos y se realizaron monitoreos conforme a los umbrales económicos de dichas plagas, con el fin de tener un cultivo sano, de buen porte y desarrollo favorable durante el experimento, como una ventaja competitiva a la maleza (Cuadro 4).

Cuadro 4. Productos comerciales utilizados en manejo del cultivo, durante el desarrollo del experimento.

Agente	Producto comercial	Dosis por hectárea	época de aplicación
Trips <i>Thrips tabaci</i>	Decis forte® deltametrina:10.7%	250 mL·ha ⁻¹	Cuando aparezca un individuo por planta.
Minador de la hoja <i>Liriomyza trifolii</i>	Orthene® ULTRA acefate: 97%	0.5 - 0.7 Kg·ha ⁻¹	Cuando se observe un individuo por planta.
Trips <i>Frankliniella occidentalis</i>	Malathion® 1000 E, malation 87%	1.0 - 2.0 L·ha ⁻¹	Cuando se detecte la plaga, dos aplicaciones al follaje
Moho blanco <i>Sclerotinia sclerotium</i> Podrición basal <i>Fusarium</i> spp Moho gris <i>Botrytis alli</i>	Cercobin M®, tiofanato metílico 70%	0.5-1.0 Kg·ha ⁻¹	Aplicar a los primeros síntomas
Desarrollo del cultivo	Stimplex®, extracto de algas (<i>Ascophyllum nodosum</i>) al 99.588%	1.0 - 1.5 L·ha ⁻¹	2-3 semanas después de emergencia, crecimiento de raíces
Desarrollo de sistema radicular	Rootex®, N (7%), P ₂ O ₅ (47%), K ₂ O (6%), L-aminoácidos (3%), ac. húmicos (15.5%), auxinas (0.03%).	2-4 Kg·ha ⁻¹	Aplicación al pie de la planta hasta tres aplicaciones.
Podrición del bulbo y estría foliar <i>Pseudomonas viridiflava</i>	FinalBacter®, gentamicina (2%), oxitetraciclina (6%)	1.2 - 1.6 Kg·ha ⁻¹	Aplicación al follaje, intervalos de siete días

Cosecha: no se dejó el cultivo hasta la evaluación del rendimiento, es decir a cebolla de calibre de 2.5 a 4.0 pulgadas, que es la medida estándar comercial, debido a que solo se evaluó la interferencia de la maleza en el periodo crítico de competencia del cultivo que es de 12 a 40 días incluso puede prolongarse hasta los 90 días.

3.3 Desarrollo del Experimento

Una vez que se observaron los primeros brotes del cultivo y la germinación de las diferentes especies de maleza (2 a 5 cm de altura), se procedió con la aplicación de los tratamientos correspondientes a cada prototipo de bioherbicida, los cuales fueron proporcionados por la empresa GreenCorp, Biorganiks de México, S.A. de C.V. El diseño experimental que se estableció fue de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos dentro de éstos, uno era testigo, en el que no se le aplicó ningún tipo de producto solo agua. Las parcelas experimentales estuvieron

constituidas de tres surcos de 1.5 m de largo y 80 cm entre surcos, con calles de 1.0 m entre bloques. Como unidad experimental se consideró el surco central, en éste se realizó la toma de datos con ayuda de un cuadro de 0.50 m x 0.50 m (0.25 m²), éste se colocó en el centro de la unidad experimental, para la evaluación de las variables correspondientes (Figura 7).

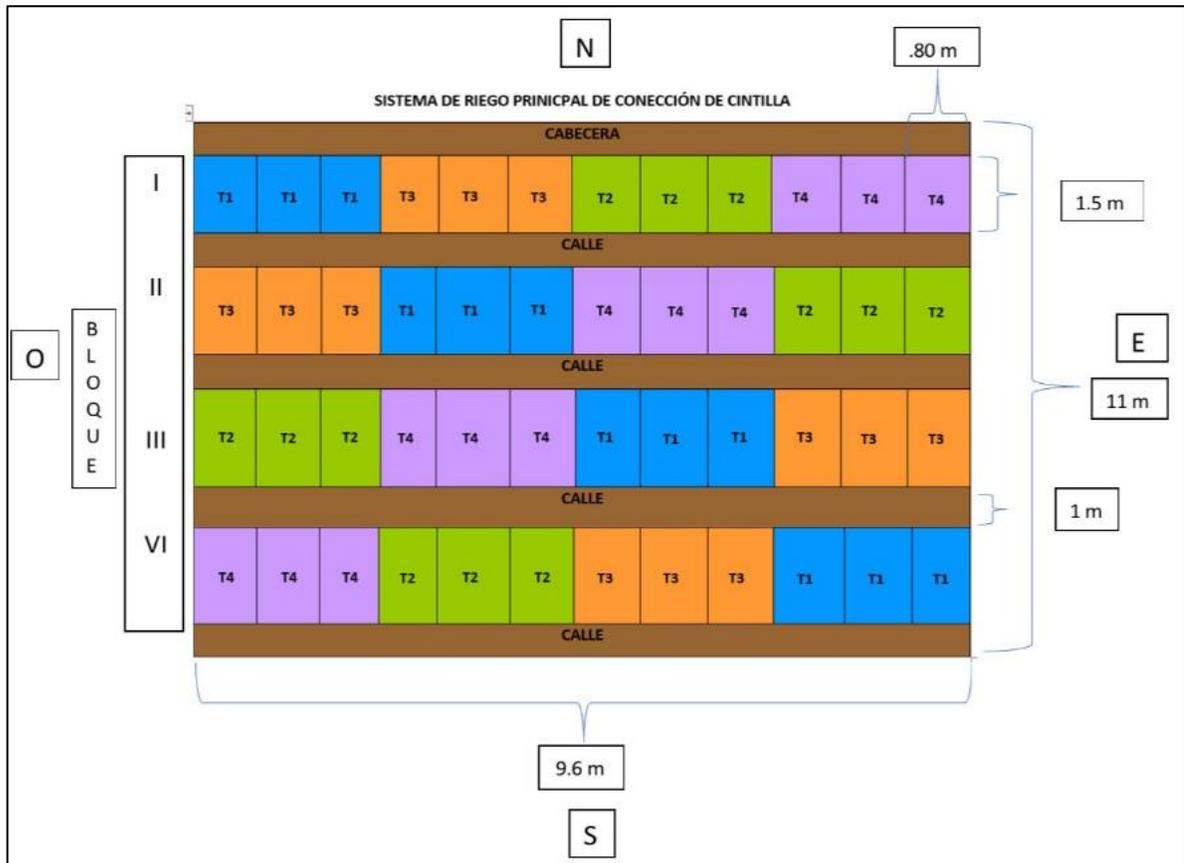


Figura 7. Croquis de campo para la aplicación de los tratamientos.

Para realizar las aplicaciones de los tratamientos se realizó calibración en campo con una aspersora Manual Osatu Evolution de 12 L de capacidad. La dosis recomendada por la empresa GreenCorp, Biorganiks de México, S.A. de C.V. para la evaluación de los prototipos fue de 12 L de bioherbicida por 400 L de agua. El volumen obtenido en la calibración por tratamiento y sus repeticiones fue de 2.0 L con una cobertura total a la ceja del surco, utilizando campana protectora con la finalidad de proteger el cultivo y una boquilla cónica regulable. Para potencializar el efecto de los bioherbicidas y también para la protección de éstos a las condiciones

del medio, se consideró agregar a todos los tratamientos el adherente Kactuz Ad®, excepto al testigo.

3.4 Descripción de los Tratamientos

Los prototipos utilizados en este estudio contenían compuestos que pueden tener acción inhibitoria o de control de la maleza mediante la afección de los diferentes procesos metabólicos de la misma.

Tratamiento 1 (T1): bioherbicida prototipo A1 de GreenCorp, es un producto biorracional para el control de malezas en post-emergencia a base de un aceite vegetal, resina de coníferas, extracto de papaya y ácido graso.

Tratamiento 2 (T2): bioherbicida prototipo A2 de GreenCorp, es un producto biorracional para el control de malezas en post-emergencia a base de dos aceites vegetales, resina de coníferas, extracto de papaya, ácido graso.

Tratamiento 3 (T3): bioherbicida prototipo A3 de GreenCorp es un producto biorracional para el control de malezas en post-emergencia que se encuentra hecho a base de un aceite de origen vegetal, un ácido graso y extracto etanólico de hojas de plantas senescentes.

Tratamiento 4 (T4): Testigo absoluto, solo se aplicó agua destilada.

Kactuz Ad® (adherente-dispersante): como se mencionó anteriormente, a todos los tratamientos con bioherbicidas, se les agrego un acondicionador, para potencializar el efecto de la formulación, sin embargo, este no fue considerado como un tratamiento individual. El producto utilizado fue Kactuz Ad® que es una formulación orgánica elaborada a base de tensoactivos, coadyuvantes y surfactantes, compuesto de grado alimenticio y naturales sin especificar con base

en ficha técnica del producto⁸, agentes derivados de extractos de tallos y hojas de plantas crasuláceas del desierto mexicano.

3.5 Variables

Identificación y abundancia de familias de maleza: la maleza se identificó a nivel de familia taxonómica, en cada uno de los tratamientos y muestreos realizados antes y después de la aplicación de los prototipos y testigo, y se evaluó la abundancia de cada familia representada en el experimento y se obtuvo un listado. Cada muestreo se llevó a cabo, con ayuda del cuadro de 0.50 m x 0.50 m y en cada uno se realizó un conteo de la maleza dentro del cuadro, en el centro de la parcela experimental y se identificaron todas las malezas presentes dentro del cuadro. Las claves de identificación en las que se verificaron las familias de la maleza fueron: Villarreal (1983) y la página Web de Malezas de México (CONABIO, 2012).

Numero de malezas (NM; #): se registró el número de malezas que había dentro del cuadro de 0.50 m x 0.50 m en cada tratamiento y repetición por bloque, los datos se tomaron un día antes de cada aplicación y se evaluó por seis semanas por lo que el dato se registró de cada siete días, por tanto, los primeros tres datos, correspondieron al efecto de las aplicaciones de los bioherbicidas y los últimos tres valores representan el comportamiento de la recuperación de la maleza, posterior a las aplicaciones de los prototipos.

Porcentaje de cobertura después de aplicación (pCOB; %): se evaluó el porcentaje que cubría la maleza en la unidad experimental, se consideró un rango del 0% al 100%, donde 0% corresponde a suelo desnudo sin maleza y 100% a toda la unidad experimental cubierta con plantas, los valores intermedios fueron considerados como proporciones de la cobertura. La evaluación se realizó para cada tratamiento y repetición, esta variable se tomó un día después de cada aplicación y se evaluó durante seis semanas cada siete días. Al igual que la variable

⁸ <https://greencorp.mx/site/wp-content/uploads/2020/04/ficha-tecnica-kactuz-ad-greencorp.pdf>

anterior en las primeras tres evaluaciones, se consideró el efecto de los bioherbicidas sobre la cobertura y las últimas tres evaluaciones representan la recuperación de la maleza en el suelo, posterior a las aplicaciones.

Porcentaje de daño a la maleza (pDM; %): el valor de esta variable se tomó un día después de cada aplicación y tres veces más sin aplicación, con una frecuencia de siete días entre cada una, en total se tomaron seis datos (pDMm1; pDMm2; pDMm3; pDMm4; pDMm5; pDMm6), uno por semana. Las evaluaciones se realizaron con el apoyo del cuadro de 0.50 m x 0.50 m en cada tratamiento y repetición. Así como en la variable anterior se consideró una escala del 0% al 100%, cuando 0% es ningún daño o efecto de los bioherbicidas y 100% el máximo daño o muerte total de las plantas en la superficie evaluada.

Porcentaje de daño al cultivo (pDC; %): este dato se tomará un día después de cada aplicación y tres veces más sin aplicación, con ayuda del cuadro de 0.50 m x 0.50 m en cada unidad experimental, en total se obtuvieron seis datos, tres con aplicación para evaluar los efectos fitotóxicos que pudieron haber sido provocados por el bioherbicida en el cultivo y tres sin aplicación, con la finalidad de evaluar la recuperación del cultivo posterior a las aplicaciones. La escala que se consideró fue de 0% al 100%, cuando 0% es ningún daño fitotóxico y 100% máximo daño.

