

06-016

EXTRACTS OF FRUITS OF CUCURBITA FOETIDISSIMA (KUNTH IN HUMB.), INHIBIT THE GROWTH OF PHYTOPATHOGENS OF AGRICULTURAL INTEREST

Rangel Guerrero, Juan Manuel⁽¹⁾; Flores Benitez, Silvia⁽²⁾; Cadena Iñiguez, Jorge⁽¹⁾; Morales Flores, Francisco Javier⁽¹⁾; Trejo Téllez, Brenda I.⁽¹⁾

⁽¹⁾Innovación en Manejo de Recursos Naturales, Campus San Luis Potosí Colegio de Postgraduados,

⁽²⁾Laboratorio de Biotecnología Aplicada, Instituto Tecnológico El Llano, Aguascalientes, México

The vegetal species have inhibitory effects on plague organisms by action of secondary metabolites of cytotoxic action for survival in their natural environment. In sustainable agriculture, products that control organisms in a biological way are sought, avoiding harm to consumer health. Six crude extracts of Cucurbita foetidissima fruits, from semi-arid areas, were obtained from Ags., Jalisco, SLP and Zacatecas, Mexico. The effect in vitro was evaluated as a percentage of inhibition of five-day mycelial growth on Rhizoctonia, Phytophthora, Fusarium and Botrytis, which cause economic losses ($\geq 22\%$). All the extracts inhibited the growth of the colonies (<0.0001), with differential effect depending on the origin of the fruit. 19-Rincón de Romos, Ags., And 25-Villa de Ramos, SLP., Inhibited 100% Rhizoctonia. Site 23-Salinas SLP., Allowed 13.57% growth of Botrytis, and inhibited the total growth of Rhizoctonia. Excerpt from site 8-Loreto, Zacatecas, inhibited Botrytis, and Rhizoctonia in 100%. Fusarium spp., And Phytophthora spp., Recorded an average growth of 46.7% and 42.4%, respectively, with the extracts and provenances, with the inference attributed to tetracyclic triterpenes. These fungi are resistant to synthetic fungicides, for their control multiple products are used, polluting vegetables in the field, postharvest and consumer.

Keywords: "Crazy squash"; "genetic resource"; "reevaluation"; "agroindustrial Project"

EXTRACTOS DE FRUTOS DE CUCURBITA FOETIDISSIMA (KUNTH IN HUMB.), INHIBEN EL CRECIMIENTO DE FITOPATÓGENOS DE INTERÉS AGRÍCOLA

Las especies vegetales tienen efectos inhibitorios sobre organismos plaga por acción de metabolitos secundarios de acción citotóxica para la supervivencia en su entorno natural. En la agricultura sostenible, se buscan productos que controlen organismos de forma biológica, evitando daños a la salud del consumidor. Se obtuvieron seis extractos crudos de frutos de Cucurbita foetidissima, de áreas semiáridas, procedentes de Ags., Jalisco, SLP y Zacatecas, México. Se evaluó el efecto in vitro como porcentaje de inhibición de crecimiento micelial a cinco días sobre Rhizoctonia, Phytophthora, Fusarium y Botrytis, que ocasionan pérdidas económicas ($\geq 22\%$). Todos los extractos inhibieron el crecimiento de las colonias (<0.0001), con efecto diferencial en función de la procedencia del fruto. 19-Rincón de Romos, Ags., y 25-Villa de Ramos, SLP., inhibieron 100% de Rhizoctonia. El sitio 23-Salinas SLP., permitió 13.57% de crecimiento de Botrytis, e inhibió el crecimiento total de Rhizoctonia. Extracto del sitio 8-Loreto, Zacatecas, inhibió a Botrytis, y Rhizoctonia en 100%. Fusarium spp., y Phytophthora spp., registraron crecimiento promedio de 46.7% y 42.4% respectivamente con los extractos y procedencias, atribuyéndose la inhibición a triterpenos tetracíclicos. Estos hongos son resistente a fungicidas sintéticos, para su control se usan múltiples productos, contaminando hortalizas en campo, postcosecha y consumidor.

Palabras clave: "Calabacilla loca"; "recurso genético"; "revalorización"; "proyecto agroindustrial"

Correspondencia: Jorge Cadena Iñiguez; jocadena@gmail.com



©2018 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

Las cucurbitáceas (Cucurbitaceae) son una familia muy importante de plantas vasculares, y alberga especies domesticadas, semidomesticadas y tipos silvestres (Ortega, 1998). Una de los géneros con mayor diversidad biológica (Cerón *et al.*, 2010) es *Cucurbita* L.; que contiene a muchas especies cultivadas; sin embargo, existen otras especies silvestres que registran algunos usos nuevos producto de la caracterización morfo-bioquímica, como el caso de *Cucurbita foetidissima* (Kunth In Humb.) quien es una especie distribuida en áreas ruderales, es una planta tuberosa y se considera una verdadera planta xerófila que se encuentra en el suroeste de Estados Unidos y noroeste de México, conocida coloquialmente como calabacilla loca o de caballo. Su importancia económica radica en sus altos contenidos de aceite y proteínas en las semillas, así como, almidones en la raíz, lo cual la convierte en una opción viable para su estudio con fines alimenticios e industriales (Lira *et al.*, 2009). Sin embargo, en México existen pocos trabajos relacionados a esta especie (Ruiz-Carrera *et al.*, 2004).

