

**EFFECTOS DE LA ALELOPATÍA Y SU UTILIZACIÓN EN MALEZAS Y
CULTIVOS DE IMPORTANCIA AGRONÓMICA DEL DEPARTAMENTO DE
CÓRDOBA**

Autores: Dian Camilo Lozano Tordecilla
Nellys Lucia Arroyo Acosta

**Universidad de Córdoba
Facultad de Ciencias Agrícolas
Departamento de Ingeniería Agronómica y Desarrollo Rural**

2021

**EFFECTOS DE LA ALELOPATÍA Y SU UTILIZACIÓN EN MALEZAS Y
CULTIVOS DE IMPORTANCIA AGRONÓMICA DEL DEPARTAMENTO DE
CÓRDOBA**

Autores: Dian Camilo Lozano Tordecilla
Nellys Lucia Arroyo Acosta

PROYECTO DE GRADO, MODALIDAD MONOGRAFIA, PRESENTADO COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO

Orientadores: Rogers Enrique Charry Mercado
I.A – M.Sc. CIENCIAS AGRONÓMICAS

**UNIVERSIDAD DE CORDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA Y DESARROLLO RURAL**

2021

“La responsabilidad ética, legal y científica de las ideas, conceptos y resultados del proyecto, serán responsabilidad de los autores”

Artículo 17, acuerdo No. 039 del 24 de junio de 2005 del Consejo Superior de la Universidad de Córdoba.

NOTA DE ACEPTACIÓN

ROGERS ENRIQUE CHARRY MERCADO
DIRECTOR

CESAR AUGUSTO VERGARA CORDOBA
JURADO

ALBERTO ANTONIO ANGULO ORTIZ
JURADO

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo queremos dedicar en primer lugar a Dios por habernos regalado la fortaleza para culminar este proceso académico, luego a nuestros padres NELLYS LUCIA ACOSTA ACOSTA, JOAQUÍN HEBERTO ARROYO ACOSTA; FEDERMAN LOZANO PASTRANA y JUDITH TORDECILLA GONZÁLEZ ya que más que un triunfo de nosotros es de ellos, por habernos inculcado la disciplina de estudiar y luchar por nuestros sueños, brindándonos así la mejor herencia que puedan dejar los padres, como lo es nuestra educación.

De mi parte, Dian Camilo Lozano Tordecilla quiero dedicarle este logro a la familia Burgos Tordecilla por haberme acogido en el seno de su hogar y brindarme su apoyo incondicional en todo el tiempo de mi proceso de formación.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia quiero darle las gracias a Dios por guiarme y darme la sabiduría para sacar adelante mi carrera, a mis padres quienes siempre estuvieron allí para mí, apoyándome dándome no solo los recursos económicos, sino su confianza y su apoyo incondicional a pesar de todas las circunstancias que se me iban presentando, nunca dudaron de mí y siempre estaban dando una voz de ánimo, nunca alcanzare a devolverles todo lo que hicieron por mí. NELLYS LUCIA ACOSTA ACOSTA, JOAQUÍN HEBERTO ARROYO ACOSTA.

A mis hermanos CARLOS MARIO, LORENA, JAMES, LISDANER Y LOREY ARROYO ACOSTA, por estar a mi lado dándome su apoyo incondicional y demás familiares que aportaron un granito de arena para que hoy pueda obtener este logro, al grupo de amigos de carrera con los cuales pase muy bonitos momentos y aunque hubo momentos donde nos alejamos siempre estuvieron dando su apoyo tanto intelectual como emocional les expreso mi gratitud, en especial a CAMILO ANDRÉS DUEÑAS COGOLLO, LEIDY QUIÑONEZ, VALERIA PATIÑO, YULISSA SILVA, JOSE MARIO SUAREZ, GUILLERMO BARRETO, SAMIR PEREIRA, JUAN CAMILO DIONICIO y mi compañero de tesis DIAN CAMILO LOZANO TORDECILLA.

Al grupo de profesores de la facultad de ciencias agrícolas quienes aportaron un granito de arena en toda mi carrera en especial a los profesores, ORLANDO LAFONT, YURI PARDO. También expreso mi gratitud al director ROGERS ENRIQUE CHARRY MERCADO, por todo su tiempo y dedicación, siempre pude contar con él. Por último, a la UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA, FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS.

Por mi parte quiero expresarles mis más sinceros agradecimientos a mis padres por haber hecho el esfuerzo para regalarme el privilegio de continuar con mis estudios superiores y cumplir poco a poco con mi proyecto de vida.

A Emiro Begambre Berrio quien ha sido un amigo incondicional con el que he podido contar en todo momento, también a su mamá, quien siempre me trato como un hijo más. A NELLYS ARROYO mi compañera incondicional para la cual no tengo palabras como describir la amistad que me ha brindado.

A aquellas personas que hacen parte de mi círculo social y personal, con quienes he contado desde que tengo mis primeros recuerdos, que han contribuido en mi desarrollo emocional y sentimental, que han estado conmigo en los momentos más

duros y difíciles de mi vida, y han hecho de mí una mejor persona, les expreso mi gratitud.

También quiero agradecer a SARA VÁSQUEZ, DAIRO MARTÍNEZ, JUAN DIONYCIO, CAMILO DUEÑAS, JOSÉ SUAREZ, GUILLERMO BARRETO, SAMIR SUAREZ, DANIEL MARTÍNEZ compañeros que hicieron parte de mi formación académica, con los cuales viví y compartí momentos muy especiales. Por otro lado, quiero agradecerle a cada uno de los profesores de la Facultad de Ciencias Agrícolas que depositaron su confianza en mí y me transmitieron parte de su conocimiento adquirido, en especial a EUSEBIO ACOSTA Y JOSÉ PEROZA quienes fueron grandes consejeros y motivadores para mi vida personal.

Contenido

	pág.
RESUMEN	3
1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 GENERALIDADES DE LAS MALEZAS.....	7
2.2 GENERALIDADES SOBRE LA ALELOPATÍA	7
2.3 MECANISMOS DE ACCIÓN DE LOS AGENTES ALELOPÁTICOS	10
2.4 ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE EL AVANCE DE LA ALELOPATÍA	12
3. CONCLUSIONES	23
Referencias	24

Lista de Figuras

pág.

Figura 1. Vías a través de las cuales se liberan los agentes alelopáticos al entorno.....8

RESUMEN

Actualmente es importante encontrar alternativas que nos permitan desarrollar una agricultura más rentable y sostenible con el medio ambiente, dejando a un lado los agroquímicos, los cuales pueden llegar a causar daños irreversibles en los ecosistemas, en la naturaleza las plantas están propensas a factores bióticos como abióticos los cuales afectan considerablemente sus rendimientos. Los cultivos son afectados frecuentemente por la aparición de malezas, las cuales pueden llegar a causar grandes pérdidas. La presencia de arvenses tendrá un efecto negativo sobre el cultivo ya que estará compitiendo por agua, luz y nutrientes. El departamento de Córdoba cuenta con una amplia flora de arvenses debido a las condiciones edafoclimáticas que se presentan, así mismo se desarrollan una gran diversidad de cultivos de importancia agronómica tales como maíz, algodón, arroz, plátano y hortalizas, se cree que muchas de estas malezas y cultivos desarrollan sustancias alelopáticas que tienen la capacidad de inhibir de manera directa o indirecta las fases germinativas, crecimiento y reproducción de otras plantas. En este sentido el objetivo de esta investigación es realizar una revisión sistemática de información sobre los efectos de la alelopatía y su utilización para el control de malezas en cultivos agrícolas de importancia agronómica del departamento de Córdoba. Los resultados obtenidos en la investigación demostraron que por medio del fenómeno conocido con el nombre de alelopatía puede ser una gran alternativa para el control de malezas en los agroecosistemas, debido a que actualmente se conocen muchas plantas con potencial alelopático lo cual nos permitirá tener una agricultura más sostenible con el medio ambiente.

Palabras claves: Bioherbicida, alelopatía, condiciones edafoclimáticas, agroecosistema.

ABSTRACT

Currently it is important to find alternatives that allow us to develop a more profitable and environmentally sustainable agriculture, leaving aside agrochemicals, which can cause irreversible damage to ecosystems, in nature plants are prone to biotic and abiotic factors which considerably affect their yields. Crops are frequently affected by the appearance of weeds, which can cause great losses. The presence of weeds will have a negative effect on the crop as they will be competing for water, light and nutrients. The department of Córdoba has a wide flora of weeds due to the edaphoclimatic conditions that are present, likewise a great diversity of crops of agronomic importance such as corn, cotton, rice, banana and vegetables are developed, it is believed that many of these weeds and crops develop allelopathic substances that have the ability to directly or indirectly inhibit the germination phases, growth and reproduction of other plants. In this sense, the objective of this research is to carry out a systematic review of information on the effects of allelopathy and its use for weed control in agricultural crops of agronomic importance in the department of Córdoba. The results obtained in the research showed that the phenomenon known as allelopathy can be a great alternative for weed control in agroecosystems, since many plants with allelopathic potential are currently known, which will allow us to have a more sustainable agriculture with the environment.

