

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCION DE POSGRADO



PERÍODO CRÍTICO DE COMPETENCIA DE MALEZA Y ACTIVIDAD
ALELOPÁTICA DE *Chenopodium murale* L. SOBRE *Allium fistulosum* L. EN EL
VALLE DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA

TESIS

Que presenta ANDRÉS GONZÁLEZ RUÍZ

Como requisito parcial para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

Saltillo, Coahuila

Julio 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCION DE POSGRADO



PERÍODO CRÍTICO DE COMPETENCIA DE MALEZA Y ACTIVIDAD
ALELOPÁTICA DE *Chenopodium murale* L. SOBRE *Allium fistulosum* L. EN EL
VALLE DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA

TESIS

Que presenta ANDRÉS GONZÁLEZ RUÍZ
Como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

M.C. Arturo Coronado Leza
Director principal UAAAN

Dra. Yolanda Rodríguez Pagaza
Directora principal externa

Saltillo, Coahuila

Julio 2018

PERÍODO CRÍTICO DE COMPETENCIA DE MALEZA Y ACTIVIDAD
ALELOPÁTICA DE *Chenopodium murale* L. SOBRE *Allium fistulosum* L. EN EL
VALLE DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA

Tesis

Elaborada por Andrés González Ruíz, como requisito parcial para obtener el grado de
Maestro en Ciencias en Parasitología Agrícola con la supervisión y aprobación del
Comité de Asesoría.



M.C. Arturo Coronado Leza
Asesor principal interno



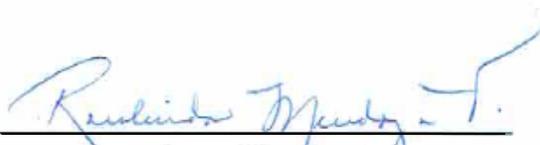
Dra. Yolanda Rodríguez Pagaza
Asesor principal externo



Dr. Carlos Enrique Ail Catzim
Asesor externo



Dra. Yisa María Ochoa Fuentes
Asesor



Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal
Subdirectora de Postgrado
UAAAN

Saltillo, Coahuila

Julio de 2018.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente quiero extender un infinito agradecimiento a Dios y la Virgen de Guadalupe por brindarnos salud a mí y a mi familia, por la fortaleza, buenos principios que he tratado de mantener en mi formación, a pesar de los difíciles momentos que he vivido.

Al Ing. Gilberto Gómez Quintana productor cooperante y representante legal de la empresa Bajamist S.RL. DE C. V., un muy buen amigo, quien nos apoyó incondicionalmente en conjunto con su equipo de trabajo, en la realización de esta investigación.

Al M. C. Arturo Coronado Leza, por sus grandes aportaciones, buenos consejos y por guiarme en este camino tan importante en mi vida. Gracias por el caluroso recibimiento con su familia y por presentarme con sus amigos de la línea de investigación de maleza. A la Dra. Yolanda Rodríguez Pagaza por sus atenciones en el seguimiento oportuno de esta investigación, por creer y confiar en mis capacidades como estudiante. A la Dra. Yisa María Ochoa Fuentes, por su colaboración en la revisión de la tesis.

Al Dr. Carlos Enrique Ail Catzim, quien en todo momento no dejó de brindarme su atención, paciencia, tolerancia, disponibilidad en la conducción y asesoramiento tanto en la parte experimental, como en los análisis, redacción de los manuscritos y finalmente con el envío del artículo de ésta investigación.

Al Dr. Manuel Cruz Villegas, por nunca dejarme solo en los proyectos que me he propuesto, gracias por su confianza, su entrega, sus enseñanzas, sus buenos principios que me han ensañado a valorar y vivir intensamente la vida como nunca yo esperaba vivirla, aprendí a tomar decisiones importantes que me abrieron muchas oportunidades que jamás me imaginaría, gracias por ser mi amigo, consejero y mi profesor de la vida real. Al Ing. María Guadalupe González Salazar, Ing. José Ulises Murillo Ramírez y al Dr. Juan Francisco Ponce Medina por participar en la conducción del trabajo de campo, quienes estuvieron en todo momento apoyándome, gracias por su amistad y colaboración en ésta importante investigación.

DEDICATORIA

A mis padres Andrés González Vázquez e Irma Ruíz Govea, a quienes amo con todo mi corazón, mi alma, les estoy profundamente agradecido por darme la vida, gracias por apoyarme incansablemente en toda mi trayectoria académica, laboral y personal. Ustedes siempre me han ensañado a no rendirme en los peores momentos de mi vida y por ustedes me considero un ser humano de buenos principios, valores y virtudes las cuales me han llevado a realizar cosas que para mí fuesen imposibles, jamás olviden que nunca dejaré de apoyarlos como ustedes lo han hecho conmigo, no me rendiré en este duro camino y yo estaré siempre con ustedes mi gran familia, los amo.

Al amor de mi vida Dania Itzel Martínez Rodríguez, a quien conocí en el desarrollo de esta investigación, que con su ternura, sencillez, humildad, ocurrencias, simpatía, alegría, su belleza, su nobleza, su buena voluntad y un amor infinito robaron por completo mi corazón, eres uno de mis grandes motivos junto a nuestras familias por luchar y realizar mis sueños, contigo he vuelto a vivir, estoy muy agradecido con Dios y la Virgen de Guadalupe por permitirme tener un ángel a mi lado, te amo mi cielo.

A mis hermanas y a sus hijos, Elizabeth González Ruíz y Andrea Guadalupe González Ruíz, por estar siempre cuando más las necesito, las amo como ni se imaginan, siempre estaré a su lado en todo momento.

A toda mi familia por creer en mí, por estar presentes en los momentos más importantes de mi vida, los quiero mucho y los amo.

Índice general

INTRODUCCIÓN	1
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
Hipótesis	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Importancia económica del cebollín.....	4
Descripción botánica del cebollín (<i>Allium fistulosum</i> L.).....	4
Concepto de maleza	5
Características de las malezas	6
Daños causados por maleza	7
Control de maleza en el cebollín.....	8
Interferencia entre maleza-cultivo.....	10
Factores que afectan la competencia	10
Período crítico de competencia	11
Umbral de daños	13
Alelopatía o teletoxicidad	14
Efectos sobre las plantas.....	14
Sustancias aleloquímicas	15
Mecanismo de acción de los compuestos alelopáticos.....	16
Usos de la alelopatía.....	18
MATERIALES Y MÉTODOS	21
Período crítico de competencia de maleza en cebollín (<i>Allium fistulosum</i> L.)	21
Actividad alelopática de <i>Chenopodium murale</i> L. sobre cebollín (<i>Allium fistulosum</i> L.).....	25
Experimento residuo incorporado de <i>C. murale</i> sobre <i>A. fistulosum</i>	26
Experimento extractos hidroetanólicos de <i>C. murale</i> sobre <i>A. fistulosum</i>	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
Densidad de maleza del estudio sobre PCC en <i>A. fistulosum</i>	29
Altura y diámetro de pseudotallo	30

Efecto de la maleza sobre el rendimiento y calidad	32
Período crítico de competencia de maleza.....	36
Actividad alelopática de <i>Chenopodium murale</i> L. sobre cebollín (<i>Allium fistulosum</i> L.).....	38
Experimento residuo incorporado de <i>C. murale</i> sobre <i>A. fistulosum</i>	38
Experimento extractos hidroetanólicos de <i>C. murale</i> sobre <i>A. fistulosum</i>	42
CONCLUSIONES	47
REFERENCIAS.....	48

Lista de cuadros

Cuadro 1. Períodos de tiempo en el cultivo de <i>Allium fistulosum</i> , con maleza o libre de maleza, evaluados para determinar el período crítico de competencia de maleza.....	22
Cuadro 2. Relación de riegos y fertilizaciones utilizados en el presente experimento....	23
Cuadro 3. Insecticidas utilizados en el manejo de trips (<i>Thrips tabaci</i>), gusano soldado (<i>Spodoptera exigua</i>) y minador (<i>Liriomyza sp.</i>) en el cultivo de cebollín.....	25
Cuadro 4. Concentraciones del extracto de <i>Chenopodium murale</i> L. para determinar el efecto alelopático en el cultivo de cebollín. Valle de Mexicali, B.C.....	28
Cuadro 5. Densidad poblacional de las principales especies de maleza en diferentes períodos de tiempo con el cultivo de <i>Allium fistulosum</i> correspondiente a: libre de maleza o con maleza en competencia.....	30
Cuadro 6. Efecto de los tratamientos en la altura de planta y grosor del pseudotallo en cebollín, durante el ciclo vegetativo de <i>Allium fistulosum</i> . Mexicali, B.C.....	32
Cuadro 7. Comparación del rendimiento de <i>Allium fistulosum</i> sometido a diferentes periodos de competencia de maleza.....	34
Cuadro 8. Efecto de la competencia con maleza, en el diámetro, longitud de pseudotallo y planta completa de calibres delgados y medianos del cebollín en postcosecha.....	35
Cuadro 9. Efecto de la competencia con maleza, en el color de la hoja de calibres medianos y delgados del cebollín en postcosecha.....	36
Cuadro 10. Efecto de diferentes partes vegetativas de <i>Chenopodium murale</i> sobre germinación, longitud de raíz, longitud de tallo y materia seca de <i>Allium fistulosum</i>	38
Cuadro 11. Efecto de extractos de <i>Chenopodium murale</i> a las 48, 96, 144, 192 y 240 HDA sobre la germinación de <i>Allium fistulosum</i>	45
Cuadro 12. Efecto de extractos de <i>Chenopodium murale</i> a las 48, 96, 144, 192 y 240 HDA sobre el crecimiento inicial y materia seca de <i>Allium fistulosum</i>	45

Lista de figuras

Figura 1. Efecto de la competencia de maleza durante todo el ciclo (A) vs la competencia sin maleza durante todo el ciclo (B).....	33
Figura 2. Efecto del período de competencia de maleza sobre el rendimiento del cebollín.....	37
Figura 3. Efectos visuales de los residuos incorporados de <i>C. murale</i> sobre semillas de cebollín: A) Raíz, B) Tallo, C) Hoja, D) Flor, E) Planta completa sobre el cebollín y F) Testigo (Agua destilada).	40
Figura 4. Efectos visuales de los extractos vegetales de <i>C. murale</i> en la prueba de germinación de cebollín a los 240 HDA: Raíz A) 9 mg mL ⁻¹ Raíz B) 18 mg mL ⁻¹ , Tallo C) 9 mg mL ⁻¹ Tallo D) 18 mg mL ⁻¹ , Hoja E) 9 mg mL ⁻¹ Hoja F) 18 mg mL ⁻¹ , Flor G) 9 mg mL ⁻¹ Flor H) 18 mg mL ⁻¹ , I) Testigo (Agua de destilada).	46

RESUMEN

PERÍODO CRÍTICO DE COMPETENCIA DE MALEZA Y ACTIVIDAD
ALELOPÁTICA DE *Chenopodium murale* L. SOBRE *Allium fistulosum* L. EN EL
VALLE DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA

POR
ANDRÉS GONZÁLEZ RUÍZ

MAESTRO EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA
UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

M.C. ARTURO CORONADO LEZA –ASESOR–

Saltillo, Coahuila

JULIO 2018

La competencia y el efecto alelopático de maleza en *Allium fistulosum* representó un factor crítico en su producción, por lo tanto, es necesario desarrollar estrategias para realizar un control efectivo. El objetivo de esta investigación, fue determinar el período crítico de competencia (PCC) de maleza y la actividad alelopática de *Chenopodium murale* sobre *A. fistulosum*. El experimento de campo consistió en períodos de tiempo con el cultivo libre de competencia de maleza así como durante, 10, 20, 30, 40, 50 días después de la siembra (DDS), dos testigos, enhierbado todo el ciclo (ETC) y limpio todo el ciclo (LTC). Las especies de maleza, *Chenopodium murale* y *Amaranthus albus* las dos que se presentaron en mayor densidad durante el experimento. La competencia de maleza disminuyó el rendimiento total, rendimiento de cebollines delgados y medianos en 96.21, 95.5 y 97.05 % respecto a LTC, respectivamente. Se concluyó que el PCC de maleza en *A. fistulosum* se encontró entre los 20 y 66 DDS. En lo que respecta al efecto alelopático, se realizaron dos experimentos, residuo incorporado verde de *C. murale* (12 g de raíz, tallo, hoja, flor y planta completa) y extractos hidroetanólicos (18 y 9 mg mL⁻¹ de raíz, tallo, hoja y flor). A los 12 días después de la aplicación (DDA) todos los tratamientos (partes vegetativas) afectaron la germinación, el crecimiento de raíz, tallo y materia seca en el experimento de residuo incorporado. Los extractos hidroetanólicos que disminuyeron la germinación fueron raíz (18 y 9 mg mL⁻¹), flor (18 mg mL⁻¹) a los 144, 192 y 240 horas después de la aplicación (HDA). Los extractos disminuyeron la longitud de raíz y tallo en comparación con el testigo. La materia seca se redujo significativamente con los extractos de raíz (18 y 9 mg mL⁻¹), flor (18 y 9 mg mL⁻¹) y hoja (18 mg mL⁻¹). Ambos experimentos inhibieron la germinación, el crecimiento y la producción de materia seca en cebollín, lo que indica que el residuo incorporado y el extracto de *C. murale* tiene efectos potencialmente alelopáticos.

Palabras clave: cebollín, rendimiento, densidad de maleza, competencia, alelopatía *Chenopodium murale*.

ABSTRACT

CRITICAL PERIOD OF COMPETITION OF WEED AND ALLELOPATHIC
ACTIVITY OF *Chenopodium murale* L. ON *Allium fistulosum* L. IN THE MEXICALI
VALLEY, BAJA CALIFORNIA.

BY

ANDRES GONZALEZ RUIZ

MASTER IN SCIENCES IN AGRICULTURAL PARASITOLOGY
UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

M.C. ARTURO CORONADO LEZA-ADVISOR-

Saltillo, Coahuila

JULY 2018

The competition and allelopathic effect of weeds in *Allium fistulosum* is a critical factor in their production, so it is necessary to know other strategies to carry out an effective control. The objective of this research, was to determine the critical competition period (CCP) of weeds and the allelopathic activity of *Chenopodium murale* in *A. fistulosum*. The field experiment, consisted of periods of time with weed-free and cultivation of weed-infested, 10, 20, 30, 40, 50 days after sowing (DAS) and two controls, the weed infested (WI) and weed free (WF). The weed species *Chenopodium murale* and *Amaranthus albus*, were the two that occurred in highest density during the experiment. Weed competition decreased the total yield, the yield of fine green onion and medium green onion in 96.21, 95.5 and 97.05% respect to WF, respectively. It is concluded, that the CCP of weed in *A. fistulosum* was found between 20 and 66 DAS. For the allelopathic activity, two experiments were carried out: incorporated green residues of *C. murale* (12 g of root, stem, leaf, flower and complete plant) and hydroethanolic extracts (18 and 9 mg mL⁻¹ of root, stem, leaf and flower). In 12 DAA (days after the application) all the treatments (vegetative parts) affected the germination, the growth of the root, the stem and the dry matter in the experiment of incorporated green residues. The extracts that decreased the germination were root (18 and 9 mg mL⁻¹), flower (18 mg mL⁻¹) at 144, 192 and 240 hours after the application (HAA). The hydroethanolic extracts had a shorter root and stem length compared to the control. Dry matter was significantly reduced with root extracts (18 and 9 mg mL⁻¹), flower (18 and 9 mg mL⁻¹) and leaf (18 mg mL⁻¹). Both experiments inhibited the germination, growth and production of dry matter in the green onion, which indicates that the incorporated residue and the *C. murale* extract have potential allelopathic effects.

Key words: green onion, yield, weed density, competition, allelopathy *Chenopodium murale*.

INTRODUCCIÓN

La producción de hortalizas en el Valle de Mexicali, Baja California, es una de las principales actividades económicas, generadora de empleos y divisas para México debido a su ubicación en la frontera del país con Estados Unidos de América (Avendaño y Schwentesius, 2005). De entre los principales cultivos que se producen en este estado destaca el cebollín (*Allium fistulosum* L.), para exportación, ya que tiene alta demanda en el país vecino para condimentar y aromatizar platillos, así como para el consumo en fresco. En Mexicali, en el 2015, se sembró el 95% (4,097 ha) del total de cebollín que se cultiva en el estado, lo que generó un valor de producción de 745 millones 762 mil pesos, esta cifra representa el 74% del valor nacional generado por este cultivo (OEIDRUSBC, 2016).