Peso fresco de la maleza (PFM; g): este dato se tomó dos veces, el primero se realizó posterior a la segunda aplicación y el otro se realizó en última evaluación (sexta semana), cuando terminó el experimento. En el primer muestreo, se quitaron 20 cm de maleza, tanto la parte aérea, como se procuró extraer todo lo posible de la raíz, esto se hizo en la parte superior del surco y se tomó como referencia la unidad experimental (Figura 5), el segundo muestreo, se llevó a cabo en la unidad experimental. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio de Malezas del Departamento de Parasitología, donde con ayuda de una báscula analítica, se pesaron por tratamiento y repetición.

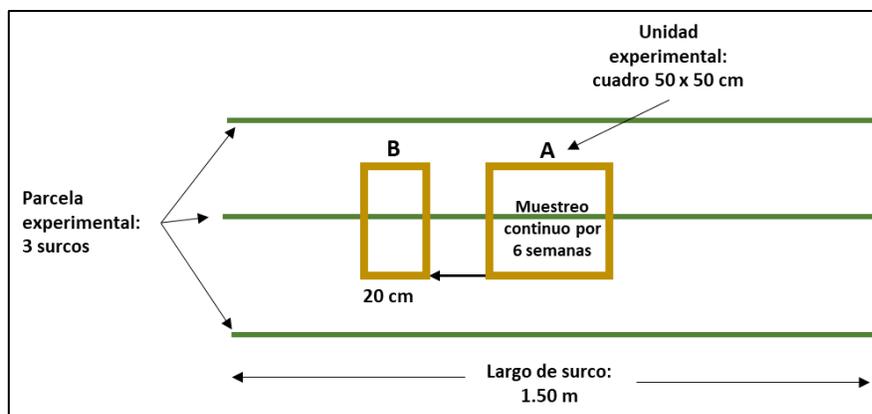


Figura 8. Croquis de la parcela experimental y de la toma de datos y muestreos. A) Cuadro de 50x50 cm (unidad experimental); B) primer toma de muestra para peso fresco.

Peso seco de la maleza (PSM; g): los datos que se obtuvieron, para esta variable, procedieron de las muestras obtenidas del peso fresco, las muestras se metieron a una estufa de secado (marca Felisa®, modelo 145) durante 2 a 3 días a una temperatura de 80°C, cuando estuvieron totalmente secas con ayuda una báscula analítica se procedió a pesarlas, el valor se expresó en gramos (g).

Peso fresco del cultivo (PFC; g): para este dato al igual que en la variable peso seco de la maleza, se procedió a meter las muestras de las plantas de cebolla a secar en la estufa de secado y al finalizar el periodo de secado, se pesaron las muestras y se registró el dato en gramos.

Peso seco del cultivo (PSC; g): este dato se tomaron las muestras del peso fresco y se metieron a la estufa de secado por 1-2 días a una temperatura de 50°C - 70°C, se sacaron las muestras de la estufa y se pesaron cada una de ellas en la báscula analítica, el peso se registró en gramos.

Biomasa acumulada y/o cálculo de interferencia de maleza y cultivo (Bm): la biomasa acumulada o vegetal es el conjunto de materiales orgánicos o materia seca acumulada, generados a partir de la fotosíntesis, por lo que, para esta variable se requirió de eliminar el agua del tejido vegetal y se empleó solo el valor peso seco, tanto de la maleza como del cultivo y se sustituyó en la siguiente formula:

Biomasa= Peso seco (g) del material vegetal x Superficie

El valor obtenido se expresó, en: $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ para maleza y cultivo.

3.6 Análisis Estadístico

Se realizó una base de datos de las variables evaluadas, en las que se generó un listado de la maleza identificada y su abundancia a nivel familia taxonómica. Con el número total de individuos presentes en cada unidad experimental se llevó a cabo un análisis descriptivo, con el apoyo de gráficos de barras. Por otro lado, se realizó un análisis de varianza, bajo un diseño experimental de bloques al azar y dentro del análisis se consideró evaluar dos fuentes de variación: tratamientos y repeticiones.

Para normalizar los datos, se utilizó la transformación de *arcoseno* y raíz cuadrada debido a que se contaba con valores porcentuales y numéricos que no se ajustaban a una curva de normalidad, con la finalidad de que los valores no se alejen de manera considerable de la media y desviación estándar. La fórmula empleada, fue la siguiente:

$$A_{\text{seno}} = \sqrt{(\% \text{ efectividad}) / (100)}$$

$$X = \sqrt{x}$$

Donde X, es el valor de las variables independientes.

También se realizó una prueba de comparación de medias por el método de Duncan ($\alpha \leq 0.05$) sobre los tratamientos y las variables en cuestión, se eligió esta prueba debido a que tiene una fórmula más conservadora que otras pruebas y es más sensible para la detección de las diferencias entre las medias de los tratamientos,

sobre todo en experimentos realizados en campo. Los análisis se realizaron con el apoyo del paquete estadístico computacional de SAS (SAS Institute, 2002).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Identificación de la Maleza por Familia Taxonómica

Los resultados de muestreo e identificación de malezas en el cultivo de cebolla establecido en campo experimental de la UAAAN en el área conocida como “El bajío” ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, arrojaron que se muestrearon nueve familias taxonómicas de plantas que interfieren con el cultivo: Poaceae (66.0%), Asteraceae (21.5%), Amaranthaceae (8.4%), Solanaceae (2.1%), Chenopodiaceae (0.92%), Convulvulaceae (0.66%), Malvaceae (0.19%), Brassicaceae y Lamiaceae (0.06% c/u), todas estas de importancia económica, además de que se observaron diferentes tipos de competencia en relación cultivo-maleza. A continuación, se muestran el número de individuos por familia (Cuadro 5).

Cuadro 5. Abundancia de individuos de maleza por familia, que interfieren en el cultivo de cebolla. UAAAN, 2022.

Familia	Abundancia	Frecuencia	Porcentaje (%)
Amaranthaceae	127	0.08405	8.40
Asteraceae	325	0.215	21.5
Brassicaceae	1	0.00066	0.06
Chenopodiaceae	14	0.00926	0.92
Convulvulaceae	10	0.00661	0.66
Lamiaceae	1	0.00066	0.06
Malvaceae	3	0.00198	0.19
Poaceae	998	0.66048	66.0
Solanaceae	32	0.02117	2.11
Total: 9	1,511	1	100

El número total de individuos de las familias fue de 1,511, donde predominan las especies de Poaceae, seguidas de Asteraceae y Amaranthaceae, como las familias de plantas dominantes, por el número de individuos muestreado (Figura 9). Se puede decir, que antes de este experimento ya se habían establecido otros cultivos, entonces las malezas que emergieron son el resultado de la sucesión secundaria de la flora que se encontraba en el terreno, antes de la limpieza y establecimiento del cultivo.

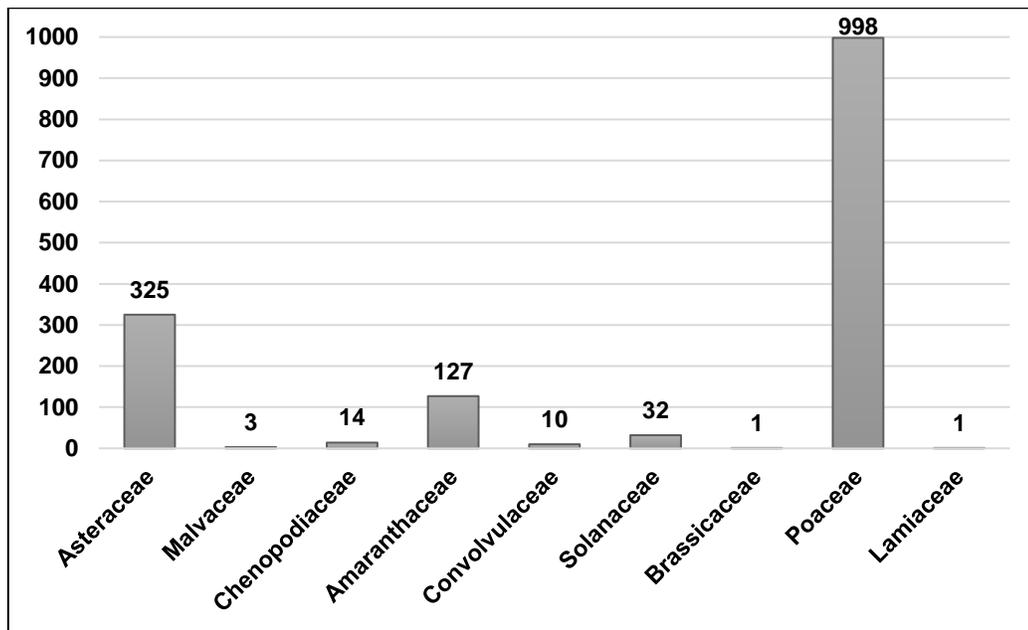


Figura 9. Número de individuos por familia de maleza en el cultivo de cebolla.

Gomés (1995) menciona que las prácticas de preparación del suelo y de siembra favorecen la proliferación de malezas las cuales y que, por lo general, germinan primero que el material de siembra; además, otros factores que determinan la invasión de malezas en el cultivo son el tipo de suelo, las características del clima en la zona y las prácticas de cultivo utilizadas.

Altieri (1999) y Purichelli y Tuesca (2005) reportan que los cambios que ocurren en las comunidades de maleza, cuando se efectúan rotaciones de cultivos, se reflejan tanto en la diversidad como en la composición y abundancia de las especies presentes. Por otro lado, Moyer *et al.* (2005) y Tang *et al.* (2013) indican que los cultivos antecesores en las rotaciones imponen restricciones ambientales como consecuencia de las prácticas de manejo que le son propias, donde el tipo de laboreo y la fertilización resultarían factores significativos de la respuesta en cuanto a las comunidades de maleza que proliferan.

Al respecto Villa *et al.* (2017), en un cultivo de papa encontraron que la comunidad de arvenses predominante fue representada por las familias Asteraceae, Fabaceae

y Poaceae. Villaseñor y Espinosa (1998) mencionan que las familias de maleza más comunes en México son las siguientes: Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Mimosaceae, Caesalpinaceae, Brassicaceae, Amaranthaceae/Chenopodiaceae, Caryophyllaceae, Malvaceae, Lamiaceae, Convolvulaceae, Euphorbiaceae, Solanaceae y Cyperaceae.

Los resultados obtenidos concuerdan con más de la mitad de las familias que se mencionan anteriormente, las características botánicas son de fácil consulta y adecuadas. ya que se cuenta con más de 35 especies en el Catálogo de Malezas de México que reporta Villaseñor y Espinosa (1998). Se observaron las características que son más útiles para reconocerlas en el campo o en ejemplares de herbario, por medio de los caracteres diagnóstico a nivel familia, si se reconocen estas familias, se reconoce la familia de aproximadamente dos tercios de las especies de malezas registradas para México y se tiene más facilidad para identificarlas a especie; sin embargo, en esta investigación fue limitado realizar la identificación a nivel de especie, sobre todo en pastos, porque la mayoría de los individuos muestreados se encontraban en estado inmaduro.

4.2 Interpretación del Análisis de Varianza

El total de variables analizadas fueron 37 de las cuales el 24.32% tuvieron diferencias altamente significativas con una confiabilidad del 99% y un $\alpha \leq 0.01$ (pCOBm3, pCOBm4, pDMm2, pDMm3, NMm1, NMm2, NMm3 y NMm4, PFC), y 13.51% más, fueron significativas con una confiabilidad del 95% y un $\alpha \leq 0.05$ (pCOBm1, pDMm1, NMm6, PFMgm6 y AGUm6); el 10.81% fueron significativas al 90%, con $\alpha \leq 0.10$ (pCOMm2, AGUm2, pDCm3 y CAP7) y el resto no presento diferencias (51.35%), estos resultados se pueden apreciar en las interpretaciones que se realizan para cada variable, las cuales están descritas en los Cuadros 6,8,10,12,13 y 15.

Mortimer (1990) menciona que entre los factores que limitan el desarrollo de los cultivos hortícolas, la interferencia de malezas juega un papel muy importante, tanto por la reducción en el rendimiento del cultivo como por los costos de manejo y control ocasionados y también indica que la maleza constituye riesgos naturales dentro de los intereses y actividades del hombre.