Key words: Bioherbicide, allelopathy, edaphoclimatic conditions, agroecosystem.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente es importante investigar y encontrar alternativas que nos permitan desarrollar una agricultura más rentable y que nos ofrezca la posibilidad de ser un poco más sostenibles con el medio ambiente. Sin embargo, el uso de agroquímicos en los procesos productivos aumenta considerablemente los rendimientos y la rentabilidad de los cultivos agrícolas, pero el uso constante de estos productos puede alterar el medio biológico provocando daños muy graves a los diversos ecosistemas (Blanco 2006).

En la naturaleza las plantas están propensas a factores tanto bióticos o abióticos los cuales han coevolucionado; la presión de selección ejercida por estos a lo largo del proceso evolutivo, incito en las plantas el desarrollo de numerosas rutas de biosíntesis a través de las cuales sintetizan y acumulan en sus órganos gran variedad de metabolitos secundarios, se conoce que muchos de estos tienen efectos en interacciones un poco complejas entre los organismos vivos de un mismo entorno (Sampietro, 2001).

Los metabolitos secundarios o mejor conocidos como sustancias alelopáticas son denominadas aleloquímicos y el fenómeno en el cual están involucradas se designa aleloquimia; la alelopatía es un tipo de aleloquimia que se establece entre individuos vegetales, el término alelopatía fue utilizado para referirse a los efectos benéficos o perjudiciales que se produzcan de manera directa o indirecta en el resultado de la acción de compuestos químicos liberados por las plantas (Sampietro, 2001).

Siguiendo con el concepto de la alelopatía, en el fenómeno alelopático siempre existe una planta (donadora) que libera al medio ambiente por cierta vía (por ej: lixiviación, descomposición de residuos etc.) compuestos químicos los cuales al ser incorporados por otra planta (receptora) provocan un efecto benéfico o perjudicial sobre procesos como la germinación, crecimiento o desarrollo (Sampietro, 2001), en diferentes bioensayos se ha encontrado que los compuestos alelopáticos se pueden alojar en cualquier parte de la planta, dependiendo que tipo de compuesto produce este se puede almacenar en hojas, tallos, raíces, flores, frutos y semillas (Tokura 2006).

En los diferentes agroecosistemas ha existido una interacción muy estrecha entre el cultivo, arvenses y las condiciones edafoclimáticas. También se conoce que hay una competencia por agua, luz y nutrientes entre el cultivo y las arvenses, podemos decir que algunas condiciones ambientales favorecen el crecimiento y propagación de una manera más rápida de malezas desde luego esto depende de la zona en que se encuentren. (Layne & Mendez, 2007).

La utilización de residuos alelopáticos, como una herramienta de manejo en los cultivos, puede ser uno de los usos más prácticos y aplicables de la alelopatía en los agroecosistemas, aunque actualmente se manejan otras prácticas sostenibles como: el empleo de productos orgánicos, rotaciones y asociaciones de cultivo, mulch, cultivo de cobertura entre otros. Estas son las mejores variantes para garantizar una buena producción y aportar al futuro de nuestro planeta (Blanco 2006).

Por lo anterior se ha decidido realizar esta investigación documental, aportando información certera y veraz sobre la utilización de la alelopatía como una alternativa en los cultivos agrícolas, dando a conocer como la alelopatía puede ser una estrategia de uso más sostenible con el medio ambiente en los agroecosistemas. Teniendo en cuenta lo anterior el objetivo principal es realizar una revisión sistemática de información sobre los efectos de la alelopatía y su utilización para el control de malezas en cultivos agrícolas de importancia agronómica del departamento de Córdoba, por lo cual es necesario cumplir con los siguientes objetivos específicos: Establecer cuáles son los mecanismos y las principales vías que utilizan las plantas para liberar sustancias alelopáticas, Identificar las principales especies de plantas que presentan mayor potencial alelopático de acuerdo a su mecanismo de liberación, y finalmente presentar de manera sintetizada los avances de la alelopatía en la obtención de extractos a base de diferentes partes de plantas. La metodología utilizada será de realizar una revisión bibliográfica sistemática de información recopilando y examinando las diferentes fuentes bibliográficas existentes que nos aporten a la investigación.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES DE LAS MALEZAS

Actualmente se han podido identificar alrededor de 350.000 tipos de plantas, de las cuales unas 30.000 interfieren en las tareas agrícolas realizadas por el hombre, producción de animales y así mismo de otras plantas. Unas 250 especies son las responsables de generar grandes pérdidas para el hombre, esto debido a las afectaciones en mayor tamaño que generan en los agro ecosistemas, teniendo en cuenta que esta se puede dar por competencia o por liberación de componentes alelopáticos (Yong, 2010).

2.2 GENERALIDADES SOBRE LA ALELOPATÍA

El término alelopatía fue utilizado inicialmente en 1973 por el alemán Hans Molisch, este hace referencia a las secuelas de los compuestos químicos expulsados por algunos organismos vivos que favorece o perjudica directa o indirectamente a otro organismo vivo. Sin embargo, este término se ha empleado más para describir los efectos negativos producidos en las plantas (Rice, 1984, Citado por Giardini *et al.*, 2018).

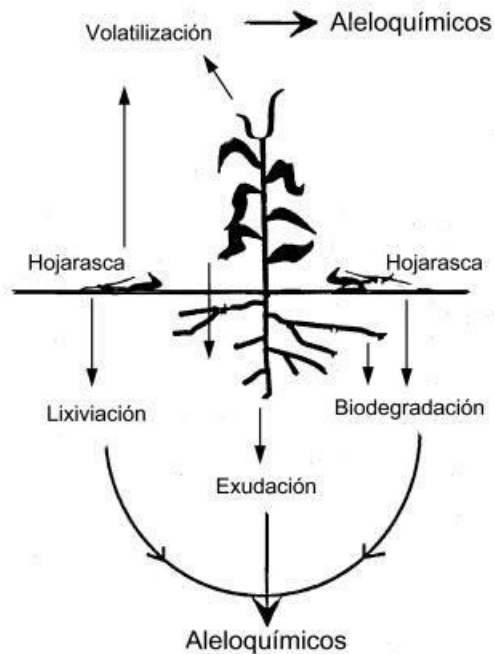
Estos aleloquímicos tienen la capacidad de inhibir de manera directa en la fase germinativa, crecimiento y reproducción de otras plantas. Por otro lado, se reportó que indirectamente tienen la capacidad de afectar los microorganismos del suelo y luego en la elongación y desarrollo de plantas (Callaway & Ridenour, 2004, Citado por Hernández *et al.*, 2020).

2.2.1 Mecanismos de Liberación de Sustancias Alelopáticas. Una gran cantidad de compuestos alelopáticos son reducidos y almacenados en distintas células de la planta siendo esta en forma conjugada o libre con distintas moléculas y son expulsados a su alrededor para defenderse de distintos agentes bióticos o abióticos que pueden ser perjudiciales. Hay pocos estudios sobre la liberación de aleloquímicos de los tejidos vivos, incluidos los efectos de los modos de regulación o el medio ambiente en estos procesos. Por ejemplo, los experimentos con sorgo mostraron que cuando las semillas de sorgo fueron expuestas a rayos gamma, las plantas de origen secretaron más compuestos alelopáticos a través de sus raíces que las plantas derivadas de semillas sin dicho tratamiento (Sampietro, 2001).

Por otro lado, si los aleloquímicos se liberan de forma activa o mediante un escape pasivo es una cuestión abierta. El material exudado de las raíces de algunas plantas no se puede separar del tejido de la raíz. En el sorgo, la p-benzoquinona llamada (cetona del sorgo) exuda mucho de las raíces. Sin embargo, no se han encontrado en los tejidos radiculares (Sampietro, 2001).

En cualquier caso, se puede decir que el método de liberación de los compuestos alelopáticos depende de sus propiedades químicas. Las plantas superiores generalmente liberan compuestos orgánicos a través de sustancias volátiles en su superficie y se lixivian en las hojas y los exudados de las raíces. Eventualmente, los componentes químicos de todos los organismos se liberarán al medio ambiente a través del proceso de descomposición, ingresando así a la matriz del suelo. Por lo tanto, hay cuatro formas principales de liberar sustancias químicas al medio ambiente (Figura 1). Analizaremos cada uno de ellos a continuación (Sampietro, 2001).

Figura 1. Vías a través de las cuales se liberan los agentes alelopáticos al entorno



Fuente. ALELOPATIA: Concepto, características, metodología de estudio e importancia. Sampietro (2001).

2.2.1.1 Exudados Radicales. La reducción en rendimiento observada en algunos cultivos en varios casos se ha atribuido a toxinas liberadas por otros y malezas adyacentes. Se conocen sustancias exudadas por las raíces que reducen la

germinación de las semillas, el crecimiento de raíces y brotes, la incorporación de nutrientes y la nodulación (Sampietro 2001, Citado por Canihuante, 2012).

Los exudados radiculares comprenden únicamente entre el 2-12% del total de fotosintatos de la planta y la mayoría de los agentes alelopáticos conocidos son exudados radiculares. Factores tales como la edad del vegetal, nutrición, luz y humedad influyen cualitativa y cuantitativamente la liberación de sustancias por las raíces. Algunos de estos compuestos exudados por las raíces, ejercen un marcado efecto inhibitorio sobre la germinación y el crecimiento de otras especies. La bibliografía establece que estos compuestos fitotóxicos, son producidos tanto por ciertas especies cultivadas, como por especies no cultivadas, entre las cuales se incluyen ciertas malezas. Entre las especies cultivadas que presentan estas características, se pueden citar a: Avena, Cebada, Maíz, Tomate y Pepino (Sampietro 2001, Citado por Canihuante, 2012,).

