

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN**

NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN

Código: AI-2110

Bases teóricas del efecto alelopático de la maleza (<i>Cyperus rotundus</i>), en la germinación y desarrollo en los cultivos de maíz (<i>Zea mays</i> L.) y frijol común (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)

TÍTULO A OBTENER: Ingeniero Agrónomo

AUTORES.

Nombre, apellidos	Institución y dirección	Teléfono y E-mail	Firma
Jacob Eliezer Carpio Vásquez.	Cantón Miraflores, San Pedro Perulapán, Cuscatlán	Tel. 78663518 carpiojacobues@gmail.com	
Luis Antonio Urbina Castillo.	Cantón El Conacaste, Concepción Quezaltepeque, Chalatenango.	Tel. 75318882 luiscastillo_2590@hotmail.com	
Juan Carlos Sánchez Cortez	Cantón Pushtán, Nahuizalco, Sonsonate	Tel. 7311 0567 sanchezcortez100@gmail.com	
M. Sc. Andrés Wilfredo Rivas Flores.	Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Protección Vegetal	Tel. 7681-9824 awrivas@yahoo.com	

Visto bueno:

Coordinadora General de Procesos de Graduación del Departamento: M. Sc. Rafael Antonio Menjívar Rosa	Firma:
Director General de Procesos de Graduación de la Facultad: Ing. Agr. Enrique Alonso Alas García	Firma:
Jefe del Departamento: M. Sc. Andrés Wilfredo Rivas Flores.	Firma:
Sello:	
Lugar y fecha: Ciudad Universitaria, noviembre de 2021	

Bases teóricas del efecto alelopático de la maleza (*Cyperus rotundus*), en la germinación y desarrollo en los cultivos de maíz (*Zea mays* L.) y frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)

Carpio-Vásquez, JE¹(*); **Sánchez-Cortez, JC¹**; **Urbina-Castillo, LA¹**; **Rivas-Flores, AW²(**)**.

RESUMEN

La investigación realizada fue de tipo bibliográfica, buscando ampliar y recopilar la información existente sobre el potencial alelopático de la maleza *Cyperus rotundus* tanto en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) y frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.); se elaboró una planificación de búsqueda de información relacionada al tema, en cuanto a investigaciones y publicaciones científicas recientes de diferentes universidades de amplia trayectoria científica alrededor del mundo y libros electrónicos en sitios web. El conocer los mecanismos de producción de aleloquímicos y la interacción con los factores ambientales permite establecer la potencialidad de uso de la alelopatía. Se sabe también que los aleloquímicos son productos del metabolismo secundario vegetal que se producen en los distintos órganos de una planta y ejercen su efecto una vez liberados en el suelo o en la atmósfera. La producción de aleloquímicos se encuentra regulada genéticamente y la cantidad producida se encuentra estrechamente relacionada con distintos factores.

Se afirma con base a las investigaciones realizadas que el efecto alelopático de la maleza *Cyperus rotundus*, en concentraciones altas es significativo en la disminución del porcentaje de germinación del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) y longitud radicular en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), lo cual puede interpretarse como una sobre carga de sustancias nocivas que intervienen en la acción fisiológica del proceso de germinación, tanto a nivel celular como estructural de las plantas.

Palabra clave: alelopatía, malezas, agroecosistema.

Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Protección Vegetal, Estudiante tesista.

² Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Protección Vegetal, Docente Director.

ABSTRACT

The research was carried out in a bibliographic manner, seeking to expand and compile the existing information on the allelopathic potential of the weed *Cyperus rotundus* in the cultivation of both corn (*Zea mays* L.) and common beans (*Phaseolus vulgaris* L.); A search plan was developed for information related to the subject, in terms of recent scientific research and publications from different universities with extensive scientific experience around the world and books on websites, The production of allelochemicals is genetically regulated and the quantity produced is closely related to different factors. Knowing the mechanisms of allelochemical production and the interaction with environmental factors makes it possible to establish the potential for the use of allelopathy. It is also known that allelochemicals are products of secondary plant metabolism that are produced in the various organs of a plant and exert their effect once released into the soil or atmosphere. Based on the research carried out, it is affirmed that the allelopathic effect of the weed *Cyperus rotundus*, in high concentrations, is significant in reducing the percentage of germination of

the corn (*Zea mays* L.) and common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crops. which can be interpreted as an overload of harmful substances that intervene in the physiological action of the germination process, both at the cellular and structural level of the plants.

Keyword: allelopathy, weeds, agroecosystem, crop.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo del maíz y frijol es la base de la alimentación de la familia salvadoreña. En El Salvador se cultivan alrededor de 227,500 ha, el 95% del área cultivada son de maíz blanco destinado la producción a alimentación humana. También el cultivo es una fuente generadora de empleo tanto para la producción de grano como de semilla certificada. A nivel centroamericano, el país es el mayor productor por unidad de superficie (2313 kg /mz), gracias al empleo de semilla mejorada (CENTA 2019).

Así mismo el frijol común ha constituido un complemento nutricional esencial de la dieta alimenticia de los países de Centro América y su cultivo representa una de las actividades agrícolas más importantes para millones de familias en las zonas rurales de la región. De acuerdo a datos de la Dirección General de Estadísticas y Censos (DIGESTYC), el consumo de frijol en El Salvador es de 28 kilogramos anuales por persona (Zelada 2010).