El Darier *et al.* (2014) hacen referencia a que hoy en día, los bioherbicidas producidos a partir de extractos de plantas, aleloquímicos, aceites esenciales o subproductos naturales han mostrado un potencial prometedor contra las malas hierbas y también, han recibido más atención como estrategia de control de malas hierbas debido a la creciente conciencia pública sobre el medio ambiente y el riesgo de salud humana derivado de los herbicidas químicos. Varios compuestos de extractos de plantas poseen una actividad inhibitoria específica contra el crecimiento de la maleza, pero no causan daños perjudiciales a los cultivos; como se puede apreciar en los resultados obtenidos en esta investigación, variables de cobertura de maleza, daño a la maleza número de maleza y biomasa de la maleza fueron las que mayor impacto por el efecto de los bioherbicidas, con diferencias altamente significativas y esto está estrechamente relacionado con el impacto a la maleza, más que al cultivo.

4.3 Análisis del Porcentaje de Cobertura de la Maleza

En el caso de la variable cobertura de maleza en cada tratamiento las diferencias significativas fueron más notorias en las últimas evaluaciones (pCOMm3 y pCOBm4; Cuadro 6), esto debido a que solo se realizaron tres aplicaciones, por lo tanto la maleza tuvo presión de selección en las primeras aplicaciones, mostrando el efecto posterior, en este sentido debido a que los productos son de contacto, postemergentes y solo suprimen o disminuyen el crecimiento de la maleza de forma temporal, por tal motivo, esta alcanza a rebrotar y volverse a establecer. Al finalizar el experimento como ya no se realizaron más aplicaciones, la maleza prolifera y aumento el porcentaje de cobertura en el terreno. De la 3er aplicación o evaluación

a la 4ta el T1 aumento del 43.75% al 80% = 36.35%; T2 aumento del 32.25% al 71.21 = 38.75%, T3 aumentó del 6.25 % al 30.0% = 23.75% y el testigo siempre fue en aumento de 55.0% al 87.5% = 32.5% (Figura 10), como se aprecia en estos resultados, el tratamiento que mejor suprimió a la maleza, fue en el que se empleó el prototipo A3, sin embargo, la cantidad de maleza incrementada en cada unidad experimental, provocó daños por acumulación de humedad, plagas, deficiencias nutricionales y además de competencia por espacio, luz y agua.

Cuadro 6. Cuadros medios del análisis de varianza para las variables del porcentaje de cobertura de la maleza en el cultivo de la cebolla. UAAAN, 2022.

F.V.	gl	PCOBm1	PCOBm2	PCOBm3	PCOBm4	PCOBm5
Tratamiento	3	0.0112**	0.0163*	0.257***	0.376 ***	0.065 ^{NS}
Repetición	3	0.00012 ^{NS}	0.0105 ^{NS}	0.001 ^{NS}	0.047 ^{NS}	0.231*
Error	9	0.0019	0.0174	0.019	0.047	0.0802
Total corregido	15					
C.V. (%)		15.062	27.026	22.99	21.86	31.91
R ²		0.66	0.34	0.81	0.74	0.55
Media (%)		8.5	22.81	34.37	67.18	59.37

F.V.: fuente de variación; gl: grados de libertad; pCOB: porcentaje de cobertura; m1-m5: número de muestreo R²: coeficiente de determinación; C.V.%: porcentaje del coeficiente de variación ***: diferencias altamente significativas con $\alpha \leq 0.01$; **: diferencias significativas con $\alpha \leq 0.05$; *: diferencias significativas con $\alpha \leq 0.10$; ^{NS}: diferencias no significativas

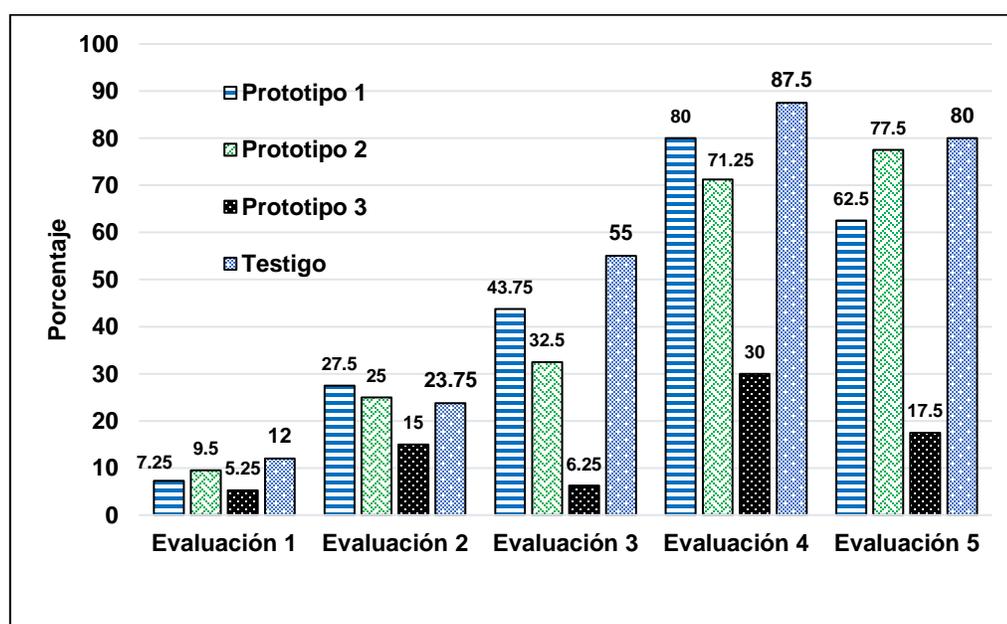


Figura 10. Porcentaje de cobertura de la maleza en el cultivo de la cebolla, Buenavista Saltillo, Coahuila, México, 2022.

En el caso de la última evaluación, la cobertura alcanzó valores altos, para T1 = 62.5%, T2 = 77.5%, T3 = 17.5% y el testigo = 80% y como se aprecia el prototipo A3, resulto ser el que menor cobertura tuvo al finalizar las evaluaciones (Figura 10 y Cuadro 7), además el cultivo presentó hojas amarillas, raquílicas y que no era posible visualizarlo entre la maleza, quedó oculto, esto nos hace referencia a la competencia interespecífica, de las diferentes especies que interactuaban en la parcela y cada unidad experimental. En el Cuadro 7, también se puede apreciar como en el tratamiento 1 (prototipo A1) y el testigo, la cobertura de la maleza va aumentando en medida que pasa el tiempo, pero en el tratamiento 2 (prototipo A2) va aumentando un poco más lento esto debido a que este prototipo fue un poco más eficaz que el 1 y el testigo, sin embargo, el tratamiento 3 (prototipo A3) fue el más efectivo ya que la disminución del porcentaje de cobertura fue muy notoria en cada evaluación y con cada tratamiento junto con el testigo y esta perduró a través del tiempo posterior a las aplicaciones, pero para evitar efectos por la maleza en el cultivo a cosecha se requieren del apoyo de otros métodos de control o establecer un programa de manejo integrado de la maleza en este cultivo, para evitar la interferencia de estas plantas o suprimir su crecimiento para minimizar el efecto hasta la cosecha o en la etapa fenológica de llenado del bulbo.

Cuadro 7. Comparación de medias para la variable porcentaje de cobertura.

Tratamientos	pCOBm1	pCOBm2	pCOBm3	pCOBm4	pCOBm5
Prototipo 1	7.25 bc	27.50 a	43.75 ab	80.00 a	52.5 a
Prototipo 2	9.50 ab	25.00 a	32.50 b	71.25 a	60.0 a
Prototipo 3	5.25 c	15.00 a	6.25 c	30.00 b	75.0 a
Testigo	12.0 a	23.75 a	55.00 a	87.50 a	50.0 a

pCOB: porcentaje de cobertura; m1-m5: número de muestreo; valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas ($\alpha \leq 0.05$).

Traoré & Maillet (1992) mencionan que la cobertura de las principales malezas está estrechamente relacionada con el ciclo fenológico de un cultivo, donde éstas se establecen, sin embargo, en el cultivo de la cebolla la competencia es muy notoria debido a las características morfológicas con las que cuenta el cultivo, por lo tanto, es difícil que llegue a cumplir su ciclo fenológico bajo la interferencia alta de la

maleza (Figura 11). Esta información se corrobora con lo mencionado por Velasco & Rico (2000) quienes mencionan que la cobertura de la maleza es un estimador de la biomasa aérea producida por estas plantas, muestra una alta relación con la variación del rendimiento de un cultivo y se considera un indicador de competencia con el cultivo. También Vaz de Melo *et al.* (2007) mencionan que los mayores valores de cobertura de ciertas especies indican mayor competencia por recursos con el cultivo y con otras plantas que se comportan como maleza, por efecto del mayor desarrollo de tejido vegetal.

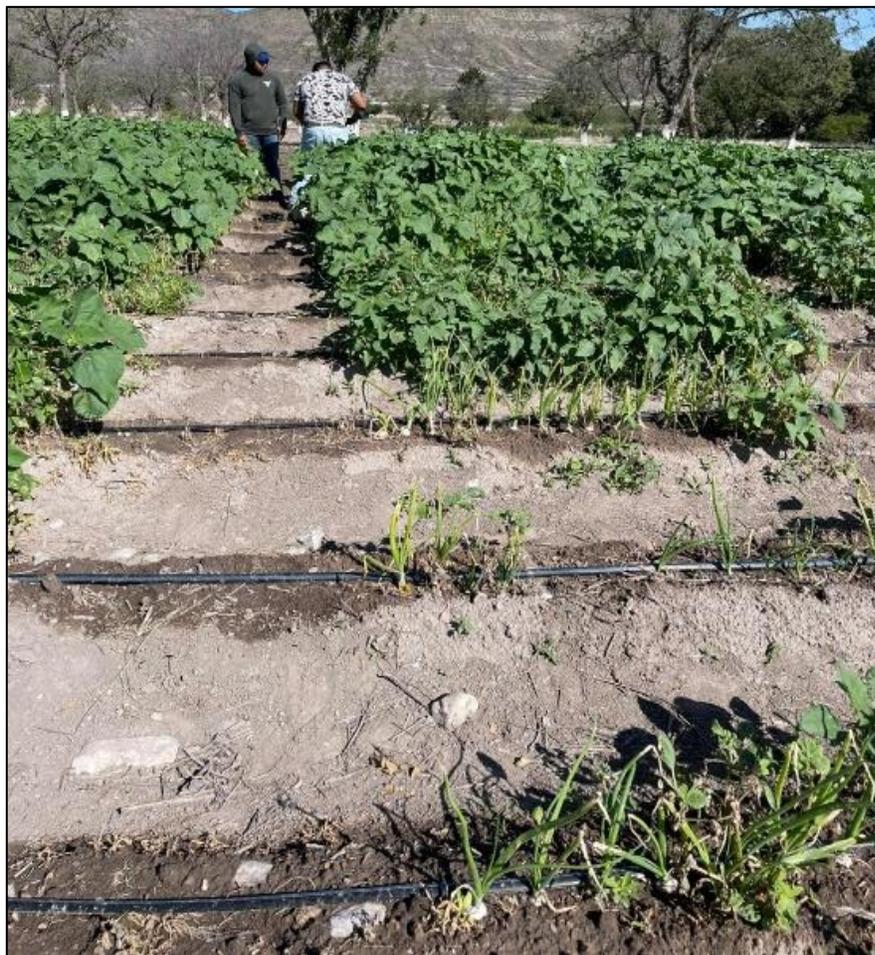


Figura 11. Interferencia de la maleza en el cultivo de cebolla, así como los daños que ocasionó al cultivo. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, 2022.

4.4 Análisis de la Variable Porcentaje de Daño a la Maleza

En esta variable se puede apreciar que hubo diferencias altamente significativas entre los tratamientos desde la primera y tercera evaluación (pDMm1, pDMm2, pDMm3) por las aplicaciones de los bioherbicidas; además, se puede observar en que para la cuarta evaluación ya no se mantienen estas diferencias (Cuadro 8), por tanto se corrobora la supresión a la maleza por los productos, sin embargo estos son de contacto y de poco duración, ya que las plantas tienden a recuperarse rápidamente, es decir que no perdura en el tiempo el efecto y por lo tanto, no se mantiene protegido el cultivo hasta la cosecha.

Cuadro 8. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables del porcentaje de daño a la maleza. UAAAN, 2022. Cuadrados medios de porcentaje de daño a la maleza.