1.1. Origen, distribución y taxonomía

C. foetidissima es una especie originaria de praderas y desiertos del suroeste de los Estados Unidos de América (EUA) y el norte de México (Drollinger y Rodríguez, 2002; Bemis *et al.*, 1978 y Bailey, 1943). En México, se distribuye en los estados de Aguascalientes, Baja California Norte, Chihuahua, Coahuila, Colima, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Veracruz y Zacatecas (Villaseñor, 2016), mientras que, para EUA, se encuentra distribuida en Nebraska, Missouri, Kansas, Colorado, Utah, Nevada, Texas, Nuevo México y California (Hanan y Mondragón, 2009; Bemis *et al.*, 1978).

Existe poco conocimiento sobre la clasificación taxonómica de *C. foetidissima*. En 1820 fue nombrada equivocadamente como *Cucumis perennis*, asimismo se le dio el nombre de *Pepo foetidissima* por Britt en 1872. Sin embargo, Gray en 1852, transfirió el nombre *Cucumis perennis* a *Cucurbita perennis* cuyo nombre permaneció hasta 1881, ya que Cogniaux redescubrió el nombre de *Cucurbita foetidissima* propuesto por Humboldt, Bonpland y Kunt. Esta especie es comúnmente conocida como calabacilla loca, calabacilla hedionda, calabacilla de buffalo y missouri gourd (Drollinger y Rodríguez, 2002; Bemis *et al.*, 1978), y está relacionada lejanamente con solo cuatro especies restringidas a *C. cylindrata* Bailey, *C. cordata* Wats., *C. palmata* Wats. y *C. digitata* Gray (Bemis y Whitaker, 1970; Bemis y Whitaker, 1969).

Posteriormente *C. foetidissima* se colocó en el grupo de las *foetidissimas* junto con tres especies perennes *C. pedatifolia*, *C. scabridifolia* y *Cradicans* (Lira-Saade *et al.*, 2009) (Figura 1); y según Drollinger y Rodríguez (2002) y Hanan *et al.* (2009) esta especie está comprendida dentro de la Clase: Magnoliopsida, Orden: Violales, Familia: Cucurbitaceae, Género: *Cucurbita* y especie: *Foetidissima*.

1.2. Usos potenciales

En las plantas existe amplia diversidad bioquímica de compuestos orgánicos conocidos como productos naturales o metabolitos secundarios (Ms), generados por el metabolismo no esencial para el crecimiento normal, desarrollo o reproducción de un organismo (Sepúlveda *et al.*, 2003). Estos compuestos sirven para cumplir los requisitos secundarios de los organismos, que les permite sobrevivir entre la competencia de especies, y proporcionar mecanismos defensivos para facilitar los procesos reproductivos. En la actualidad, el uso de estos Ms, ha demostrado ser una fuente valiosa para el control de plagas (incluye enfermedades) contribuyendo a disminuir el impacto ambiental, a la salud del jornalero agrícola, y a la del consumidor, además de promover el cambio de la agricultura convencional a una de corte ecológica o sostenible. El uso de especies con alto contenido de Ms, tal como *C. foetidissima*, resultan ser una fuente alternativa para la

obtención de extractos vegetales para su aplicación como agentes controladores de hongos de interés agrícola (Rodríguez *et al.*, 2000). Lo anterior es importante considerando que los daños en productos agrícolas postcosecha, registran un mínimo de pérdida del 25%, y que muchas de las infestaciones se originan en las huertas de producción. Se ha registrado que muchas especies de cucurbitáceas contienen una diversidad y contenido de MS, como, por ejemplo, en *Sechium edule* (Jacq.) Sw., en el cual se han identificado peroxidasas, esteroides, alcaloides, saponinas, fenoles, polifenoles, flavonoides y cucurbitacinas (Cadena-Iñiguez, 2005), y que actúan a partir de extractos crudos, como como sustancias bioactivas en una amplia gama de posibilidades de la economía, desde hipoglucemiantes, antiproliferativos, antidepresivos, hasta inhibidores del crecimiento micelial (Aguñiga-Sanchez *et al.*, 2013, 2015, 2017; Salazar-Aguilar *et al.*, 2017). A este respecto, Ferguson (1995), registró compuestos presentes en frutos de *C. foetidissima*, y menciona que a partir de extractos alcohólico de la raíz hay un efecto espasmolítico en el intestino, constricción de los vasos coronarios del corazón y efectos irritantes en ratones. Con base en lo anterior, se determinó el efecto inhibitorio de extractos de frutos de *Cucurbita foetidissima* sobre el crecimiento de *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora capsici* y *Botrytis sp.*, en condiciones *in vitro*, considerando que, la inhibición lograda en cualquiera de estos fitopatógenos, puede contribuir a reducir las pérdidas económicas de hortalizas de México, y atenuar los impactos negativos al ambiente.