También son varias las especies no cultivadas y malezas que producen exudados radiculares inhibitorios para otras especies, entre éstas se pueden citar: *Calluna vulagris* (L) Hull., *Setaria faberii* Herrm., *Sorghum halapense* (L) Pers., *Aristida oligantha* Michx., *Bromus japonicus* Thunb., *Ambrosia artemisiifolia* (L), *Digitaria sanguinalis* (L) Scop. Se establece que son varios los factores que pueden afectar los exudados radicales producidos por una especie determinada (Sampietro 2001, Citado por Canihuante, 2012).

2.2.1.2 Volatilización. La volatilización ocurre principalmente en las hojas, flores y frutos. Los metabolitos secundarios que se volatilizan pueden ser directamente de la atmósfera por las plantas vecinas o retenidos por las partículas del suelo donde afectan a las raíces de las plantas por contacto directo o a través de la solución del suelo (Ríos 2010, Citado por Lillo, 2013, P.14).

La liberación de agentes alelopáticos por volatilización se produce en plantas que producen etileno y aceites esenciales volátiles, los cuales están constituidos fundamentalmente por terpenoides (Calle 2010, Citado por Lillo, 2013, p.14).

La toxicidad de los compuestos volátiles es prolongada debido a las partículas del suelo, lo cual les permite permanecer varios meses en él. En ecosistemas desérticos y mediterráneos, la liberación de compuestos alelopáticos a través de volatilización es un mecanismo frecuente debido al predominio de altas temperaturas e influencia de la distribución de las especies vegetales (Sampietro, 2003, Citado por Lillo, 2013, p.14).

2.2.1.3 Lixiviación. La lixiviación es la eliminación de sustancias presentes en las plantas debido a la influencia de la lluvia, la nieve, la niebla o el rocío. El grado de lixiviación depende del tipo de tejido vegetal, la edad de la planta y la cantidad y naturaleza de la precipitación (Calle, 2010, Citado por Lillo, 2013, p.14).

De esta forma, se liberan una variedad de compuestos alelopáticos con diferentes propiedades, como compuestos fenólicos, terpenos y alcaloides. Se ha determinado la toxicidad de muchos extractos de semillas y hojas para plantas silvestres y cultivadas (Calle, 2010, Citado por Lillo, 2013, p.14).

2.2.1.4 Descomposición de Residuos Vegetales. El residuo vegetal descompuesto libera grandes cantidades de agentes alelopáticos. Los factores que afectan este proceso incluyen la naturaleza del residuo, el tipo de suelo y las condiciones de descomposición. Finalmente, los aleloquímicos liberados por los residuos vegetales en el suelo entran en contacto con las raíces de las plantas presentes en el suelo y juegan su papel. Los compuestos liberados por las plantas al suelo suelen transformarse a través de su microflora, que produce productos con mayor actividad biológica que sus precursores. Las investigaciones que utilizan extractos de plantas acuosas han demostrado que los inhibidores solubles en agua presentes en los cultivos pueden liberarse rápidamente durante el proceso de descomposición (Sampietro, 2001).

La toxicidad de los residuos vegetales ofrece algunas preguntas y oportunidades importantes para los agrónomos y malherbologos. Por ejemplo, para ciertas combinaciones de cultivos, no se recomienda el uso de prácticas agrícolas como la siembra directa sobre el rastrojo para una mejor conservación del suelo y el agua, porque las toxinas liberadas por los residuos de la descomposición tienen un efecto nocivo sobre la emergencia, crecimiento y productividad de cultivos. Por otro lado, los residuos también pueden afectar a determinadas malezas de la misma forma (Sampietro, 2001).

2.3 MECANISMOS DE ACCIÓN DE LOS AGENTES ALELOPÁTICOS

2.3.1 Limitaciones en el Estudio de los Mecanismos de Acción. Dado que los diferentes compuestos alelopáticos tienen diferentes propiedades químicas, no existe un mecanismo de acción único que pueda explicar cómo afectan a las plantas receptoras. Comprender el mecanismo de acción de un compuesto alelopático dado tiene varias desventajas. En condiciones naturales, las cantidades disponibles de muchas de estas sustancias son inferiores a las de las sustancias activas en los bioensayos de laboratorio. Esto se debe a que a menudo hay interacciones sinérgicas y aditivas, lo que dificulta la determinación del rendimiento de cada compuesto. Esta mínima presencia de la sustancia también hace que su recuperación sea difícil de utilizar para estudios de efectos fisiológicos y niveles subcelulares (Sampietro, 2003)

Cuando se estudian compuestos alelopáticos específicos, a menudo es difícil distinguir los efectos secundarios de las causas primarias. Si se considera que los herbicidas que actualmente solo se utilizan en la agricultura tienen solo unos doce sitios de acción molecular conocidos, y la incidencia de resistencia a los productos básicos en las malezas es logarítmica, entonces se puede concluir fácilmente que el uso de sustancias con nuevos sitios de acción que no se han utilizado hasta ahora puede reducir el impacto de este problema (Sampietro, 2003).

La literatura nos proporciona cierta comprensión del mecanismo de acción de los compuestos alelopáticos, pero por todas las razones anteriores, todavía hay una falta de comprensión clara de cómo afectan el crecimiento de las plantas receptoras. Hasta el momento, los más investigados en esta área son los compuestos fenólicos. Es una forma interesante de rastrear la trayectoria de estas sustancias en las plantas a través de moléculas de la misma sustancia con C¹⁴. De esta manera, podemos entender hacia dónde se transportan principalmente y en qué tejidos juegan un papel. El primer estudio de este tipo mostró que las semillas germinadas de lechuga (*Lactuca sativa*) y cebada pueden incorporar cumarina y ácido cinámico, ácido cafeico y ácido ferúlico. Otros trabajos de vivero han demostrado que el ácido salicílico, el ácido ferúlico y el ácido p-hidroxibenzoico se extraen rápidamente del medio nutritivo y se transportan a través de la planta. Desafortunadamente, las moléculas marcadas con radioisótopos no se han utilizado en la mayoría de los fármacos alelopáticos (Sampietro, 2001).

2.3.2 Especies de plantas con poder alelopático. Actualmente hay 372 registros en el mundo de plantas espontáneas que presentan resistencia a herbicidas (Giardini *et al.*, 2018). En Colombia no se tiene una cifra exacta de las especies de plantas que presentan resistencia a herbicidas, lo que se ha convertido en un gran reto para las empresas productoras de estos, de igual forma esto reafirma que la utilización desmesurada e irresponsable de productos de síntesis química ocasiona problemas para la agricultura colombiana y mundial.

El efecto alelopático de los cultivos sobre las malezas es poco común, pero se verificó que los extractos acuosos de semillas y raíces de cebada (cultivo con acción competidora sobre malezas) tenían efectos inhibitorios sobre la germinación de *Stellaria media* y menos sobre la *Capsella bursa* sin afectar el cultivo del trigo (Swain, 1977, Citado por Blanco, 2006).

2.4 ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE EL AVANCE DE LA ALELOPATÍA

1. Se realizó un estudio de laboratorio e invernadero por dos años para investigar la competencia y la alelopatía entre *Cyperus rotundus* L. y *Solanum lycopersicum* L., *Solanum. melongena* L. y *Capsicum annuum* L. Todos los cultivos mostraron baja capacidad para soportar la competencia de *C. rotundus* y esta fue la razón de la reducción de su número total de frutos y rendimiento de frutos en 81%-94% y 86%-96%, respectivamente. Los extractos acuosos de partes de plantas de *C. rotundus* disminuyeron la germinación de la semilla y la longitud de raíz de todos los cultivares vegetales, indicando actividad alelopática suplementaria de *C. rotundus* en todas las hortalizas. El bajo coeficiente de correlación entre el rendimiento total de frutos de los cultivares cultivados en condiciones libres de malas hierbas y la reducción total de la fruta-rendimiento debido a la interferencia de *C. rotundus* indica claramente que la capacidad de rendimiento de los cultivares no está relacionada con su tolerancia a la interferencia de *C. rotundus* (Dhima *et al.*, 2016).
2. Majeed *et al.*, (2018) utilizaron diferentes concentraciones de residuos de plantas de *Echinochloa colona* L. para ver el efecto alelopático de esta sobre la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de *Zea mays* L. Los resultados revelaron que hubo un efecto estimulante de residuos de *E. colona* incorporados al suelo en plántulas de maíz de hasta 2%; Se observó un efecto inhibitorio sobre las concentraciones más del 2% de residuos vegetales de *E. colona* en comparación con el tratamiento control. Se observó una máxima reducción en el porcentaje de emergencia, longitud de raíz y brote, peso seco de raíz y brote y vigor de plántulas de maíz en la concentración de 5% de residuos de plantas de *E. colona*.
3. Estudios realizados por Siddiqui *et al.*, (2018) sobre el potencial alelopático de *Parthenium hysterophorus* para la respuesta de las malas hierbas en la soya revelaron que hubo un aumento significativo en la longitud de los brotes, peso fresco de los brotes, peso seco de los brotes, longitud de las raíces peso fresco de la raíz, peso seco de la raíz, número de nódulos por planta, peso fresco y seco de los nódulos peso fresco y seco de los nódulos, número de ramas, número de vainas por planta, peso de mil semillas rendimiento biológico , rendimiento económico, rendimiento de materia seca e índice de cosecha, con la incorporación al suelo de *Parthenium* a razón de 2.5 t ha-1 así mismo encontró que la mayor densidad de malas hierbas y la biomasa seca se registraron en las parcelas de control, mientras que la eficiencia de control fue mayor donde se aplicó *Parthenium* a la superficie a razón de 5 t ha-1. Los resultados sugieren que el uso de *Parthenium hysterophorus* puede reducir la infestación de malas hierbas por sus efectos alelopáticos y

aumentar el rendimiento de la soja en condiciones agroclimáticas subhúmedas.