La competencia de maleza en el cultivo de *A. fistulosum* es un factor crítico para su establecimiento y producción, ésto debido a su poca capacidad para competir con las especies de maleza y además la principal estrategia para su control en este cultivo es mediante repetitivas aplicaciones de herbicidas preemergentes y postemergentes, lo que ocasiona elevados costos de producción y contaminación ambiental. Además la competencia de maleza reduce el rendimiento de los cultivos entre un 26-87 % (Qasem, 2005; Babiker y Ahmed, 1986), por lo tanto es necesario desarrollar estrategias para reducir esta problemática. La simple convivencia con maleza puede acarrear otros problemas, como la alelopatía la cual comprende la producción de sustancias químico-toxicas del follaje, raíces y otras partes subterráneas e igualmente la acción de los residuos de estos órganos, que son liberados al ambiente y que pueden ser nocivos o estimulantes para la germinación o reducir el crecimiento de otras plantas vecinas (García y Fernández, 1991), esto influye de igual modo en la calidad y producción final de un cultivo.

Para realizar un control efectivo sobre la maleza es necesario conocer el período crítico de competencia entre los cultivos y la maleza. El período crítico de competencia es el tiempo mínimo que el cultivo debe estar libre de maleza para prevenir pérdidas significativas de rendimiento (Ghosheh *et al.*, 1996; Blanco y Leyva 2011). Este período es un elemento indispensable en el diseño de programas de manejo integrado de maleza y es una medida muy útil para efectuar oportunamente las acciones para su control

(Weaver *et al.*, 1992). Si bien existen estudios para determinar el período crítico de competencia de maleza en cultivos como; *Allium cepa* (Qasem, 2005), *Allium porrum* (Tursun *et al.*, 2007) y *Allium sativum*. Por otro lado, en investigaciones sobre el efecto alelopático han señalado la existencia de efectos inhibidores o estimulantes tanto de especies de maleza como de cultivos. Por ejemplo se reportó una disminución significativa en el crecimiento de coleóptilo y producción de biomasa en diferentes variedades de trigo cuando las semillas de estas fueron tratadas con extractos de rizomas de *Sorghum halepense* (Acciaresi y Asenjo, 2003). También se ha señalado la actividad nematicida, antifúngica y alelopática de *Chenopodium ambrosioides*, pues dicha especie presenta un gran valor por la diversidad de metabolitos secundarios en su composición química, de los cuales destacan: saponinas, geraniol, alcanfor, cimeno, limoneno, terpineno, mirceno, ácido butírico, spinasterol, metil salicilato, sulfatos, fosfatos de magnesio, sapogenina de quenopodio, ureasa, ascaridol y otros que aún no se han identificado en su totalidad (Blair y Madrigal, 2005). En otros trabajos se ha evaluado la actividad alelopática de *Chenopodium murale* L. mediante exudación de los pelos radiculares, quienes tuvieron un efecto y fueron responsables de alterar el ciclo celular y el daño oxidativo en el cultivo de trigo y plantas de *Arabidopsis thaliana* (Dmitrović *et al.*, 2015).

Sin embargo, para el caso de *A. fistulosum*, no existen estudios de este tipo en México y en consecuencia tampoco en el Valle de Mexicali, Baja California, por tanto, resulta esencial determinar el momento oportuno de controlar maleza, buscar nuevas alternativas para su manejo, con el propósito de reducir los residuos químicos, disminución del impacto ambiental, costos de producción y demás factores del manejo integrado de maleza, así como, el interés del productor cooperante de descubrir e implementar otras estrategias. Por consiguiente se plantean los siguientes objetivos:

Objetivo general

Determinar el período crítico de competencia de maleza y la actividad alelopática de *C. murale* sobre *A. fistulosum*.

Objetivos específicos

Determinar el período crítico de competencia de maleza en *A. fistulosum*.

Determinar la actividad alelopática de *C. murale* sobre el crecimiento y desarrollo inicial de *A. fistulosum* bajo condiciones controladas.

Hipótesis

La competencia de maleza en diferentes periodos afecta significativamente el rendimiento y la calidad de *A. fistulosum*.

Al menos una concentración de *C. murale* presentará efecto alelopático sobre la germinación y crecimiento de *A. fistulosum*.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia económica del cebollín

Los principales productos hortícolas del género *Allium*, son más comercializados como segundo producto en el mercado global, pues en 2005 obtuvo un 7,8 % de la comercialización mundial de hortalizas en fresco, logrando el 6,6 % del volumen total cosechado a nivel global. El primer continente productor de cebollines (*Allium fistulosum*) es Asia, el cual presentó un 63,2 % de la producción mundial, convirtiéndose en la despensa hortícola del planeta y superior en gran medida de las producciones en Europa y África. Oceanía aparece como el menor productor con una participación del 5,9 %, superado por América que ocupa el cuarto puesto con el 6 % (Jaramillo *et al.*, 2016).

En 2015, Baja California ocupó el primer lugar en superficie sembrada de cebollín, ya que participó con 65% a nivel nacional, le sigue el estado de Sonora y Puebla con 21% y 12%, respectivamente; el 1% restante se distribuye en otros seis estados (Michoacán, Chihuahua, Morelos, Sinaloa, Jalisco y Durango), los cuales reportan superficie con este cultivo. Desde el punto de vista del valor de la producción, Baja California aportó 77% de este cultivo, mientras que 23% restante se distribuye en las ocho entidades productoras encabezadas por Sonora. Durante el 2015, en el municipio de Mexicali se sembró el 95% del total de cebollín que se cultiva en el Estado, seguido del municipio de Ensenada que participó con 4%; el resto se repartió en los municipios de Tijuana, Tecate y Playas de Rosarito. El municipio de Mexicali aportó el 96% del valor de la producción, mientras que el municipio de Ensenada participó con 4%; el resto corresponde a los otros 3 municipios. En este mismo año, En el Valle de Mexicali, se generó un valor de producción de 745 millones 762 mil pesos correspondientes a la producción de cebollín, esta cifra representa 74% del valor nacional adjudicado por este cultivo, es decir, más de la mitad (OEIDRUSBC, 2016).

Descripción botánica del cebollín (*Allium fistulosum* L.)

El cebollín está formado por macollas, las cuales consisten en un conjunto de vástagos o gajos que nacen de un mismo lugar. Se distinguen cuatro partes en su estructura: la raíz, el tallo, el pseudotallo y las hojas (Jaramillo *et al.*, 2016). El tallo, que se encuentra por debajo del nivel del suelo, se aplana para formar un disco en la base de la planta y así

permanece, a menos que se produzca la floración, entonces el meristemo del ápice caulinar se desarrolla para dar origen a la floración. En la parte central superior de este disco, se encuentra el ápice caulinar, a partir del cual se forman las hojas en sentido alterno y opuesto, de manera que emergen en dos hileras separadas 180 grados unas de otras. Cada hoja consta de un limbo y una vaina. Esta última se curva hasta rodear completamente el punto de crecimiento y por último forma un tubo que encierra a las hojas jóvenes y al ápice caulinar. Lo que a primera vista parece el tallo de la planta es de hecho un “falso” tallo o “seudotallo”, constituido por las vainas concéntricas de las hojas. En la unión del limbo con la vaina, existe un orificio o poro por el cual puede verse el extremo del limbo de la hoja más joven siguiente, la cual se alarga y emerge a través de dicho poro. A medida que se inicia la formación y expansión de nuevas hojas, las vainas basales más viejas son empujadas lejos del ápice mediante una expansión lateral continua del tallo discoidal. Las raíces son adventicias y se inician en el tallo, cerca de la base de las hojas jóvenes y van aumentando a medida que aparecen nuevos gajos. La raíz primaria es la excepción, ya que emerge de la semilla, pero vive normalmente solo unas pocas semanas. Carecen de pelos radiculares, excepto cuando crecen en un medio de cultivo (Ramírez, 2004).

Concepto de maleza

Desde el punto de vista del hombre, cualquier planta que crece fuera de lugar es una maleza, o mala hierba. Muchas especies útiles o inocuas son plantas indeseables cuando crecen en lugares que no les corresponde, como es el caso de la avena que crece en un cultivo de soya, o el mezquite en áreas de pastizal entre otros (Wilkinson y Jaques, 1972). Las malezas son comúnmente plantas vasculares que son impedimentos naturales para las actividades humanas o la salud, o que se considera que causan cambios inaceptables en las comunidades de plantas naturales (Cousens y Mortimer, 1995). Otros autores reportan que son plantas que interfieren con la actividad humana en las áreas cultivadas o no cultivadas son consideradas malezas. Las malezas compiten con los cultivos por los nutrientes del suelo, el agua y la luz; hospedan insectos y patógenos dañinos a las plantas de los cultivos y sus exudados de raíces y/o filtraciones de las hojas pueden ser tóxicos para las plantas cultivadas (Labrada y Parker, 1994).

Muchas personas definen una mala hierba como una planta que crece donde no se la quiere. Las malezas son plantas que alteran la estructura de las comunidades naturales; interfieren con la función de los ecosistemas, o tiene efectos negativos en las personas, la agricultura u otros intereses sociales. Cualquier planta puede ser una mala hierba en una situación y discreta o incluso deseable en otra (Bryson y DeFelice, 2009). El término maleza no siempre indica que una planta es totalmente indeseable, o que no puede ser beneficiosa bajo ciertas circunstancias. De acuerdo con la definición anterior, muchas especies deseables a veces pueden considerarse malas hierbas; por ejemplo, una especie que proporcione un valioso forraje para la vida silvestre o un hábitat silvestre en un tramo de tierra puede considerarse no deseable en tierras manejadas para maximizar la producción de pasto para el ganado o la vida silvestre. Todo depende de los objetivos de gestión. Algunas plantas venenosas para los humanos, el ganado o la vida silvestre se consideran indeseables, en realidad pueden proporcionar un beneficio limitado ya que invaden rápidamente los sitios alterados y, por lo tanto, reducen la erosión del suelo (Whitson *et al.*, 2012). Finalmente la definición legal e internacional de acuerdo a la NOM-043-FITO-1999 especifica que la maleza son especies vegetales o partes de los mismos que afectan los intereses del hombre en un lugar y tiempo determinado.

Características de las malezas

1. Requerimientos germinativos que se cumplen en diversos ambientes.
2. Germinación discontinua (controlada internamente) y elevada longevidad de las semillas.
3. Rápido crecimiento hasta alcanzar el estadio de floración.
4. Producción prácticamente continua de semillas mientras las condiciones de crecimiento lo permitan.
5. Autocompatibilidad pero no completa autogamia o apomixis.
6. Polinización cruzada, cuando se presenta, a cargo de animales no especializados o del viento.
7. Producción de semillas (fertilidad) muy elevada en condiciones favorables.
8. Producción de algunas semillas dentro de una gama amplia de condiciones ambientales; tolerancia y plasticidad.
9. Adaptaciones a la diseminación tanto a distancias cortas como a grandes distancias.

10. En el caso de plantas perennes, vigorosa reproducción vegetativa o regeneración a partir de fragmentos.
11. En el caso de plantas perennes, fragilidad para que no puedan ser arrancadas del suelo fácilmente.
12. Capacidad de competir con las otras especies mediante diversos mecanismos (roseta basal, crecimiento muy rápido, producción de sustancias alelopáticas).

(Baker, 1974).

Daños causados por maleza

Las malas hierbas luchan con las plantas cultivadas por los factores del medio; este fenómeno se le llama competencia, dentro de los factores se encuentran: luz, agua y nutrientes. Sin embargo las malezas tienden a bajar la calidad de los productos agropecuarios de los cuales destaca por ejemplo la mala calidad de la lana de los animales por especies de maleza como los cadillos (*Xanthium orientale*; *Cenchrus* sp) al dejar espinas en lana. La maleza puede ocasionar daños a la salud del hombre y de los animales tales como: dermatitis, cianogénesis, toxicidad y fotosensitización. También se les considera hospederas de plagas y enfermedades pues son capaces de hospedar insectos u hongos, dándole las condiciones para completar su ciclo de vida. Finalmente tenemos que la maleza representa guarida de arañas, roedores, serpientes u otros mamíferos peligrosos, este es el principal daño en patios de fábricas, patios de descarga y, en general, instalaciones industriales o de comunicaciones (Rojas, 1980).

Daños agrícolas

El mayor conocimiento del daño de la maleza proviene de las evaluaciones de pérdidas de cosechas agrícolas. De manera general, se acepta, que la maleza ocasiona una pérdida directa aproximada de 10 % de la producción agrícola. En cereales, esta pérdida es del orden de más de 150 millones de toneladas. Sin embargo tales pérdidas no son iguales en los distintos países, regiones del mundo y cultivos afectados. En la década de 1980, se estimó que las pérdidas de la producción agrícola causada por maleza ascendían a 7 % en Europa y 16 % en África, mientras que el cultivo del arroz fueron de 10.6 %, 15.1 % en caña de azúcar y 5.8 % en algodón (Fletcher, 1983).

Control de maleza en el cebollín

Las principales estrategias de control en este cultivo son el químico y mecánico, en el primero consiste en las aplicaciones de herbicidas preemergentes y postemergentes, en el segundo la utilización de maquinaria especializada y mano de obra. Sin embargo para un mejor control de maleza, es importante considerar todas las estrategias posibles, por tal motivo se mencionan algunos métodos de control que se pueden integrar al manejo agronómico del cebollín.

Manejo integrado de maleza

El Sistema de Manejo Integrado de Malezas (MIM) enfoca el problema utilizando en forma compatible con la calidad ambiental, todas las estrategias adecuadas y conocimientos existentes para disminuir una población de maleza a niveles tales que los daños económicos que produzcan se encuentren por debajo de un umbral económico aceptable. Para esto pueden considerarse los siguientes métodos: físicos, químicos, mecánicos, biológicos, culturales etc., conjuntamente con medidas preventivas y estudios básicos sobre biología y ecología de las malezas, así como el entrenamiento de técnicos y extensión a nivel de los productores (Fernández, 1982).

Métodos de control de maleza:

1. Control preventivo de maleza

El control preventivo de malezas, se refiere a las medidas tomadas para prevenir la introducción, establecimiento y / o propagación de especies de malezas específicas en áreas que no están actualmente infestadas con estas especies de plantas. Estas áreas pueden ser nacionales, estatales o locales. Los métodos preventivos de control de malezas abarcan todas las prácticas (técnicas) que controlan las malas hierbas, cuyo objetivo es prevenir la introducción o propagación de malas hierbas en un área específica. Los métodos de control que podrían designarse como prácticas preventivas incluyen el uso de (1) semillas de cultivos libres de malezas (2) estiércol y heno libres de malezas, (3) equipo de cosecha limpio (libre de malezas), y (4) la eliminación de la infestación de malezas en o cerca del agua de riego y los campos cultivados. La efectividad de los métodos preventivos de control de malezas se mejora a través de los siguientes tipos de programas: (1) regulación, (2) investigación y (3) educación (Anderson, 1983).

2. Control cultural de maleza

Estas prácticas incluyen el uso de cultivos de cobertura y cultivos intercalados. Los cultivos de cobertura también pueden ser utilizados como coberturas vivas, o sea que pueden crecer juntamente con un cultivo comercial, por lo general en surcos alternados. En este caso los beneficios del cultivo de cobertura están relacionados principalmente con la mayor supresión de maleza y con la conservación de la humedad del suelo. Del mismo modo, los cultivos intercalados aumentan la diversidad ecológica en un campo incrementando la competencia por luz, agua y nutrientes con la maleza (FAO, 2018).

3. Control mecánico de maleza (Físico)

Este método emplea fuerza física para eliminar maleza o modificar el ambiente para que no puedan establecerse, tales prácticas incluyen la mano de obra, acolchados, retroexcavadoras, cultivadoras y cadenas (Genta y Villamil, 1992).

4. Control biológico de maleza

El control biológico de malezas radica en la utilización de enemigos naturales para el control de ciertas especies maleza. El propósito del control biológico de maleza no es erradicar la maleza sino más bien disminuir su vigor para que las plantas deseables puedan coexistir. Dicho control no lucha por duplicar los procesos regulatorios de la población del ambiente nativo de la plaga. Cuando los enemigos naturales suprimen una planta nativa, especialistas y generalistas están involucrados. En contraste, este método depende de la introducción de solamente los enemigos naturales más especializados de una planta, cuyo impacto a menudo se incrementa porque son introducidos sin los parasitoides o depredadores especializados que los atacan en su rango nativo (Van *et al.*, 2007).

5. Control químico de maleza

El uso de herbicidas de origen químico para el control de maleza generalmente son seguros, eficientes y rentables, pero solos no resuelven todos los problemas; estos deben ser parte de un programa de manejo total. Para una buena efectividad, los herbicidas se deben aplicar en las etapas tempranas y susceptibles antes que la maleza ocasione daños en el rendimiento (Labrada *et al.*, 1996).

Interferencia entre maleza-cultivo

Se han realizado algunos estudios sobre la interacción o interferencia entre dos malezas. A menudo, estos están diseñados para determinar por qué una maleza es más competitiva y para comprender la biología subyacente de la interferencia. Los estudios se describen brevemente a continuación.