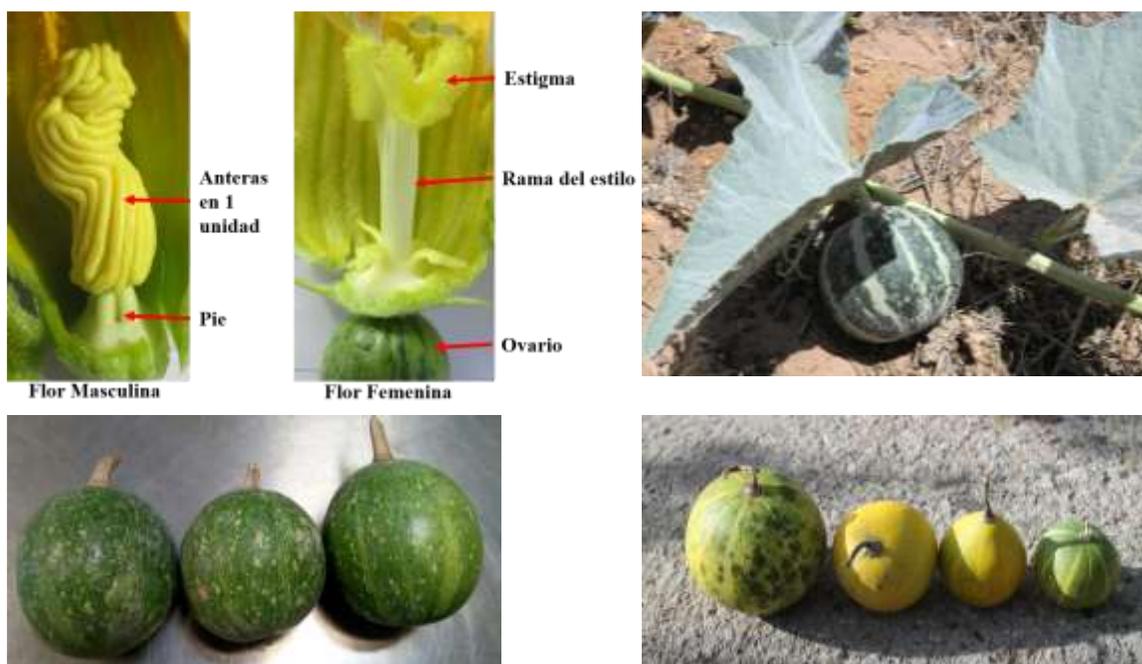


Figura 1. Flores y frutos de *Cucurbita foetidissima* (Kunth In Humb.). a: flor masculina y femenina. b: Fruto en crecimiento en condición ruderal. c: fruto en madurez hortícola y d: fruto en madurez fisiológica. Fuente: elaboración propia.

2. Materiales y Métodos

Para tener una muestra representativa de frutos de *Cucurbita foetidissima* se identificaron seis sitios en cuatro estados del centro de México: Aguascalientes (19 Rincón de Romos), Zacatecas (8 Loreto), Jalisco (2 Ojuelos) y San Luis Potosí (23 Salinas, 25 Villa de Ramos y 29 Santo Domingo). Los frutos de cada sitio considerados taxonómicamente como ecotipos (accesión o

colecta), se cosecharon en madurez hortícola, se picaron, secaron a 45 °C, y posteriormente fueron molidos para realizar una extracción discontinua para cada accesión.

Se sumergió 1.5 kg del macerado en metanol por 48 horas a temperatura ambiente (20 ±2 °C), después de este tiempo se hizo cambio de solvente, para ello se filtró con papel Whatman No.1 y evaporó en un rotaevaporador (IKA® RV10, control automático/BUCHI R-114 Equipan S.A. de C.V., Switzerland) a 45 °C para concentrar y recuperar el extracto, este procedimiento se repitió 25 veces hasta que el solvente no mostró color, a este extracto se le denominó extracto crudo (Che *et al.*, 1985; Afifi *et al.*, 1999; Cadena-Iñiguez, 2005). Los extractos obtenidos se mantuvieron en frascos ámbar a temperatura ambiente (Monroy-Vázquez *et al.*, 2009).

La evaluación *in vitro* de la actividad antifúngica se midió mediante el crecimiento de hongos fitopatógenos cultivados en medio papa-dextrosa-agar a pH 5.7, con alternancia de luz y oscuridad a una temperatura de 27 °C durante cinco días (Rodríguez *et al.*, 2000) suplementados con extracto vegetal. Los hongos evaluados fueron: *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora capsici* y *Botrytis sp.*, que ocasionan pérdidas económicas superiores al 17%. Para concluir la utilidad de los seis extractos buscando identificar diferencias estadísticas en el crecimiento de los fitopatógenos en el medio de cultivo empleado a las 120 horas de incubación (tiempo de establecimiento de la colonia). Los extractos vegetales fueron diluidos con agua estéril bidestilada a 12.5%, 33%, y 50% para su aplicación a los hongos en cajas Petri. La premisa a probar fue que el extracto de *C. foetidissima* inhibe o reduce el crecimiento micelial.