4. Pereira *et al.*, (2019) Utilizo un extracto etanólico de brotes y raíces *Paspalum maritimum* Trind, para evaluar el potencial alelopático de esta sobre el porcentaje de germinación, índice de velocidad de germinación y crecimiento inicial de las plántulas de *Lactuca sativa*, *Digitaria insularis*, *Emilia coccinea* y *Portulaca oleracea* como plantas receptoras. El extracto etanólico de ambas partes de la planta tuvo un efecto alelopático sobre el porcentaje de germinación concluyendo que, a mayor concentración del extracto, menor es el índice de germinación de las especies receptoras.
5. Hassan *et al.*, (2018) utilizo extracto de hojas frescas de *Parthenium hysterophorus* para estudiar el potencial alelopático sobre los parámetros de porcentaje germinación, biomasa fresca, biomasa seca, altura de la planta, área foliar, peso de la raíz, peso de los rebrotes, longitud de la raíz y longitud de los rebrotes de tres cultivos *Triticum aestivum*, *Cicer arietinum* y *Brassica campestris*, y en malezas como *Avena fatua*, *Asphodelus tenuifolius* y *Lolium rigidum*. Los resultados arrojaron diferencias entre las especies de prueba y los índices de los extractos de *Parthenium* fueron estadísticamente diferentes ($P \leq 0,05$) para todos los rasgos examinados, mientras que para la interacción especie x concentración de *Parthenium*, las diferencias sólo fueron significativas ($P \leq 0,05$) para la altura de la planta en el experimento en maceta. Los análisis de resultados mostraron que con el aumento de la concentración de *P. hysterophorus*, todos los parámetros estudiados en las seis especies de prueba disminuyeron significativamente.
6. Vargas *et al.*, (2018) realizaron un estudio en el cual evaluaron el potencial alelopático de varios cultivos cobertura sobre la germinación y crecimiento de la maleza falsa botonera (*Spermacoce verticillata* L.). Se utilizaron tres niveles de paja de niveles de paja (1; 2,5 y 5 mg cm⁻²) de trece cultivos de cobertura (*Cajanus cajan*, *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria juncea*, *Clematis ochroleuca*, *Crotalaria spectabilis*, *Mucuna aterrima* *Mucuna cinereum*, *Pennisetum glaucum*, *Sorghum bicolor*, *Sorghum sudanense*, *Urochloa brizantha* cv. Xaraés, *Urochloa brizantha* cv. Piatã y *Urochloa ruzizensis*). Los resultados demostraron que la paja de los cultivos de cobertura inhibió la germinación y el crecimiento inicial de las plantas objetivo. Los niveles más altos de paja promovieron reducciones de 44,0 y 78,8% en la longitud de la radícula en relación con la dosis más baja (1 mg cm⁻²), para la lechuga y *Spermacoce verticillata*, respectivamente. La mayor sensibilidad a los aleloquímicos se produjo en la radícula. Los principales efectos supresores de la germinación de las malas hierbas fueron promovidos por *Cajanus cajan*, *Urochloa brizantha* cv. Xaraés, *Mucuna cinereum* M. aterrima, *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria juncea*, C. spectabilis y U. ruzizensis.

7. Pérez *et al.*, (2019) realizaron un estudio para evaluar el potencial alelopático de lixiviados acuosos de *Ipomoea purpurea* L. Roth en la germinación de semillas y en el crecimiento radical de plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), y el potencial alelopático de *I. purpurea* en el crecimiento, la fisiología y la nodulación de frijol en simbiosis con *Rhizobium tropici*. Los resultados arrojaron que tanto el lixiviado acuoso de raíz como el de la parte aérea de *I. purpurea* estimularon la germinación de semillas de frijol y la elongación radical. La presencia de *I. purpurea* tuvo un efecto negativo en el crecimiento y en las respuestas fisiológicas de las plantas de frijol, que fue atenuado cuando las plantas fueron inoculadas con *Rhizobium tropici*; no obstante, la nodulación asociada a esta bacteria fue afectada en presencia de la planta alelopática. Los resultados indican que la simbiosis de rizobios en las raíces de frijol es un elemento importante en la atenuación de los daños producidos por la planta alelopática *I. purpurea*.
8. Laynez *et al.*, (2007) determinaron cuales eran los efectos que causaban los extractos acuosos del follaje de *Cyperus rotundus* L. sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays* L.). Un primer extracto al 15% p/v fue preparado con el follaje de plantas de *C. rotundus*, luego se obtuvo por dilución extractos al 0; 2,0; 4,0 y 6,0% p/v evaluándoseles pH y conductividad eléctrica (S.cm⁻¹). Para la siembra se utilizaron bandejas cubiertas con una doble capa de papel absorbente sobre la que se colocó 20 semillas/bandeja, tapadas con dos hojas más de papel y regadas tres veces al día con los extractos foliares. El tratamiento control recibió agua corriente. Los resultados arrojaron que la germinación, altura de las plántulas, longitud de las radículas, peso seco del vástago y relación peso seco del vástago/peso seco de la radícula disminuyeron proporcionalmente al aumento de la concentración de extracto, contrariamente, el peso seco de la radícula incrementó. La relación altura de la plántula/longitud de la radícula no presentó diferencias significativas en las fuentes de variación.
9. Investigaciones realizadas por Sánchez; González & Meseguer., (2020) sobre el efecto alelopático de un extracto acuoso de *Panicum maximum* Jacq. Sobre dos arvenses dicotiledóneas *Amaranthus dubius* Mart. y *Euphorbia heterophylla* L. en pre y post emergencia. Para la obtención del extracto acuoso de rizomas de *Panicum maximum* se tomaron plantas en la fase de floración - fructificación con tres meses de edad. Se evaluaron cuatro tratamientos por ensayo con un extracto obtenido en una proporción 1:10 de rizomas agua (p/v) (tres concentraciones del extracto 30, 20 y 10% y un testigo). Los resultados arrojaron que el extracto acuoso de *Panicum maximum* manifestó efecto alelopático negativo en pre emergencia sobre la germinación y se produjo una estimulación de la longitud del hipocótilo, mientras que en post emergencia disminuyó el porcentaje de germinación y la longitud contra *Euphorbia heterophylla*, mientras que contra *Amaranthus*

dubius redujo la germinación tanto en pre como en post emergencia, y hubo reducción de la longitud de la radícula y del hipocótilo en pre emergencia.

10. Brunes *et al.*, (2016) tuvieron como objetivo evaluar el potencial alelopático del extracto acuoso de hojas de diferentes cultivares de arroz de regadío en la germinación y el vigor de semillas de mijo (*Digitaria ciliaris*) y angiquinho (*aeschynomene denticulata*) en concentraciones de 25, 75 y 100%. Se Concluyó que los extractos de las hojas de arroz frescas cuando están en altas concentraciones reducen la germinación y vigor de semillas de mijo y angiquinho; sin embargo, a bajas concentraciones pueden estimular la germinación y el crecimiento.
11. Anwar *et al.*, (2020) realizaron estudios para evaluar los efectos alelopáticos del polvo de hoja y semillas de *Carica papaya* L. y en las semillas pregerminadas de *Avena fatua* L., *Helianthus annuus* L., *Rumex dentatus* L., *Zea mays* L., *Triticum aestivum* L. Los resultados arrojaron que la inhibición más significativa del crecimiento en las plántulas de *A. fatua* con el método de papel filtro. La longitud de la radícula de *A. fatua* se redujo con el extracto acuoso de *C. papaya* al (80%) y polvo de hoja al (89%). La longitud de la plúmula se redujo bajo la influencia del extracto acuoso (57-73%) y el material en polvo (59-77%). Los efectos inhibitorios sobre otras especies de prueba fueron en secuencia de *H. annuus* seguido de *Z. mays*, y *R. dentatus*. El extracto acuoso mostró un efecto no significativo sobre la germinación, crecimiento de la radícula y la plúmula. Se sugiere que el extracto acuoso de *C. papaya* puede ser utilizado como fuente de manejo de malezas en el cultivo de trigo.
12. Macedo *et al.*, (2020) investigaron la bioactividad de *Cyperus rotundus*, *Phyllanthus tenellus* y *Ricinus communis* y de las semillas de *Carica papaya* sobre la germinación de *Sporobolus indicus* sin romper la latencia, simulando las condiciones de campo. El extracto etanólico de *C. rotundus*, *P. tenellus*, hojas verdes de *R. communis* y semillas de *C. papaya*, a concentraciones de 25, 50 y 75%. los resultados arrojaron que los extractos de *P. tenellus* en todas las diluciones y los de *R. communis* y *C. papaya* al 75% suprimieron por completo la germinación de semillas de *S. indicus* a los cinco y diez días, lo que puede atribuirse a su alta concentración de taninos, compuestos fenólicos totales y flavonoides.
13. Mehmood *et al.*, (2017) realizaron un estudio para evaluar los efectos fitotóxicos de *Alternanthera philoxeroides* y residuos de *Alternanthera sessilis* sobre la emergencia y los rasgos de crecimiento temprano de las plántulas de arroz (*Oryza sativa*). El suelo se preparó con residuos de especies de *Alternanthera* a 4% (p/p) por separado y se dejó descomponer durante 0, 15 y 30 días. Se demostró que la emergencia del arroz disminuyó significativamente, pero aumentó el tiempo medio de emergencia hasta el

50% observado en suelos modificados con residuos de especies de *Alternanthera* en comparación con semillas sembradas en suelos no modificados. La emergencia del arroz se redujo al 50-67% y al 52-75% por *A. sessilis* y *A. philoxeroides*, respectivamente, también hubo una reducción significativa de la raíz de arroz.