F.V.	gl	pDMm1	pDMm2	pDMm3	pDMm4
Tratamiento	3	0.0075**	0.1728***	0.843***	0.0156 ^{NS}
Repetición	3	0.0008 ^{NS}	0.009*	0.024**	0.0363**
Error	9	0.0013	0.003	0.0063	0.0083
Total	15				
corregido					
C.V. (%)		99.38	28.762	14.017	105.64
R ²		0.666	0.95	0.97	0.676
Media (%)		0.37	6.62	35.31	2.12

F.V.: fuente de variación; *gl*: grados de libertad; pDM: porcentaje de daño a la maleza; m1-m4: número de muestreo; R²: coeficiente de determinación; C.V.%: porcentaje del coeficiente de variación; ***: diferencias altamente significativas con $\alpha \leq 0.01$; **: diferencias significativas con $\alpha \leq 0.05$; *: diferencias significativas con $\alpha \leq 0.10$; ^{NS}: diferencias no significativas.

La maleza se vio más afectada con el tratamiento 2 y 3, menos afectada con el 1 además se puede apreciar que en la tercera evaluación los tratamientos comienzan a tener mayor efecto en las malezas (Figura 12) esto quiere decir que mientras haya aplicaciones del bioherbicida la maleza será controlada.

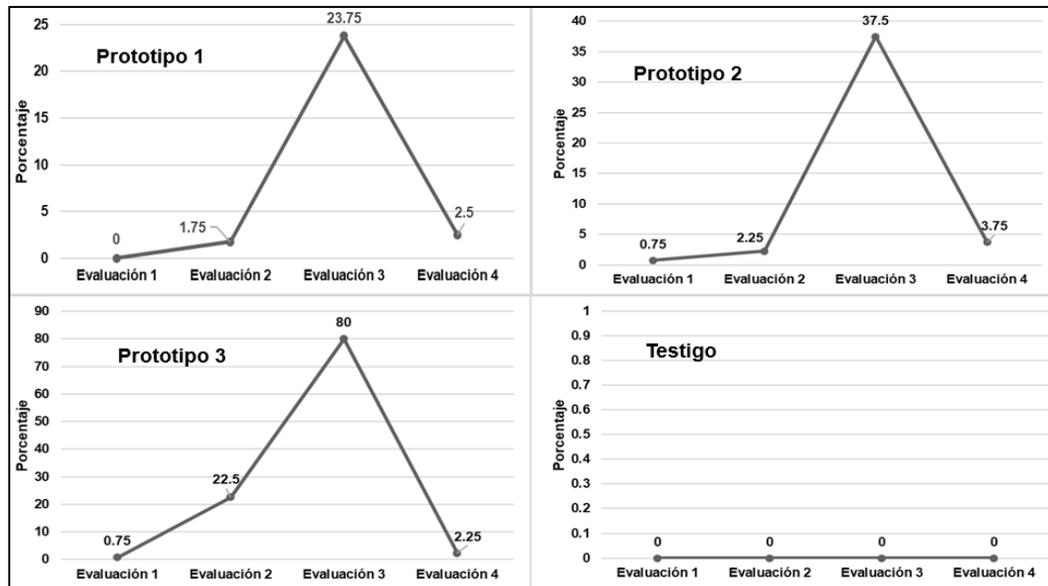


Figura 12. Nivel de daño a la maleza en porcentaje (%) para cada tratamiento, realizado con aplicaciones de bioherbicidas y el testigo con solo agua.

Con base a la información que nos proporciona el Cuadro 9, se observa que en la primera evaluación de todos los tratamientos el daño a la maleza fue mínimo, en la segunda evaluación podemos ver que el tratamiento 3 destacó de todos los demás debido a la formulación del mismo y es probable que por la edad que presentaba la maleza, en la evaluación tres los daños a la maleza son notorios en todos los tratamientos siendo el más efectivo el tratamiento 3 (80.0% de daño), en este sentido se puede decir que hubo acumulación del efecto de las aplicaciones en los tres tratamientos con bioherbicida, sin embargo este se acentuó para el prototipo 3, y si lo comparamos con el testigo las diferencias son notoria, en la evaluación cuatro disminuyó el daño y ya no fue posible visualizar el efecto en la maleza, lo que indica que las plantas se recuperaron rápidamente y esto se puede corroborar con la variable de porcentaje de cobertura. Lo que indica que los bioherbicidas, generan el efecto del daño en las plantas por presión de selección mientras se estén haciendo constantes aplicaciones, pero en cuanto ya no hubo aplicaciones, las plantas se recuperaron sin problema.

Cuadro 9. Comparación de medias para el porcentaje de daño a la maleza.

Tratamientos	pDMm1	pDMm2	pDMm3	pDMm4
Proto. 1	0.00 b	1.75 b	23.75 c	2.50 a
Proto. 2	0.75 a	2.25 b	37.50 b	3.75 a
Proto. 3	0.75 a	22.50 a	80.00 a	2.25 a
Testigo	0.00 b	0.00 c	0.00 d	0.00 a

pDM: porcentaje de daño a la maleza; m1-m4: número de muestreo; valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas ($\alpha \leq 0.05$).

Kruidhof *et al.* (2009) y Hosni *et al.* (2013) mencionan que los compuestos formados a partir de extractos vegetales tienen actividades inhibitoras específicas contra el crecimiento de las arvenses. Esto se debe a la existencia de receptores específicos en las arvenses que reconocen y reaccionan a dichos compuestos. Esto indica que los prototipos de bioherbicidas que se utilizaron en esta investigación, por sus características intrínsecas y a su formulación pudieron causar daños a la maleza. Los daños que se pudieron observar se dirigen más a la quemazón o necrosamiento de las hojas con esto se confirma que son bioherbicidas postemergentes de contacto, que muestran mayor control en maleza de hoja angosta y poco en la de hoja ancha (Cuadro 5). Hosni *et al.* (2013) indican que los extractos de las hojas, tallo, flor y raíz de la mostaza negra (*Brassica nigra* L.) inhiben la germinación, el crecimiento y la longitud de la radícula de la avena silvestre (*Avena fatua* L.), como ejemplo del efecto del uso de extractos provenientes de hoja ancha y hoja angosta.

Raveau *et al.* (2020) mencionan que los terpenoides son los principales compuestos de actividad de los aceites esenciales que podrían ser candidatos potenciales para el desarrollo de nuevos bioherbicidas. Estos compuestos tienen una fuerte actividad tóxica hacia diferentes especies de arvenses. Al aplicar aceites esenciales se ha observado en las plantas objetivo: amarillamiento, quema de hojas, reducción del crecimiento, disminución del contenido de clorofila y daño oxidativo.

4.5 Análisis de Numero de Maleza

En esta variable podemos observar que en los tratamientos hubo diferencias altamente significativas (Cuadro 10) ya que había evaluaciones en las que difería mucho el número de malezas debido a la efectividad del bioherbicida en las plantas.

Cuadro 10. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables del número maleza. UAAAN, 2022.

F.V.	gl	NMm1	NMm2	NMm3	NMm4	NMm5	NMm6
Tratamiento	3	4.13***	20.47***	20.33***	10.04***	2.88 ^{NS}	24.98 ^{**}
Repetición	3	0.093 ^{NS}	0.232 [*]	2.08 ^{**}	0.993 ^{NS}	7.54 ^{NS}	0.44 ^{NS}
Error	9	0.564	1.813	0.406	0.688	3.99	3.63
Total corregido	15						
C.V. (%)		6.68	13.63	7.465	0.547	20.1	17.75
R2		0.71	0.79	0.94	0.84	0.46	0.69
Media		127.01	102.5	77.31	96.75	102.93	122.06

F.V.: fuente de variación; gl: grados de libertad; NM: número de malezas; m1-m6: número de muestreo; R²: coeficiente de determinación; C.V.%: porcentaje del coeficiente de variación; ***: diferencias altamente significativas con $\alpha \leq 0.01$; **: diferencias significativas con $\alpha \leq 0.05$; *: diferencias significativas con $\alpha \leq 0.10$; ^{NS}: diferencias no significativas.

En los resultados obtenidos es fácil apreciar que el tratamiento 3 fue el que tuvo el menor número de maleza (Figura 13) como se ha mencionado anteriormente esto se pudo haber debido a los componentes por el cual está hecho el producto, además se observa que los tratamientos 1 y 2 no difieren mucho con el testigo destacando con un poco más de control a la maleza el tratamiento 2.

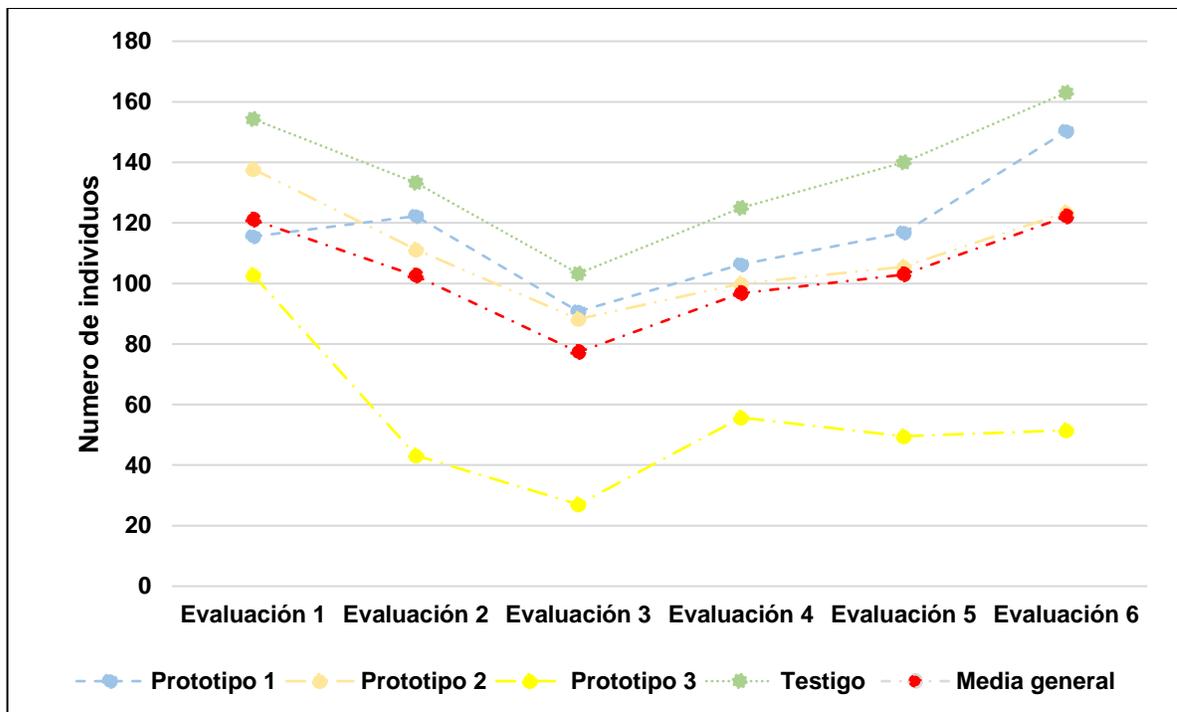


Figura 13. Dinámica poblacional del número de maleza presente en cada tratamiento.

Se observa que en la primera evaluación el número de maleza en el tratamiento 3 es menor que los demás difiriendo un poco con el tratamiento 1, pero en la segunda evaluación las diferencias son más notorias ya que el tratamiento 3 bajo mucho el número de individuos de maleza en comparación del tratamiento 1, 2 y el testigo (Cuadro 11), en la tercera evaluación todos mostraron una reducción en el número de maleza, esto debido a que hubo un déficit hídrico previo a la evaluación de esos datos, por tal motivo en el testigo se aprecia, también el efecto en la disminución de la maleza, como se puede observar a pesar de esta condición el efecto de los bioherbicidas en esta tercera aplicación es significativo, con respecto al testigo. Sin embargo, en la cuarta evaluación todos los tratamientos aumentaron considerablemente debido a que ya no se hicieron más aplicaciones de los productos y en las evaluaciones 5 y 6 algunos tratamientos bajaron debido a la competencia interespecífica que se iba generando entre malezas de hoja ancha y hoja angosta.

Cuadro 11. Comparación de medias para la variable número de maleza.

Tratamientos	NMm1	NMm2	NMm3	NMm4	NMm5	NMm6
Proto. 1	115.50 bc	122.25 a	90.75 a	106.25 a	85.00 a	150.25 a
Proto. 2	137.75 ab	111.25 a	88.25 a	100.00 a	110.00 a	123.50 a
Proto. 3	102.75 c	43.25 b	27.00 b	55.75 b	122.50 a	51.50 b
Testigo	154.25 a	133.25 a	130.50 a	125.00 a	94.25 a	163.00 a

NM: número de individuos de maleza; m1-m6: número de muestreo; valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas ($\alpha \leq 0.05$).