Se realizó un análisis cladístico, debido a que incorpora racionalismo crítico popperiano a través de la refutación de hipótesis filogénicas, examinadas bajo un principio de parsimonia (De luna *et al.*, 2005; De luna, 1995); y mediante la estadística no paramétrica y empleando el programa WinClada ver.1.00.08 por K. Nixon (licencia libre), tratando los genotipos como una población, a través de simulación aleatoria (Reyes, 1999), realizando una eliminación azarosa de variables hasta generar un cladograma parsimonioso (Felsenstein, 1985), para definir la estabilidad de los clados e identificar el estado del carácter sobresaliente. El análisis se repitió 100 veces creando un porcentaje que fue empleado como índice de soporte o confianza en los cladogramas (Lanyon, 1985).

3. Resultados y discusión

Los extractos vegetales de frutos de *C. foetidissima* inhibieron el crecimiento de las colonias de los hongos fitopatógenos evaluados ($p < 0.0001$). Asimismo, se observó que los seis extractos evaluados tuvieron efecto inhibitorio en el crecimiento de los cuatro ($p < 0.0001$) hongos; sin embargo, este efecto dependió de la accesión utilizada ($p < 0.0001$).

La interacción hongo-acesión mostró que, el crecimiento de *Rhizoctonia sp.*, fue inhibido por el extracto de las seis accesiones, registrando inhibición de 94.3% del crecimiento del hongo. Resultados similares han mostrado una inhibición superior al 95% sobre *Rhizoctonia* utilizando extractos de ajo (*Allium sativus* L.) (Sarubbi & Aquino, 2014; López *et al.*, 2005).

Los sitios más sobresalientes fueron el 19-Rincón de Romos, Aguascalientes y 25-Villa de Ramos, San Luis Potosí, al inhibir la totalidad del crecimiento de *Rhizoctonia sp.*, mientras que 23-Salinas SLP, permitió hasta 13.57% de crecimiento micelial de *Botrytis sp.* y no permite el crecimiento de *Rhizoctonia sp.* La accesión 8-Loreto, Zacatecas, inhibió el crecimiento de *Botrytis sp.*, y de *Rhizoctonia sp.* en un 100% (Figura 2).

Autores como Asadollahi *et al.* (2013), describen que *Botrytis* es un patógeno con resistencia a fungicidas sintéticos, y para su control es necesario utilizar múltiples productos, lo cual resalta los valores de inhibición registrados por la accesión de Salinas y Loreto en su control, sugiriendo

realizar evaluaciones en campo para dar trazabilidad a sus efectos de control de dicho patógeno en fases de postcosecha y vida de anaquel.

Los extractos vegetales aplicados al 33.3%, fueron equivalente al nivel letal, pues inhibió el crecimiento micelial en más del 85 % de la colonia de hongos, mientras que la dilución al 12.5%, se consideró como equivalente al nivel poco o medio letal, pues inhibió el crecimiento micelial entre el 50% y 85%, mientras que la dilución al 50% mostró una inhibición menor a 50%, considerado como no letal, (Cuadro 1).

Registros de inhibición mediante extractos vegetales, han demostrado dificultad para controlar *Fusarium Sp.*, (Alkhail, 2005), mientras que para *Phytophthora sp.*, Díaz *et al.* (2013), menciona que el *A. sativum*, controló el crecimiento micelial menor a 80%.

Cuadro 1. Nivel de inhibición en hongos fitopatógenos por aplicación de extractos de accesiones de *C. foetidissima*.

Accesión	<i>Botrytis sp.</i>	<i>Fusarium sp.</i>	<i>Phytophthora sp.</i>	<i>Rhizoctonia sp.</i>
Ojuelos	Poco letal 61.7	No letal 46.7	No letal 35.4	Letal* 94.3
Loreto	Letal* 100.0	No letal 39.0	No letal 42.4	Letal* 100.0
Rincón de Romos	Poco letal 65.4	No letal 25.7	No letal 38.4	Letal* 100.0
Salinas	Letal* 86.4	No letal 37.1	No letal 25.3	Letal* 100.0
Villa de Ramos	No letal 42.0	No letal 28.6	No letal 38.4	Letal* 99.0
Santo Domingo	Poco letal 65.4	No letal 37.1	No letal 37.4	Letal* 100.0

*indica accesión que controló más del 85% de los hongos fitopatógenos y se considera letal.

Datos no mostrados, obtenidos por cromatografía de placa fina, indicaron que los extractos de *C. foetidissima*, contienen triterpenos tetracíclicos, específicamente cucurbitacinas, las cuales son metabolitos amargos, altamente tóxicos, además de flavonoides. Aun cuando las accesiones pertenecen a la misma especie, y las diferencias morfológicas, tales como el color de la epidermis del fruto, responden a la plasticidad de adaptación a diferentes ambientes, existió una variación entre el efecto inhibitorio y su procedencia (Cuadro 1).

Lo anterior tiene influencia en el tipo y concentración de Ms, lo cual puede ser la causa de las diferencias de inhibición entre los extractos y especie de hongo; así, por ejemplo, se ha observado variabilidad en el nivel de Ms, entre diferentes especies de un mismo género, e igualmente significativas pueden ser las diferencias entre cultivares de una misma especie (Tomás y Espín, 2001). Numerosos estudios han analizado la amplia variabilidad entre los distintos tipos o cultivares en términos de su composición química, incluyendo al nivel de fenoles totales y contenido de ácido gálico (CGA). La variación en las condiciones agronómicas (especie, cultivar, estado de desarrollo, órgano de la planta, competencia, fertilización, entre otras), la estación del año, factores climáticos, disponibilidad de agua, luz (intensidad, calidad y duración) tiene efectos significativos sobre el contenido y perfil de fitoquímicos en un cultivo (Björkman *et al.*, 2011).