Siete días después de la siembra a 1, 2,4 y 8 cm, *E. crus-galli* (L.) Beauv. emergió 96, 90, 83 y 27 por ciento, mientras que *A. retroflexus* L. emergió 84, 73, 62 y 0 por ciento de las mismas profundidades (Siriwardana y Zimdahl, 1984). La competencia intraespecífica de *E. crus-galli* fue mayor que la competencia interespecífica de *A. retroflexus* L. Cuando la profundidad de siembra aumentó de 1 a 4 cm y la humedad del suelo aumentó de 30 a 50 por ciento (baja) a 100 por ciento (alta) de la capacidad de campo, la capacidad competitiva de *A. retrofluxus* disminuyó.

Lolas y Coble (1980) proporcionaron la razón de la competitividad de zacate Johnson. Todas las características de crecimiento (altura, hojas por planta, número de retoños, peso fresco de rizomas y brotes) se incrementaron significativamente a medida que la longitud de los segmentos de rizoma plantados aumentó de 2,5 a 25 cm. El pasto de Johnson derivado de segmentos de rizoma más largos que se mantuvieron con una labranza limitada, junto con la tasa de crecimiento rápido de la planta, interfirió con los cultivos antes que con las plantas cultivadas a partir de segmentos de rizoma más cortos. El mijo japonés compitió bien con el coquillo amarillo principalmente a través de la interferencia de la raíz (Thullen y Keeley, 1980). El mijo japonés redujo el peso seco del coquillo amarillo y el número de plantas con tubérculos sin ningún efecto sobre el mijo.

Factores que afectan la competencia

Las relaciones de competencia existentes entre los cultivos y las malas hierbas están determinadas, no sólo por las características intrínsecas de las especies y por su densidad, sino por una serie de factores extrínsecos, dentro de los cuales se mencionan el tipo de cultivo, densidad y espaciamento de cultivo, periodos de competencia, condiciones del medio ambiente y el factor humano (Malherbología, 2018).

Período crítico de competencia

La cuestión de la duración de la competencia se ha abordado de dos maneras. El primer tipo de estudio pregunta, ¿cuál es el efecto cuando las malezas emergen con el cultivo y se les permite crecer durante períodos definidos?

El segundo estudio, frecuentemente complementario, pregunta: ¿cuál es el efecto cuando el cultivo se mantiene libre de malezas después de la emergencia del cultivo durante ciertos períodos de tiempo y luego se deja crecer la maleza durante el resto de la temporada? Estos estudios, cuando se combinan, se pueden usar para definir lo que generalmente se llama el período crítico libre de maleza (Zimdahl, 2004).

Minotti y Sweet (1981) dijeron, “los científicos de maleza han llevado a cabo un número sustancial de estudios del llamado período crítico”. Estos mismos autores, señalan que los cultivos relativamente no competitivos como la cebolla o el ajo requieren un período libre de maleza de tres meses o más. Los cultivos más competitivos como el maíz o la soja requieren solo de tres a cuatro semanas libres de maleza.

La investigación para determinar el período crítico todavía se realiza (35 estudios informaron aquí que se han realizado desde 1980) para muchos cultivos, y algunos argumentan que el concepto es útil (Evans *et al.*, 2003; Van Heemst, 1985). Es importante porque uno quiere saber cuándo se debe hacer el control de maleza. El control claramente no es necesario, por razones de competencia, cuando tanto el cultivo como la maleza son pequeños. El momento en que se realiza el manejo de maleza se determina tanto por la forma en que las malezas se deben manejar como por el conocimiento de la existencia de un período crítico. Definido como el período durante el cual las malezas deben ser controladas para prevenir pérdidas en el rendimiento. Es un lapso de tiempo en el que el desmalezado presenta el mayor retorno económico, por lo cual es donde deben enfocar los mayores esfuerzos de control. El rendimiento obtenido por el desmalezado durante este lapso de tiempo provee un rendimiento cercano al obtenido si se tuviese el cultivo libre de maleza durante todo el ciclo agrícola. De manera general, se menciona que los cultivos deben tener un período libre de competencia en sus etapas iniciales de crecimiento para no ver reducciones significativas en su rendimiento. Este período puede ser de un cuarto, un tercio o la mitad del período

de crecimiento y desarrollo. Esta regla sobre los períodos críticos es muy variable entre la diversidad de cultivos (Intagri, 2017).

El período crítico de competencia es una de las estrategias importantes para la toma de decisiones de control de maleza en muchos cultivos básicos y hortícolas, dentro de algunos trabajos se pueden mencionar a Villegas *et al.* (2004) quienes mostraron que en el cultivo de trigo, en lotes con densidades altas de maleza por dos ciclos de evolución, el período crítico de competencia se encuentra desde la emergencia del cultivo hasta los 60 DDE, la emergencia de la maleza durante este último período no afectó los rendimientos, sin embargo la competencia más severa se localizó a los 15 y 45 DDE, por el caso contrario en lotes de baja densidad de maleza el período crítico de competencia se encuentra entre los 15-55 DDE y la competencia más severa se ubicó en el período de 15 a 35 DDE. Blanco *et al.* (2014) evaluaron el período crítico de competencia del maíz el cual se observó a los 24 y 40 DDS. Singh *et al.* (2014) señalaron que el período de interferencia para una pérdida permisible de rendimiento del 5%, en dos cultivares de arroz, el primero PR 114 requirió períodos más largos libres de maleza de 11.8 a 83.2 días y 12.9-68.2 días en 2012 y 2013, respectivamente; mientras que, para el cultivar PR 115, fueron 17.1-57.4 días y 20.1-48.5 días, respectivamente. Del mismo modo, Vaz y Leyva (2015) reportaron que el período crítico de competencia en maíz se encuentra entre los 21 a 49 días, después de la germinación apreciándose claramente el punto crítico, a los 35 días posteriores a la germinación. Según Safdar *et al.* (2016) en el cultivo de maíz con infestación de *Parthenium hysterophorus* L., utilizando los niveles aceptables de pérdida de rendimiento para predecir el momento crítico para la eliminación de malezas de 5 y 10%. El modelo ilustra que la pérdida de rendimiento de grano de maíz debido a la infestación por dicha maleza a lo largo del ciclo aumentó con el tiempo. El período crítico de competencia de maleza para evitar pérdidas de rendimiento de 5 y 10% fue de 8 y 17 DDE en 2012, y 13 y 23 DDE en 2013.

En algunas hortalizas como es el caso de la familia de las Liliaceae algunos trabajos hacen referencia al período crítico de competencia, dentro de los cuales destaca la cebolla bola (*Allium cepa* L.) el cual se encontró a los 50 días después del trasplante (DDT) (Qasem, 2005). Islam *et al.* (2010) encontraron que después del deshierbe a los

25, 45 y 65 DDE, las malezas no pudieron mostrar ningún efecto sobre el rendimiento del cultivo del ajo bajo condición de acolchado con cero labranza.

En otra investigación en cebolla bola, sugieren que el cultivo se debe mantenerse libre de maleza hasta 86 DDT a fin de evitar más de 5% de pérdida de rendimiento (Liyanage *et al.*, 2016). De la misma forma, el período crítico de competencia de maleza en el cultivo de poro (*Allium porrum* L.) el cual fué determinado bajo dos ciclos de estudio, comienza a los 7 DDT y finaliza a los 85 DDT a fin de no tener pérdida mayor al 5 % de rendimiento (Turson *et al.*, 2007).

Umbral de daños

Es importante en el manejo integrado de maleza la consideración del umbral de daño el cual es usado para definir la población de arvenses en la que es detectada una respuesta negativa en el rendimiento del cultivo (Salazar e Hincapié, 2007).

El concepto de umbral económico fue desarrollado por los entomólogos y ha sido adaptado al manejo de maleza. Cuando se conoce la densidad de la maleza en un campo, se puede predecir el daño sobre el rendimiento del cultivo. La densidad de la maleza se determinara a través de conteos del número de malezas en una distancia específica del surco del cultivo (o sea, el número de malezas por 10 metros de surco) o en un área dada (ósea, el número de maleza por metro cuadrado). La pérdida pronosticada del valor de la cosecha indicará la pérdida monetaria causada por la maleza no eliminada. Si el costo de la medida de control es menor que la pérdida estimada, la práctica de control deberá ser realizada. Si los costos son iguales o exceden la pérdida esperada, esto indicará que la medida de control no se justifica (Labrada *et al.*, 1996).

Smith (1968) señala que en el cultivo del arroz las densidades de 10, 50 y 250 plantas m⁻² de la especie *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. Redujeron el rendimiento del cultivo en 57, 80 y 95 %, respectivamente a una densidad de 30 plantas m⁻². La densidad de *Crotalaria goreensis*, una maleza leguminosa tropical, cuando varió de 10, 20, 40 a 200 plantas m⁻² produjo reducciones sucesivas en el rendimiento del pasto *Macropitillum atropurpureum*, y aumentos sucesivos en el rendimiento de *C. goreensis* (Hawton y Drennan, 1980).

Alelopatía o teletoxicidad

La alelopatía es un fenómeno que se presenta por lo general entre especies vegetales que consiste en la liberación de compuestos resultados del metabolismo secundario de partes vegetativas como pueden ser exudados por la raíz, descomposición de la materia seca o incorporación de la misma, dichos metabolitos (aleloquímicos) causan efectos perjudiciales, los cuales pueden destacar la inhibición en la germinación, crecimiento y desarrollo (García y Fernández, 1991).

Efectos sobre las plantas

Para el estudio de la alelopatía se han efectuado investigaciones relacionadas a los efectos perjudiciales que presenta, dentro de los cuales sobresalen Acciaresi y Asenjo (2003) quienes reportaron afectaciones al utilizar rizomas de *Sorghum halepense* sobre diferentes variedades de trigo. Del mismo modo, *Ipomoea batata* logro afectar la germinación de malezas y cultivos al incorporar residuos de materia seca (García *et al.*, 2003), otras plantas en las que se ha visto un potencial de daño alelopático son *Alliaria petiolata*, *Lonicera maackii*, *Ranunculus ficaria*, *Celastrus orbiculatus* y *Microstegium vimineum* (Cipollini y Greenawalt, 2016). *Imperata cylindrica* según datos reportados por Koger y Bryson (2004) encontraron que esta planta mostró efectos en la inhibición de la germinación y el crecimiento de zacate bermuda y centeno.

Por otra parte, algunos cultivos como es el caso del maíz presenta este mismo comportamiento de expresar efectos alelopáticos y causar un daño sobre la germinación, crecimiento y desarrollo de otras plantas (Qi Yong-zhi *et al.*, 2015). En el caso del cultivo del arroz es otra planta que se tiene reportada como potencial alelopática sobre malezas (Kato-Noguchi, 2011; Pramanik *et al.*, 2001) en este mismo sentido algunas variedades de trigo duro han presentado efectos de este mismo fenómeno en estudio (Oueslati, 2003).

En otros estudios *Chenopodium ambrosioides* esta reportado que presenta un gran cantidad de compuestos, de los cuales destacan: saponinas, geraniol, alcanfor, cimeno, limoneno, terpineno, mirceno, ácido butírico, spinasterol, metil salicilato, sulfatos, fosfatos de magnesio, sapogenina de quenopodio, ureasa, ascaridol y otros que aún no se han identificado en su totalidad que le confieren la habilidad de tener propiedades antifúngicas, nematocidas y alelopáticas (Blair y Madrigal, 2005), del mismo modo

Chenopodium murale L. se ha evaluado la actividad alelopática mediante exudación de los pelos radiculares, el cual reportó efecto de alterar el ciclo celular y el daño oxidativo en el cultivo de trigo y plantas de *Arabidopsis thaliana* (Dmitrović *et al.*, 2015). Por otro lado, se encontró que los extractos acuosos de *Malva parviflora* y *C. murale* mostraron inhibición en el crecimiento y actividad fotosintética en la cebada (Al-Johani *et al.*, 2012).

Sustancias aleloquímicas

Algunos estudios citados por Burgos y Talbert (2000) mostraron que los compuestos aleloquímicos de *Secale cereale* como BOA y DIBOA afectaron, estimularon significativamente la germinación, crecimiento en cultivos y malezas. Por otro parte, Zheng *et al.* (2011) reportaron al adicionar carbón activo aumento el efecto inhibitorio en los suelos invadidos con *S. alterniflora* lo que indica una liberación de componentes de la raíz quienes pueden ser los responsables de la inhibición de la germinación en *S. maritima*. Pramanik *et al.* (2001) encontraron que la paja de arroz contiene muchas sustancias fitotóxicas algunas de ellas son ácidos fenólicos, aldehídos fenólicos y ácidos alifáticos. Dichos sustancias fueron los responsables de la inhibición de crecimiento de *Astragalus sinicus*. Por lo tanto la paja de arroz es una posible fuente de aleloquímicos quienes suprimen el crecimiento de esta planta. Chuah *et al.* (2014a) identificaron compuestos fitotóxicos de los extractos de *Pennisetum purpureum* los cuales se evaluaron bajo diferentes concentraciones sobre la germinación y crecimiento de *Leptochloa chinensis* en arroz. En este estudio dichos compuestos identificados fueron: 2,4-di-tert-butilfenol (2,4-DTBP), cis-9-octadecenoic metil ester (Oleato de metilo), ácido ftálico, mono- (2-etilhexilo) ester (MEHP). Los autores mencionan que los tres compuestos al aumentar la concentración inhiben la germinación, longitud de raíz y tallo en *Leptochloa chinensis*. Chuah *et al.* (2014b) aislaron e identificaron que un compuesto en *Chrysopogon serralatus* como es el caso de dibutil ftalato (DBP) posee gran actividad herbicida similar al compuesto simiarenol, la difenilamina y 4,4'-dioctilo. El componente DBP mostró un efecto de actividad herbicida preemergente para el control de *L. chinensis* en arroz y esto refleja su potencial para un control de malezas. En otro estudio, evaluaron el extracto acuoso de raíz de *Cardaria draba* (L.) sobre la germinación y crecimiento de raíz de cinco especies de plantas (*Medicago sativa* L.,

Triticum aestivum L., *Agropyrum cristatum* (L.), *Pseudoroegneria spicata* (Pursh) A. Love., *Cardaria draba* (L.) Desv.) Los resultados obtenidos indican un negativo efecto sobre la germinación y el proceso de crecimiento de raíz. El análisis químico de muestras tomadas de cinco sitios en Baker Country, OR, mostraron concentraciones de tres glucosinatos: 4 - metilsulfinilo / butil - glucosinolato, 4 - metiobutil - glucosinolato y 4 - hidroxibenil – glucosinolato (Kiemnec y McInnis, 2002).

Mecanismo de acción de los compuestos alelopáticos

Debido a la diversidad de la naturaleza química de los diferentes agentes alelopáticos, no existe un mecanismo de acción único que explique la manera en que estos afectan a la planta receptora (Alelopatías, 2018). Existen investigaciones para conocer los diferentes mecanismos biológicos de aleloquímicos en plantas (Macias *et al.*, 2000).

Alteraciones hormonales provocadas por agentes alelopáticos

Los compuestos fenólicos pueden reducir o incrementar la concentración de ácido indol acético (AIA), una fitohormona del grupo de las auxinas. Monofenoles tales como los ácidos p-hidroxibenzoico, vainílicico, p-cumárico y siríngico reducen la disponibilidad de AIA promoviendo su descarboxilación. En contraste, muchos difenoles y polifenoles (ej. los ácidos clorogénico, caféico, ferúlico y protocatéuico) sinergizan el crecimiento inducido por AIA suprimiendo la degradación de la hormona (Macias *et al.*, 2000). De la misma forma algunos glicósidos de flavonoides como la naringenina, la 2',4,4'-trihidroxichalcona y la floridzina estimulan fuertemente enzimas del tipo AIA oxidasa, involucradas en la degradación de auxinas (Ballester y Cortizo, 1971).

Los ácidos hidroxámicos 6,7-dimetoxi-2-benzoxazolinona (DIMBOA) y 6-metoxi-2-benzoxazolinona (MBOA) modifican la afinidad de unión de las auxinas a sitios receptores de unión de las mismas membranas. Esta actividad guarda correlación con la inhibición de crecimiento inducido por auxinas en secciones de coleótilo de avena (Macias *et al.*, 2000). Es importante destacar que el etileno se puede considerar también un agente alelopático, siendo liberado en cantidades significativas por los residuos vegetales en descomposición, con capacidad para provocar retardo en la elongación de tallos y raíces (Tukey, 1966). Compuestos fenólicos inhiben la acción de otras fitohormonas, como las giberelinas, ya sea por unión a la molécula hormonal o por bloqueo del proceso mediado por ellas. Se sabe que los ácidos ferúlico, p-cumárico,

vainílico y las cumarinas inhiben el crecimiento inducido por giberelinas. Los taninos también lo hacen, provocando paralelamente una reducción en la síntesis de enzimas hidrolíticas, tales como la amilasa y fosfatasa ácida en endosperma de semillas de cebada (Ballester y Cortizo, 1971).