Cabe destacar la importancia tanto alimenticia, económica y social de estos cultivos a nivel nacional y de ahí a un más la importancia de la investigación científica que se debe de realizar para asegurar una producción cada vez mayor sin agotar o dañar nuestros recursos naturales.

Tanto el maíz como el frijol, es altamente susceptible a la competencia temprana de las malezas, su producción puede ser afectada por la emergencia tardía de estas, favorecida por la pérdida del follaje de la planta cultivable durante el período de su reproducción. El período crítico de competencia se halla entre los 10 y 30-40 días después de la emergencia de la planta cultivable (Vaz y Leiva 2015). Durante este período, las malezas pueden extraer 42, 6 y 36 kg de N, P y K/ha, respectivamente (Labrada y García 2010).

Se estima que, durante la producción del maíz y del frijol en países de Centro América, el 30-40% de la fuerza laboral es invertida en operaciones de desyerbe manual (Labrada, 1996; consultada por Singh *et al.*, 2014). Por lo tanto, uno de los principales problemas para controlar las malezas es el mal empleo de plaguicidas químicos sintéticos, donde se daña el medio ambiente y se registran intoxicaciones anuales superiores al medio millón de personas. Sin embargo, no se explota más que el 2 % de los 200 mil metabolitos secundarios que poseen las plantas, como herbicidas y biorreguladores naturales para el control de las mismas (Narwal, 1999).

Los metabolitos secundarios se conocen también como aleloquímicos y el efecto que causan entre ellos se conoce como alelopatía.

La alelopatía ha sido definida actualmente como cualquier proceso que provoque un efecto dañino o beneficioso, ya sea directa o indirectamente e involucre metabolitos secundarios producidos y liberados por una planta donadora y una receptora, microorganismos, virus y hongos (Blum *et al.*, 1992). Se afirma por tanto que la alelopatía es un proceso biológico presente tanto en los ecosistemas naturales como en los agroecosistemas y puede constituir una alternativa potencial en el manejo de los componentes de este último, entre ellos, las malezas (Alan y Barrantes, 1988).

Cyperus rotundus es una de las malezas más serias en los trópicos. Se encuentra en más países, regiones y localidades del mundo que ninguna otra maleza. La maleza puede crecer prácticamente en cualquier tipo de suelo y pH, nivel de humedad y contenido de materia orgánica de éste. No tolera suelo salino ni sombra. *C. rotundus* se encuentra en campos de cultivos de secano (temporal) y de riego, en cultivos cítricos, a lo largo de canales de irrigación y canales de drenaje, a lo largo de las cercas, en las márgenes de los bosques y en áreas abandonadas. (Doll 1986 citado por Laynez y Méndez, 2007).

Cyperus rotundus a veces se presenta en poblaciones puras con nivel de infestación de moderado a alto en áreas donde incluso no se aplican medidas de control de malezas. Esto es debido probablemente a sus propiedades alelopáticas mediante las cuales los productos químicos producidos por *Cyperus rotundus* inhiben el crecimiento de las plantas que se encuentran en inmediata vecindad. Se ha encontrado que el tubérculo de esta maleza produce un efecto más inhibitorio que el follaje, sobre otra planta (Doll 2004).

La siguiente investigación es una recopilación de información científica referente al efecto alelopático que presenta la maleza *Cyperus rotundus* sobre el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) y frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) a nivel de germinación y crecimiento de las mismas.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Descripción de estudio

La investigación fue bibliográfica, se realizó en La Facultad de Ciencias Agronómicas, de La Universidad de El Salvador, en el periodo comprendido de noviembre 2020 a julio de 2021, con el fin de revisar material bibliográfico sobre el potencial alelopático de *Cyperus rotundus* sobre el cultivo de maíz; para ello se elaboró una planificación de búsqueda de información que estuviera relacionada al tema, investigaciones y publicaciones científicas recientes de diferentes universidades con amplia trayectoria en investigación científica alrededor del mundo y libros en sitios web con alto rigor científico.

2.2. Consulta bibliográfica

Se consultó fuentes primarias y secundarias tales como libros, artículos, material audiovisual, fuentes electrónicas como el internet, los artículo o libros consultados tanto a aquellos que estén en español o en otro idioma, siempre y cuando se pudo traducir su contenido por medio de un traductor como el de Google u otro medio, se verificó que su contenido tenga relación con el tema de interés es decir sobre aspectos de aleloquímicos

de las malezas, ciclo biológico, interacciones de las malezas con cultivos agrícolas de interés económicos, entre otros.

2.3. Lectura del material bibliográfico

Luego de esto se realizó una lectura preliminar de cada uno de los documentos encontrados para desarrollar el contenido mismo del tema, escribiendo citas directas o apuntes originales sobre nuestras opiniones o puntos de vista que enriquecieron la discusión del tema. Los libros o artículos científicos se leyeron de manera tranquila y cuidadosa, con sentido crítico tomando nota de las ideas y los planteamientos científicos en relación al tema.