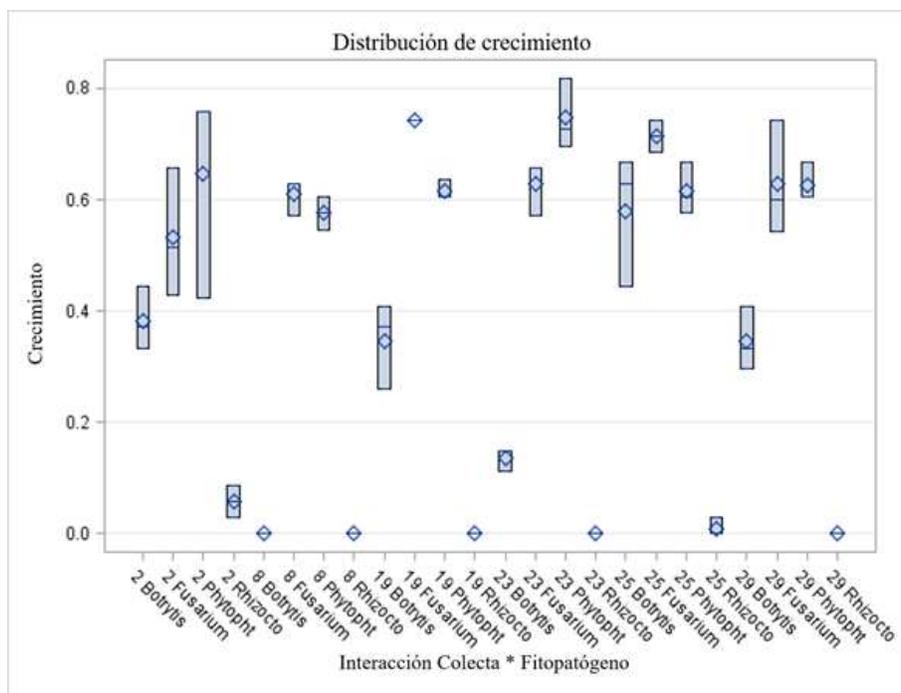


Figura 2. Interacción entre la accesión o colecta de *C. foetidissima* (Kunth In Humb.) y los hongos fitopatógenos, con base en la distribución del crecimiento micelial en condiciones *in vitro*.

Ciertos estudios permiten determinar que el contenido de metabolitos secundarios de frutas y vegetales en un cultivar particular, puede variar de forma significativa debido a las condiciones ambientales en que se realiza el cultivo, tales como el tipo de suelo, la temperatura, disponibilidad de luz, agua y nutrientes (Li *et al.*, 2012). También se considera que el cambio climático ha producido alteraciones y aumento en la radiación UV, y con ello una menor precipitación (Giorgi *et al.*, 2010), lo que se traduce en mayor estrés para las planta, causando daño celular, lo que se refleja en un aumento en el contenido de especies reactivas de oxígeno (ROS) en los diferentes tejidos (Gill y Tuteja, 2010), en respuesta a ello se producen cambios fisiológicos como reducción del área foliar o engrosamiento de las hojas, así como, alteraciones en el contenido de compuestos fenólicos.

Ciertos factores que inducen estrés biótico y abiótico pueden cambiar el metabolismo de los Ms en diferentes situaciones ambientales (Dixon y Paiva, 1995). En este sentido, se ha observado que la disminución en el contenido fenólico en las hojas de arándano, inducida por fertilización nitrogenada, se revirtió por una infección fúngica (Witzell y Shevtsova, 2004). Así mismo, en un estudio llevado a cabo en frutillas (*Rubus spp.*), se halló una interacción significativa entre la variedad de las frutas y la fecha de siembra. La cosecha de la última fecha de siembra tuvo mayor contenido de fenoles totales (Anttonen *et al.*, 2006). El estado de desarrollo o madurez del producto al momento de cosecha, muestra el nivel de antioxidantes fenólicos (Li *et al.*, 2012). Por ejemplo, algunos estudios en frutos de arándano en estados inmaduro tienen un potencial antioxidante similar a los frutos maduros (Kalt *et al.*, 2005), mientras que en frambuesas y frutillas una mayor capacidad antioxidante se presentó en frutos en estados más tempranos de desarrollo (Wang y Lin, 2000).

Lo anterior es relevante si se considera que las procedencias de *C. foetidissima* evaluadas, en correlación con las condiciones ambientales anuales (al menos cinco años) pueden indicar la seguridad y reproducibilidad para obtener el tipo y contenido de metabolitos secundarios (Figura 3). Especies de calabazas del género *Lagenaria siceraria* (Cucurbitaceae), registran cuando

están maduras, demasiada cucurbitacina (triterpenoides) y, si se ingiere, según se informa incrementa la permeabilidad capilar causando fuga capilar severa y un síndrome que lleva a la hipotensión, de tal forma que su ingestión, puede provocar efectos gastrointestinales graves dentro de los 60 minutos inmediatos, los cuales incluyen diarrea, vómitos, hemorragia gastrointestinal e hipotensión. (Ho CH, 2014).