Efectos sobre la fotosíntesis

En soja los ácidos ferúlico, vainílico y p-cumárico reducen el contenido de clorofila. En sorgo, las mismas sustancias no provocan esa disminución. Los ácidos ferúlico, p-cumárico y otros cinámicos a bajas concentraciones revierten el cierre de estomas mediado por ABA y estimulan la fotosíntesis; sin embargo, a concentraciones altas, provocan el cierre de los estomas e inhibe el proceso fotosintético. Los ácidos fenólicos actúan en concentraciones relativamente altas inhibiendo el transporte de electrones, lo que sugiere que el sitio blanco de acción de estas sustancias es otro (Einhellig, 1995). Ciertos flavonoides parecen interferir en la organización funcional o estructural del cloroplasto. El quempferol, por ejemplo, aparentemente actúa como un inhibidor de transferencia de energía, impidiendo la síntesis de ATP. Un caso especial son las quinonas. Existen compuestos sintéticos de esta naturaleza que son empleados como herbicidas. Algunas de origen natural son reconocidos agentes alelopáticos, como el sorgoleone y la juglona. El sorgoleone, una benzoquinona presente en los exudados radiculares de sorgo, a concentraciones similares a las empleadas con el herbicida atrazina, es capaz de desacoplar el transporte de electrones en el fotosistema II. La juglona afecta también la evolución del oxígeno en el cloroplasto, sin desacoplar la fotofosforilación (Einhellig, 1995).

Efectos sobre la respiración

Para estudiar el efecto de los aleloquímicos sobre la respiración, normalmente se ensayan esos sobre suspensiones mitocondriales. Entre los compuestos fenólicos, el orden de mayor a menor actividad es: quinonas> flavonoides>cumarinas>ácidos fenólicos. Las quinonas sorgoleone y juglona son efectivos inhibidores a muy baja concentración. El sorgoleone afecta el transporte de electrones, mientras que la juglona afecta la incorporación mitocondrial de oxígeno (An *et al.*, 1998).

Efectos sobre procesos asociados a membranas

Los derivados de los ácidos benzoico y cinámico tienen profundos efectos sobre las membranas. Son capaces de provocar cambios en la polaridad, lo cual provocaría alteraciones en su estructura y permeabilidad. Otras sustancias como el ácido hidroxibutírico también presente en rastros, provocan efectos similares (Macias *et al.*, 2000). Los ácidos fenólicos y las cumarinas alelopáticas también provocan alteraciones en el contenido de agua en la planta. Para estudiar su variación se determinaron las relaciones de isótopos de carbono asimilados en tejido foliar. Se observó una alteración crónica en la eficiencia del uso del agua, por exposición sostenida a diferentes aleloquímicos fenólicos a concentraciones cercanas a las que inhiben el crecimiento. Por ejemplo, el ácido ferúlico reduce la incorporación de agua por las raíces. Paralelamente, eleva los niveles endógenos de ABA. También se ha demostrado que combinaciones de estos compuestos son capaces de provocar el mismo efecto (Einhellig, 1995).

Usos de la alelopatía

Hoy en día es importante considerar que todas las posibles estrategias para el control de maleza sean lo más amigables para el ambiente, contribuyan a la disminución de la resistencia que adquieren de forma natural algunas especies de maleza al ser manejadas con los mismos ingredientes activos y la optimización de recursos. La alelopatía proporciona información relevante sobre los efectos de los metabolitos secundarios para la producción y elaboración de ingredientes activos de herbicidas naturales, así como la utilización de cultivos de cobertura potencialmente alelopáticos para el control de maleza. Investigaciones demuestran que la alelopatía tiene múltiples usos, uno de ellos son los reportados por Olofsdotter *et al.* (1999) quienes estudiaron un rango de 111 cultivares de arroz para la supresión de *Echinochloa crus-galli* en laboratorio y campo. En dicho estudio determinaron que todas las líneas de arroz evaluadas presentaron un buen comportamiento en la actividad alelopática sobre *E. crus-galli*. Norsworthy (2003) evaluó el potencial alelopático del rábano silvestre *Raphanus raphanistrum* L. mediante el uso de extractos acuosos de tallo y residuos incorporados en suelo sobre la germinación, crecimiento y fitotoxicidad de *Zea mays* L., *Triticum aestivum* L., *Gossypium hirsutum* L., *Ipomoea lacunosa* L., *Sida spinosa* L., *Senna obtusifolia* (L.) y *Cyperus esculentus* L. Los resultados de este experimento indican que todos los cultivos

y maleza mostraron sensibilidad en la germinación para los extractos de rábano silvestre a pesar de que algunos fueran más sensibles que otros.

Por otro lado, Haramoto y Gallandt (2005) estudiaron los efectos de los cultivos cobertura (Canola, *Brassica napus* L. y mostacilla amarilla, *Sinapis alba* L.) sobre el crecimiento de frijol verde (*Phaseolus vulgaris* L.) y quelite puerquero (*Amaranthus retroflexus* L.). Los resultados indicaron que los residuos incorporados de canola no afectaron el crecimiento de *A. retroflexus* L., sin embargo mostacilla amarilla suprimió el crecimiento de *A. retroflexus* L., pero no afectó el crecimiento del frijol verde. Pheng *et al.* (2009) evaluaron la capacidad alelopática de 359 líneas de arroz en bioensayos de laboratorio, e invernadero sobre seis malezas comunes del arroz (*Echinochloa crus-galli* L.P. Beauv., *Echinochloa colona* L., *Cyperus difformis* L., *Sphenoclea zeylanica* Gaertn., *Fimbristylis miliacea* [L.] Vahl, *Ludwigia octovalves* [Jacq.] Raven), dichos autores encontraron que por especie individual de maleza, las características que fueron significativamente reducidas por la presencia de líneas de arroz fueron el porcentaje de germinación, altura de la planta y la producción de biomasa seca. De la misma forma, Bertholdsson *et al.* (2012) investigaron la actividad alelopática en el género *Triticum*, *Secale*, *Triticosecale* y la translocación de líneas con *Secale cereale* y *Leymus mollis* sobre la supresión de maleza en trigo de invierno, dichos autores establecen que al registrar valores de la actividad potencial alelopática de nuevos cultivares de trigo podrían proveer una viable alternativa para el uso de herbicidas o reducir el uso de herbicidas. Didon *et al.* (2014) midieron los efectos de los residuos de cultivos (*Lolium multiflorum* var. *westerwoldicum* Wittm., *Raphanus sativus* L., *Secale cereale* L y *Sinapis alba* L.) sobre la germinación y crecimiento temprano de malezas anuales (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Beauv., *Apera spica-venti* (L.) Beauv., *Tripleurospermum perforatum* (Mérat) M. Laínz) bajo condiciones de laboratorio e invernadero. Estos resultados mostraron que todos los cultivos de cobertura afectaron las variables antes mencionadas en ambos experimentos. Ihsan *et al.* (2015) reportaron en experimentos de campo que al utilizar extractos acuosos de plantas (*Sorghum bicolor*, *Helianthus annuus*, *Brassica napus*, *Oriza sativa* L. *Zea mays* y *Morus alba*) durante dos años (2010 y 2011) junto a herbicidas sobre maleza presentaron que todas las combinaciones de plantas alelopáticas mostraron mayor del 50 % del control de maleza en ambos años. Por otra

parte, Uddin *et al.* (2017) afirman que *Phragmites australis* puede substancialmente modificar las características de crecimiento en ecosistemas húmedos por la liberación de fitotoxinas a través de la exudación en la raíz y la descomposición en la rizósfera y agua en la superficie de suelo.

En otro investigación, mencionan que la utilización de 11 coberturas de cultivo (Testigo, *Sinapsis alba* L., *Raphanus sativus* var. niger J. Kern., *Vicia sativa* L., *Trifolium subterraneum* L., *Helianthus annuus* L., *Avena strigosa* Schreb., *Fagopyrum esculentum* Moench., *Cannabis sativa* L., *Linum usitatissimum* L. y sus mezclas) incorporados en el suelo redujeron significativamente la densidad de maleza (*Stellaria media* (L.) Vill., *Chenopodium album* L. y *Matricaria chamomilla* L.) antes de aplicar un tratamiento de herbicida, el cual mejoro un 99 % con respecto al testigo (Sturm *et al.*, 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS

Período crítico de competencia de maleza en cebollín (*Allium fistulosum* L.)

El presente estudio se realizó en el Valle de Mexicali de Baja California, México, durante el ciclo primavera-verano 2017, en una parcela experimental de 1500 m² ubicada en el Ejido Pescadores (32° 26' 42.669" LN y 114 56' 37.6578" LO). Se evaluaron diferentes períodos de tiempo en el cultivo, con maleza o libre de maleza, y dos testigos (limpio todo el ciclo y enhierbado todo el ciclo) de acuerdo a Rojas (1980) (Cuadro 1).

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con 12 tratamientos y cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió de una parcela de 25 m² (cinco camas de 1 X 5 m), con 1.0 m de separación entre sí. El cultivo se sembró el 04 de marzo de 2017, en suelo franco limoso (arena 20%, limo 54% y arcilla 26%), conductividad eléctrica de 5.76 dS m⁻¹ y un pH de 7.99. Se utilizó una sembradora de precisión (Stanhay) y se empleó la variedad de cebollín Natsuyo verde, recomendada para el ciclo primavera-verano (Keynet México, 2016).

El manejo agronómico del cultivo se realizó de acuerdo a las prácticas agronómicas de la empresa BajaMist (Productor cooperante), sin aplicación de herbicidas pero si con aplicación de fertilizantes e insecticidas (cuadro 2 y 3) durante todo el ciclo. Los deshierbes se realizaron de forma manual, antes de realizar esto se evaluó la densidad de maleza (plantas m⁻²) en los tratamientos E10L, E20L, E30L, E40L, E50L y ETC. La toma de datos se realizó con un marco de tubo pvc de 0.25 m² en cuatro sitios diferentes de forma aleatoria y de acuerdo a los períodos de tiempo descritos (Rew y Cousens, 2001). En los tratamientos que se iniciaron limpios y después enhierbados, se evaluó la densidad de maleza (plantas m⁻²), al final del experimento. Las especies de maleza en el presente estudio se identificaron mediante las claves taxonómicas propuestas por Whitson *et al.* (2012) y Villarreal (1999). En el caso del cultivo de cebollín, se midieron las variables altura y diámetro de pseudotallo a los 50, 80 y 110 DDS, para esto se utilizó una cinta métrica para altura (cm) de planta, y un vernier para el diámetro (cm) del pseudotallo.

La cosecha del cultivo, se realizó el 04 de julio de 2017, para esto se seleccionó una superficie central de 3 x 3 m por cada repetición para cada tratamiento, esto con el fin de

evitar efecto de borde. Se estimó el rendimiento comercial en cada uno de los tratamientos, expresado en cajas por hectárea, para dos calibres de cebollines, delgados y medianos. Además se evaluó la calidad física de los cebollines, para esto se incluyeron 60 repeticiones para cada calibre de cebollín (delgados y medianos) por tratamiento, una repetición consistió de una planta de cebollín. El color de las hojas se determinó con un espectrofotómetro de esfera X-Rite SP62 (Little, 1975), los resultados se expresaron como luminosidad, cromaticidad y ángulo de matiz o tono (°Hue). Además, para cada cebollín se midió la longitud de la planta completa, diámetro y longitud del pseudotallo, se utilizó una cinta métrica para longitud (cm) de planta completa y longitud de pseudotallo, y un vernier para el diámetro (cm).

El período crítico de competencia de maleza en *A. fistulosum*, se determinó por análisis de regresión no lineal para el rendimiento total (calibres delgados y medianos) en relación a los diferentes períodos tiempo con maleza o sin maleza, mediante el procedimiento REG del programa estadístico SAS 9.0. Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias con prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para las variables de campo y DMS (Diferencia Mínima Significativa) para las variables de calidad física en laboratorio, mediante el uso del programa estadístico Statistix (2004) versión 8.0.

Cuadro 1. Períodos de tiempo en el cultivo de *Allium fistulosum*, con maleza o libre de maleza, evaluados para determinar el período crítico de competencia de maleza.

Inicialmente limpio y después enhierbado	Inicialmente enhierbado y después limpio.
Limpio los primeros 10 DDS (L10E)	Enhierbado los primeros 10 DDS (E10L)
Limpio los primeros 20 DDS (L20E)	Enhierbado los primeros 20 DDS (E20L)
Limpio los primeros 30 DDS (L30E)	Enhierbado los primeros 30 DDS (E30L)
Limpio los primeros 40 DDS (L40E)	Enhierbado los primeros 40 DDS (E40L)
Limpio los primeros 50 DDS (L50E)	Enhierbado los primeros 50 DDS (E50L)
Testigo limpio todo el ciclo (LTC)	Testigo enhierbado todo el ciclo (ETC)

DDS= días después de la siembra

Cuadro 2. Relación de riegos y fertilizaciones utilizados en el presente experimento.

Número de riegos	Fuente de fertilizante o mejorador (I.A)	Dosis ha ⁻¹	Horas de riego	Frecuencia (días)	Fecha de aplicación
Germinación	Solo agua	-	24	0	4/03/17
Germinación	Solo agua	-	18	6	10/03/17
1	Copolimero de ac. acrílico sulfonado + Ac. carboxílicos y fúlvicos	5 L +5 L	18	16	20/03/17
2	Copolimero de ac. acrílico sulfonado + Ac. carboxílicos y fúlvicos	5 L +5 L	24	23	27/03/17
3	Polímero Ac. carboxilico	11 L 11 L	18	30	3/04/17
	Ac. polihidroxicarboxílicos	11 L			
	8-24-0	11 L			
4	Copolimero de ac. acrílico sulfonado + 8-24-0	11 L + 11 L	24	38	11/04/17
5	Copolimero de ac. acrílico sulfonado	11 L	24	45	18/04/17
	Ac. carboxílicos y fúlvicos	11 L			
	Ac. polihidroxicarboxílicos	11L			
	8-24-0	11L			
6	10-0-0-18S	30 kg	20	53	26/04/17
	32-0-0	60 kg			
7	Copolimero de ac. acrílico sulfonado	11 L	24	61	04/05/17
	Ac. carboxílicos y fúlvicos	11 L			
	8-24-0	11 L			
	32-0-0	100 kg			
	17-0-0-0-8.8Ca	100 kg			
8	32-0-0	100 kg	24	72	15/05/17
	17-0-0-0-8.8Ca	100 kg			
	Copolimero de ac. acrílico sulfonado	11			
	Ac. carboxílicos y fúlvicos	11			
	8-24-0	11			
9	32-0-0	200 kg	24	80	23/05/17
	17-0-0-0-8.8Ca	200 kg			

	10-0-0-18	70 kg			
10	32-0-0	200 kg	24	86	29/05/17
	17-0-0-0-8.8Ca	200 kg			
	10-0-0-18	100 kg			
11	32-0-0	200 kg	12	92	04/06/17
	17-0-0-0-8.8Ca	200 kg			
	Copolimero de ac. acrílico sulfonado	11 L			
12	32-0-0	200 kg	20	100	12/06/17
	17-0-0-0-8.8Ca	200 kg			
	10-0-0-18S	60 kg			
13	32-0-0	200 kg	18	106	18/06/17
	17-0-0-0-8.8Ca	200 kg			
	10-0-0-18S	70 kg			
	8-24-0	11			
14	32-0-0	200 kg	24	112	24/06/17
	17-0-0-0-8.8Ca	200 kg			
	10-0-0-18	100 kg			
15	32-0-0	100 kg		116	28/06/17
	17-0-0-0-8.8Ca	100 kg			
	10-0-0-18S	100 kg			

Cuadro 3. Insecticidas utilizados en el manejo de trips (*Thrips tabaci*), gusano soldado (*Spodoptera exigua*) y minador (*Liriomyza sp.*) en el cultivo de cebollín.

Número de aplicaciones	I.A	Dosis ha ⁻¹	Plagas	Fecha de aplicación.
1	Z-cipermetrina	0.6 L	Trips y gusano soldado	26/04/17
	Cyromazina	100 g 200 ml	Minador -	
2	Cyromazina Cipermetrina	100 gr 0.5 L 120 ml	Minador Trips -	04/05/17
3	Cipermetrina Abamectina	0.5 L 0.5 L 200 ml	Trips Trips -	12/05/17
4	Z-cipermetrina Cyromazina	0.5 L 150 gr 200 ml	Trips Trips -	23/05/17
5	Cyromazina	150 gr	Minador Gusano soldado,	12/06/17
	Metomilo	0.5 Kg	trips Gusano soldado,	
	Deltametrina	250 ml 200 ml	trips -	

Actividad alelopática de *Chenopodium murale* L. sobre cebollín (*Allium fistulosum* L.)