2.4. Ordenamiento del material

En esta instancia se preparó la guía de redacción, para ello se consultó formatos utilizados en investigaciones previas en el área de agricultura, guías de redacción de investigaciones monográficas de facultades de agricultura de la región, eligiendo la que más se adaptara al tipo de investigación y los objetivos planteados, también se contó con la guía de los asesores para ampliar sobre la manera correcta del ordenamiento y redacción del documento adaptando la metodología existente para trabajos de investigación científica de La facultad de Ciencias Agronómicas, UES y los consultados de tal forma que el documento cumpliera con la rigurosidad de una investigación científica.

2.5. Redacción

Esta etapa comprendió: introducción, desarrollo, asimilación teórica, conclusión y recomendaciones. Esto como guía principal para no perder el correcto ordenamiento. En esta etapa se sintetizó la información de muchos autores e investigadores sobre el tema, contrastando la información a través de la comparación de ideas y teorías alrededor del tema, llegando a un ordenamiento coherente enriqueciendo de esa manera el marco teórico.

3. RESULTADOS Y ASIMILACION TEORICA

El concepto del fenómeno alelopático.

La Alelopatía ha sido definida desde Molish (1937) pasando por investigadores como Rice (1974) y Sampietro (2003) entre muchos más, como el efecto causado por las interacciones bioquímicas en un agroecosistema entre una especie donante sobre otra especie receptora, incluyendo plantas y microorganismos, pudiendo ser este efecto beneficioso o dañino (Puente 2001).

A partir de estas definiciones es posible extraer tres rasgos imprescindibles a ser tomados en cuenta al estudiar la existencia del fenómeno alelopático: I) la liberación de un compuesto al ambiente encargado de transmitir un efecto, II) la absorción por el organismo receptor y III) provocar un efecto sobre su normal crecimiento.

La complejidad del fenómeno resulta de las variables nacientes de cada uno de estos procesos, como, por ejemplo, el mecanismo de liberación del aleloquímico y su estabilidad en el ambiente, que definirán los niveles y la forma en que lo absorberá el organismo receptor, y los innumerables modos de acción encontrados, muchas veces dependiente del ente receptor (Blanco 2006).

Muchas investigaciones en alelopatía están dirigidas hacia los efectos que causan los residuos de cultivos, sobre los cultivos siguientes en rotación y la determinación de las plantas cultivables capaces de ejercer efectos de inhibición sobre especies importantes de malezas. A si como también el efecto de malezas sobre cultivos de interés agrícola.

El estudio del fenómeno alelopático es complejo, pues existen diversos factores involucrados, especialmente el trabajo con sistemas vivos, así como la necesidad del empleo de diversas técnicas instrumentales, convirtiendo al estudio de la alelopatía en una ciencia multidisciplinaria (Peires y Oliveiros 2010).

Cualesquiera que sean las propiedades de los compuestos detectados en la planta, las características tales como actividades biológicas diversas, tiempo de vida media en el suelo, especificidad a un restringido grupo de organismos, ser inocuo para la especie donadora; evitando de esta manera fenómenos de auto toxicidad; son las exigidas para ser considerado como un aleloquímico (Blanco 2006).

La ruta de liberación de los aleloquímicos

Ecológicamente, se han propuestos cuatro mecanismos para la liberación de los aleloquímicos al ambiente, involucrando fenómenos de volatilización, lixiviado, descomposición de partes de la planta en el suelo y exudados por raíz (Oliveros-Bastidas 2008).

Los aleloquímicos pueden encontrarse en cualquier parte de la planta, y la dinámica de su actividad es una función del mecanismo en que este pueda ser liberado. Por ejemplo, la descomposición de residuos vegetal implica material senescente, que no implica una función activa de la planta, mientras que volatilización y exudados de raíz, son procesos extremadamente activos donde está involucrado el tejido vivo de la planta (Peires y Oliveira 2010).

Volatilización: Las sustancias se liberan por los estomas (estructuras que permiten el intercambio de gases y la transpiración). Éstas son volátiles e hidrosolubles, por lo tanto, se pueden absorber por las estomas de otras plantas o sino se disuelven en el medio. Comúnmente las plantas que utilizan estas vías son de climas templados y cálidos. Se considera una vía directa (Acosta 2015).

Lixiviación: El grado de lixiabilidad depende del tipo de tejido vegetal, la edad de la planta y la cantidad y naturaleza de la precipitación. De esta manera se liberan una gran variedad de agentes alelopáticos de diferente naturaleza tales como compuestos fenólicos, terpenos y alcaloides. Se ha determinado la toxicidad de muchos lixivados de semillas y hojas sobre plantas silvestres y cultivadas (Sampietro 2003).

Exudados radiculares: Los exudados radiculares son todos aquellos compuestos orgánicos, liberados al medio por raíces de plantas sanas e intactas. Bajo condiciones no estériles de trabajo, se hace difícil establecer si los compuestos detectados son realmente excretados por las raíces, o son el resultado de la actividad de microorganismos presentes en el suelo o medio de cultivo, algunos de estos compuestos exudados por las raíces, ejercen un marcado efecto inhibitorio sobre la germinación y el crecimiento de otras especies (Torres 2011).