Arias & Salazar (1999) mencionan que en general, la maleza puede ocupar hasta el 70% del área total de un lote, lo cual reafirma el hecho de que son un problema que requiere de un control radical, cuando el cultivo está en su etapa inicial, este requiere de buena disponibilidad de nutrientes y espacio suficiente para poder iniciar su desarrollo de forma exitosa. En el caso de la cebolla se confirmó que el número de individuos de maleza puede ocupar más del 70% de área cubriendo totalmente al cultivo si no se realiza un control adecuado, además de que en poco tiempo la maleza supera en número al cultivo. La presencia de maleza, en algunos casos por la presión ejercida sobre el cultivo, hace que éste detenga su ciclo vegetativo y dé paso a la proliferación de otras plantas consideradas como maleza. Estos autores también indican que el estado de desarrollo de la maleza de las ciperáceas y gramíneas, a partir de los 40 días ha mostrado una relación directa con la disminución del rendimiento agrícola, en diversos cultivos, principalmente de hoja angosta.

Las familias de maleza que predominaron en cada tratamiento fueron Asteraceae y Poaceae seguidos por la familia Amaranthaceae en los tratamientos donde se realizaron las aplicaciones de los bioherbicidas, pero la presión en el control de la maleza estuvo sobre los individuos de la familia Poaceae. En caso del testigo, se presentó la misma tendencia, solo que aquí se aprecia mayor diversidad y abundancia, con excepción de la familia Lamiaceae, que no se encontró en ninguno de las repeticiones (Figura 14).

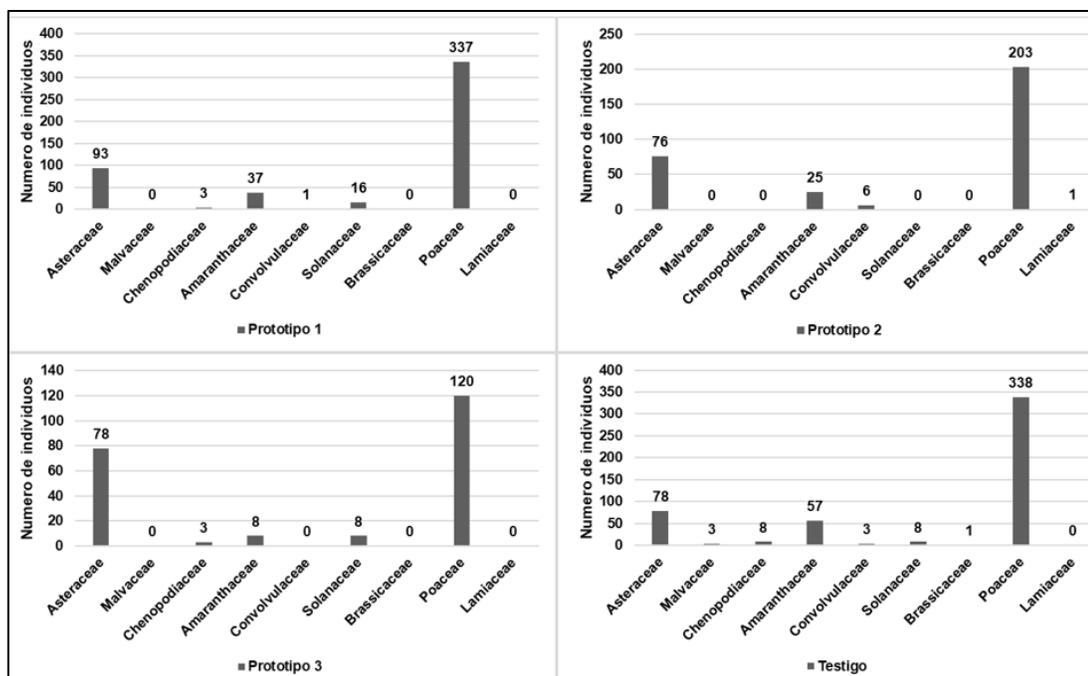


Figura 14. Numero de individuos por familia en cada tratamiento. UAAAN, 2022.

4.6 Análisis del Peso Fresco y Seco de la Maleza

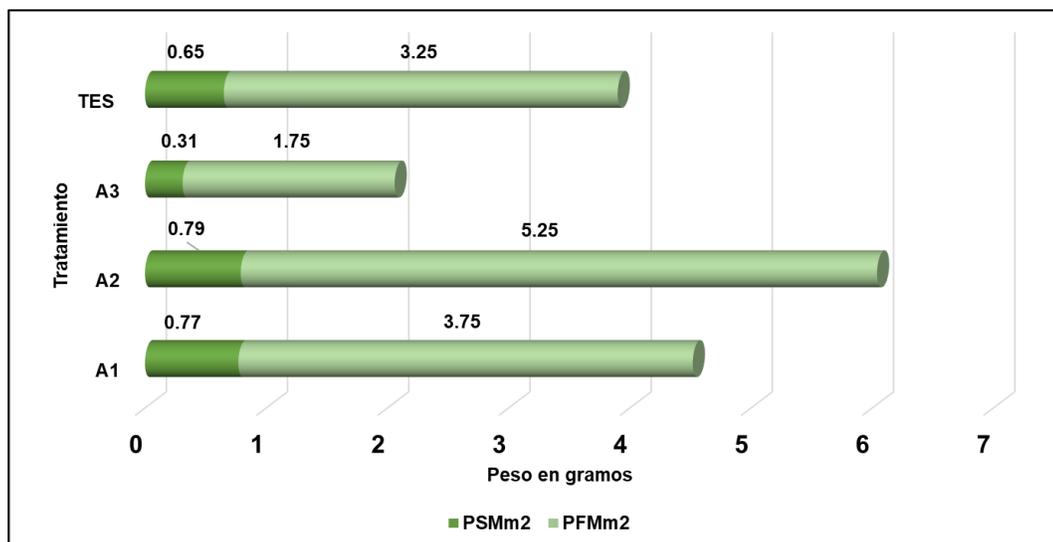
En estas variables se pudo observar que, en la primera evaluación, no hubo diferencias significativas en los tratamientos ni en las repeticiones, debido a que la maleza aun no era tan grande, en la sexta evaluación se aprecian diferencias significativas en los tratamientos ya que algunos bioherbicidas tuvieron mayor efecto que otros, por ello acumularon más peso fresco y seco (Cuadro 12). Sin embargo, en la variable peso seco de la maleza, las evaluaciones 2 y 6 no mostraron diferencias significativas entre tratamientos, pero en repeticiones si ya que algunas repeticiones acumularon más peso que otras, por la ubicación de estas y la heterogeneidad del banco de semillas.

Cuadro 12. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables peso fresco y seco de la maleza en el cultivo de la cebolla. UAAAN, 2022.

F.V.	gl	PFMm2	PFMm6	PFSm2	PFSm6
Tratamiento	3	8.33 ^{NS}	93522.75 ^{**}	0.1968 ^{NS}	118.91 ^{NS}
Repetición	3	5.66 ^{NS}	10548.41 ^{NS}	0.5544 [*]	858.91 ^{**}
Error	9	3.33	19278.47	0.1595	198.91
Total corregido	15				
C.V. (%)		52.16	46.96	62.92	37.98
R2		0.58	0.64	0.61	0.62
Media (g)		3.5	295.62	0.63	37.12

F.V.: fuente de variación; gl: grados de libertad; PFM: Peso fresco de la maleza; PSM: Peso seco de la maleza; m2 y m6: número de muestreos de evaluación; R2: coeficiente de determinación; C.V.%: porcentaje del coeficiente de variación ***: diferencias altamente significativas con $\alpha \leq 0.01$; **: diferencias significativas con $\alpha \leq 0.05$; *: diferencias significativas con $\alpha \leq 0.10$; NS: diferencias no significativas.

Los datos relacionados a los pesos frescos y secos en la maleza indican la capacidad de acumulación de agua y de materia seca que tienen las plantas que interactuaron con el cultivo de cebolla (Figura 15 A-B). Por tanto, los efectos que causaron los tratamientos reflejaron una acumulación de agua con un valor superior al 70% en la primera evaluación, siendo el prototipo 2 el mayor con 84.0%, prototipo 3 con 82.0%, prototipo 1 con 79% y el testigo con 80%, pero el tratamiento que tuvo menos peso seco fue el 3 con 0.31 g en comparación con los otros tratamientos, en esta primera toma, el valor no fue tan significativo debido a que la maleza estaba pequeña o aún no había mucha emergencia de ésta.



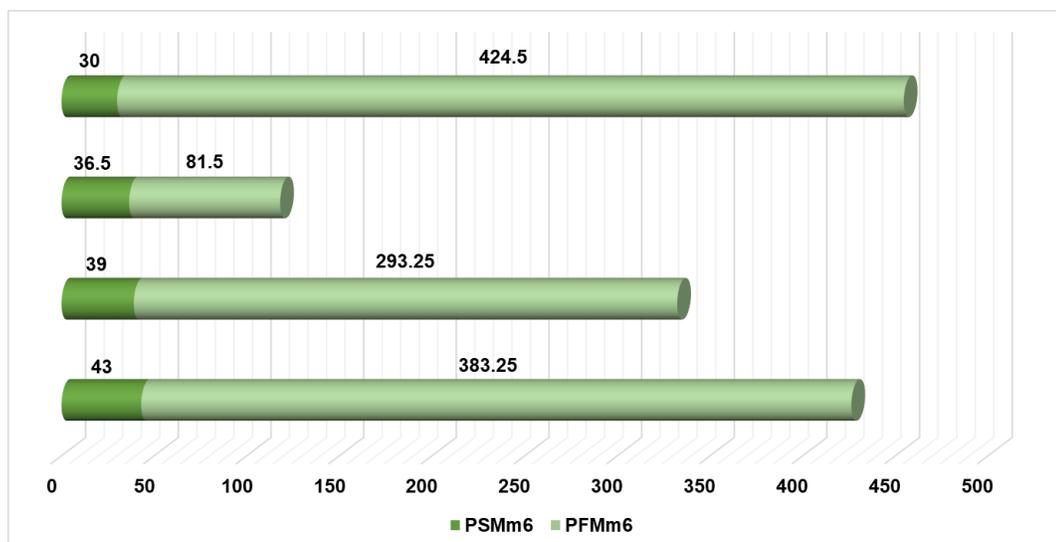


Figura 15 A-B. Peso fresco y seco acumulado por la maleza presente en el cultivo de cebolla.

Para la segunda evaluación la acumulación de agua fue más alta, superior al 50%, siendo el testigo el que mayor absorción de agua tuvieron las plantas con 92.0%, seguido de los tratamientos T1 con 88.0%, T2 con 86.0% y T3 con 55.0%, en contraste con la acumulación de materia seca que no tuvo la misma tendencia (Figura 15 A-B); sin embargo, el porcentaje correspondiente a la acumulación de materia seca fue de: T1 = 11.21%, T2 = 13.29%, T3 = 44.78% y testigo = 7.06%, estos resultados indican que los bioherbicidas causaron estrés en la maleza, presente en el cultivo, lo que la obligo a generar mayor cantidad de materia seca, por medio probablemente de la suberización de los tejidos, y esto es más notable en el tratamiento aplicado con el prototipo A3, el cual ha tenido la tendencia de haber afectado más a la maleza, con respecto al testigo, en el caso del testigo, no se expresó este estrés en las plantas.

Siliquini (2009) menciona que las cebollas tienen un sistema radical que explora escasamente el perfil y sus hojas fistulosas nunca llegan a cubrir completamente el surco. Estas dos condiciones le dan la impronta de no ser tan hábiles competidoras frente a la vegetación espontánea de mayor rusticidad. Por estas características a la cebolla se le dificulta mucho competir con la maleza; en este experimento se pudo

corroborar esta información ya que, al no haber un buen control de la maleza, ésta puede superar en adsorción del agua, así como la acumulación de materia seca y otros aspectos con respecto al cultivo. La pobre capacidad de competencia es un problema que debe ser estudiado en cada región sobre todo porque la diversidad y predominancia de especies de maleza es diferente, además que en la actualidad ningún herbicida controla todas las especies de malezas durante el ciclo de crecimiento de la cebolla.