En lo que respecta a los experimentos con residuo incorporado verde y extractos hidroetanólicos de *C. murale* (Chual apestoso) con el objeto de observar la actividad alelopática, estos se llevaron a cabo de marzo a julio de 2017 en el laboratorio de entomología del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California, ubicado en el ejido Nuevo León a 32° 24'27" Norte, 115°11'55" Oeste. Se empleó *C. murale*, debido a que en muestreos previos en parcelas de *A. fistulosum* fue la especie de maleza más asociada al cultivo en el Valle de Mexicali. Para ambos ensayos, se recolectaron plantas completas (flor, hoja, tallo y raíz) de *C. murale*, se depositaron en bolsas de plástico y se trasladaron al laboratorio de entomología.

Experimento residuo incorporado de *C. murale* sobre *A. fistulosum*

Así mismo, las muestras de *C. murale* se lavaron con agua abundante para eliminar residuos de suelo y posteriormente se dividieron en raíz, tallo, hojas, flor y planta entera. Cada una de estas constituyeron los tratamientos a evaluar, además, se incluyó un testigo sin residuo de maleza (solo agua destilada). Se incluyeron 5 repeticiones para cada tratamiento.

Las partes vegetativas y la planta completa de maleza fueron cortadas en piezas de 1 cm, este procedimiento se realizó inmediatamente después de la recolección cuando las plantas estaban frescas. En cajas Petri de 16 cm de diámetro previamente lavadas con jabón y enjuagadas con agua destilada, se colocaron 12 g de cada tratamiento, posteriormente sobre los residuos de *C. murale* se colocó papel secante Interstate 02350 de color azul cortado de la misma forma de la caja Petri y se humedeció con agua destilada para mantener el papel adherido sobre los residuos mediante el uso de un atomizador. Se colocaron 20 semillas de cebollín (Variedad Natsuyo) sobre el papel para cada caja Petri, y se taparon para evitar contaminación externa y pérdida de agua. Las semillas fueron desinfectadas previamente con Hipoclorito de sodio (NaClO) al 1 % por 15 min y posteriormente enjuagadas con agua destilada, para evitar el desarrollo de hongos durante el ensayo. Los tratamientos se humedecieron cada tercer día con 16 ml de agua destilada por caja Petri. Las evaluaciones se realizaron a los 12 días después de la aplicación (DDA) cuando el testigo presentó más del 80 % de germinación. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de germinación, longitud de raíz, longitud de tallo y peso seco de plántula entera. Las mediciones de longitud de raíz y de tallo se realizaron mediante un Vernier manual graduado en centímetros. Para estimar el peso seco las plántulas se colocaron en una cámara incubadora (Fisher Scientific) a 50 °C durante tres días hasta que la muestra presentó peso seco constante, después de este tiempo las muestras se pesaron en una báscula analítica marca OHAUS (Pioneer™). El experimento se realizó en temperatura $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, luz constante y humedad relativa de $50\pm 10\%$. Los resultados de este experimento se sometieron a un análisis de varianza con un diseño completamente al azar y cuando se detectaron diferencias significativas se realizó comparación de medias por Tukey al 95 % de confianza mediante el programa estadístico Statistix (2004) versión 8.0.

Experimento extractos hidroetanólicos de *C. murale* sobre *A. fistulosum*

Para la preparación de los extractos, las partes vegetativas de la maleza fueron separadas en raíz, tallo, hoja y flor, estas se secaron a temperatura ambiente (24 °C) por una semana y después se trituraron en un molino (Willey) para obtener partículas de 1mm de diámetro. Se depositaron 100 g de muestra molida de cada parte vegetativa en un recipiente de plástico transparente y se adicionó 1 L de etanol (99%), posteriormente la solución se puso en agitación por un período de 24 horas en un agitador marca ORBIT 1900. Se utilizó un filtro marca whatman no.2, y después evaporadas a temperatura de 40 °C y 30 rpm en un rotaevaporador DLAB RE100-Pro, hasta que la cantidad de disolvente fue mínima, posteriormente, se le añadió 100 ml de agua destilada a cada muestra para su liofilización en un equipo Labconco.

Para el bioensayo, en cajas Petri de 16 cm de diámetro previamente lavadas con jabón y enjuagadas con agua destilada, se colocó papel secante Interstate 02350 de color azul cortado de la misma forma de la caja Petri. Las concentraciones se obtuvieron en pesar 90 y 45 mg de cada parte vegetativa liofilizada de *C. murale* en una báscula analítica marca OHAUS (Pioneer™), las cuales se disolvieron en 50 ml de agua destilada que corresponden a 18 y 9 mg mL⁻¹ respectivamente. Se evaluaron un total de nueve tratamientos, los cuales se pueden apreciar en el cuadro 4. Las semillas de cebollín (*A. fistulosum*) fueron humedecidas con 10 ml de cada tratamiento, seguido de esto las cajas Petri se sellaron con parafilm para evitar la pérdida de agua y contaminación externa. El experimento se realizó mediante un diseño completamente al azar, con nueve tratamientos y cinco repeticiones, una repetición consistió de una caja Petri conteniendo 20 semillas. Se realizaron evaluaciones cada 48 h (5 evaluaciones) y se midieron las variables; porcentaje de germinación, longitud de raíz, longitud de tallo y el peso seco de plántula completa se registró al final de la evaluación. Las mediciones de longitud de raíz y longitud de tallo se realizaron mediante un Vernier manual graduado en centímetros. Para estimar el peso seco las plántulas se colocaron en una cámara incubadora (Fisher Scientific) a 50 °C durante tres días hasta que la muestra presentó peso seco constante, después de este tiempo las muestras se pesaron en una pesa analítica marca OHAUS (Pioneer™). El experimento se realizó en temperatura 25±2°C, luz constante y humedad relativa de 50±10%. Los resultados de este

experimento se sometieron a un análisis de varianza con un diseño completamente al azar y cuando existió diferencias significativas se realizó comparación de medias por Tukey al 95 % de confianza mediante el programa estadístico Statistix (2004) versión 8.0.

Cuadro 4. Concentraciones del extracto de *Chenopodium murale* L. usadas para determinar el efecto alelopático en semillas de cebollín.

Número de tratamiento	Parte de la planta usada	Concentración (mg mL ⁻¹)
1	Flor	18
2	Flor	9
3	Hoja	18
4	Hoja	9
5	Tallo	18
6	Tallo	9
7	Raíz	18
8	Raíz	9
9	Testigo (Agua destilada)	0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Densidad de maleza del estudio sobre PCC en *A. fistulosum*

En el presente trabajo, se registraron 13 especies de maleza en el cultivo de *A. fistulosum*, sin embargo *Chenopodium murale* L. y *Amaranthus albus* L., se registraron con mayores densidades (Cuadro 5) por lo tanto, es posible que hayan afectado el rendimiento del cultivo (Cuadro 7). La principal interferencia de *C. murale* y *A. albus* es la competencia y cobertura que desarrollaron en el cultivo, ya que llegaron a cubrir hasta el 95% de un área observada (Datos no tomados, apreciación personal). Además, se observó que después de un largo período de convivencia con maleza, como en el tratamiento ETC, si las plantas de cebollín permanecen a la sombra de *C. murale* o *A. albus*, estas presentaron clorosis, blanqueamientos y quemaduras en el follaje por efecto del sol al retirar la maleza, lo que se refleja en una disminución de su rendimiento y calidad (Cuadro 5, 7, 8 y 9). Las demás especies de maleza registradas en el experimento, manifestaron una densidad de 1 planta m⁻², por lo tanto, se consideraron solo presentes; *Tamarix parviflora* DC, *Chenopodium album* L., *Sonchus asper* (L.) Hill, *Lactuca serriola* L., *Leptochloa uninervia* (Presl.) Hitchc. & Chase, *Polypogon monspeliensis* (L.) Desf, *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv, *Echinochloa colona* (L.), Link, *Portulaca oleracea* L., *Heliotropium curassavicum* L. var. *oculatum* (Heller) Johnst. y *Convolvulus arvensis* L.

Cuadro 5. Densidad poblacional de las principales especies de maleza en los diferentes tratamientos en el cultivo de *Allium fistulosum*. Mexicali, B.C.

Tratamiento	<i>Chenopodium murale</i>	<i>Amaranthus albus</i>
	Plantas m ⁻²	
L10E	13.00	1.00
L20E	10.75	3.73
L30E	4.50	5.50
L40E	6.25	5.50
L50E	1.25	2.75
LTC	0.00	0.00
E10L	10.25	0.00
E20L	8.50	1.00
E30L	9.00	1.00
E40L	8.75	1.25
E50L	17.50	2.25
ETC	14.00	1.00

E= Enhierbado L= Limpio

Altura y diámetro de pseudotallo

En el caso del experimento de PCC, ninguno de los tratamientos (Con maleza y sin maleza) a los 50 DDS presentaron diferencias significativas (Cuadro 6) en relación a las variables de altura de planta ($F=0.33$; $gl=11, 33$; $P=0.9721$) y diámetro de pseudotallo ($F=1.10$; $gl=11, 33$; $P=0.3920$). A los 80 DDS, fue significativamente mayor altura de planta ($F=3.64$; $gl=11, 33$; $P=0.0019$) para los tratamientos ETC, E50L y L10E, con valores promedio de 27.63, 23.33 y 25.79 cm respectivamente (Cuadro 6), además, se observó menor grosor de pseudotallo ($F=20.39$; $gl=11, 33$; $P=0.00001$) para los tratamientos ETC y L10E (0.20 y 0.27 cm respectivamente).

Las plantas de cebollín en los tratamientos ETC y L10E, a los 110 DDS, presentaron significativamente menor altura de planta ($F=6.90$; $gl=11, 33$; $P=0.00001$), comportamiento diferente en comparación con lo obtenido en la evaluación a los 80 DDS, donde exhibieron mayor altura de planta. Esta respuesta fisiológica diferencial de las plantas de cebollín en los tratamientos ETC y L10E, probablemente se deba al estrés

por efecto de la competencia por luz y espacio ejercida por la maleza, el cultivo tiende a buscar luz y su crecimiento al inicio es excesivo y posteriormente decrece cuando aumenta la densidad y cobertura de la maleza a los 110 DDS como se puede apreciar en el (Cuadro 6).

Los tratamientos que presentaron mayor altura de planta en forma significativa ($F=6.90$; $gl=11, 33$; $P=0.00001$) y mayor grosor de pseudotallo ($F=8.02$; $gl=11, 33$; $P=0.00001$), a los 110 DDS, fueron E10L, E20L, E40L, E50L, L40E, L50E y LTC, indicando que las plantas de cebollín no se vieron afectados por la competencia de maleza, ya que no presentaron diferencias significativas con el tratamiento LTC (Cuadro 6).

En general, los tratamientos con mayor número de días en competencia con la maleza presentaron menor grosor de pseudotallo, esto coincide con lo investigado en cebolla bola, donde la competencia de malezas afectó negativamente el diámetro del bulbo (Qasem, 2005). El diámetro de bulbo en el cultivo del ajo disminuye considerablemente al incrementar el período de competencia de maleza respecto a períodos libres de maleza (Tunku, 1997). Similares resultados se encontraron para la variable altura de planta, sobre todo a los 110 DDS, donde los tratamientos con mayor número de días en competencia con la maleza presentaron menor altura de planta. En el cultivo del frijol, se encontró que a medida que aumenta la competencia con la maleza, la altura de plantas disminuye y viceversa (Blanco *et al.*, 2014). Del mismo modo, en un estudio para evaluar el período crítico de competencia en maíz, se obtuvo que a mayor tiempo de convivencia cultivo-maleza, la variable altura de la planta disminuye para el período inicial de desarrollo (Vas y Leyva, 2015), información que corrobora los resultados encontrados en esta investigación.

Cuadro 6. Efecto de los tratamientos en la altura de planta y grosor del pseudotallo en cebollín, durante el ciclo vegetativo de *Allium fistulosum*. Mexicali, B.C.

Tratamiento	Altura de planta (cm)			Grosor de pseudotallo (cm)		
	50 DDS	80 DDS	110 DDS	50 DDS	80 DDS	110 DDS
L10E	7.02	25.79 ^{ab}	41.10 ^{bc}	0.20	0.27 ^b	0.45 ^{bc}
L20E	6.68	22.34 ^b	48.84 ^{abc}	0.20	0.52 ^a	0.85 ^a
L30E	6.70	21.77 ^b	49.36 ^{ab}	0.20	0.50 ^a	0.77 ^{ab}
L40E	6.56	22.83 ^b	52.41 ^a	0.20	0.50 ^a	0.85 ^a
L50E	6.70	22.86 ^b	51.64 ^a	0.20	0.52 ^a	0.87 ^a
LTC	6.65	23.01 ^b	54.08 ^a	0.25	0.52 ^a	0.95 ^a
E10L	6.82	23.04 ^b	54.05 ^a	0.20	0.52 ^a	0.97 ^a
E20L	7.04	23.13 ^b	54.15 ^a	0.20	0.55 ^a	0.92 ^a
E30L	6.55	22.92 ^b	48.45 ^{abc}	0.20	0.57 ^a	0.92 ^a
E40L	6.72	21.68 ^b	50.73 ^a	0.20	0.55 ^a	0.95 ^a
E50L	7.03	23.33 ^{ab}	49.95 ^a	0.20	0.55 ^a	0.87 ^a
ETC	6.79	27.63 ^a	40.03 ^c	0.20	0.20 ^b	0.37 ^c

Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, $p < 0.05$).

Efecto de la maleza sobre el rendimiento y calidad

Así mismo, los dos mejores tratamientos fueron LTC y L40E que tuvieron mayor número de cajas ha^{-1} de cebollines delgados ($F=4.38$; $gl=11, 33$; $P=0.0005$), con valores promedio de 8819.5 y 7546.5 cajas ha^{-1} respectivamente (Cuadro 7). Los tratamientos E10L, E20L, E30L, E40L, E50L y LTC, presentaron significativamente mayor número de cajas ha^{-1} de cebollines medianos comparado con ETC ($F=3.81$; $gl=11, 33$; $P=0.0014$), con valores promedio de 8217.8, 9027.7, 7801.0, 8287.8, 8402.5, 7060.3 y 208.5 cajas ha^{-1} respectivamente. Al comparar los tratamientos ETC y LTC, se observó que hubo una disminución del 96.21, 95.5 y 97.05 % de rendimiento total, rendimiento de cebollines delgados y rendimiento de cebollines medianos respectivamente, quizá por el efecto de la competencia de maleza, los cuales se pueden visualizar en la figura 1. Estos resultados son similares a los encontrados por Qasem (2005) quien reportó que la competencia de maleza durante todo el ciclo del cultivo de cebollas bola, reduce el

rendimiento en 87 %. En otro estudio, se encontró que las considerables densidades de *Ipomoea* sp. (115.39 y 102 plantas m⁻²) redujeron el rendimiento del cultivo de ajo de un 70.22–72.20 % (Islam *et al.*, 2010). En cultivo de arroz, los períodos con maleza durante todo el ciclo de cultivo pueden provocar 100% de pérdida del rendimiento (Singh *et al.*, 2014).



Figura 1. Efecto de la competencia de maleza en el cultivo de cebollín. (A) Maleza durante todo el ciclo (B) sin maleza durante todo el ciclo.

El color, el diámetro del pseudotallo, longitud del pseudotallo y longitud planta completa, son variables de importancia de *A. fistulosum* para su venta en el mercado norteamericano. Los tratamientos que presentaron una disminución significativa con respecto al LTC en el diámetro de pseudotallo en ambos calibres de cebollines fueron L10E y ETC, con valores promedio para calibres delgados de 0.665 y 0.638 cm, y para calibres medianos de 0.840 y 0.815 cm respectivamente (Cuadro 8). En general, la longitud de pseudotallo presento diferencia significativa con respecto al resto de los tratamientos, pero la longitud de planta completa no fue afectada por la competencia de maleza para ambos calibres de cebollines. En el color (Cuadro 9), una variable importante para la apariencia del cultivo, se observó que los tratamientos con disminución significativa en el croma fueron L10E y ETC con valores promedio para calibres delgados de 13.556 y 13.474 comparados con los tratamientos LTC, E10L, E20L, E30L, E40L y para calibres medianos, solo el ETC con un valor de 13.080 en comparación con el tratamiento E10L de 14.08. Estos resultados indican que los

tratamientos L10E y ETC afectaron negativamente la calidad física, produciendo cebollines más delgados y de color verde menos intenso en comparación con el resto de los tratamientos.

Cuadro 7. Comparación del rendimiento de *Allium fistulosum* sometido a diferentes periodos de competencia de maleza.