Descomposición de los residuos radicuales: Los residuos en descomposición de la planta liberan una gran cantidad de agentes alelopáticos. Los factores que influyen en este proceso incluyen la naturaleza del residuo, el tipo de suelo, y las condiciones de descomposición. Eventualmente las sustancias alelopáticas liberadas por los residuos vegetales en el suelo entran en contacto con las raíces de plantas presentes en el mismo ejerciendo su acción.

Una gran parte de las investigaciones concernientes a los estudios de la alelopatía, están relacionadas con la descomposición de residuos de cultivos, debido a la gran masa vegetal que queda sobre el terreno después de recolectarse sus frutos o semillas. Así fue determinada la toxicidad de extractos procedentes de la descomposición de la hoja del trigo, maíz, sorgo, avena, centeno y arroz (Díaz *et al.* 1985).

Mecanismos de acción de los agentes alelopáticos

Entre los mecanismos de acción directa más estudiados se encuentran:

Alteraciones hormonales: Los niveles de ácido indol acético (AIA) pueden reducirse o incrementarse en dependencia de las concentraciones de compuestos fenólicos que existan en el medio. Monohidroxifenoles como el ácido p-Hidroxibenzoico, Vanillico, p-Cumárico y Sirínico pueden reducir la disponibilidad de AIA al promover su descarboxilación (Acosta *Et al.* 2001).

Efectos sobre la actividad enzimática: Existen muchos compuestos alelopáticos con capacidad de modificar ya sea la síntesis o la actividad de enzimas tanto in vivo como in Vitro. La mayoría de estas sustancias han demostrado un efecto dual sobre la regulación de la actividad enzimática.

Plántas de maíz tratadas con ácido felúrico mostraron un incremento en los niveles de enzimas oxidativas (peroxidasas, catalasas y ácido indol acético oxidasa) junto con una elevación de enzimas de la ruta del ácido Shikímico tales como fenilamina amonio liasa y la cinamil alcohol deshidrogenada involucrada en la síntesis de compuestos fenilpropanoides. (Saez 2006).

Efectos sobre la fotosíntesis: El efecto de los agentes alelopáticos que influyen sobre la inhibición de la fotosíntesis, no necesariamente acontece en los eventos primarios del proceso como la captación de la luz y el transporte de electrones, también resulta de una modificación de los niveles de clorofila o por cierre estomático y la subsecuente reducción en la provisión de CO₂ vital para la producción de fotosintatos (Sampietro 2003).

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 (An et al/2000).

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, provoca efectos similares (Blanco 2006).

Maleza con potencial alelopático

Muchos estudios han explorado el potencial alelopático de especies de plantas de diferentes familias, muchos de ellos enfocados a la búsqueda de compuestos químicos con actividad herbicida, como también actividades inhibitorias sobre la germinación y crecimiento de semillas de plantas cultivadas.

***Cyperus rotundus*.** Es conocida por coyolillo, coquito, coquillo y pimientilla. Pertenece a la familia *Cyperaceae*. Es común en cultivos, rastros y pastizales y se encuentra desde bajas elevaciones hasta los 1,500 msnm (Muñoz y Pitty 1995).

Desde el punto de vista de sus consecuencias negativas sobre un cultivo, ha sido comprobado que la ciperácea *Cyperus rotundus*, catalogada como la peor maleza del mundo por ser causante de problemas en más de noventa países del trópico y subtropico, tiene efectos alelopáticos sobre diversos cultivos (Layne y Méndez 2006).

Sampietro 2003, hace referencia al efecto alelopático inhibitorio mostrado por residuos de coyolillo en descomposición sobre el rendimiento del tomate, arroz, repollo, pepino, zanahoria, soya y algodón, indicándose como aleloquímicos a polifenoles y sesquiterpenos.

La infestación de áreas agrícolas por el coyolillo (*Cyperus rotundus*) es un serio problema, dado que esta planta invasora es de difícil control por presentar una rápida ocupación del suelo y alta capacidad de diseminación por medio de tubérculos, al mismo tiempo existen evidencias de que fenómenos de alelopatía pueden contribuir con su capacidad de establecimiento en agrosistemas (Layne y Méndez 2007).

Efecto alelopático de *Cyperus rotundus* en cultivo de maíz (*Zea mays* L. y frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)

Según, Hernández 2006. Diversos autores han orientado sus estudios en la planta o maleza de coyolillo por ser esta una planta presente en muchos sistemas de producción agrícola y debido a su amplia distribución, adaptación y supervivencia se hace muy importante

conocer su forma de competencia sobre otras plantas cultivables o su efecto alelopático sobre cultivos como lo es maíz y frijol común.

El estudio de la alelopatía de las plantas, en este caso malezas, en cultivos de interés económico y agrícola es un campo muy amplio y diverso con diferentes sistemas o componentes que deben de ser incluidos y analizados para poder determinar los elementos exactos que intervienen en la interacción que las plantas tienen entre ellas, el suelo, el ambiente. Los microorganismos y los insectos, son componentes que también intervienen en los agroecosistemas donde se dan estos tipos de interacciones; para eso la parte bioquímica de las plantas y su fisiología, son la base donde todo estudio de alelopatía de plantas empieza (Deras 2014).

En la naturaleza, las plantas están expuestas a factores bióticos y abióticos con los cuales han co-evolucionado a través del largo proceso evolutivo de selección teniendo así en sus órganos metabolitos secundarios los cuales juegan un importante rol en interacciones complejas entre plantas en el entorno natural ejerciendo efectos benéficos o perjudiciales a otra planta al ser liberados (Deras 2014).