14. Ullah *et al.*, (2018) llevaron a cabo un estudio de campo de dos años para examinar el impacto de los residuos de girasol en las propiedades del suelo, la dinámica de las malas hierbas y la productividad del frijol mungo. El estudio constaba de cinco tratamientos, a saber, el control, los extractos de agua de girasol a 10 y 20 L ha⁻¹, y la incorporación de residuos de girasol a 4 y 6 toneladas ha⁻¹. Los resultados indicaron que la aplicación de extractos de agua de girasol redujo la densidad de las malas hierbas en un 5-26% y el peso seco de las malas hierbas en un 9-31%, mientras que la incorporación de residuos de girasol provocó una reducción del 44-57% en la densidad de las malas hierbas y del 58-70% en el peso seco de la densidad de las malas hierbas y del 58-70% del peso seco de las mismas, en comparación con el control. En la cosecha del frijol mungo, el nitrógeno total y la materia orgánica del suelo se incrementaron de nitrógeno total y materia orgánica en el suelo se incrementaron en un 86% y 74%, respectivamente, con la incorporación de residuos de girasol a 6 ton ha⁻¹ en comparación con el control. En conclusión, la incorporación de residuos de girasol a 6 ton ha⁻¹ mejoró la salud del suelo del suelo, suprimió las malas hierbas y mejoró el rendimiento de las semillas (36%) y la rentabilidad (339 \$ ha⁻¹) del frijol mungo sembrada en primavera.
15. Dos Santos *et al.*, (2020) evaluaron el efecto de extractos de plantas de *Eucalyptus globulus* Labill y *Moringa oleifera* Lam, sobre la germinación de semillas de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill), con el fin de otorgar subsidios para una posible acción bioherbicida. El diseño experimental fue completamente al azar en un sistema factorial de 2 x 4, dos extractos más tres niveles de concentración y control. Los datos fueron evaluados mediante análisis de regresión donde el extracto de Eucalipto fue superior en la reducción de la germinación de semillas de tomate en todas las concentraciones. El porcentaje de germinación de las semillas se redujo en ambos extractos, con la concentración de 0.4 g / ml del extracto de eucalipto que tiene el mayor efecto, inhibiendo la germinación al 100% el extracto de moringa fue más efectivo a concentraciones de 0.25 g / ml y 0.4 g / ml. El índice de velocidad de germinación y la longitud del tallo sufrieron una mayor reducción en las concentraciones más altas de los extractos. Los autores confirmaron el efecto alelopático de los extractos de moringa y el eucalipto en la germinación de las semillas de tomate, consagrándose con potencial de uso como bioherbicidas.

16. Lino *et al.*, (2020) realizaron un trabajo en el cual evaluaron el efecto del extracto acuoso de hojas frescas de eucalipto (*Eucalyptus urophylla*) en diferentes concentraciones sobre la germinación y el desarrollo inicial de semillas de maíz (*Zea mays* L.) y caupí (*Vigna unguiculata*). (L.) Walp). Las variables analizadas fueron: porcentaje de germinación, índice de velocidad de germinación, longitud de plántulas, masa de materia fresca y seca de plántulas. Utilizaron un diseño experimental totalmente aleatorio, con cuatro concentraciones de extracto de eucalipto (25, 50, 75 y 100%) y un control con cuatro repeticiones. El porcentaje de germinación (GER) fue calculado según Labouriau y Valadares (1976), mediante la fórmula $G = (N/A) \times 100$. Dónde: G = germinación; N = número total de semillas germinadas; A = número total de semillas puestas a germinar. En sus resultados encontraron que el extracto acuoso de las hojas frescas de *E. urophylla*, muestra potencialidades en las semillas de caupí, inhibiendo la longitud y la materia seca de las plántulas, lo que indica la presencia de posibles compuestos alelopáticos. Por otro lado, no encontraron diferencias significativas para el maíz en ninguna de las variables analizadas.
17. Ferreira *et al.*, (2020) decidieron evaluar el efecto alelopático de los compuestos presentes en el brote y la raíz de *Conyza sumatrensis* sobre la germinación de *Bidens pilosa*, y cuantificar los compuestos fenólicos presentes en los extractos de los brotes y la raíz de *C. sumatrensis*. Los tratamientos implementados por los autores consisten en extractos acuosos a las concentraciones de 0, 1, 5 y 10 % (p/v), donde aclaran que para el tratamiento cero utilizaron sólo agua destilada, con cuatro réplicas en un diseño completamente aleatorio. Los datos fueron analizados según Pimentel-Gomes & García (2002). La germinación de las semillas de *B. pilosa* bajo extracto acuoso de raíz y brote al 10 % de *C. sumatrensis*, fue probada por análisis de varianza (ANOVA) ($P < 0,05$), posteriormente las medias se analizaron por comparaciones múltiples mediante la prueba de Tukey (1949) ($P < 0.05$). Como resultados encontraron que los extractos del brote de *C. sumatrensis* tuvieron un efecto más expresivo sobre la germinación de las semillas en comparación con los extractos obtenidos de la raíz. En la concentración de 10 %, el extracto del brote redujo en 83 % el porcentaje de germinación. Esto puede estar relacionado con la mayor concentración de flavonoides y fenoles totales encontrados, lo que indica que el potencial alelopático de las plantas de *C. sumatrensis* puede considerarse ya que tanto los extractos de brotes como los de raíz inhibieron y/o redujeron la germinación de *B. pilosa*.
18. Krause *et al.*, (2020) evaluaron el efecto del extracto acuoso de *Brachiaria decumbens* sobre el crecimiento del pimentón ornamental (*Capsicum frutescens*). Utilizaron cuatro dosis del extracto de *Brachiaria decumbens* (0, 50, 75 y 100%) y dos métodos de aplicación (aplicación edáfica y spray foliar). Se determinó el número de días para la floración, altura de planta,

número de hojas, número de frutos, área foliar, y masa seca de frutos, raíz, brote. Los resultados arrojaron que las variables número de frutos y masa seca de la raíz no mostraron interacción, encontrando los mejores resultados con la aplicación edáfica en comparación con la aplicación foliar. Al considerar la interacción, la aplicación del 100% del extracto redujo el número de días de floración tanto para la aplicación foliar como para el edáfica. Para las variables de crecimiento, esta misma dosis promovió los mejores resultados para la mayoría de las variables. Basándose en los resultados, se recomienda la dosis del 100% de extracto de *B. decumbens* aplicado por el método edáfico para reducir el número de días para la floración y promover un mejor desarrollo del pimiento ornamental.

19. Estudios realizados por Barbosa *et al.*, (2018) evaluaron el efecto alelopático del extracto de *Pachyrhizus erosus* sobre germinación de *Euphorbia heterophylla* y *Bidens pilosa*. Las variables estudiadas fueron porcentaje de germinación, germinación velocidad de germinación y la biomasa seca, los resultados obtenidos fueron que hubo una reducción del 18% y del 92% en la germinación de *E. heterophylla* y *B. pilosa*, respectivamente, cuando se utiliza el extracto crudo de la parte aérea (hervido) de *P. erosus*, con una reducción, aún, del 91 % de la biomasa seca de las plántulas de *E. heterophylla*. El extracto de la raíz tuberosa (hervido) redujo un 18 % y un 80 % en el porcentaje de germinación de *E. heterophylla* y *B. pilosa*, respectivamente. Se concluye que los extractos preparados con *P. erosus* tienen efecto alelopático sobre las especies evaluadas.
20. Gindri *et al.*, (2020) estudio tiene como objetivo investigar el efecto de los extractos acuosos de *Lantana camara* sobre la germinación y el comportamiento del crecimiento de *Bidens pilosa* (L.) mediante la evaluación de parámetros fisiológicos (tasa de germinación índice de velocidad de germinación, rendimiento de las plántulas y estructura e integridad de la membrana), así como el perfil metabólico del extracto del extracto. El extracto redujo el índice de velocidad de germinación y la tasa de crecimiento de las plántulas y promovió anomalías en el geotropismo y el desarrollo de las raíces en ambas poblaciones. La tercera fase de germinación se vio muy afectada (más que las fases I y II) el extracto de *L. camara* tiene potencial para ser utilizado en el desarrollo de un nuevo herbicida respetuoso con el medio ambiente.
21. Naeem *et al.*, (2016) realizaron un experimento de campo de dos años para estimar la interferencia de *Trianthema portulacastrum* y *Cyperus rotundus* y evaluar el papel de los extractos alelopáticos de agua para el manejo efectivo de las malezas en el maíz. Se aplicaron por vía foliar cinco extractos de agua de plantas en diez combinaciones binarias en un diseño de bloques completos aleatorios triplicados. Las parcelas tratadas con el herbicida comercial atrazina y También se mantuvieron parcelas tratadas con el