Tratamiento	Rendimiento		
	Delgado	Mediano	Total
	Cajas ha ⁻¹		
L10E	1018.5 ^{bc}	3680.8 ^{ab}	4699.3 ^{bc}
L20E	4028.0 ^{abc}	5231.5 ^{ab}	9259.5 ^{abc}
L30E	3241.0 ^{abc}	4490.8 ^{ab}	7731.8 ^{abc}
L40E	7546.5 ^a	5486.0 ^{ab}	13032.5 ^{ab}
L50E	5601.7 ^{abc}	6064.8 ^{ab}	11666.5 ^{ab}
LTC	8819.5 ^a	7060.3 ^a	15879.8 ^a
E10L	6250.0 ^{ab}	8217.8 ^a	14467.8 ^a
E20L	5972.3 ^{abc}	9027.7 ^a	15000.0 ^a
E30L	6250.0 ^{abc}	7801.0 ^a	14051.0 ^a
E40L	4953.5 ^{abc}	8287.8 ^a	13241.3 ^{ab}
E50L	5601.8 ^{abc}	8402.5 ^a	14004.3 ^a
ETC	393.7 ^c	208.5 ^b	602.2 ^c

Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, $p > 0.05$).

Cuadro 8. Efecto de la competencia con maleza, en el diámetro, longitud de pseudotallo y planta completa de calibres delgados y medianos del cebollín en postcosecha.

Tratamiento	Delgado			Mediano		
	DPT	LPT	LPC	DPT	LPT	LPC
	cm			cm		
L10E	0.665 ^{de}	10.467 ^b	49.275	0.840 ^b	12.245 ^{ab}	55.185
L20E	0.740 ^{abc}	10.692 ^{ab}	49.075	1.015 ^a	11.825 ^{ab}	54.848
L30E	0.706 ^{abcde}	10.356 ^b	49.098	0.992 ^a	12.040 ^{ab}	54.868
L40E	0.725 ^{abcd}	11.617 ^a	52.533	1.005 ^a	12.875 ^{ab}	58.565
L50E	0.771 ^a	10.793 ^{ab}	49.416	1.027 ^a	12.233 ^{ab}	56.230
LTC	0.726 ^{abcd}	10.825 ^{ab}	51.592	1.037 ^a	12.343 ^{ab}	59.350
E10L	0.681 ^{cde}	10.767 ^{ab}	48.750	1.045 ^a	12.473 ^{ab}	56.297
E20L	0.680 ^{cde}	10.608 ^{ab}	50.425	1.005 ^a	12.073 ^{ab}	58.343
E30L	0.695 ^{b^{cde}}	10.347 ^b	49.083	1.005 ^a	12.068 ^{ab}	56.725
E40L	0.771 ^a	10.700 ^{ab}	49.783	1.032 ^a	12.885 ^a	57.517
E50L	0.758 ^{ab}	10.250 ^b	49.417	1.015 ^a	11.515 ^b	54.828
ETC	0.638 ^e	10.242 ^b	48.883	0.815 ^b	12.133 ^{ab}	55.080

Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (DMS, $p > 0.05$).
DPT= diámetro de pseudotallo, LPT =longitud de pseudotallo y LPC= Longitud de planta completa.

Cuadro 9. Efecto de la competencia con maleza, en el color de la hoja de calibres medianos y delgados del cebollín en postcosecha.

Tratamiento	Delgado			Mediano		
	L	Croma	Hue	L	Croma	Hue
L10E	44.895	13.556 ^c	121.760 ^a	44.645 ^b	12.600 ^b	123.71
L20E	46.489	14.638 ^{bcde}	119.73 ^{abc}	45.222 ^{ab}	13.498 ^{ab}	122.28
L30E	44.976	14.524 ^{bcde}	119.63 ^{abc}	45.045 ^{ab}	13.285 ^{ab}	122.28
L40E	45.692	14.517 ^{bcde}	119.59 ^{abc}	45.533 ^{ab}	13.280 ^{ab}	122.89
L50E	45.535	14.099 ^{de}	120.10 ^{ab}	45.595 ^{ab}	13.543 ^{ab}	122.40
LTC	46.075	15.564 ^{ab}	118.02 ^{bc}	45.337 ^{ab}	14.033 ^{ab}	121.10
E10L	46.017	16.350 ^a	118.26 ^{bc}	45.350 ^{ab}	14.080 ^a	121.07
E20L	46.017	15.541 ^{abc}	117.88 ^{bc}	45.105 ^{ab}	13.735 ^{ab}	121.74
E30L	46.482	14.978 ^{abcd}	118.61 ^{abc}	45.672 ^{ab}	13.923 ^{ab}	120.98
E40L	45.912	15.432 ^{abcd}	116.56 ^c	45.417 ^{ab}	13.932 ^{ab}	121.17
E50L	45.969	14.155 ^{cde}	120.08 ^{ab}	46.215 ^a	13.568 ^{ab}	121.54
ETC	44.254	13.474 ^c	120.76 ^{ab}	44.113 ^b	13.080 ^{ab}	123.29

Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (DMS, $p > 0.05$).
L=Luminosidad, Croma= Cromaticidad y Hue =tono.

Período crítico de competencia de maleza

La relación entre el rendimiento total y los tratamientos limpios fue descrita por el modelo de regresión no-lineal $Y = 1526.7 + 312.09X - 1.612X^2$ (Figura 2), donde Y=rendimiento total y X=Número de días sin competencia de maleza, con un coeficiente de determinación de $R^2=0.9194$, indicando que el 91.94 % de la variabilidad del rendimiento total está explicado por el número de días sin competencia. La relación entre el rendimiento total y los tratamientos enhierbados fue descrita por el modelo de regresión no-lineal $Y = 15447 + 1.84X - 1.041X^2$ (Figura 2), donde Y=rendimiento total y X=Número de días con competencia de maleza, con un coeficiente de determinación de $R^2=0.9882$, indicando que el 98.82 % de la variabilidad del rendimiento total está explicado por el número de días con competencia.

El período crítico de competencia de maleza representa el tiempo entre dos componentes: el período máximo de presencia de maleza, es decir, el tiempo que puede permanecer la maleza antes de afectar significativamente el rendimiento del cultivo; y el período mínimo de ausencia de maleza, o sea, el tiempo que el cultivo debe permanecer

sin la presencia de malas hierbas para prevenir pérdidas significativas de su rendimiento (Ghosheh *et al.*, 1996).

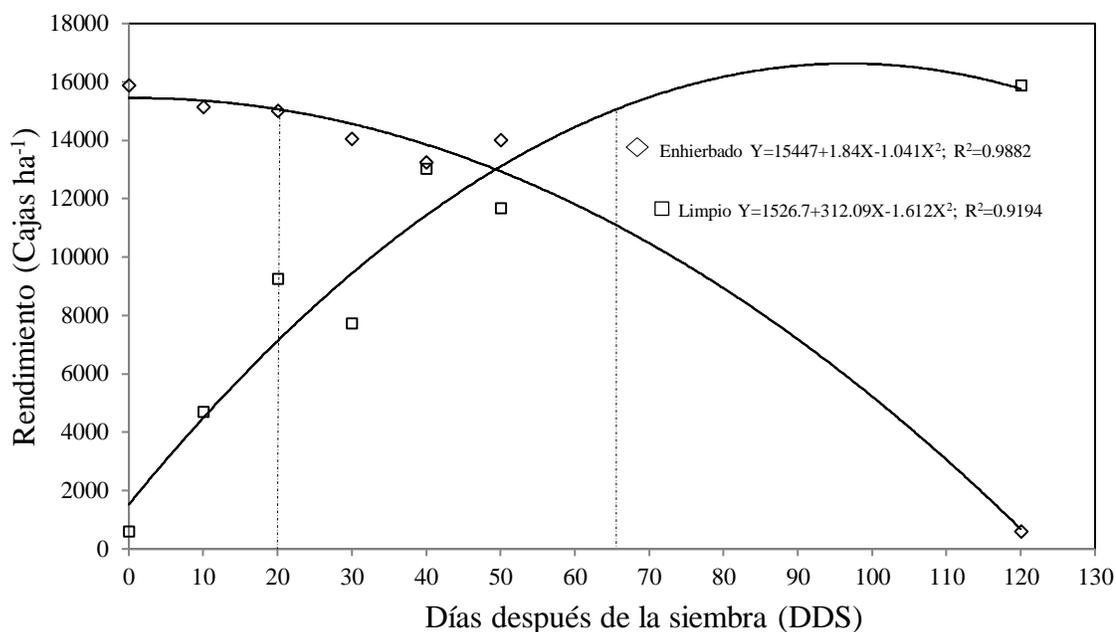


Figura 2. Efecto del período crítico de competencia de maleza sobre el rendimiento del cebollín.

Como se observa en la figura 2, el período máximo que puede permanecer la maleza en el cultivo de *A. fistulosum*, que afecta significativamente el rendimiento y la calidad, se encontró a los 20 DDS, y el período mínimo que debe permanecer sin la presencia de maleza se encontró a los 66 DDS. Si no se aplica una estrategia de manejo durante el período de 20 a 66 DDS, los rendimientos comerciales del cebollín se verían afectados en más de 5% de pérdida. Después de este período, no sería recomendable, técnica ni económicamente aplicar un control de maleza.

Estos resultados son similares a lo obtenido en estudios con cebolla bola (*Allium cepa* L.) donde el período crítico de competencia se encontró a los 50 días después del trasplante (DDT) (Qasem, 2005). En otra investigación sobre el período crítico de competencia en cebolla bola, sugieren que el cultivo se debe mantenerse libre de maleza hasta 86 DDT a fin de evitar más de 5% de pérdida de rendimiento (Liyanage *et al.*, 2016). De la misma forma, el período crítico de competencia de maleza en el cultivo de poro (*Allium porrum* L.) el cual fué determinado bajo dos ciclos de estudio, comienza a

los 7 DDT y finaliza a los 85 DDT a fin de no tener pérdida mayor al 5 % de rendimiento (Tursun *et al.*, 2007).

Los resultados de esta investigación representan el primer reporte de período crítico de competencia de maleza para *A. fistulosum* en el Valle de Mexicali. Además, este período crítico de competencia puede ser una herramienta útil para técnicos y productores de cebollín para realizar un uso eficiente de los herbicidas químicos, minimizar el impacto ambiental que trae consigo el uso constante e irracional de dichos productos, contribuir al manejo de la resistencia de maleza y finalmente optimizar de los recursos financieros al reducir los costos de producción.

Actividad alelopática de *Chenopodium murale* L. sobre cebollín (*Allium fistulosum* L.)

Experimento residuo incorporado de *C. murale* sobre *A. fistulosum*

A los 12 DDA de los tratamientos se observó menor porcentaje de germinación en semillas de cebollín tratadas con residuos de hoja (13 %) y planta completa (24 %) en comparación con las semillas tratadas con residuos de raíz (53 %), flor (31 %) y tallo (33 %). Todas las partes vegetativas de la maleza causaron reducción significativa en el porcentaje de germinación en comparación con el testigo (Cuadro 10, figura 3).

Cuadro 10. Efecto de partes vegetativas de *Chenopodium murale* sobre germinación, longitud de raíz, longitud de tallo y materia seca de *Allium fistulosum*.

Tratamiento (12 g)	% germinación	Longitud de raíz (cm)	Longitud de tallo (cm)	Materia seca
Planta completa	24 ^{cd}	0.15 ^b	0.03 ^b	0 ^b
Flor	31 ^c	0.19 ^b	0.00 ^b	0 ^b
Hoja	13 ^d	0.27 ^b	0.00 ^b	0 ^b
Tallo	33 ^c	0.16 ^b	0.00 ^b	0 ^b
Raíz	53 ^b	0.23 ^b	0.09 ^b	0 ^b
Testigo (agua destilada)	95 ^a	1.94 ^a	3.72 ^a	0.0276 ^a

Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, $p < 0.05$).

Todos los tratamientos a base de partes vegetativas de *C. murale* disminuyeron el crecimiento de la raíz y tallo de las semillas de *A. fistulosum* en comparación al testigo (1.94 y 3.72 cm respectivamente). Para el caso de la biomasa seca las semillas tratadas con agua destilada presentaron mayor peso seco (0.0276 g) y esto se puede observar en las partes de la planta en el tratamiento testigo de la figura 3 en comparación con las semillas tratadas con partes vegetativas de *C. murale* (Cuadro 10).



Figura 3. Efectos visuales de los residuos incorporados de *C. murale*: **A)** Raíz, **B)** Tallo, **C)** Hoja, **D)** Flor, **E)** Planta completa y **F)** Testigo (Agua destilada) sobre semillas de cebollín a los 12 DDA.

Estos resultados confirman el efecto alelopático de *C. murale* en el cebollín, sobre todo los residuos de hoja que presentaron valores de 13 %, 0.27 cm y 0.00 cm para porcentaje de germinación, longitud de raíz y longitud de tallo respectivamente (Cuadro 10). Estos resultados coinciden con otros estudios similares que dan a conocer como se expresa el fenómeno alelopático en maleza y cultivos mediante residuos incorporados, tales efectos explican que dicho comportamiento varía dependiendo de la especie donadora de metabolitos secundarios. En un estudio para evaluar el efecto alelopático de *Chenopodium album* L. en *Triticum aestivum* L. mediante extractos acuosos de hojas en tres concentraciones (25, 50 y 75%) se encontró que afectó significativamente el crecimiento de *T. aestivum* sobre todo en concentraciones altas (Majeed y Muhammad, 2012). En otra investigación realizada por Reinhardt *et al.* (1997) quienes reportaron afectaciones en la emergencia del cultivo de tomate de un 42 y 27 % en respuesta a suelo incorporado con 1 % con *Chenopodium album* y *Chenopodium polyspermun* respectivamente. Sin embargo, nueve días después de la siembra, solo el tratamiento con *C. album* mostró un efecto negativo sobre la emergencia del tomate. Estos mismos autores mencionan que los datos de producción de materia seca indican que solo *C. album* afectó al girasol y al tomate mientras que *Eleusine indica* subsp. *indica* (L.) Gaertn. no presentó disminución en esta variable. Por otro lado, similares resultados se presentaron al estudiar la interacción alelopática mediante la incorporación de *C. album* en suelo al 1 % en macetas sobre diferentes cultivos (zanahoria, cebolla, rábano, pepino, girasol y tomate), los resultados indicaron que la masa seca de los brotes de pepino y cebolla se afectó significativamente más que la de todas las demás especies; con reducciones en el crecimiento que varían entre 68% y 85%. Se observó que existió pérdida de plantas para la zanahoria, cebolla, tomate y pepino, solo el rábano y el girasol no se vieron afectados (Reinhardt *et al.*, 1994).

En otra investigación realizada por Qasem (1995) que consistió en la incorporación de residuos a distintas dosis (0, 2, 4, 8, 16 y 32 g kg⁻¹ de suelo) de *A. retroflexus* y *C. murale* en diferentes cultivos (*Brassica oleracea* L. var. *Capitata*, *Daucus carota* L., *Brassica oleracea* L. var. *Botrytis*, *Solanum melongena* L., *Cucumis sativus* L., *Capsicum annum* L., *Cucurbita pepo* L. y *Lycopersicon esculentum* Mill) encontró que los residuos de *A. retroflexus* redujeron significativamente la germinación y el crecimiento de todas

las especies de cultivos antes mencionadas (excepto *C. annum* L.). Los residuos de *C. murale* disminuyeron la germinación de la *B. oleracea* L. var. Capitata y *Cucumis sativus* L., solo en las concentraciones altas afectaron la germinación de *D. carota* L., y *B. oleracea* L. var. *Botrytis*. Sin embargo, los residuos de esta especie causaron daño significativamente en la materia seca de *D. carota* L y *C. sativus* L., mientras que no se encontraron efectos en el crecimiento de *B. oleracea* L. var. *Botrytis*, *C. annum* L., *C. pepo* L. y *L. esculentum* Mill.

Experimento extractos hidroetanólicos de *C. murale* sobre *A. fistulosum*

En la primera evaluación a 48 HDA no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos para el porcentaje de germinación, longitud de raíz y longitud de tallo (Cuadro 11). El extracto de raíz (18 mg mL⁻¹) a 96 y 144 HDA presentó nula germinación en las semillas de *A. fistulosum*, posteriormente este tratamiento presentó 2 y 3 % de germinación a 192 y 240 HDA respectivamente. Para el extracto de flor (18 mg mL⁻¹) se observó 2 % de germinación a 96 HDA, posteriormente exhibió 7 % de germinación en evaluaciones realizadas a 144, 192 y 240 HDA. Similar comportamiento presentó el extracto de raíz (9 mg mL⁻¹) el cual exhibió 8 % de germinación a 192 y 240 HDA. El porcentaje de germinación para los extractos de hoja (9 mg mL⁻¹), tallo (18 mg mL⁻¹) y tallo (9 mg mL⁻¹) no presentaron diferencias significativas con respecto al testigo después de 192 y 240 HDA (Cuadro 11, figura 4).