Los metabolitos secundarios no presentan una función definida, difieren también de los metabolitos primarios donde ciertos grupos presentan una distribución restringida en el reino vegetal, es decir, no todos los metabolitos secundarios se encuentran en todos los grupos de plantas. Se sintetizan en pequeñas cantidades y no de forma generalizada, estando a menudo su producción restringida a un determinado género de plantas, a una familia y especie (Sampietro 2003).

Se sabe que los mecanismos de liberación de los componentes secundarios que producen un efecto alelopático entre plantas son variados, desde los exudados, volatilización, lixiviación y descomposición de plantas en el suelo, entonces diversos resultados serán encontrados cuando las plantas se someten a este tipo de investigación, tal es el caso de la evaluación de extractos foliares de coyolillo en cultivo de maíz donde se encontró que concentraciones de 6% p/v pueden inhibir la germinación y crecimiento temprano (Blanco 2006).

Se piensa entonces que extractos más concentrados de esta planta puede detener totalmente la germinación de semillas de maíz y que se debería de investigar también las concentraciones de extracto foliar de esta planta en diferentes tipos de malezas, pudiendo ser útil los resultados en el control de malezas que compiten con otros cultivos y de esta manera reducir costos de producción y ayudar al medio ambiente por el ya no uso de herbicidas para control de malezas (Sampietro 2003).

El maíz es muy susceptible a concentraciones de malezas en etapas tempranas de germinación y crecimiento, pudiendo ser afectado en la altura de planta y la longitud de la radícula al momento de la germinación, estos efectos son observados al incrementar las concentraciones de los extractos foliares de malezas sobre estas plantas (Layne y Méndez 2007).

Se afirma entonces que incrementos en la concentración de extractos acuosos foliares de coyolillo producen inhibición de la germinación proporcionales al aumento de la concentración de los extractos acuosos foliares evaluados.

Un aspecto muy importante de las plantas es que no todas las partes o órganos de esta, ya sean órganos aéreos o subterráneos pueden presentar el mismo nivel o porcentaje de compuestos secundarios o metabolitos secundarios que provocan un efecto alelopático entre plantas, ya que se han encontrado diferencias estadísticas cuando los ensayos de investigación se hacen con extractos foliares o con extractos radiculares de las plantas (Oliveros-Bastida 2008).

No solo las malezas deben ser objeto de estudio en el fenómeno alelopático ya que también existen árboles que sus hojas o raíces pueden llegar a inhibir la germinación de otras plantas ya sean estas malezas o cultivos. El estudio de la alelopatía debe de abordarse también en campo ya que la mayoría de las investigaciones realizadas se han hecho a nivel de laboratorio y es necesario conocer el efecto planta maleza a nivel de campo (Blanco 2006).

Efecto de extractos foliares de *Cyperus rotundus* sobre plantas de Maíz

Según Laynez y Méndez (2007) el efecto de extractos acuosos foliares de *Cyperus rotundus* (especie donadora), sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas del híbrido comercial de maíz Pioneer 3031, especie receptora, en condiciones de laboratorio, presentaron efectos significativos para la variable porcentaje de germinación (PG), altura de la planta (AP) y Longitud de la radícula (LR) a nivel de concentración y regresión lineal, lo que indica que si existe relación entre la variable dependiente e independiente la cual se interpreta de la siguiente manera, a medida se incrementa la concentración de los extractos acuosos de coyolillo estos en cierta medida inhiben procesos fisiológicos en plantas de maíz a nivel de germinación, altura de la planta y longitud de la radícula. Dichos efectos pueden ser confirmados en las siguientes interpretaciones gráficas.

Para el porcentaje de germinación, a medida que las concentraciones de los extractos de coyolillo (*Cyperus rotundus*) se incrementan de un 0% a un 6%, la germinación de las semillas de maíz se reduce o se retiene, esto debido a un incremento de sales inorgánicas disueltas en la solución concentrada proveniente del follaje de la maleza y que pueden afectar a la germinación de la semilla a nivel celular. A medida que las concentraciones de coyolillo pudiesen seguir incrementando se pudiera llegar a un punto donde la germinación de la semilla de maíz y de frijol pudiesen llegar a ser nula o casi nula, tal como indica la figura 1.

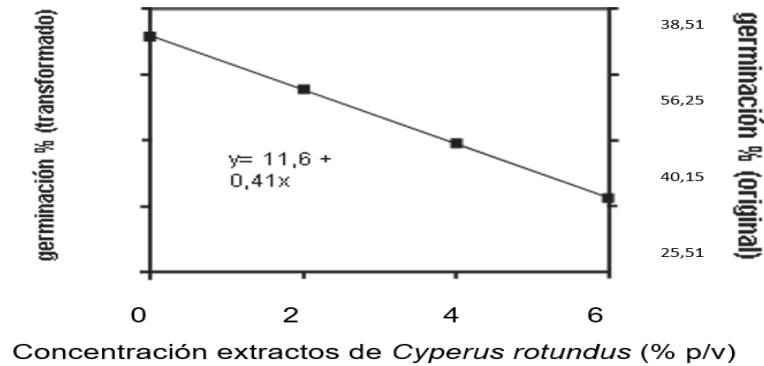


Figura 1. Análisis de regresión para porcentaje de germinación de semillas de maíz (*Zea mays* L.) cv. Pioneer 3031, bajo diferentes concentraciones de extractos acuosos del follaje de *Cyperus rotundus* L. (Layne y Méndez, 2007)