Altieri (1997) también menciona que, debido a los cambios provocados por las aplicaciones de herbicidas en la frecuencia de la maleza asociada con cada cultivo, es evidente que se requiere más de un método de manejo de la maleza para controlar a estas plantas, siendo uno de ellos el control mecánico. Este autor también indica que la frecuencia de algunas plantas de maleza que son perennes, como *Cyperus rotundus* puede llegar a ser baja, pero no por aplicaciones de herbicidas, ya que ninguno de ellos controla esta maleza, sino por algún otro método de control o por la misma competencia interespecífica que se puede llegar a suprimir su crecimiento y desarrollo.

4.7 Análisis de Biomasa Acumulada de la Maleza

En cuanto a la variable de biomasa acumulada podemos observar que no hay diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 13) debido a que, en la mayoría de los tratamientos, la maleza se comportó de la misma manera, pero entre las repeticiones si hubo diferencias significativas ya que había repeticiones del mismo tratamiento en las que se presentó mayor acumulación de maleza que en otras. por ello la biomasa aumento o disminuyo, esto se pudo haber debido a las condiciones del banco de semillas en el suelo y la presencia de semillas no latentes, promoviendo con ello la emergencia y el establecimiento de la maleza en el terreno de cultivo, implicado a ello la preparación del terreno e incluso la fertilización como parte del manejo cultural de la maleza que queda implícito en las labores que se le

dan al cultivo, por lo que son factores externos y no necesariamente por el efecto del bioherbicida.

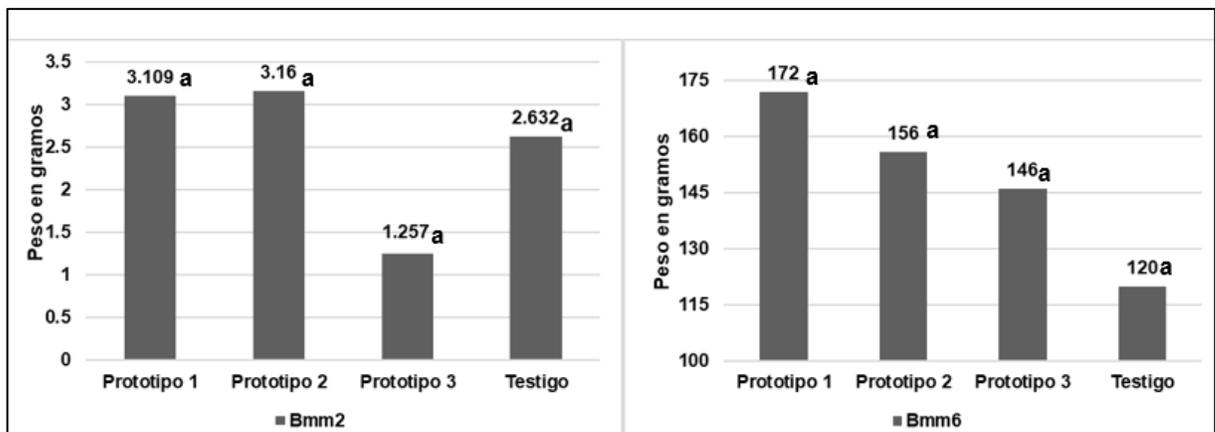
Cuadro 13. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables de biomasa acumulada de la maleza en el cultivo de la cebolla. UAAAN, 2022.

F.V.	gl	Bmm2	Bmm6
Tratamiento	3	3.15 ^{NS}	1902.66 ^{NS}
Repetición	3	8.871 [*]	13742.66 ^{**}
Error	9	2.55	3182.66
Total	15		
corregido			
C.V. (%)		62.92	37.98
R2		0.61	0.62
Media		2.5	140

F.V.: fuente de variación; *gl*: grados de libertad; Bm: biomasa m²; m2 y m6: número de muestreos de evaluación; R²: coeficiente de determinación; C.V.%: porcentaje del coeficiente de variación; **: diferencias significativas con $\alpha \leq 0.05$; *; *: diferencias significativas con $\alpha \leq 0.10$; y NS: diferencias no significativas

La biomasa es el resultado de la capacidad de las plantas para transformar la energía solar en fotosíntesis y con ello producción o acumulación de los productos de esta actividad fisiológica, los pesos de las plantas sin contenido de agua en una superficie específica, dan referencia de la capacidad que esta tiene para producir biomasa, en este sentido, el muestro inicial posterior a la primera aplicación con los bioherbicidas arrojó baja acumulación de este indicador en la maleza, esto se debe a que las plantas comenzaban a emerger; sin embargo se logra apreciar que el tratamiento 3 es el que mejor ha funcionado para el control de la maleza ya que es el que menor biomasa tiene de acuerdo con las medias obtenidas de todos los tratamientos con 1.25 g·m⁻², esto transformado a una hectárea fue una acumulación de 50.00 Kg·ha⁻¹; para el caso del testigo este acumuló 2.63 g·m⁻², lo que se refleja a 105.28 Kg·ha⁻¹, más del doble con respecto al tratamiento que mayor efecto ocasionó a la maleza; si se analizan los valores para el tratamiento 1 y 2, los resultados fueron: 3.08 g·m⁻² (123.2 Kg·ha⁻¹) y 3.16 g·m⁻² (158.0 Kg·ha⁻¹); el impacto en estos resultados es bajo, con respecto a los datos obtenidos al finalizar el experimento con valores de 6.88, 6.24, 5.84 y 4.80 ton·ha⁻¹, para los tratamientos

1, 2, 3 y 4, respectivamente; éstos valores demuestran la capacidad de recuperación de las plantas al control biorracional con el que se manejó el cultivo, además en el caso del testigo, se refleja la competencia interespecífica que se dio en las plantas por el crecimiento natural de este sin efecto de ningún tipo de control. También se pudo apreciar la capacidad de acumulación por el tipo de maleza, ya que predominaron las plantas de hoja ancha por eso los tratamientos acumularon más biomasa que el testigo donde hubo más presencia de pastos.



Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales, es decir que no hubo diferencias estadísticamente significativas.

Figura 16. Biomasa acumulada de la maleza evaluación 2 y 6 expresada en g·m⁻²

Van (2009) hace mención que el control de la maleza es una de las prácticas culturales más importantes, ya que compiten con el cultivo y afectan el rendimiento y la calidad del producto. Para ello se utilizan métodos combinados (manual, mecánico y químico) dependiendo del período vegetativo del cultivo y el grado de enmalezamiento, con la finalidad de disminuir la competencia y la acumulación de biomasa.

4.8 Análisis del Efecto en el Cultivo

Para las variables evaluadas en el cultivo, se encontró que hubo diferencias altamente significativas ($\alpha \leq 0.01$) entre tratamientos, para la variable de peso fresco de los bulbos (PFC), debido a que en algunos tratamientos se registraron poco

número de bulbos. Solo hubo diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) para la variable porcentaje de daño al cultivo en la última aplicación (pDCm3), el resto de las variables no presentaron diferencias (Cuadro 14). En el caso de las variables de peso seco de los bulbos de cebolla (PSC) y biomasa para el cultivo (BmC), las diferencias se expresaron entre las repeticiones (Cuadro 14, Figura 17, 18, 19) en el mismo sentido, se explica que es por la cantidad de bulbos que se muestrearon, ya que en algunas repeticiones había menos bulbos que en otras y esto influyó en esta fuente de variación, estas variables fueron obtenidas en la última evaluación del experimento a la sexta semana después de la primera aplicación. En términos estadísticos estos datos parecieran no tener impacto en la influencia de la maleza sobre el rendimiento de la cebolla, sin embargo, con base en la densidad de plantas establecida en el experimento (125,000 plantas·ha⁻¹), el rendimiento promedio estimado es de 13.5 ton·ha⁻¹, considerando el peso fresco del cultivo en cada uno de los tratamientos, se estimó un rendimiento en el T1 = 2.97 ton·ha⁻¹, el T2 = 2.22 ton·ha⁻¹, T3 = 0.64 ton·ha⁻¹ y T4 = 3.30 ton·ha⁻¹, con una reducción en el rendimiento de 78.0%, 83.25%, 95.25% y 75.55%, respectivamente, con estos datos de estimación el efecto si se muestra notorio para el rendimiento esperado.

Cuadro 14. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables evaluadas en el cultivo de la cebolla, con manejo biorracional de la maleza. UAAAN, 2022.

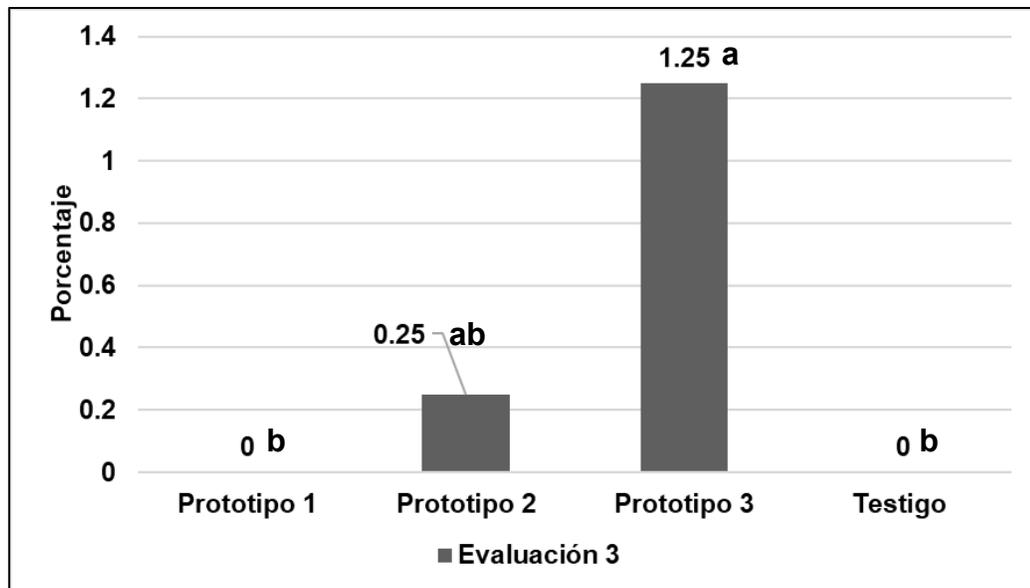
F.V.	gl	pDCm3	PFC	PSC	BmC
Tratamiento	3	0.0082*	1969.19***	2.037 ^{NS}	32.59 ^{NS}
Repeticion	3	0.00014 ^{NS}	122.166 ^{NS}	4.36*	69.77*
Error	9	0.0022	124.44	1.425	22.8
Total corregido	15				
C.V. (%)		157.86	25.94	41.79	41.79
R ²		0.55	0.84	0.59	0.59
Media		0.37	43	2.85	11.42

F.V.: fuente de variación; gl: grados de libertad; pDC, PFC; PSC y Bm: porcentaje de daño al cultivo, peso fresco de bulbos del cultivo, peso seco bulbos del cultivo, biomasa por m²; R²: coeficiente de determinación; C.V.%: porcentaje del coeficiente de variación ***: diferencias altamente significativas con $\alpha \leq 0.01$; *: diferencias significativas con $\alpha \leq 0.10$; ^{NS}: diferencias no significativas.

Siliquini (2009) menciona que algunos herbicidas específicos para cebolla tienen cierto grado de fitotoxicidad en la cebolla ya que producen una disminución en la

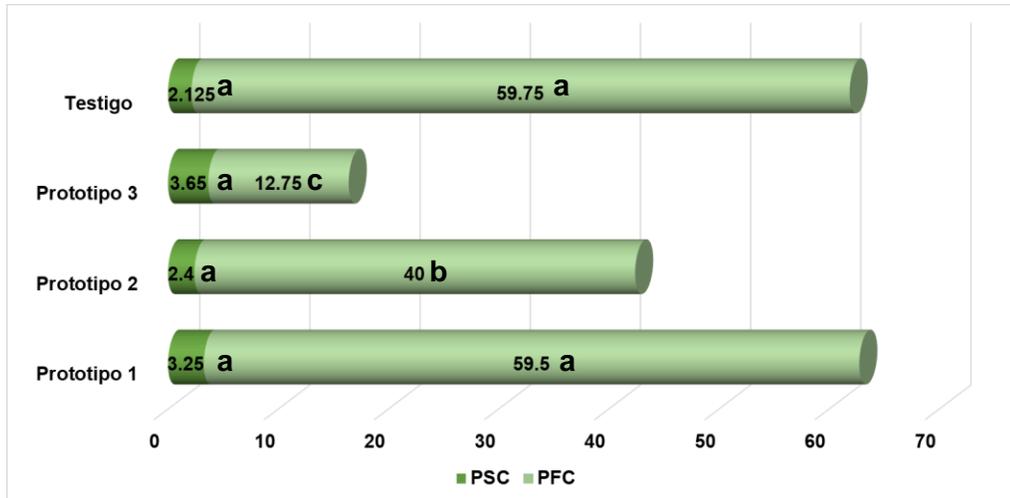
acumulación de biomasa de las plantas del cultivo, característica importante a tener en cuenta por su efecto sobre el rendimiento final del cultivo y el control de la maleza.