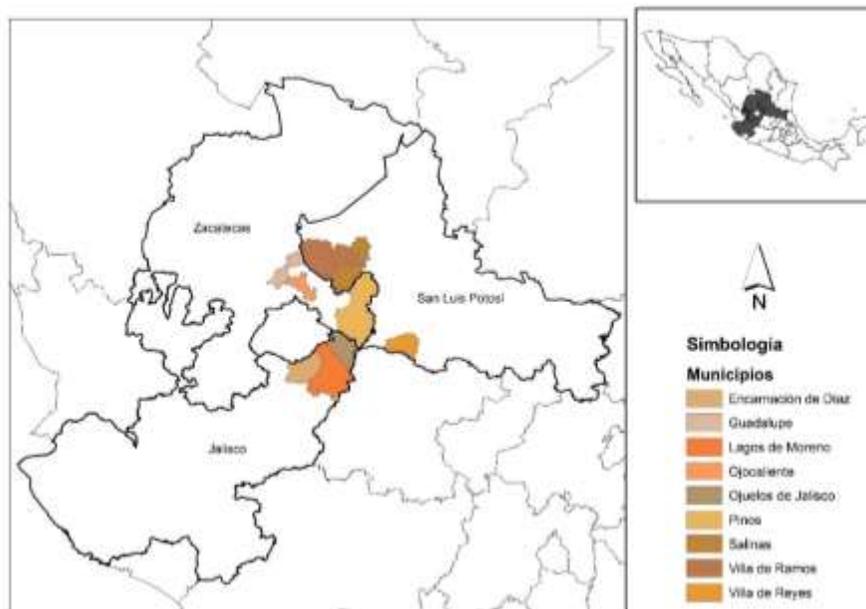


Figura 3. Ubicación geográfica de los sitios de recolecta (procedencias) de las accesiones de *C. foetidissima* (Kunth In Humb.) evaluadas.

Un análisis cladístico de las accesiones con base en variables morfológicas, permitió un acercamiento a la evolución de los fenotipos en sus diferentes ambientes, toda vez, que los sitios de recolecta son los mismos cada año, por tratarse de áreas ruderales sin aprovechamiento particular (Figura 4). Las accesiones recolectadas en el sitio 2, marcaron el origen o taxón raíz del cladograma, equivalente a ser el tipo más primitivo o silvestre, derivándose a partir de éstas la filogenia de los demás ecotipos por aparición de caracteres nuevos, debido posiblemente a presión del ambiente. La evolución describe la divergencia en diferentes brazos atribuidos a diferentes historias de vida, por ejemplo, los sitios 20 y 30 con una evolución independiente (posible futura diferenciación), otro más a partir del sitio 29, y de éste muchos brazos que indican nuevos rasgos (plasticidad morfo y bioquímica), mostrada por las plantas de los sitios 23, 5, 8, y 19, mientras que las accesiones de los sitios 3, 21, 11, y 15, se consideran las accesiones más evolucionadas respecto al taxón raíz.

Lo anterior es relevante ya que ayuda a discernir las fuentes de metabolitos que tienen mayor actividad bioactiva sobre los hongos fitopatógenos, ya que el ambiente es el principal detonador del tipo y contenido de Ms, por ello, no es conveniente aislar los resultados de una evaluación biológica únicamente por sus efectos inmediatos (*in vitro*), sino, contribuir a la búsqueda de la causalidad mediante distintas herramientas de análisis y discernimiento (Figura 5).