La altura de la planta de maíz también se ve afectado por el incremento de las concentraciones de extractos de follaje de coyolillo siendo más notable su efecto a partir de la concentración del 4%, llegando a ser a menos de 5 cm de longitud a concentraciones de 6%, afectando la elongación de las células de la planta tanto de maíz y de frijol, pudiéndose notar también incremento en el peso seco del vástago de la planta, tal como lo indica la figura 2.

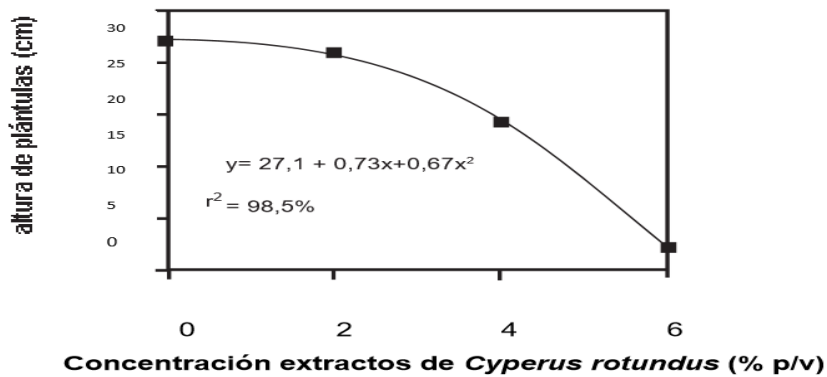


Figura 2. Análisis de regresión para altura de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) cv. Pioneer 3031, bajo diferentes concentraciones de extractos acuosos del follaje de *Cyperus rotundus* L., en condiciones de laboratorio. (Layne y Méndez, 2007)

La longitud de la radícula disminuye notablemente a medida que las concentraciones de extractos de coyolillo aumentaban, esto debido a una nula o baja elongación y división celular por el incremento de sales inorgánicas que afectan los mecanismos de acción de la célula de la planta en su proceso de germinación, así mismo se puede llegar a pensar que debido a esto se puede llegar a afectar la reserva de energía que la semilla necesita para la germinación y crecimiento de raíz y vástago.

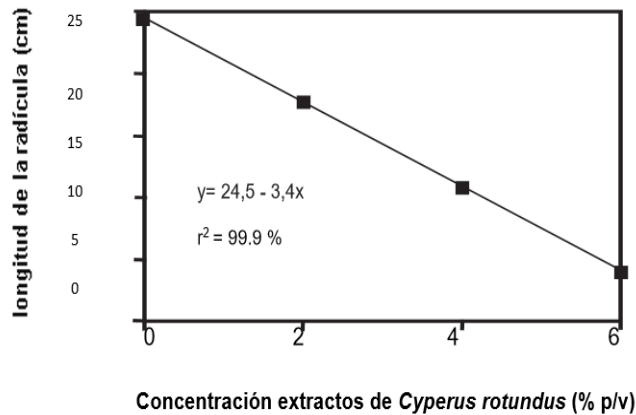


Figura 3. Análisis de regresión para longitud de la radícula de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) cv. Pioneer 3031, bajo diferentes concentraciones de extractos acuosos del follaje de *Cyperus rotundus* L., en condiciones de laboratorio. (Layne y Méndez, 2007)

Según Scheren *et al.* 2014. Al evaluaron el efecto alelopático de *Cyperus rotundus* L. en el desarrollo de plantas de maíz (*Zea mays* L.) encontrando efectos significativos en las concentraciones y extractos al 15% y 30% de la parte aérea y bulbo/rizoma al cuarto día del proceso de germinación. En cuanto a la variable tasa de germinación, los resultados indican que la germinación de la semilla de maíz difiere estadísticamente al cuarto día de germinación en concentraciones del 15 % al 30 %.

Siendo este un dato muy importante al tomar en cuenta en una futura investigación. A si mismo el efecto del extracto acuoso de parte aérea de *Cyperus rotundus* L. afecto la germinación de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) significativamente al cuarto día de germinación en concentraciones del 15 % y 30%.

De esta investigación se puede concluir también que a medida se incrementan los días de germinación de semillas de maíz las concentraciones de los extractos de coyolillo van reduciendo su efecto sobre la germinación ya que los resultados encontrados por los investigadores demuestra que no existe diferencia significativa a medida van incrementando los día de germinación de las semillas de maíz en las concentraciones evaluadas de extractos de follaje y rizoma de la maleza de coyolillo (*Cyperus rotundus* L.) pudiendo afirmar también que los extractos de esta maleza son más fuertes en sus primeros días de su elaboración.

Efecto de extractos foliares de *Cyperus rotundus* sobre plantas frijol común

El objetivo de este trabajo fue determinar los efectos de extractos acuosos del follaje del coyolillo (*Cyperus rotundus*) sobre la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) cultivar Tenerife. Con follaje de coyolillo de 15 días y extractos al 0; 2,0; 4,0 y 6,0% p/v.