herbicida comercial atrazina y el control de malas hierbas (control), para su comparación. Los resultados arrojaron que la mayor densidad de ambas especies de malas hierbas se observó a los 45 días después de la siembra (DAS), mientras que la biomasa seca de las malas hierbas fue mayor a los 60 DAS. La combinación binaria de sorgo y girasol mostró una mayor supresión de las malas hierbas densidad, biomasa seca e índice de persistencia (88-92% para *T. portulacastrum* y 65-81% para *C. rotundus*) en comparación con el control de malas hierbas. Esta combinación de tratamientos también ha registrado resistencia del cultivo, un 84% en el índice de área foliar y un 41% en la tasa de crecimiento del cultivo a los 60-75 DAS, lo que ha llevado a una mejora del 51% en la producción de grano. La combinación binaria de girasol-brassica produjo el máximo beneficio marginal neto, mientras que la combinación sorgo-maíz anticipó el valor máximo de la tasa de rendimiento marginal, el sorgo y el girasol documentaron los máximos beneficios económicos netos entre las diferentes combinaciones de extractos vegetales, lo que sugiere que la aplicación exógena de extracto de sorgo y girasol puede utilizarse eficazmente para controlar estas malas hierbas en los campos de maíz.

22. Ferreira *et al.*, (2020) verificaron la actividad alelopática de las hojas y raíces de *Scoparia dulcis* en malezas y lechuga. El experimento se organizó en un diseño factorial 2 x 5 con seis repeticiones de 15 semillas cada una. Las semillas se colocaron para germinar en capas de agar, y después de diez días se evaluaron el porcentaje de germinación, la longitud de los brotes y la longitud primaria de las raíces. Los resultados mostraron que esta especie tiene potencial alelopático, ya que interfirió en el desarrollo de todas las plantas receptoras estudiadas, y la acción inhibitoria ejercida por las hojas fue más significativa e intensa sobre las variables analizadas. Por otro lado, las raíces presentaron una mayor cantidad total de compuestos fenólicos, encontrándose el ácido cafeico en mayor cantidad tanto en las raíces como en las hojas.
23. Sánchez; González & Mesequer., (2020) investigaron el efecto alelopático de un extracto acuoso de *Sorghum halepense* (L.) Pers sobre dos arvenses dicotiledóneas *Amaranthus dubius* Mart. y de *Euphorbia heterophylla* L. en pre y post emergencia. Los tratamientos empleados fueron de 0, 40, 60, 80 y 100 g de rizomas fraccionados de la planta *S. halepense* en 2 kg de suelo. Los residuos de *Sorghum halepense* (L.) Pers. ocasionaron efecto inhibitorio en la germinación y sobrevivencia de *Euphorbia heterophylla* L., en pre y post emergencia, redujeron la radícula en post emergencia y estimularon el hipocótilo en pre emergencia, mientras que sobre *A. dubius* manifestaron acción inhibitoria en el porcentaje de germinación y sobrevivencia y disminuyeron la longitud del hipocótilo tanto en pre como en post emergencia.

24. Rodríguez *et al.*, (2016) Evaluaron la actividad alelopática de extractos brutos de *Copaifera pubiflora* (Benth) sobre la germinación de *Mimosa pudica* (Lineo) para generar nuevos posibles métodos de control de *M. pudica*, y al mismo tiempo ampliar el conocimiento y bioprospección de especies endémicas de la Orinoquia, como lo es *C. pubiflora*. Se utilizaron extractos etanólico, hexánico y medio acuoso, de hojas y corteza de *C. pubiflora*, en concentraciones de 7, 5 y 2 % pv y un diseño multifactorial categórico. Los resultados mostraron que los extractos etanólico y en medio acuoso de corteza y hojas, tienen actividad alelopática, sobre la germinación de *M. pudica*.
25. Brunes *et al.*, (2019) evaluaron el potencial alelopático del extracto acuoso de hojas de diferentes cultivares de arroz en el desarrollo fisiológico de las semillas de arroz rojo. El diseño experimental fue completamente al azar, con cuatro repeticiones en un diseño factorial 4 x 5, donde: factor A - extracto de hojas frescas de cultivares de arroz y el factor B concentraciones de los extractos (0, 25, 50, 75 y 100%). Los extractos se obtuvieron a partir de hojas de cultivo que se encontraban en la fase R3, y las hojas molidas durante 2,5 min con ayuda de la batidora añadiendo agua destilada se evaluó la germinación, el primer recuento, el índice de velocidad de germinación, la longitud de los brotes y raíces y el peso seco del brote y la raíz. En general, parece que el efecto alelopático es mayor en los nuevos cultivares, y el extracto concentrado al 25% de IRGA 424 es el más perjudicial para el desarrollo de las semillas de arroz rojo.
26. Shah *et al.*, (2018) realizaron experimentos de campo de dos años para investigar la fitotoxicidad del mezquite (*Prosopis juliflora*) sobre el control de las malas hierbas y el rendimiento del trigo. Se prepararon extractos acuosos de mezquite con concentraciones del 10, 20, 30 y 40% de hojas, tallos y raíces y se compararon con agua del grifo (control). Todos los parámetros (Densidad de malas hierbas, biomasa fresca de malas hierbas, biomasa seca de malazas hierbas, contenido de clorofila, índice de área foliar, duración del área foliar, tasa de crecimiento del cultivo la tasa de asimilación neta, la altura de la planta y el número de tallos), se redujeron significativamente al aplicar los extractos de mezquite. Entre las diferentes concentraciones, el nivel máximo (40%) de las tres partes de la planta de mezquite redujo posteriormente los parámetros del estudio de las malezas, la biomasa fresca y seca de las malezas, el índice de área foliar, la duración del área foliar de la hoja, la tasa de crecimiento del cultivo, la tasa de asimilación neta, el contenido de clorofila altura de la planta, el número de tallos, la longitud de la espiga, el número de granos, el peso de 1.000 granos, el rendimiento del grano, rendimiento biológico, índice de cosecha y contenido de proteína del grano. Sobre la base de los resultados, se concluye que los extractos acuosos de mezquite pueden contener muchas sustancias fitotóxicas que

pueden afectar negativamente al crecimiento y al rendimiento de los cultivos agrícolas, por lo tanto, el trigo no debería plantarse cerca del mezquite.

27. Alves *et al.*, (2019) evaluaron la posible influencia alelopática de las hojas secas en el proceso de descomposición de *Libidibia ferrea* Mart. en el desarrollo de plántulas de frijol Caupí, cv. Canapu. Se evaluó la altura de las plántulas y la longitud de las raíces, la masa seca de la parte aérea del sistema radicular y el total de plántulas normales fueron evaluadas. Se utilizó el esquema de factores 4 x 5 totalmente aleatorizado (proporciones de arena: hojas secas x períodos de descomposición). Los resultados arrojaron que el periodo de 30 días de descomposición provoca una reducción de la longitud de la parte aérea, de la masa seca de la parte aérea, en el sistema radicular y en el total de las plántulas, el aumento de la proporción de hojas secas del palo de hierro afecta a la masa seca de la parte aérea y al total de las plántulas. Por lo tanto, el cultivo de frijoles caupí, cv. Canapu, y el palo de hierro en un sistema agroforestal no es viable.
28. Pereira *et al.*, (2018) realizaron una investigación para verificar el efecto alelopático e identificar los metabolitos secundarios en la especie *Canavalia ensiformis*. Para el estudio utilizaron las especies *Lactuca sativa*, *Digitaria insularis*, *Emilia coccinea* y *Portulaca oleracea* como especies receptoras. Para evaluar el potencial alelopático del extracto etanólico del brote (hoja + tallo) de la especie donante. Los efectos alelopáticos potenciales fueron evaluados mediante pruebas de germinación y crecimiento inicial de las plántulas. También realizaron la identificación de los metabolitos secundarios del brote de *C. ensiformis* mediante la técnica de cromatografía líquida de alto rendimiento. Como resultado encontraron que el extracto etanólico de *Canavalia ensiformis* provoca la inhibición de la germinación y el índice de velocidad de germinación de *L. sativa*. Por otro lado, reafirmaron que el brote de *C. ensiformis* contiene los compuestos pertenecientes a los ácidos fenólicos (ácido clorogénico, ácido ferúlico y ácido cafeico), flavonoides (kaempferol, naringina y rutina) y ácidos carboxílicos (ácidos cítrico, malónico y aspártico), que pueden ser responsables de la actividad alelopática de esta especie.
29. Ximenez *et al.*, (2019) analizaron los efectos del extracto de hoja en bruto y fracciones de *Machaerium hirtum* (Vell.) Stellfeld sobre *Euphorbia heterophylla* L. e *Ipomoea grandifolia*, así como la aparición de cambios morfoanatómicos. Para ello, solubilizaron 0,04 g del extracto crudo y fracciones y se diluyeron (50 mL) a concentraciones de 0,1, 0,2, 0,4 y 0,8 g L⁻¹ (m / v). Las pruebas iniciales de crecimiento se realizaron en placas Petri conteniendo dos hojas de papel y plántulas de especies de malezas con los respectivos tratamientos, se mantuvieron en cámara de germinación por 48 horas a 25°C y utilizaron agua destilada como control. Los parámetros evaluados fueron la longitud del brote y la raíz en el crecimiento inicial. El

porcentaje de inhibición fue calculado en base a los valores obtenidos en los bioensayos de crecimiento inicial. Las plántulas de poinsettia silvestre morfológicamente alteradas se fijaron y seccionaron transversalmente para el análisis anatómico. Los resultados indicaron cambios significativos en la longitud, siendo las plántulas de *E. heterophylla* más sensibles en comparación con las de la *I. grandifolia*. Las plántulas morfológicamente alteradas presentaron necrosis radicular como síntoma más frecuente. Anatómicamente, las células parenquimáticas del hipocótilo y las raíces de las plántulas de flor de pascua silvestre presentaron células más pequeñas y de forma irregular en comparación con el control, lo que provocó reducciones significativas en los parámetros medidos.