Los tratamientos a base de extractos de *C. murale* presentaron menor longitud de raíz y longitud de tallo en comparación con el testigo a partir de las 96 HDA hasta finalizar el experimento. El extracto de raíz (18 mg mL⁻¹) provocó menor longitud de raíz (0.08 cm) y longitud de tallo (0.0 cm) en comparación con los demás tratamientos de extractos de *C. murale* a 192 HDA (Cuadro 12, figura 4). Similar resultado se presentó cuando se evaluaron a las 240 HDA.

El peso seco se redujo significativamente con los extractos de raíz (18 mg mL⁻¹ y 9 mg mL⁻¹), flor (18 mg mL⁻¹ y 9 mg mL⁻¹) y hoja (18 mg mL⁻¹). Los extractos de hoja (9 mg mL⁻¹) y tallo (18 mg mL⁻¹ y 9 mg mL⁻¹) presentaron valores de peso seco de 0.0054, 0.0254 y 0.035 g respectivamente, los cuales no presentaron diferencia significativa con respecto al testigo (Cuadro 12). Por otra parte, en trabajos de investigación se ha evaluado la actividad alelopática de *Chenopodium murale* L. mediante exudación de los

pelos radiculares, quienes tuvieron un efecto y fueron responsables de alterar el ciclo celular y causaron daño oxidativo en el cultivo de trigo y plantas de *Arabidopsis thaliana* (Dmitrović *et al.*, 2015). Del mismo modo, se encontró que los extractos acuosos de *C. murale* mostraron inhibición en el crecimiento y actividad fotosintética en la cebada (Al-Johani *et al.*, 2012). Estos resultados se pueden explicar como resultado de aleloquímicos que figuran en el extracto acuoso de *C. murale*. Estos aleloquímicos inhiben la cadena transporte electrones de transferencia del fotosistema II (Zhou y Yu, 2006), y esta explicación puede ser reforzada por los hallazgos de Batish *et al.* (2007) que informaron que el extracto de *C. murale* tiene una gran cantidad de varios aleloquímicos que incluyen; ácido ferúlico, ácido vanílico, ácido p-coumárico y ácido benzoico, y estos compuestos fenólicos fitotóxicos afectan el crecimiento y la fisiología de la planta en general. Reinhardt y CF (1997) encontraron una disminución en la germinación del cultivo de tomate a las 144 HDA al utilizar extractos metanólicos de *Chenopodium album* en la concentración de 8 mg mL⁻¹. En este mismo ensayo se utilizó *Chenopodium polyspermum* quien no expreso alguna afectación significativa en el cultivo de tomate, lo que indica que *C. album* presento efectos alelopáticos significativos en la germinación.

En otro estudio Reinhardt *et al.* (1994), mencionan que el extracto (tallos) de 100% de metanol y el extracto de metanol: agua 50:50 de *C. album* causaron la mayor inhibición en la germinación de la cebolla. La comparación de los efectos de la concentración del extracto de 24 mg mL⁻¹ de estas dos fracciones mostró una inhibición similar de la germinación en todas las etapas del experimento. El extracto acuoso de metanol a la concentración más alta tuvo un efecto perjudicial sobre la germinación, aunque se detectó una ligera recuperación de la germinación en el recuento final. Por otra parte, los efectos de extractos acuosos de tallos secos de *A. retroflexus* significativamente disminuyeron la germinación de *Brassica oleracea* L. var. capitata y *Solanum melongena* L, mientras que los extractos de *C. murale* redujeron la germinación de *Brassica oleracea* L. var. capitata, *Daucus carota* L., *Solanum melongena* L. y *Capsicum annum* L. La materia seca de *B. oleracea* L. var. capitata, *B. oleraceae* L. var. Botrytis., *Daucus carota* L., *Capsicum annum* L, *Cucurbita pepo* L. y *Lycopersicon esculentum* Mill fue reducida significativamente por el extracto de *A. retroflexus*. Los

extractos de *C. murale* afectaron la longitud de tallo en *D. carota* L., *B. oleraceae* L. var. *Botrytis* y *C. pepo* L. (Qasem, 1995). En otro experimento, se evaluó el efecto alelopático de *Cynodon dactylon*, *Amaranthus retroflexus* y *Chenopodium album* mediante extractos acuosos (raíz y tallo) sobre la germinación y crecimiento de *Carthamus tinctorius* L. Los resultados encontrados establecieron que el tratamiento con agua destilada produjo la mayor longitud de planta, el peso seco, el porcentaje de germinación, el coeficiente de tasa de germinación y tiempo de germinación en comparación con los extractos de malezas. Los tratamientos con extracto de *A. retroflexus* no germinaron. El extracto de raíz de *C. album* y el extracto de *C. dactylon* disminuyeron la longitud de la plántula en 54.71 y 62.24% y el peso seco de la plántula en 52.5 y 78.18%, respectivamente. El extracto de raíz de *C. album* y el extracto de tallo de *C. dactylon* redujeron el porcentaje de germinación de las semillas de cártamo 73.34 y 80% y el coeficiente de tasa de germinación en 61 y 63%, respectivamente (Rezaie y Yarnia, 2009).

En esta investigación, se da conocer evidencia sobre la actividad potencial alelopática de *C. murale* en el cultivo de cebollín como planta indicadora de los efectos de los residuos verdes incorporados y los extractos hidroetanólicos. Esta información es de gran utilidad en el manejo de maleza, pues aporta nuevas herramientas químicas para la síntesis y producción de nuevas moléculas de herbicidas orgánicos y convencionales.

Cuadro 11. Efecto de los extractos *Chenopodium murale* a las 48, 96, 144, 192 y 240 HDA sobre la germinación de *Allium fistulosum*.

	48 HDA	96 HDA	144 HDA	192 HDA	240 HDA
Tratamiento (mg mL ⁻¹)	Germinación (%)	Germinación (%)	Germinación (%)	Germinación (%)	Germinación (%)
Flor 18	0	2 ^c	7 ^{cde}	7 ^d	7 ^c
Flor 9	0	7 ^c	13 ^{cd}	20 ^{bc}	37 ^b
Hoja 18	1	5 ^c	19 ^c	23 ^b	29 ^b
Hoja 9	20	33 ^b	46 ^b	67 ^a	72 ^a
Tallo 18	2	26 ^b	54 ^{ab}	67 ^a	77 ^a
Tallo 9	13	31 ^b	57 ^{ab}	76 ^a	83 ^a
Raíz 18	0	0 ^c	0 ^e	2 ^d	3 ^c
Raíz 9	0	3 ^c	4 ^{de}	8 ^{cd}	8 ^c
Testigo	29	56 ^a	76 ^a	85 ^a	91 ^a

HDA: Horas después de la aplicación. Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, p<0.05).

Cuadro 12. Efecto de los extractos de *Chenopodium murale* a las 48, 96, 144, 192 y 240 horas después de la aplicación (HDA) sobre el crecimiento inicial y materia seca de *Allium fistulosum*.

	48 HDA		96 HDA		144 HDA		192 HDA		240 HDA		
Tratamiento (mg mL ⁻¹)	Raíz (cm)	Tallo (cm)	Raíz (cm)	Tallo (cm)	Raíz (cm)	Tallo (cm)	Raíz (cm)	Tallo (cm)	Raíz (cm)	Tallo (cm)	Materia seca
Flor 18	0	0	0.06 ^{cd}	0 ^d	0.25 ^b	0 ^d	0.29 ^b	0.06 ^c	0.26 ^{bc}	0.12 ^{ef}	0 ^b
Flor 9	0	0	0.23 ^b	0 ^d	0.14 ^{bc}	0.26 ^{bcd}	0.20 ^{bc}	0.52 ^{bcd}	0.21 ^{bc}	0.44 ^{cde}	0 ^b
Hoja 18	0.02	0	0.11 ^{bcd}	0.067 ^{cd}	0.20 ^{bc}	0.10 ^{cd}	0.19 ^{bc}	0.21 ^{cde}	0.16 ^{bc}	0.30 ^{def}	0 ^b
Hoja 9	0.21	0	0.17 ^{bc}	0.24 ^{ab}	0.21 ^{bc}	0.39 ^b	0.21 ^{bc}	0.68 ^b	0.23 ^{bc}	0.93 ^b	0.0054 ^{ab}
Tallo 18	0.04	0	0.18 ^{bc}	0.03 ^{cd}	0.20 ^{bc}	0.17 ^{bcd}	0.26 ^{bc}	0.48 ^{bcd}	0.22 ^{bc}	0.48 ^{bcd}	0.0254 ^{ab}
Tallo 9	0.21	0	0.20 ^{bc}	0.14 ^{bc}	0.22 ^b	0.32 ^{bc}	0.23 ^{bc}	0.62 ^{bc}	0.20 ^{bc}	0.90 ^{bcd}	0.035 ^a
Raíz 18	0	0	0 ^d	0 ^d	0 ^c	0 ^d	0.08 ^c	0 ^e	0.09 ^c	0 ^f	0 ^b
Raíz 9	0	0	0.10 ^{bcd}	0 ^d	0.25 ^b	0 ^d	0.23 ^{bc}	0.14 ^{de}	0.27 ^b	0.58 ^{bcd}	0 ^b
Testigo	0.33	0	0.52 ^a	0.34 ^a	0.76 ^a	1.05 ^a	1.10 ^a	1.97 ^a	1.19 ^a	2.70 ^a	0.0184 ^{ab}

Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey, p< 0.05).

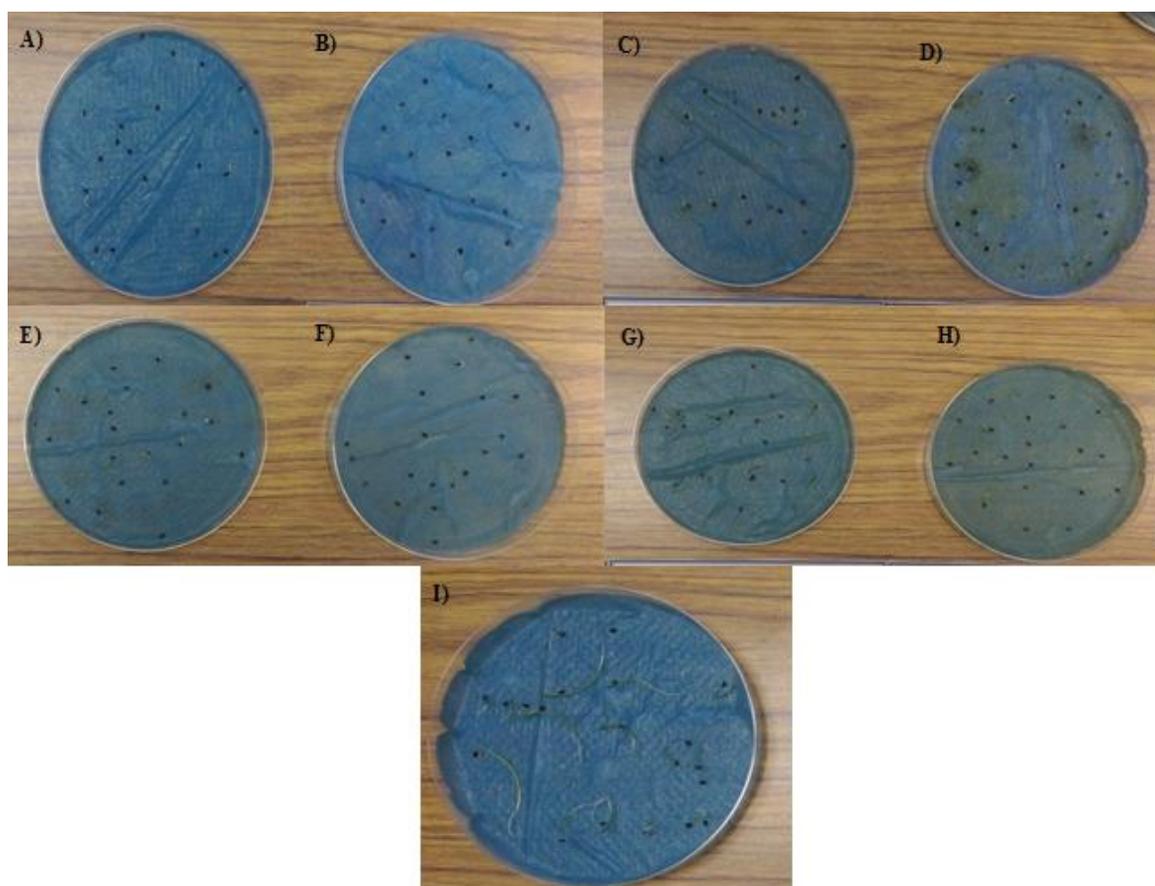


Figura 4. Efectos visuales de los extractos vegetales de *C. murale* en la prueba de germinación de cebollín a los 240 HDA: **Raíz A)** 9 mg mL^{-1} **Raíz B)** 18 mg mL^{-1} , **Tallo C)** 9 mg mL^{-1} **Tallo D)** 18 mg mL^{-1} , **Hoja E)** 9 mg mL^{-1} **Hoja F)** 18 mg mL^{-1} , **Flor G)** 9 mg mL^{-1} **Flor H)** 18 mg mL^{-1} , **I) Testigo** (Agua de destilada).

CONCLUSIONES

Las especies de maleza *Chenopodium murale* L. y *Amaranthus albus* L. fueron las que se presentaron en mayor densidad durante el ciclo del cultivo de *Allium fistulosum* L.

La competencia de maleza durante todo el ciclo del cultivo de cebollín redujo el rendimiento, diámetros de pseudotallo y cromaticidad para ambos calibres de cebollín (Delgados y medianos), afectando las características más importantes para su comercialización.

El período crítico de competencia de maleza en cebollines se encontró entre los 20 y 66 días después de la siembra.

En ambos bioensayos con *Chenopodium murale* L. se observó una inhibición en la germinación, el crecimiento y la producción de materia seca de la plántula de cebollín en sus fases iniciales, lo que indica que *C. murale* L. tiene efectos potencialmente alelopáticos.

Los efectos alelopáticos de *C. murale* más evidentes dentro del experimento residuo incorporado fueron en la disminución del crecimiento y la producción de materia seca del cebollín, y solo el tratamiento residuo hoja expreso mayor supresión en la germinación.

En el experimento extracto vegetal, los tratamientos que inhibieron fuertemente la germinación del cultivo de cebollín, fueron: raíz (18 mg mL⁻¹ y 9 mg mL⁻¹) y flor (18 mg mL⁻¹).

Los extractos de raíz (18 mg mL⁻¹ y 9 mg mL⁻¹), hoja (18 mg mL⁻¹) y flor (18 mg mL⁻¹ y 9 mg mL⁻¹) afectaron de forma total la producción de materia seca en las plántulas del cultivo de cebollín.

REFERENCIAS

- Acciaresi, H. A & Asenjo, C. A. (2003). Efecto alelopático de *Sorghum halepense* (L.) Pers. sobre el crecimiento de la plántula y la biomasa aérea y radical de *Triticum aestivum* (L.). *Ecología austral*. 13(1), 49-61.
- Alelopatías. (2018). Interacciones químicas entre plantas. Consultado en mayo 2018. Disponible en: <http://www.creces.cl/new/index.asp?imat=%20%20%3E%20%203&tc=3&nc=5&art=432>
- Al-Johani, N. S. Aytah, A. A & Boutraa, T. (2012). Allelopathic impact of two weeds, *Chenopodium murale* and *Malva parviflora* on growth and photosynthesis of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Pakistan Journal of Botany*. 44(6), 1865-1872.
- An, M. Pratley, J & Haig, T. (1998). Allelopathy: from concept to reality. In *Proceedings of the 9th Australian Agronomy Conference* (563-566 p). Australian Agronomy Society: Wagga Wagga, Australia.
- Anderson, W. P. (1983). *Weed Science: Principles*. West publishing Co. United States of America. Cap. 1. 33-34. Cap. 2. 65-110.
- Avendaño, Ruiz. B & Schwentesius Rindermann, R. (2005). Factores de competitividad en la producción y exportación de hortalizas: el caso del valle de Mexicali, BC, México. *Problemas del desarrollo*. 36(140), 165-192.
- Babiker, A. G. T & Ahmed, M. K. (1986). Chemical weed control in transplanted onion (*Allium cepa* L.) in the Sudan Gezira. *Weed Research*. 26(2), 133-138.
- Baker, H. G. (1974). The evolution of weeds. *Annual review of ecology and systematics*. 5(1), 1-24.
- Ballester, A & Cortizo, E. V. (1971). Estudio de sustancias de crecimiento aisladas de *Erica cinerea* L. NACC: Nova acta científica compostelana. *Biología*. (2), 79-84.
- Batish, D. R. Lavanya, K. Singh, H.P. & Kohli, R. K. (2007). Root-mediated allelopathic interference of nettle-leaved goosefoot (*Chenopodium murale*) on wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Agronomy and Crop Science*. 193(1): 37-44.
- Bertholdsson, N. O. Andersson, S. C & Merker, A. (2012). Allelopathic potential of *Triticum* spp., *Secale* spp. and *Triticosecale* spp. and use of chromosome substitutions and translocations to improve weed suppression ability in winter wheat. *Plant breeding*. 131(1), 75-80.