Los resultados encontrados en la investigación demuestran que, la germinación, peso seco de la radícula y la relación peso seco del vástago/peso seco de la radícula no fueron afectados por los extractos. La altura de la plántula aumentó con las concentraciones de 2 y 4% y disminuyó en la de 6%. La longitud de la radícula fue poco reducida a 2%, y el mayor efecto inhibitorio fue a 4 y 6% (Layne y Méndez 2006).

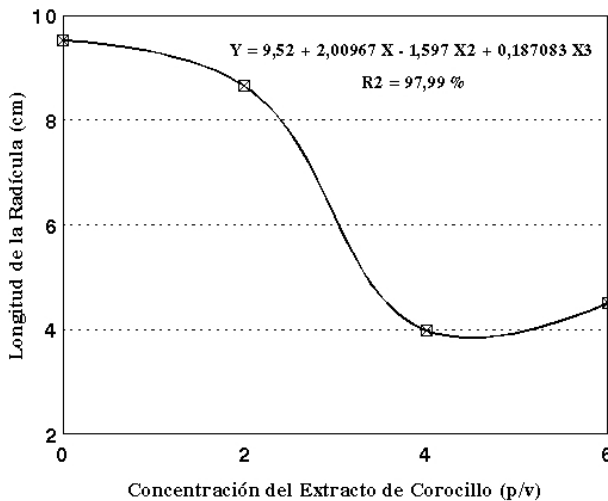


Figura 4. Análisis de regresión para la longitud de la radícula de plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) cv. Tenerife, bajo diferentes concentraciones de extractos acuosos del follaje de coyolillo (*Cyperus rotundus*) en condiciones de laboratorio. (Layne y Méndez, 2006)

La concentración de 2% redujo muy poco la longitud de la radícula, el mayor efecto inhibitorio se presentó en los extractos al 4 y 6%, se puede decir entonces que las concentraciones mayores tuvieron un efecto más severo sobre el crecimiento radical de las plantas de maíz y que por lo tanto las raíces mostraron más susceptibilidad a los aleloquímicos comparado con la parte aérea (Layne y Méndez 2006).

4. CONCLUSIONES

Se afirma con base a los resultados de las investigaciones realizadas que el efecto alelopático del extracto acuoso foliar de *Cyperus rotundus*, es significativo en los parámetros de crecimiento del cultivo de maíz (*Zea más L.*) y de frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) en cualesquiera de las concentraciones evaluadas.

Los extractos a concentraciones de 15 y 30% de rizomas como de bulbos y parte aérea de coyolillo (*Cyperus rotundus*), retrasó la germinación de las semillas de maíz, longitud de raíces y longitud de la parte aérea.

Se afirma con base a los resultados de investigaciones realizadas que la germinación de frijol no fue afectada por los extractos de *Cyperus rotundus*, no se demuestra un efecto inhibitorio de los extractos sobre el crecimiento aéreo de las plantas, más bien un posible efecto alelopático sobre la reducción del crecimiento de la radícula.

5. RECOMENDACIÓN.

Se recomienda seguir evaluando diferentes extractos de la maleza *Cyperus rotundus L.* en diferentes concentraciones en cultivo de maíz y frijol para conocer que otros procesos fisiológicos importantes, como la absorción de agua, minerales, actividades enzimáticas, actividades fotosintéticas y actividades de respiración en las plantas pueden ser afectadas.

6. BIBLIOGRAFIA

Alan E, Barrante U. 1988. Efecto alelopático del madero negro (*Gliricidia sepium*) en la germinación y crecimiento inicial de algunas malezas tropicales. Turrialba 4 (38): 271-278p.

Acosta, EM; Sánchez, BJ; Bañón, AM. 2001. Auxinas, Fundamentos de Fisiología Vegetal. Ediciones Universidad de Barcelona. España: 305-323.

Acosta A. 25 may. 2015. Comunicación entre plantas: relaciones alelopáticas (En línea Blog). Consultado 20 septiembre 2021. Disponible en <https://allyouneedisbiology.wordpress.com/tag/volatilizacion/>.

An M; Pratley J; Haig T. 2000. Allelopathy: from concept to reality (en línea). Wagga Wagga, Australia. 1-5 p. consultado el 22 de septiembre 2021. disponible en: <http://agronomyaustraliaproceedings.org/images/sampledata/1998/6/314an.pdf>

Blanco, Y. 2006. La utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas. (en línea). Revista Cultivos Tropicales, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas Cuba. Consultado el 2 de octubre. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215825001>.

Blum U, King C, Brownie LC. 2002. Effects of wheat residues on Dicotyledonous weed emergence in a simulated no-till system. *Allelopathy Journal* 9 (2): 159-176p.

Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA). 2019. El Cultivo de Maíz en El Salvador. (en línea). Consultado el 27 de octubre de 2021. Disponible en: <https://www.centa.gob.sv/2015/maiz/>

Díaz V; Kogan M; Bengoa R. 1985. Alelopatía. Fenómeno de gran importancia en la ecología de las plantas (En línea). Consultado el 2 de octubre 2021. Disponible en <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CL19860001568>

Deras Flores, H. 2014. El cultivo del maíz: guía técnica. Ciudad Arce, San Salvador. 42 p.