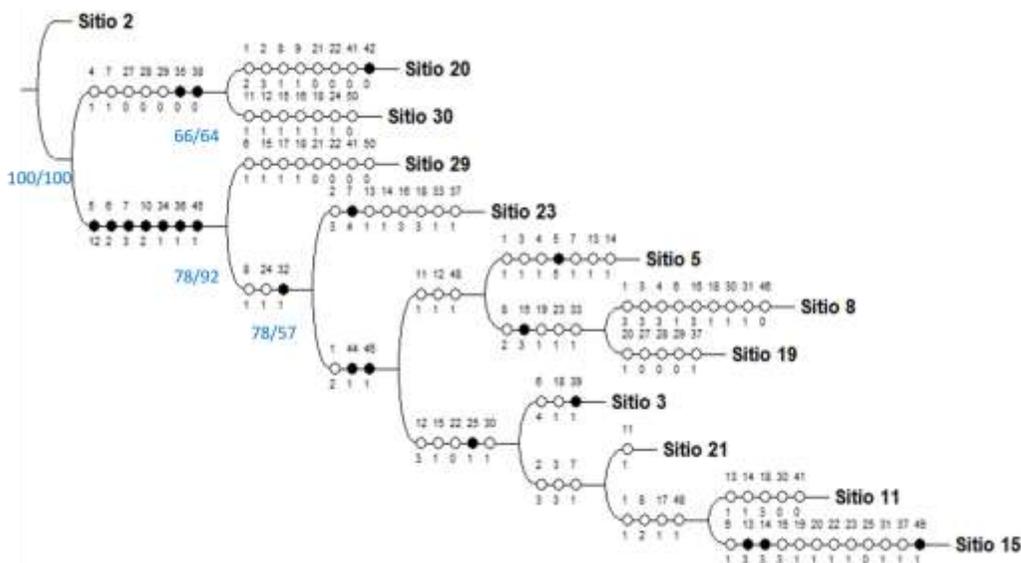


Figura 4. Accesiones y sitios de procedencia de *C. foetidissima* (Kunth In Humb.) identificados a partir de características morfológicas, Puntos blancos representan caracteres nuevos, y los negros a caracteres que se mantienen desde origen. Los números en la parte superior e inferior de la rama del cladograma, representan el carácter y el estado de carácter, con $L=164$, $Ci=43$ y $Ri=44$.

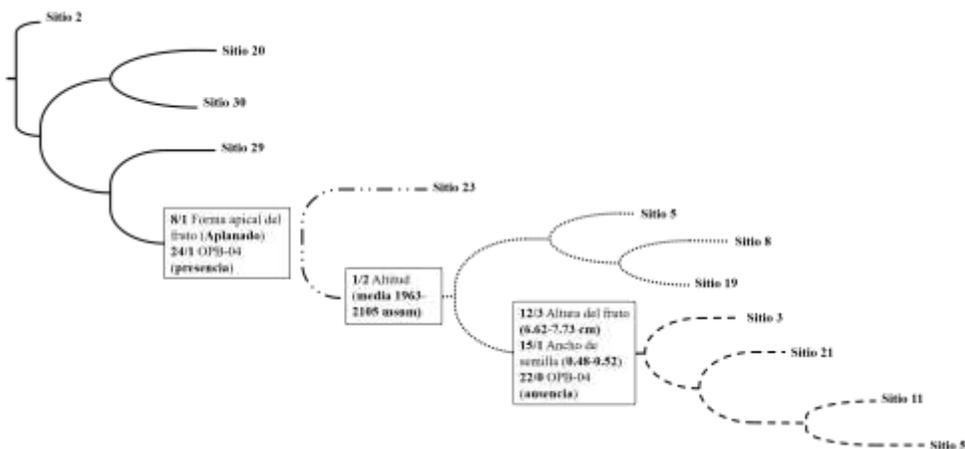


Figura 5. Cladograma que indica los caracteres y estados de carácter principales de accesiones y sitios de procedencia de *C. foetidissima* (Kunth In Humb.) que marcan el salto genealógico.

A este respecto, el presente proyecto **basa su planificación en la línea de gestión de proyectos a partir de la recolección de especies con potencial de explotación económica** (FAO, 2011), considerando como prioridad la generación de tecnología o conocimiento, que facilite la creación de nuevas actividades con un principio y fin de las mismas. La FAO (2011), lanzó el Segundo Plan Mundial de Acción para los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, e integró como áreas estratégicas, a la conservación y manejo *in situ*, conservación *ex situ*, utilización sostenible, creación de capacidades institucionales y humanas de forma sostenible, las cuales derivaron en 18 líneas de acción. La ONU (2015) aprobó la Agenda para el 2030 de Desarrollo Sostenible por la Organización de las Naciones Unidas (ONU). La cual está conformada entre otras metas principales, el fin de la pobreza, hambre cero, salud y bienestar, educación de calidad, crecimiento económico, industria, innovación e infraestructura.

En México, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT, 2013) en su programa Especial de Ciencia, Tecnología, e Innovación y Programa para el Desarrollo de la Bioseguridad y la Biotecnología señaló entre otros objetivos principales, fomentar proyectos de investigación científica, de innovación y desarrollo tecnológico orientados a la solución de problemas nacionales y en actividades que redunden en beneficio para los productores agropecuarios. Por ello, la bioprospección de recursos silvestres, tales como *C. foetidissima*, son necesarios para dimensionar las posibilidades de creación de carteras, programas y proyectos, que deriven en productos finales y en nuevas redes de valor en el sector rural. Para lo anterior, se ha considerado la aplicación del concepto de proyecto bajo el enfoque de modelo multidimensional de Gómez-Senent (1998) (IPMA, 2006), el cual brinda una visión amplia, integral y organizada de un proyecto a partir de la definición y análisis de sus dimensiones, basado en la concepción del proyecto como un conjunto de actividades intelectuales relacionadas entre sí (proceso, fases, factores, metaproyecto, técnicas y herramientas) que permiten su análisis y ejecución. Se considera que los resultados de la presente investigación son pertinentes en dicho concepto y susceptibles para crear nuevas redes de valor.