30. Pego *et al.*, (2018) llevaron a cabo un estudio para determinar el potencial alelopático de extractos acuosos de *Cyperus rotundus* y *Oxalis latifolia* sobre la germinación de *Anthriscum majus* L. Para ello, licuaron 10 g de material vegetal procedente de plantas enteras de *C. rotundus* u *O. latifolia* en 100 mL de agua (10% wv⁻¹). Las diluciones de extractos acuosos fueron diluciones al 75%, 50%, 25% y agua destilada como testigo. Las semillas se mantuvieron en papel humedecido con extractos, en caja tipo gerbox, y se acondicionaron en cámara de germinación durante 11 días. Luego de 11 días se evaluó el porcentaje de germinación, vigor, índice de velocidad de germinación (GSI), porcentaje de plántulas anormales y semillas muertas, longitud de raíz y brotes de plántulas. Los autores encontraron que los extractos de *C. rotundus* y *O. latifolia* redujeron el porcentaje de germinación de semillas hasta en un 17,6% y 43,7%, respectivamente. El vigor se redujo de 55,0% a 28,5% y la IVG se redujo de 27 a 12 en extractos de *O. latifolia*. El máximo de 49,5% y 35,5% de semillas muertas se obtuvo en extractos de *O. latifolia* y *C. rotundus* respectivamente. Las mayores concentraciones de extractos de ambas especies alteraron la morfología de las plántulas de *A. majus*, reduciendo la longitud de radícula y brote.

3. CONCLUSIONES

Tras haber culminado el presente trabajo y teniendo en cuenta la información revisada se demuestra que:

- Las plantas producen ciertas sustancias alelopáticas que han ido desarrollando a lo largo de la evolución como un método de supervivencia en los ecosistemas.
- La alelopatía es el fenómeno por el cual las plantas producen metabolitos secundarios los cuales pueden influir de manera directa o indirecta, también pueden ser benéficos o perjudiciales en la germinación, crecimiento y desarrollo de otros organismos.
- Las plantas liberan metabolitos secundarios a través de diferentes rutas metabólicas, los cuales pueden estar almacenados en cualquier órgano de la planta: hojas, tallos, raíces, fruto, semilla.
- Según los estudios realizados existen 4 rutas de liberación de metabolitos secundarios: lixiviación, descomposición de residuos vegetales, volatilización y exudación.
- La revisión bibliográfica evidenció que el *Cyperus Rotundus* fue la especie de maleza que más se investigó para conocer si posee características alelopáticas, Seguida por la especie *Parthenium hysterophorus*.
- Teniendo en cuenta las investigaciones la especie *Cyperus Rotundus* puede ser considerada como un bioherbicida gracias a que cuatro de las investigaciones demostraron que este disminuyó el porcentaje de germinación de otras especies.

Referencias

- Alves, R., Silva, M., Silva, J., Costa, R., Santos, B. y Lima, E. (2019). Efecto alelopático de *Libidibia ferrea* Mart. Sobre el vigor de las semillas de caupí. *Revista Verde de Agroecología y Desarrollo Sostenible*, 14 (3), 476 - 479. doi: <https://doi.org/10.18378/rvads.v14i3.5974>
- Anwar, T., Qureshi, H., Parveen, N., Bashir, R., Qaisar, U., Munazir, M., Wali, M. (2020). Evaluation of bioherbicidal potential of *Carica papaya* leaves. *Brazilian Journal of Biology*, 80(3), 565-573. doi:<http://ezproxyucor.unicordoba.edu.co:2095/10.1590/1519-6984.216359>
- Barbosa, J. A, Ferreira, S. D., Salvalaggio, A. C., Neumárcio, V. d., & Márcia, d. E. (2018). Allelopathy of aqueous *Pachyrhizus erosus* L. extracts on *Euphorbia heterophylla* and *Bidens pilosa*. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 48(1), 59-65. Retrieved from <https://ezproxyucor.unicordoba.edu.co:2118/scholarlyjournals/allelopathy-aqueouspachyrhizus-erosus-l-extracts/docview/2132007895/se-2?accountid=137088>
- Blanco, Y. (2006). La utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas. *Cultivos tropicales*, 27(3), 5-16.
- Brunes, A. P., Dias, L. W., Noguez Martins, A. B., Tavares, L. C., Agostinetto, D., & Villela, F. A. (2016). Efeito alelopático de extratos de folhas de arroz sobre diferentes espécies de invasoras. *Interciencia*, 41(12), 826-831. Retrieved from

<https://ezproxyucor.unicordoba.edu.co:2118/scholarly-journals/efeito-alelopático-de-extratos-folhas-arroz-sobre/docview/1851706281/se-2?accountid=137088>

Brunes, A., Dias, L., Kaspary, T., Ruchel, Q., Agostinetto, D. y Villela, F. (2019). Comportamiento de semillas de arroz rojo sometidas a extractos frescos de hojas de arroz. *Agrario*, 12 (44), 128-136. doi: <https://doi.org/10.30612/agrarian.v12i44.7167>

Callaway, R. M. and W. M. Ridenour. 2004. Novel weapons: invasive success and the evolution of increased competitive ability. *Front. Ecol. Env.* 2(8):436-443.

Calle, M. 2010. Control de la germinación in vitro de *Araujia sericifera* con aceites esenciales de *Laurus nobilis*, *Myrtus communis*, *Citrus sinensis* y *Citrus limon*. Tesis Máster en Producción Vegetal y Ecosistemas Agroforestales. Escuela Técnica Superior Ingenieros Agrónomos, Departamento de Ecosistemas Agroforestales. 58 p.

Canihuante Suárez, I. (2012). *La alelopatía y la agricultura* (p. 8). temuco – chile. Consultado el 10 de marzo de 2021. Recuperado de <http://200.10.20.1/?a=view&item=13>

Dhima, K., Vasilakoglou, I., Stefanou, S., Gatsis, T., Paschalidis, K., Aggelopoulos, S., & Eleftherohorinos, I. (2016). Differential competitive and allelopathic ability of *Cyperus rotundus* on *Solanum lycopersicum*, *Solanum melongena* and *Capsicum annuum*. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62(9), 1250-1263. doi:<http://ezproxyucor.unicordoba.edu.co:2095/10.1080/03650340.2015.1135325>

- Dos Santos, M. D. R., Chaves, J. T. L., Macedo, S. A., Marco, C. A., dos Santos, T. M., & da Silva, T. I. (2020). Capacidade alelopática de duas espécies medicinais na germinabilidade de *Solanum lycopersicum* Mill. Research, Society and Development, 9(9), e271997202- e271997202.
- Dotor, M., González, L. y Morillo, A. (2018). Período crítico de competencia entre zanahoria (*Daucus carota* L.) y malezas asociadas al cultivo. Rev. Cienc. Agr. 35 (1): 5-15. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.183501.78>
- Ferreira, E., Franco, S., Santos, AF y Souza, RC (2020). Actividad alelopática de la retama (*Scoparia dulcis* L.) sobre la germinación de plantas invasoras. Revista Brasileira De Ciências Agrarias. Recuperado el 15 de febrero de 2021. Tomado de <http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v15i2a7368>
- Giardini Bonfim, Filipe Pereira, Torres Menezes, Gabriela Machado, de Oliveira Gomes, Jordany Aparecida, Aparecida Teixeira, Daniela, Solano Mendoza, Juan David, & de Souza Parreiras, Nathália. (2018). Alelopatia: el potencial de las plantas medicinales en el control de especies espontáneas. Centro Agrícola, 45(1), 78-87. Recuperado en 22 de abril de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852018000100010&lng=es&tlng=es.