A pesar de que el prototipo A3, fue el bioherbicida que más impacto en las variables evaluadas en malezas, también fue el producto que más daño ocasiono al cultivo en la última aplicación, este daño no fue tan significativo ya que solo fue el 1.25% de afectación (Figura 17, 18, 19); sin embargo, como ya se vio en los resultados anteriores, estos valores repercuten en el rendimiento. Esto quiere decir que mientras se haga un buen control de la maleza el cultivo podrá desarrollarse bien, mejorando el rendimiento y calidad de las cosechas además de que el suelo en el que se estableció el cultivo es calcáreo con pH altos, suelos compactos, esto puede intervenir en la biomasa, ya que según Venegas (2013), la cebolla prefiere suelos con mayor contenido de materia orgánica, de textura franco-arcillosos, y estructura no tan compacta y no tolera los suelos calcáreos con pH altos.



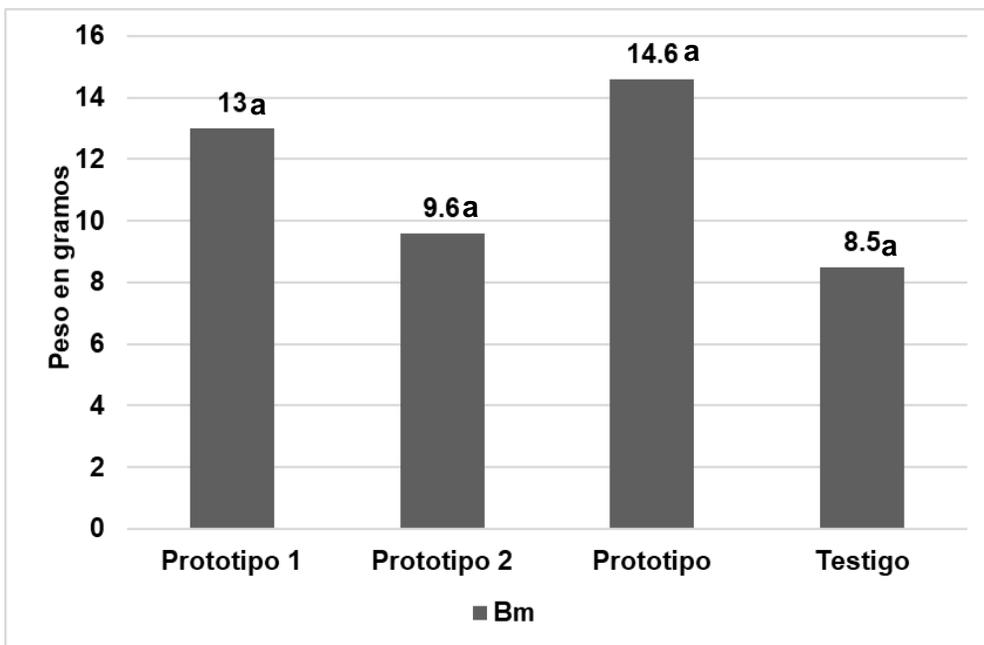
Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales, es decir que no hubo diferencias estadísticamente significativas.

Figura 17. Porcentaje de daño al cultivo de la cebolla.



Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales, es decir que no hubo diferencias estadísticamente significativas.

Figura 18. Peso fresco y seco acumulado del cultivo



Los valores con la misma letra son estadísticamente iguales, es decir que no hubo diferencias estadísticamente significativas.

Figura 19. Biomasa del cultivo en $g \cdot m^{-2}$ (C).

V. CONCLUSIONES

Los bioherbicidas evaluados en el cultivo de cebolla tuvieron un efecto del 35% en el daño fitotóxico a la maleza, una disminución en la cobertura de la maleza en el terreno del 27.5% y con una reducción en el número de plantas de 37%.

Los prototipos evaluados como bioherbicidas afectaron las plantas de cebolla con un porcentaje muy bajo de daño de 1.25%; pero esto perjudica hasta un 21% la reducción de la biomasa en fresco del cultivo.

La interferencia de la maleza en el cultivo de la cebolla aumenta el grado de competencia interespecífica y pueden reducir el rendimiento de un 75 a 95%, con respecto a un cultivo sin interferencia de maleza.

El prototipo A3, producto bioherbicida de la empresa GreenCorp, Biorganiks de México, S.A. de C.V. es una alternativa biorracional viable para considerarla en el manejo integrado de la maleza en el cultivo de la cebolla, aplicado de forma postemergente actúa de contacto para el control de hoja angosta y no selectivo a este cultivo, por lo que se deben hacer aplicaciones en banda dirigidas a la maleza.

VI. LITERATURA CONSULTADA

- Adkins, S. & Shabbir, A. (2014). Biology, ecology and management of the invasive parthenium weed (*Parthenium hysterophorus* L.). *Pest Management Science*, 70(7): 1023-1029. doi:10.1002/ps.3708
- Altieri, M. (1999). Tercera parte: sistemas alternativos de producción. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan–Comunidad, 338 p. <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/5004>
- Arias, G. & Salazar, J. D. (1999). Período crítico de inferencia por malezas en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), ciclo planta, variedad pindar, en el ingenio Quebrada Azul, San Carlos, Costa Rica. Congreso Nacional Agronómico. https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_agricultura/article/view/2827/2595
- Assuero, S. G., Rattin, J., Saluzzo, J. A., Sasso, G. & Tognetti, J. A. (2007). Observaciones sobre la producción y conservación de cebolla en el sudeste de Buenos Aires en relación con la disponibilidad hídrica. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 106(2):109-118.
- Barillas M., T. B., & Echegoyen V., C. A. (2014). Identificación de malezas con potencial de resistencia o tolerancia a herbicidas en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.); en el municipio de Santiago Nonualco, departamento de La Paz. Universidad de El Salvador Facultad de Ciencias Agronómicas (Tesis de licenciatura). 81 p. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/7544/1/13101576.pdf>
- Basantes, E. (2015). Manejo de cultivos andinos del Ecuador. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Quito-Ecuador. (Tesis de licenciatura). 46 p. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6071/1/T-UTEQ-0285.pdf> http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2011-21732015000200013
- Cargua C., Y. M. (2013). Respuesta de la cebolla perla (*Allium cepa* L.) a cuatro densidades de siembra y dos láminas de riego, Ascázubi, Pichincha.

- Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador, (Tesis de licenciatura). 98 p.
<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6071/1/T-UTEQ-0285.pdf>
- Carvajal J., M. C., Molina J., P. & Quintero F., R. (2014). Malezas: identificación, importancia y control en cultivos hortícolas y en maíz. Universidad Autónoma de Sinaloa y Universidad Autónoma de Nuevo León México. Primera edición, pp 235-249.
<https://editorial.uas.edu.mx/img/LibrosElectronicos/TopicosAgronomia.pdf#page=235>
- Casas, A. (s/f). Cultivo de la cebolla. Departamento de horticultura cda@lamolina.edu.pe Universidad Nacional Agraria, La Molina. Power point 55 Diapositivas. www.lamolina.edu.pe/hortalizas
- CEHUAS. (2007-2010). Campo Experimental Las Huastecas. Fertirrigación del cultivo de cebolla por riego por goteo en el sur de Tamaulipas. Libro técnico 5 cebolla. <http://www.inifapcirne.gob.mx/LocalizacionHuastecas.htm>
- Cely R., G. E. (2010). Determinación de parámetros de riego para el cultivo cebolla de bulbo en el Distrito de riego del Alto Chicamocha. Universidad Nacional de Colombia (Tesis de maestría). 109 p.
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70468/790551.2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chimal P., R. P. (2016). Análisis temporal de la enfermedad raíz rosada en cultivos de cebolla del estado de Morelos, México. Instituto Politécnico Nacional (Tesis de maestría) 70 p.
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/19485/Tesis%20MC%20Reyna%20Paloma%20Chimal%20Pool%20Junio%202016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cueto N., T. F. (2017). Situación fitosanitaria de la cebolla roja (*Allium cepa*). Barranca, Universidad Nacional Agraria la Molina, (monografía de licenciatura), 48 p.
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2958/H20-C8-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Dekker, J. (2011). Evolutionary ecology of weeds. Agronomy Department, Iowa State University. Ames, EE. UU.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=4595040&pid=S2011-2173201500020001300020&lng=en
- El Darier, S. M., Abdelaziz, H. A. & ZeinEl-Dien, M. H. (2014). Efecto del tipo de suelo sobre la actividad alelotóxica de residuos de (*Medicago sativa* L). en agroecosistemas de *Vicia faba* L. *Journal of Taibah Science*, 84–89.
- FAO (2011). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Red Agrícola. Ch.2014. XX Congreso de la Asociación Latinoamericana de malezas. Viña del Mar. Ch.2014
<https://www.redagricola.com/cl/xx-congreso-la-asociacion-latinoamericana-malezas/>
- FAO/IPPC. (2005). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/ Prevención y Control Integrado de la Contaminación. Directrices para la exportación, el envío, la importación y liberación de agentes de control biológico y otros organismos benéficos. Informe, publicación No. 3, Secretaría de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria, FAO, Rome.
https://www.ippc.int/servlet/binarydownloaderervlet/76047_icpm7_ispm3_s.pdf?filename=1119949781689_appx_ispm3_final_s.pdf&refid=76047
- Fernández, J. (2016). Enfermedades del cultivo de cebolla en el Perú y el Mundo, Power point, 113 diapositivas
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2958/H20-C8-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Figueroa, R., & Cordovez, G. (2017). Manejo de malezas en el cultivo de cebolla (Capítulo 6). pp 185-210. En: Manual del Cultivo de Cebolla en la Región de O'Higgins. <https://proyecto-cebolla.cl/wp-content/uploads/2017/05/07-Cap-6-Manejo-de-malezas-en-el-cultivo-de-cebolla.pdf>
- Fischer, A. & Valverde B., E. (2010). Resistencia a herbicidas en malezas asociadas con arroz. In: Degiovanni Beltramo, Víctor M.; Martínez Racines, César P.; Motta O., Francisco (eds.). Producción eco-eficiente del arroz en América

- Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. p. 447-487. (Publicación CIAT no. 365) <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/82517>
- Gadea S., E. O. (2014). El cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.) en el estado de Morelos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, (monografía de licenciatura), 50 p.
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1229/EL%20CULTIVO%20DE%20LA%20CEBOLLA%20%28Allium%20cepa%20L.%29%20EN%20EL%20ESTADO%20DE%20MORELOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gallegos S., E. A. (2015). Determinación del periodo crítico de competencia de malezas en el establecimiento de almacigo de cebolla (*Allium cepa* L. cv. noam) en el Valle de Tambo–2014. <https://core.ac.uk/reader/198126010>
- Galmarini, C. (1997). Manual del cultivo de la cebolla. INTA Centro Regional Cuyo, Argentina. <https://proyecto-cebolla.cl/wp-content/uploads/2017/05/07-Cap-6-Manejo-de-malezas-en-el-cultivo-de-cebolla.pdf>
- Gómez, J. F. (1995). Control de malezas. En: CENICAÑA. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, Cali, CENICAÑA, pp.143-152. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1363/81197_67182.pdf?sequence=1
- Guangasi T., L. E. (2012). Evaluación de fosfitos potásicos (Fitoalexin y Atlante) en la prevención de enfermedades foliares del cultivo de la cebolla. Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Agronómica, (Tesis de licenciatura). 94 p.
<https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/212/Recomendaci%c3%b3n%20En%20Primera%20Aproximaci%c3%b3n%20Para%20La%20Formulaci%c3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Heap, I. M (2021). Estudio internacional de malezas resistentes a herbicidas. [sin lugar]: [sin editorial]; actualizado el 30 de jun. de 2021; <http://www.weedscience.org/Pages/FAQ.aspx>.
- Heap, I. M. (2005). International survey of herbicide resistant weeds. Disponible en: www.weedscience.org.