- Blair, S & Madrigal, B. (2005). Plantas antimaláricas de Tumaco: costa pacífica colombiana. Universidad de Antioquia. Primera edición. 348 p.
- Blanco, V. Y & Leyva, G. Á. (2011). Determinación del período crítico de competencia de las arvenses con el cultivo del fríjol (*Phaseolus vulgaris*, L). Cultivos Tropicales. 32(2), 143-153.
- Blanco, V. Y. Leyva, G. Á & Castro, L. I. (2014). Determinación del período crítico de competencia de arvenses en el cultivo del maíz (*Zea mays*, L.). Cultivos tropicales. 35(3), 62-69.
- Bryson, C. T & DeFelice, M. S. (2009). Weeds of the South. University of Georgia. Edited by Charles T. Bryson and Michael S. Defelice. Press. 1 p.
- Burgos, N. R & Talbert, R. E. (2000). Differential activity of allelochemicals from *Secale cereale* in seedling bioassays. Weed Science. 48(3), 302-310.
- Chuah, T. S. Norhafizah, M. Z & Ismail, S. (2014a). Phytotoxic effects of the extracts and compounds isolated from napiergrass (*Pennisetum purpureum*) on chinese sprangletop (*Leptochloa chinensis*) germination and seedling growth in aerobic rice systems. Weed Science. 62(3), 457-467.
- Chuah, T. S. Oh, H. Y. Habsah, M. Norhafizah, M. Z & Ismail, B. S. (2014b). Potential of crude extract and isolated compounds from golden beard grass (*Chrysopogon serrulatus*) for control of sprangletop (*Leptochloa chinensis*) in aerobic rice systems. Crop and Pasture Science. 65(5), 461-469.
- Cipollini, K & Greenawalt, Bohrer. M. (2016). Comparison of allelopathic effects of five invasive species on two native species. The Journal of the Torrey Botanical Society. 143(4), 427-436.
- Cousens, R & Mortimer, M. (1995). Dynamic of weed populations. Cambridge University. USA. Cap. 1. 1 p.
- Didon, U. M. Kolseth, A. K. Widmark, D & Persson, P. (2014). Cover crop residues effects on germination and early growth of annual weeds. Weed Science. 62(2), 294-302.
- Dmitrović, S. Simonović, A. Mitić, N. Savić, J. Cingel, A. Filipović, B. & Ninković, S. (2015). Hairy root exudates of allelopathic weed *Chenopodium murale* L. induce oxidative stress and down-regulate core cell cycle genes in Arabidopsis and wheat seedlings. Plant Growth Regulation. 75(1), 365-382.
- Einhellig, F. A. (1995). Allelopathy: current status and future goals. Cap. 1. 24 p.

- Evans, S. P. Knezevic, S.Z. Shapiro, C.A & Lindquist, J.L.(2003). Critical period of weed control in corn as influenced by nitrogen supply. *Weed Science*. 51, 408-417.
- FAO, (2018). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Métodos preventivos y culturales para el manejo de malezas. Consulta: 09/06/2018. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s0e.htm>.
- Fernández, O. A. (1982). Manejo integrado de malezas. *Planta daninha*. 5(2), 69-79.
- Fletcher, W. W. (1983). Introduction. In: W.W. Fletcher (ed.) *Recent Advances in Weed Research*. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough. R.U. 1-2 p.
- García, T. & Fernández, C. (1991). *Fundamento sobre malas hierbas y herbicidas*. Ministerio de agricultura, Pesca y Extensión Agraria. Primera Edición. Madrid: Mundi. Prensa. 348 p.
- García, S. T. Isidró, M. P. De Cupere, F. Gabriel, M. Aguiar, P & García, M. R. (2003). Efecto Alelopático del Boniato (*Ipomoea batatas* L. (Lam.)), sobre la germinación y crecimiento de cultivos y malezas. *Centro Agrícola*. 30(1), 59-63.
- Genta, H & Villamil, M. J. (1992). *Manual de control de malezas en hortalizas*. Editado por la Unidad de Difusión e Información del Instituto de Nacional de Investigación Agropecuaria. Montevideo. Uruguay. Serie No. 2. 142 p. Disponible en: www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2924/1/111219220807115512.pdf.
- Ghosheh, H. Z. Holshouser, D. L & Chandler, J. M. (1996). The critical period of johnsongrass (*Sorghum halepense*) in field corn (*Zea mays*). *Weed Science*. 44, 944-947.
- Haramoto, E. R & Gallandt, E. R. (2005). Brassica cover cropping: II. Effects on growth and interference of green bean (*Phaseolus vulgaris*) and redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). *Weed Science*. 53(5), 702-708.
- Hawton, D & Drennan, D. S. H. (1980). Studies on competition between *Macroptilium atropurpureum* and *Crotalaria goreensis*. *Weed Research*. 20, 225-230.
- Ihsan, M. Z. Khaliq, A. Mahmood, A. Naeem, M. El-Nakhlawy, F & Alghabari, F. (2015). Field evaluation of allelopathic plant extracts alongside herbicides on weed management indices and weed–crop regression analysis in maize. *Weed biology and management*. 15(2), 78-86.
- Intagri. (2017). *Período Crítico de Competencia en los Cultivos*. Artículos Técnicos de Intagri. Serie Fitosanidad. 103, 4 p.

- Islam, M. R. Mian, M. A. K. Kaisar, M. O. Ahamed, K. U & Alam, M. A. (2010). Performance of garlic bulb production under zero tillage mulched condition as affected by time of weeding. *Journal of Science and Technology*. (Dinajpur). 8, 164-170.
- Jaramillo J.E. Aguilar, P.A. Arguello, O. Valencia, C. Saldarriaga, A. Martínez, A.M. Forero, C.A. Franco, G. (2016). Modelo tecnológico para el cultivo de cebolla de rama (*Allium fistulosum*), en el departamento de Antioquia. Mosquera, Colombia: (Corpoica) Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Disponible en :http://digitool.gsl.com.mx:1801/webclient/StreamGate?folder_id=0&dvs=1528528965973~838.
- Kato-Noguchi, H. (2011). Barnyard grass-induced rice allelopathy and momilactone B. *Journal of plant physiology*, 168(10), 1016-1020.
- Keynet, México. (2016). Gowan Seed Mexico. Consulta: 24/09/2016. Disponible en: <http://www.Gowansemillas.com.mx/prodctosd.php?producto=209&idioma=3&categoria>.
- Kiemnec, G. L & McInnis, M. L. (2002). Hoary cress (*Cardaria draba*) root extract reduces germination and root growth of five plant species. *Weed technology*. 16(1), 231-234.
- Koger, C. H & Bryson, C. T. (2004). Effect of cogongrass (*Imperata cylindrica*) extracts on germination and seedling growth of selected grass and broadleaf species. *Weed technology*. 18(2), 236-242.
- Labrada, R. Caseley, J. C & Parker, C. (1996). Manejo de malezas para países en desarrollo. Food & Agriculture Organization. 120, 403 p.
- Labrada, R & Parker, C. (1994). Weed Control in the context of Integrated Pest Management. Weed Labrada R. and Parker C Management for Developing Countries. Edited R. Labrada, J. C. Caseley and C. Parker, Plant Production and Protection Pape. 120, FAO, Rome. 3-8 p.
- Little, A. (1975). Off on a Tangent. A Research Note. *Journal of Food Science*. 40, 410-411.
- Liyanage, D. P .P. Wenaka, D.R. Wathugala, D.L. Niroshani, H.R.C & Yapa S.D.S. (2016). Critical period for weed control in big onion (*Allium cepa* L.) At two different agro-ecological zones of sri lanka. *Tropical Agriculturist*. 164, 121-136.
- Lolas, P. C & Coble, H.D. (1980). Johnsongrass (*Sorghum halepense*) Growth characteristics as related to rhizome lenght. *Weed Research*. 20, 205-210.

- Macias, F. A. Gallindo, J. C. G & Molinillo, J. M. G. (2000). Plant biocommunicators: application of allelopathic studies. Phytoconsult. Agency for research into plant compounds. Netherlands, 137-162.
- Malherbología. (2018). Las malas hierbas como generadores de interferencias en los cultivos. Consulta: 12 de mayo de 2018. Disponible en: <https://w3.ual.es/personal/edana/bot/mh/temas/t6.htm>.
- Majeed, A. Chaudhry, Z & Muhammad, Z. (2012). Allelopathic assessment of fresh aqueous extracts of *Chenopodium album* L. for growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). Pakistan Journal of Botany. 44(1), 165-167.
- Minotti, P. L & Sweet, R. D. (1981). Role of crop competition in limiting losses from weeds. In Handbook of pest management in agriculture, ed. D. Pimentel. 351-367. Boca Raton, FL: CRC Press Inc. 2, 351-367.
- Norsworthy, J. K. (2003). Allelopathic potential of wild radish (*Raphanus raphanistrum*). Weed Technology. 17(2), 307-313.
- NOM-043-FITO-1999. NORMA Oficial Mexicana NOM-043-FITO-1999, Especificaciones para prevenir la introducción de malezas cuarentenarias a México. Diario Oficial de la Federación. 1ro de marzo del 2000.
- OEIDRUSBC. (2016). Oficina Central de Información para el Desarrollo Rural Sustentable de Baja California. SEHA-BC Series Históricas Agrícolas. Consulta. 24/09/2016. Disponible en: http://www.oeidrusbc.gob.mx/oeidrus_bcaindex.php.
- Olofsdotter, M. Navarez, D & Rebulanan, M. (1999). Weed-suppressing rice cultivars: does allelopathy play a role?. 36 (6), 441-454.
- Oueslati, O. (2003). Allelopathy in two durum wheat (*Triticum durum* L.) varieties. Agriculture, ecosystems & environment. 96(1-3), 161-163.
- Pheng, S. Olofsdotter, M. Jahn, G & Adkins, S. W. (2009). Potential allelopathic rice lines for weed management in Cambodian rice production. Weed biology and management. 9(4), 259-266.
- Pramanik, M. H. R. Minesaki, Y. Yamamoto, T. Matsui, Y & Nakano, H. (2001). Growth inhibitors in rice-straw extracts and their effects on Chinese milk vetch (*Astragalus sinicus*) seedlings. Weed Biology and Management. 1(2), 133-136.
- Qasem, J. R. (1995). Allelopathic effects of *Amaranthus retroflexus* and *Chenopodium murale* on vegetable crops. Allelopathy journal. 2(1), 49-66
- Qasem, J. R. (2005). Critical period of weed competition in onion (*Allium cepa* L.) in Jordan. Jordan Journal of Agricultural Sciences. 1(1), 32-42.

- Qi, Y. Z. Zhen, W. C & Li, H. Y. (2015). Allelopathy of decomposed maize straw products on three soil-born diseases of wheat and the analysis by GC-MS. *Journal of Integrative Agriculture*. 14(1), 88-97.
- Ramírez, H. P. (2004). La cebolla de rama (*Allium fistulosum*) y su cultivo. Edición: Luis Humberto Fierro. 13-14 p. Disponible en: <http://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/LA%20CEBOLLA%20DE%20RAMA%20Y%20SU%20CULTIVO.pdf>
- Reinhardt, C.F. Meissner, R & Van Wyk, L. J. (1997). Allelopathic effects of *Chenopodium album* L. and *Chenopodium polyspermum* L. on another weed and two crop species. *South African Journal of Plant and Soil*. 14(4), 165-168.
- Reinhardt, C. F. Meissner, R & Labuschagne, N. (1994). Allelopathic interaction between *Chenopodium album* L. and certain crop species. *South African Journal of Plant and Soil*. 11(1), 45-49.
- Rew, L. J & Cousens, R. D. (2001). Spatial distribution of weeds in arable crops: are current sampling and analytical methods appropriate?. *Weed Research*, 41(1), 1-18.
- Rezaie, F & Yarnia, M. (2009). Allelopathic effects of *Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus* and *Cynodon dactylon* on germination and growth of safflower. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 7, 516-521.
- Rojas, G. M. (1980). Manual Teórico-Práctico de herbicidas y fitoreguladores. Editorial limusa. México. Cap. 1. 24 p.
- Safdar, M. E. Tanveer, A. Khaliq, A & Maqbool, R. (2016). Critical competition period of parthenium weed (*Parthenium hysterophorus* L.) in maize. *Crop Protection*. 80, 101-107.
- Salazar, L & Hincapié, E. (2007). Las arvenses y su manejo en los cafetales. *Sistemas de producción de café en Colombia*, 102-130 p.
- Siriwardana, G. D & Zimdahl, R.L. (1984). Competition between barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) y redroot pigweed. (*Amaranthus retroflexus*). *Weed Science*. 32, 218-222.
- Singh, M. S. Bhullar, M & Chauhan, B. S. (2014). The critical period for weed control in dry-seeded rice. *Crop Protection*. 66, 80-85.
- Smith, R. Jr. (1968). Weed competition in rice. *Weed Science*. 16, 252-254.
- Statistix (2004). User Guide. Versión 8.0

- Sturm, D. J. Kunz, C & Gerhards, R. (2016). Inhibitory effects of cover crop mulch on germination and growth of *Stellaria media* (L.) Vill., *Chenopodium album* L. and *Matricaria chamomilla* L. *Crop Protection*. 90, 125-131.
- Tukey Jr, H. B. (1966). Leaching of metabolites from above-ground plant parts and its implications. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. 93 (6), 385-401.
- Thullen, R. J & Keeley, P.E. (1980). Competition between yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*) and Japanese millet (*Echinochloa crus-galli* var. frumentacea). *Weed Science*. 28, 24-26.
- Tunku, P. (1997). Effects of period of weed interference and chemical weed control on growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.). Tesis de maestría. Ahmadu Bello University. Zaria, Nigeria. 98 p.
- Tursun, N. Bukun, B. Karacan S. C., Ngouajio M & Mennan, H. (2007). Critical Period for Weed Control in Leek (*Allium porrum* L.). *Hortscience*. 42(1), 106–109.
- Uddin, M. N. Robinson, R. W. Buultjens, A. Al Harun, M. A. Y & Shampa, S. H. (2017). Role of allelopathy of *Phragmites australis* in its invasion processes. *Journal of experimental marine biology and ecology*. 486, 237-244.
- Van, Heemst. J. D. (1985). The influence of weed competition on crop yield. *Agricultural Systems*. 18, 81-93.
- Van, D. R. Hoddle, M. Center, T. D. Ruíz, C. E. Coronada, B. J & Álvarez, J. M. (2007). Control de plagas y malezas por enemigas naturales (No. 632.96 V33). United States Department of Agriculture, United States Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team. 765 p. Disponible en: https://www.fs.fed.us/fores_thealth/technology/pdfs/VANDRIESCHE_CONTROL_Y_PLAGAS_WEB.pdf.
- Vaz, Pereira. D. J & Leyva Galán, Á. (2015). Período crítico de competencia de las arvenses con el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en Huambo, Angola. *Cultivos Tropicales*. 36(4), 14-20.
- Villarreal, Q. J. A. (1999). Malezas de Buenavista Coahuila. 1ra edición. UAAAN. Saltillo, México. 269 p.
- Villegas, M. C. Díaz, G. M. Castro, R. C & Reyes, L. A. (2004). Período crítico de competencia de malezas en trigo (*Triticum aestivum* L.). *Agricultura Técnica en México*. 30(2), 223-234.
- Weaver, S. E. Kropff, M. J & Groeneveld, R. M. (1992). Use of ecophysiological models for crop-weed interference. The critical period of weed interference. *Weed Science*. 40, 302-307.

- Wilkinson, R.E & Jaques, H.E. (1972). How to know the weed. Third edition. The picture key. Nature Series. Wm. C. Brown C. Publ. Dubuque, Iowa.
- Whitson, D. T. Burrill, C. L. Dewey, A. S. Cudney, W. D. Nelsol, E. B. Lee, D. R & Parker, R. (2012). Weeds of the West. Western Society Of Weed Science. 11th Edition. E.E. U.U. Washington D.C. 625 p.
- Zheng, H. E, C.Q. Xu, Q. Y. Yang, J. N. Zhan , Y. W. & Li, Y. R. (2011). Inference of allelopathy about *Spartina alterniflora* to *Scirpus mariqueter* by effects of activated carbon on soil. Procedia Environmental Sciences. 10, 1835-1840.
- Zhou, Y.H & Yu, J.Q. (2006). Allelochemicals and photosynthesis. In: Allelopathy: A Physiological Process with Ecological Implications. (Eds.): M.J. Reigosa, N. Pedrol and L. González. Springer, the Netherlands, 127-139 p.
- Zimdahl, R.L. (2004). Weed-crop competition a review. Blackwell Publishing.Iowa, USA. Cap. 6. 109 p.