Gindri, Diego Medeiros, Coelho, Cileide Maria Medeiros, Uarrota, Virgilio Gavicho y Rebelo, Andrey Martinez. (2020). Bioactividad herbicida de compuestos naturales de *Lantana camara* sobre la germinación y crecimiento de plántulas de *Bidens pilosa*. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 50, e57746. Publicación electrónica 3 de abril de 2020. <https://doi.org/10.1590/1983-40632020v5057746>

Hassan, G., Hu, R., Amin, A., Khan, I., & Shehzad, N. (2018). Allelopathic effect of *Parthenium hysterophorus* on germination and growth of some important crops and weeds of economic importance. *Planta Daninha*, 36
doi:<http://ezproxyucor.unicordoba.edu.co:2095/10.1590/s0100-83582018360100132>

Hernández, R. O., Castillo, A. M., López-Rubio, A., & Chávez-Ponce, E. (2020). Efecto alelopático del zacate rosado (*Melinis repens*) en la germinación de chile y tomate. *TECNOCIENCIA Chihuahua*, 14(2), 41-47.

Khan, Imtiaz, & Khan, Muhammad Ishfaq. (2015). Técnicas ecológicas de control de malezas (extracto alelopático) en el cultivo de trigo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(6), 1307-1316. Recuperado el 26 de marzo de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000600013&lng=es&tlng=es.

Krause, M. R., Meneghelli, L. A. M., Meneghelli, C. M., Matiello, H. N., & Nascimento, M. F. (2020). Efecto de extractos acuosos de *Brachiaria decumbens* en el desarrollo de pimiento

ornamental/Effect of aqueous extracts of *Brachiaria decumbens* on the development of ornamental pepper. *Agronomía Colombiana*, 38(1).

Layne-Garsaball, José A, & Méndez-Natera, Jesús Rafael. (2007). Efectos de extractos acuosos de la maleza *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) sobre la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) cv. Pioneer 3031. *Revista Peruana de Biología*, 14(1), 55-60. Recuperado en 17 de marzo de 2021, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S172799332007000200013&lng=es&tlng=es.

Lillo Sáez, a. (2013). Antecedentes sobre la alelopatía y su aplicación en el control de malezas asociadas al trigo (*Triticum aestivum* L.) (p. 62). TEMUCO – CHILE. Consultado el 10 de marzo de 2021. Recuperado de <http://bibliotecadigital.ufro.cl/?a=view&item=256>

Lino, VVR, Sousa, GO, Costa, NB, Oliveira, AB de C. y Leite, MRP (2020). Efecto alelopático del extracto acuoso de *Eucalyptus urophylla* en semillas de maíz y caupí. *Investigación, sociedad y desarrollo*, 9 (8), e335985724. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5724>

Macêdo Jean Flaviel, d. S., Ribeiro, L. S., Bruno Riselane de Lucena Alcântara, Alves, E. U., de Andrade Alberício Pereira, Lopes, K. P., . . . Ribeiro, W. S. (2020). Green leaves and seeds alcoholic extract controls *Sporobolus indicus* germination in laboratory conditions. *Scientific Reports (Nature Publisher Group)*, 10(1) doi:<http://ezproxyucor.unicordoba.edu.co:2095/10.1038/s41598-020-58321-y>

- Majeed, M., Tanveer, A., Tahir, M., & Ahmad, R. (2018). Soil mediated allelopathic effect of *Echinochloa colona* on germination and seedling growth of *Zea mays*. *Planta Daninha*, 36
doi:<http://ezproxyucor.unicordoba.edu.co:2095/10.1590/s0100-83582018360100127>
- Mehmood, A., Tanveer, A., Ma, N., Maqbool, R., & Ali, H. H. (2017). Phenolics in two alternanthera species residues affect the germination and early seedling growth of rice (*Oryza Sativa*). *Planta Daninha*, 35 doi:
- Moreno, R. (2017). Manejo de malezas en cultivo de maíz. INTA EEA Marcos Juárez. Recuperado el 29 de marzo de 2019 de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_maiz_malezas_moreno_mj17.pdf.
- Naeem, M., Mahmood, A., Ihsan, Z, Daur, I., Hussain, S., Aslam, Z. y Zamanan, Sa. (2016). Interferencia de *Trianthema portulacastrum* y *Cyperus rotundus* en maíz y aplicación de extractos de cultivos alelopáticos para su manejo efectivo 1. *Planta Daninha* , 34 (2), 209-218. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582016340200002>
- Pego, R. G., & Fialho, C. M. T. (2018). Allelopathy of extracts of *Cyperus rotundus* and *Oxalis latifolia* on snapdragon seeds germination. *Ornamental Horticulture*, 24(4), 327-333.
- Pereira, J. C., Paulino, C., Endres, L., SANTANA, A., PEREIRA, F., & Souza, R. C. (2019). Allelopathic potential of ethanolic extract and phytochemical analysis of *Paspalum*

doi:<http://ezproxyucor.unicordoba.edu.co:2095/10.1590/s0100-83582019370100053>

- Pereira, Juliana Campana, Paulino, Cynthiane Lins de Albuquerque, Granja, Bruna da Silva, Santana, Antônio Euzébio Goulart, Endres, Laurício, & Souza, Renan Cantalice de. (2018). Potencial alelopático e identificación de metabolitos secundarios en extractos de *Canavalia ensiformis* L. *Revista Ceres*, 65 (3), 243-252. <https://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201865030004>
- Pérez, P., Ferrera, R., Alarcón, A., Trejo, L., Cruz, R., & Silva, H (2019). Respuesta del simbiosistema frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y *Rhizobium tropici* CIAT899 ante el efecto alelopático de *Ipomoea purpurea* L. Roth. *REVISTA ARGENTINA DE MICROBIOLOGIA*. Recuperado el 20 de febrero de 2021. Tomado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0325754118300294>
- Rios, E. 2010. Composición química y potencial alelopático del aceite esencial de *Eupatorium glabratum* kunth (cedazo) de llano de pario michocan. Tesis Químico Farmacobiólogo. Facultad de químico farmacobiología. Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo. pp. 89
- Rodríguez-Gutiérrez, José Luis, Correa-Higuera, Lady Johana, Alvarado-Camacho, Andrés Enrique, & Chaparro-Pesca, Jorge Alberto. (2016). Evaluación de la actividad alelopática de extractos crudos de *Copaifera pubiflora* (Benth), sobre la germinación de *Mimosa pudica* (Lineo).

Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 40(157), 621-628. <https://dx.doi.org/10.18257/raccefyfyn.379>

Sampietro, D. 2003. Alelopatía: concepto, características, metodología de estudio e importancia. Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia. Universidad de Tucumán, Argentina. . Visitado el 26 abril 2021.

Sampietro, D. A. (2001). ALELOPATÍA: Concepto, características, metodología de estudio e importancia. alelopatia. Recuperado 29 de enero de 2021, de <https://w3.ual.es/personal/edana/bot/mh/complemento/docufijos/revalelo.htm>

Sánchez, L., Castellanos González, L., & Ortega Meseguer, I. (2020). Efecto alelopático de un extracto acuoso de *Panicum Maximum* Jacq. Sobre dos dicotiledóneas. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(1), 47-52. Recuperado a partir de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/381>

Sánchez, L., González, L., & Meseguer, I. (2020). Efectos alelopáticos de residuos de *Sorghum Halepense* (l.) sobre dos arvenses dicotiledóneas en condiciones de laboratorio. *revista ambiental agua, aire y suelo*. Recuperado el 09 de febrero de 2021. Tomado de http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/RA/article/view/4119/2420.

Shah, RH, Baloch, MS, Khan, AA, Ijaz, M. y Zubair, M. (2018). Evaluación bioherbicida de extractos acuosos de mezquite (*Prosopis juliflora*) sobre control y crecimiento de malezas,

- rendimiento y calidad del trigo. *Planta Daninha* , 36 , e018169995. Publicación electrónica 29 de marzo de 2018. <https://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582018360100014>
- Siddiqui, M. H., Khalid, S., Shehzad, M., Shah, Z. A., & Ahmad, A. (2018). *Parthenium hysterophorus* herbage mulching: A potential source of weeds control in soybean (*Glycine max*). *Planta Daninha*, 36 doi:<http://ezproxyucor.unicordoba.edu.co:2095/10.1590/s0100-83582018360100035>
- Tokura, L. K., & Nóbrega, L. H. P. (2006). Alelopatía de cultivos de cobertura vegetal sobre plantas infestantes. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 28(3), 379-384.
- Ullah, R., Aslam, Z., Khaliq, A., & Zahir, Z. A. (2018). Sunflower residue incorporation suppresses weeds, enhances soil properties and seed yield of spring-planted mung bean. *Planta Daninha*, 36 doi:<http://ezproxyucor.unicordoba.edu.co:2095/10.1590/s010083582018360100057>
- Vargas, L., Passos, A., & Karam, D. (2018). Allelopathic potential of cover crops in control of shrubby false buttonweed (*Spermacoce verticillata*). *Planta Daninha*, 36 doi:<http://ezproxyucor.unicordoba.edu.co:2095/10.1590/s0100-83582018360100052>
- Ximenez, G, Santin, SMO, Ignoato, MC, Souza, LA, & Pastorini, LH. (2019). Potencial fitotóxico del extracto crudo y las fracciones de hojas de *Machaerium hirtum* sobre el crecimiento inicial de *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea grandifolia*. *Planta Daninha* , 37 , e019180433.

Publicación electrónica 8 de abril de 2019. <https://dx.doi.org/10.1590/s0100-83582019370100015>

Yong, Ania. (2010). La Biodiversidad florística en los sistemas agrícolas. *Cultivos Tropicales*, 31(4), 00. Recuperado en 31 de marzo de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000400012&lng=es&tlng=es.