Doll JD. 2004. Gramíneas y ciperáceas. (en línea). Roma, Italia. Organización Mundial Para Alimentación y la Agricultura (FAO). Consultado el 26 de octubre de 2021. Disponible en <https://www.fao.org/3/a0884s/a0884s.pdf>

Hernández, F. 2006. Caracterización y almacenamiento de granos de elotes criollos de la región Otomí Tepehua del Estado de Hidalgo, Tesis Lic. Agr. Industrial, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. UAEH. 69 p.

Labrada R y García RC. 2010. Utilización de cultivos alelopáticos en la lucha contra malezas. INISAV, Informe Técnico.

Layne-Gasaball, JA; Méndez-Natera, JR. 2006. Efectos de extractos acuosos del follaje de *Cyperus rotundus* sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de caraota (*Phaseolus vulgaris*). (En línea). Maturín. Venezuela. Boletín. Universidad del Zulia, Centro de Investigaciones Biológicas. Vol 40, no. 3, 2006, pp. 207–226. Consultado el 2 de octubre 2021. Disponible en <https://produccioncientificaluz.org/index.php/boletin/article/view/59/59>

Layne-Gasaball, JA; Méndez-Natera, JR. 2007. Efectos de Extractos acuosos de maleza (*Cyperus rotundus* L.) (Cyperaceae) sobre la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea May* L.) cv. Pioner 3031. (en línea). Maturin. Venezuela. Revista. Perú. Biología. 14(1): 055- 060. Consultado el 4 de octubre 2021. Disponible en <http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/biologia/biologiaNEW.htm>

Molish H. 1937. Der Einfluss einer Pflanze auf die andere Allelopathie. Gustav Fischer, Jena. 106p.

Muñoz, R y Pitty A. 1995. Guía fotografica para la identificacion de Malexas Parte I. Ed. Barletta, H.A. San Antonio de Oriente, Honduras. 124p.

Narwal SS. 1999. Allelopathy in weed management. IN: Narwal S.S. (Ed), Allelopathy Update. (Vol. 2) Basic and Applied aspects. Science Publishers/Enfield, NH: USA, 203-254p.

Oliveros-Bastida, AJ. 2008. El fenómeno alelopático, las estrategias de estudio y su aplicación en la búsqueda de herbicidas naturales. (en línea). Revista Química viva, Universidad de Buenos Aires, Argentina. Consultado 26 de septiembre 2021. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86370102>.

Peires M y Oliveira R. 2010. Alelopatia. Brasil. (en línea). Consultado el 28 de octubre de 2021. Disponible en [/www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)

Puente IM, García R. 2001. Acercamiento a la Alelopatía en la agricultura. (en línea) Cubana Monografía. Editorial Feijóo. UCLV. Consultado el 27 de octubre de 2021. Disponible en <http://link.censa.edu.cu/portals/0/pdf/rpv2002/vol.17%20no.3/p214-234.pdf>.

Rice E. 1974. *Allelopathy*, Academic Press, New York-San Francisco-London. 204p.

Sampietro, DA. 2003. Alelopatía: Conceptos, Características, Metodología de estudio e Importancia (en línea). San Miguel de Tucumán, Argentina. 26 p. Consultado 27 de septiembre 2021. Disponible en <https://scholar.google.es/scholar?hl>.

Saez, D J. 2006. Efecto alelopático inducido por diferentes fracciones procedentes del extracto acuoso de orozuz (*Phyla strigulosa*) sobre la germinación de maíz (en línea). Tesis. Santa Clara, Cuba. consultado el 22 septiembre 2021. disponible en: <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/651/Q06003.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Scheren MA; Ribeiro VM; Pereira LH. 2014. Efeito alelopático de *Cyperus rotundus* L. no desenvolvimento de plântulas de milho (*Zea mays* L) (en línea). Revista Varia Scientia Agrária v. 04, n.01, p. 105-116. Consultado 25 de septiembre de 2021. Disponible en <https://saber.unioeste.br/index.php/variascientiaagraria/article/view/9209/9052>

Singh HP, Kaur S, Batish DR, Ravinder KK. 2014. Ferulic acid impairs rhizogenesis and root growth, and alters associated biochemical changes in mung bean (*Vigna radiata*) hypocotyls. Journal of Plant Interactions 9 (1): 267-274p.

Torres Santos Z A. 2011. Efecto alelopático de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) y canavalia (*Canavalia ensiformis* L) sobre la germinación del marabú (*Dichrostachys cinerea* (L) Wight & Arn). Tesis Msc. Matanzas, Cuba, UMCC. 61 p.

Vaz, Pereira DJ; Leyva Galán Á. 2015. Período crítico de competencia de las arvenses con el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en Huambo, Angola (en línea). Revista Cultivos Tropicales. 36(4), 14-20. Cuba. Consultado 25 septiembre 2021. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193243175002>

Zelada LI. 2010. La producción y comercialización del Frijol en El Salvador. (en línea). San Salvador, El Salvador, coyuntura económica cuarta época año1, N° 3. Consultado el 27 de octubre de 2021. Disponible en <https://www.centa.gob.sv/2015/maiz/>