- Helfgott, S. (2018). Control de Malezas. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 98 p. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992019000300008&script=sci_arttext
- Hosni, K., Hassen, I., Sebei, H. & Casabianca, H. (2013). Secondary metabolites from (*Chrysanthemum coronarium*) Garland flowerheads: Chemical composition and biological activities. *Industrial Crops and Products*, 44: 263-271. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.11.033>
- ITIS. (2010). Integrated Taxonomic Information System. https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=42720#null
- Jangre, N., Omesh, T., & Gupta, C. R. (2018). Review on pre and post emergence herbicides against weeds, yield attributes and yield of onion. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(4): 1222-1230. [doi: 10.20546/ijcmas.2018.704.136](https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.704.136).
- Jean-Simon, L., Mont-Gerard, M. & Sander, J. (2012). Effects of early season weed competition duration on onion yield. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 125: 226-228. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071834292020000200013&script=sci_arttext_plus&tlng=es
- Kruidhof, H. M., Bastiaans, L. & Kropff, M. J. (2009). Cover crop residue management for optimizing weed control. *Plant and Soil*, 318(1-2): 169-184. <https://doi.org/10.1007/s11104-008-9827-6>
- Labrada R. (1996). Weed management status in developing countries. Proceedings of the Second International Weed Control Congress, Copenhagen, Denmark. pp. 579-589. <https://www.fao.org/3/a0884s/a0884s.pdf>
- Labrada, R., & Parker, C. (1996). Capítulo 1. El control de malezas en el contexto del manejo integrado de plagas. <https://www.fao.org/3/t1147s/t1147s05.htm>
- Lenscak, M. P. (2017). Cultivo de Cebolla. Ministerio de Agroindustria Presidencia de la Nación, 20 diapositivas. <http://repodesa.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/687/CR%20>

Corrientes EEA%20Bella%20Vista Lenscak MP Cultivo%20de%20cebolla.pdf?sequence=1

- Lugo, M. & Cabrera, I. (2012). Conjunto tecnológico para la producción de cebolla. Malezas 2 (en línea). Mayagüez, S. E. Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayagüez Colegio de Ciencias Agrícolas <https://www.uprm.edu/eea/wp-content/uploads/sites/177/2016/04/8.-CEBOLLA-MALEZAS-I.-Cabrera-y-M.-Lugov2012.pdf>
- Mata, V. H., Patishtan, P. J., Vazquez, G. E. & Ramirez, M. M. (2011). Fertilización del cultivo de cebolla con riego por goteo en el Sur de Tamaulipas. INIFAP. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo Experimental Las Huastecas. Villa Cuauhtémoc, Tamaulipas. 158 p. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/901.pdf>
- Menalled, F. D. (2010). Consideraciones ecológicas para el desarrollo de programas de manejo integrado de malezas. *Agroecología* 5: 73-78. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=4595074&pid=S2011-2173201500020001300040&lng=en
- Moyer, J., Blackshaw, R., Doram, R., Huang, H. & Entz, T. (2005). Effect of previous crop and herbicides on weed growth and wheat yield. *Canadian Journal of Plant Science*, 735-746. <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/5004>
- Navarro, G. M. (2012). Efecto de una correcta nutrición en la calidad final de la cebolla. Conferencia de Cebollas. Irapuato, Gto., México. s/p. <http://zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/prodCebolla.pdf>
- Núñez C., J. J. (2017). Uso de abono orgánico en el crecimiento de plántulas de pimiento (*Capsicum annum* L.). Universidad Técnica de Cotopaxi. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, La Maná-Ecuador. (Tesis licenciatura) 31 p. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4131/1/UTC-PIM-000048.pdf>
- Olayinka, B. U. & Etejere, E. O. (2015). Growth analysis and yield of two varieties of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) as influenced by different weed control

- methods. *Indian Journal of Plant Physiology*, 20(2):130-136. Doi: [doi: 10.1007/s40502-015-0151-1](https://doi.org/10.1007/s40502-015-0151-1).
- Ordoñez T., J. A. (2014). Evaluación agronómica de diez “familias” seleccionadas de Chalote (*Allium cepa* variedad aggregatum) en Puenbo-Pichincha. Universidad San Francisco de Quito. Quito, Ecuador. 64 p. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6071/1/T-UTEQ-0285.pdf>
- Osuna C., F. D. J., & Ramírez R., S. (2013). Manual para cultivar cebolla con fertirriego y riego por gravedad en el estado de Morelos. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur Campo Experimental Zacatepec, Libro Técnico No. 12 Zacatepec, Morelos. <https://www.researchgate.net/profile/FelipeOsuna/publication/279852442>
- Paguay C., S. C. (2017). Determinación de los requerimientos hídricos para el cultivo de la cebolla colorada (*Allium cepa* L.) var. Burguesa en base al contenido de agua en el suelo, en Macají, Cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. (Tesis de licenciatura). 126 p. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7643/1/13T0846.pdf>
- Papa, J. C. (2009). Problemas actuales de malezas que pueden afectar al cultivo de soja. En: Para mejorar la producción. Ediciones INTA, Oliveros E., E. A. 42: 97-105. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-problemas_actuales_de_malezas.pdf
- Pedrerros, A., (s/f) Manejo de malezas en producción con base agroecológica. Fundamentos y técnicas de producción, y experiencia en la Región de Los Ríos, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 249 p. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68311/Capitulo%2011.pdf?sequence=64>
- Powles, B. & Preston, C. (2006). Resistencia evolucionada al glifosato en plantas: base bioquímica y genética de la resistencia. *Allen Press*, 20(2): 282–289. <http://www.jstor.org/stable/4495678>.
- Puricelli, E. & Tuesca, D. (2005). Efecto del sistema de labranza sobre la dinámica de la comunidad de malezas en trigo y en barbechos de secuencias de cultivos

- resistentes a glifosato. *AgriScientia*, XXII (2): 68-78.
<https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/5004>
- Quadrelli, A. R. (2019). Métodos para el control de malezas en duraznero (Tesis de doctorado). Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral. 29 p.
<https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/5149/TFI.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Quimí, M. D. (2015). Estudio y Análisis de *Allium cepa* L. cebolla paiteña y su aplicación para nuevas propuestas. Universidad de Guayaquil. (Tesis de licenciatura). 87 p.
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/14179/1/TESIS%20Gs.%20109%20-%20ESTUDIO%20Y%20ANALISIS%20DE%20ALLIUM%20CEPA%20-%20CEBOLLA%20PAITE%20c3%91A.pdf>
- Quintero-Pértuz, I. & Carbonó-DelaHoz, E. (2015). Panorama del manejo de malezas en cultivos de banano en el departamento de Magdalena, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(2): 329-340.
- Ramírez, M. M., Arcos, C. G., Sánchez, M. D. L., Mata, V. H. & Vázquez, G. E. (2011). Evaluación de variedades de cebolla para calidad de bulbo y rendimiento comercial en el Sur de Tamaulipas. *In: VI Reunión Nacional de Innovación Agrícola*, 233 p. León Guanajuato, México.
<http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/901.pdf>
- Raveau, R., Fontaine, J. & Lounès-Hadj, S. A. (2020). Essential oils as potential alternative biocontrol products against plant pathogens and weeds. *Review. Foods*, 9(3): 365. <https://doi.org/10.3390/foods9030365>
- Rojas S., R. A. (2018). Cebolla. Paq-cebolla.pdf, Campo Experimental Costa de Hermosillo, Hermosillo Sonora. CIRNO-INIFAP.
<http://oiapes.sagarhpa.sonora.gob.mx/paq-tec/paq-cebolla.pdf>
- Sadeghian K., S. (2012). Efecto de los cambios en las relaciones de calcio, magnesio y potasio intercambiables en suelos de la zona cafetera colombiana sobre la nutrición de café (*Coffea arabica* L.) en la etapa de almácigo. (Tesis

- de doctorado). Universidad Nacional de Colombia.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/8983>
- SAGARPA. (2015). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Agricultura producción anual. SAGARPA:
<http://www.siap.gob.mx/>
- SAS. (2002) Instituto de Sistema de Análisis Estadístico. Guía del usuario de SAS / STAT. Versión 8, 6ta edición, SAS Institute, Cary, 112.
- Senamhi. (s/f). Inicio y crecimiento de bulbo, Estación Carnand 000832, Departamento: Arequipa, Prov. Camana, Dist. Samuel Pastor. www.senamhi.gob.pe
- Shigyo, M., & Kik, C. (2007). Cebolla. Vegetales II: Fabaceae, Liliaceae, Solanaceae y Umbelliferae. pp. 121-159.
<http://zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/prodCebolla.pdf>
- Siliquini, O. A. (2009). Evolución de algunos parámetros fisiológicos y productivos en cebolla (*Allium cepa* L.) sembrada en forma directa a dos densidades y dosis de Nitrógeno. (Tesis de Maestro en Ciencias Agrarias). Universidad Nacional del Sur. 165 p.
https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/1517/a_funinc532.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- SQM. (2018). Sociedad Química y Minera de Chile. Productos de nutrición.
<https://www.sqm.com/>
- Tang, L., Wan, K., Cheng, C., Li, R., Wang, D., Pan, J., Tao, Y., Xie, J. & Chen, F. (2013). Effect of fertilization patterns on the assemblage of weed communities in an upland winter wheat field. *Journal of Plant Ecology*, 1-12
<https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/5004>
- Torres M., S. K. (2018). Alternativas biológicas para el control de la pudrición blanca de la cebolla (*Allium cepa* L.), Instituto Politécnico Nacional. (Tesis Maestría). 50 p. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/25661/Tesis%20-%20Karina%20Torres%20Maga%20Magac3%b1a.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Torres, L., Montesdeoca, F., Gallegos, P., Castillo, C., Asaquibay, C., Valverde, F. & Andrade-Piedra, J. (2011). Inventario de Tecnologías e Información para el

- cultivo de papa en Ecuador. Centro Internacional de la Papa (CIP), 3 p.
<https://cipotato.org/papaenecuador/2017/10/16/control-mecanico/>
- TRADE MAP. (2015). Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas. <http://www.trademap.org/>
- Valencia Sandoval, Karina, & Zetina Espinosa, Ana Mónica (2017). La cebolla mexicana: un análisis de competitividad en el mercado estadounidense, 2002-2013. *Región y sociedad*, 29(70), 133-153.
<https://doi.org/10.22198/rys.2017.70.a348>
- Van K., A. (2009). Cebolla. Parte II. Implantación, fertilización, cultivares, control de malezas, riego, sanidad, cosecha, conservación. *Horticultura. Fruticultura y Diversificación* N° 60.
https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/1517/a_funinc532.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vaz de Melo, A., Galvão J., C. C., Ferreira L., R., Miranda G., V., Tuffi S., L. D., Santos I., C. & Souza I., V. (2007). Dinámica poblacional de plantas dañinas en cultivo de milho-verde nos sistemas orgánicos y tradicional. *Planta Daninha*, 25: 521-527. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992019000300008&script=sci_arttext
- Velasco, J. M. & Rico, E. (2000). Análisis de la flora de cultivos de regadío en el sudoeste de Castilla y León. *Anales Jardín Botánico de Madrid*, 58(1): 133-144.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S241332992019000300008&script=sci_arttext
- Venegas, R. (2013). Producción de semilla botánica de cebolla, cultivar roja arequipeña (*Allium cepa* L.). Canaán 2750 msnm-Ayacucho. Universidad Nacional de San Cristóbal. (Tesis licenciatura) 83 p.
file:///C:/Users/reycal/Downloads/TESIS%20AG1070_Ven.pdf
- Vilca C., J. F. (2010). Evaluación del rendimiento de seis cultivares de cebolla (*Allium cepa* L.) en condiciones de época del invierno en la Irrigación de Ite-departamento de Tacna. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann ~

Tacna. (Tesis de licenciatura) 103 p.

<http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/498>

Villarreal Q., J. A. (1983). Malezas de Buenavista, Coahuila. Universidad Autónoma Agrícola Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, México. 271p.

Villaseñor Ríos, J. L. & Espinosa G., F. J. (1998). Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario, Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
<http://www.malezasdemexico.net>

Zimdahl, R. L. (2007). Fundamentals of Weed Science. Academic Press. USA. 689 p.

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/728755/8>. PD. Identificación molecular de Malezas 1.0 2017.pdf