4. Conclusiones

Todos los extractos inhibieron el crecimiento de las colonias (<0.0001), con efecto diferencial en función de la procedencia del fruto. 19-Rincón de Romos, Aguascalientes., y 25-Villa de Ramos, SLP., inhibieron 100% de *Rhizoctonia*. El sitio 23-Salinas SLP., permitió 13.57% de crecimiento de *Botrytis*, e inhibió el crecimiento total de *Rhizoctonia*. Extracto del sitio 8-Loreto, Zacatecas, inhibió a *Botrytis*, y *Rhizoctonia* en 100%. *Fusarium* spp., y *Phytophthora* spp., registraron crecimiento promedio de 46.7% y 42.4% respectivamente con los extractos y procedencias, atribuyéndose la inhibición a triterpenos tetracíclicos. Estos hongos son resistentes a fungicidas sintéticos, para su control y se usan múltiples productos, contaminando hortalizas en campo, postcosecha y consumidor. Los diferentes análisis, muestran que la procedencia es relevante en la cantidad y tipo de metabolito.

El efecto inhibitorio del crecimiento micelial de los hongos fitopatógenos evaluados, demuestra que los extractos vegetales de *C. foetidissima*, pueden ser utilizados como fungicidas; sin embargo, es necesario la realización de un perfil fitoquímico de extractos vegetales con mayor precisión, para identificar los compuestos que tengan efectos específicos según el fitopatógenos. La formulación de un fungicida utilizando extractos vegetales de recursos genéticos que crecen en las localidades rurales puede apoyar al combate de plagas existentes, logrando generar ahorros económicos y de tiempo para el control de hongos en cultivos en el Centro de México.

5. Agradecimientos

Al Colegio de posgraduados, Campus San Luis Potosí, por el financiamiento del proyecto y al Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes (ITEL) por la facilitación de las instalaciones del Laboratorio de Biotecnología Aplicada.

6. Referencias

- Affifi, M., Ross, S., Sohly, M., Naeem, Z., & Halaweish, F. (1999). Cucurbitacins of Cucumis prophetarum. *Journal of chemical ecology*, 25(4):847-859.
- Aguíñiga-Sánchez, I. (2013). Potencial antileucémico in vitro de extractos de cuatro genotipos de *Sechium* spp. (Cucurbitaceae). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, México, 95 p.
- Aguíñiga-Sánchez, I., Soto, M., Cadena, J., Ruíz, L., Cadena, J., González, A., & Santiago, E. (2015). Fruit extract from a *Sechium edule* hybrid induce apoptosis in leukaemic cell lines

- but not in normal cells. *Nutrition and cancer*, 67(2):250-257.
10.1080/01635581.2015.989370
- Aguíñiga-Sánchez, I. (2017). Efecto antitumoral in vivo de *Sechium P. Browne* (Cucurbitaceae), Tesis Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, 262 p.
- Alkhail, A. A. (2005). Antifungal activity of some extracts against some plant pathogenic fungi. *Pak. J. Biol. Sci.* 8, 413-417.
- Asadollahi, M., Fekete, E., Karaffa, L., Flipphi, M., Árnayasi, M., Esmaeili, M., & Sándor, E. (2013). Comparison of *Botrytis cinerea* populations isolated from two open-field cultivated host plants. *Microbiological research*, 168, 379-388.
- Bailey, L. H. (1943). *Species of Cucurbita*. *Gentes Herb.* 6: 265-322.
- Bemis, W.P. & Whitaker, T. W. (1969). The Xero phytic *Cucurbita* of Northwestern Mexico and Southwestern United States. *Madronlo*. 20: 33-41.
- Bemis, W. P., Curtis, L. D., Weber, C. W., & Berry, J. (1978). The feral buffalo gourd, *Cucurbita foetidissima*. *Economic Botany*, 32(1), 87-95.
- Björkman, M., Klingen, I., Birch, N., Bones, M., Bruce, J., Johansen, J., & Stewart, D. (2011). Phytochemicals of Brassicaceae in plant protection and human health—Influences of climate, environment and agronomic practice. *Phytochemistry*, 72(7):538-556.
- Cadena-Iñiguez J. (2005). Caracterización morfoestructural, fisiológica, química y genética de diferentes tipos de chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw). Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados, México.
- Cerón, G. L., Legaria S. J. P., Villanueva V. C., & Sahagún C. J. (2010). Diversidad genética en cuatro especies mexicanas de calabaza (*Cucurbita* spp.). *Revista Fitotecnia Mexicana* 33(3): 189-196.
- Che, C., Fang, X., Phoebe, C., Kinghorn, D., & Farnsworth, N. (1985). High-field 1H-NMR spectral analysis of some cucurbitacins. *Journal of Natural Produce*, 48(3):429-434.
- Cheeke, P.R. & Palo, R.T. (1995). Plant toxins and mammalian herbivores: co evolutionary relationships and antinutritional effects. Recent developments in the nutrition of herbivores. *Proceedings of the IVth International Symposium on the Nutrition of Herbivores*, Clemont-Ferrand, France. Journet M., Grenet E., Farce M.H., Theriez M. & Demarquilly (eds.). INRA 4, 437-456.
- CONACYT. (2013). Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación. Disponible en: http://www.conacyt.mx/siicyt/images/PECiTI-2014_2018.pdf
- De Luna, E. (1995). Bases filosóficas de los análisis cladísticos para la investigación taxonómica. *Acta Botánica Mexicana*, (33), 63-79.
- De Luna, E., Guerrero, J. A., & Chew-Taracena, T. (2005). Sistemática biológica: avances y direcciones en la teoría y los métodos de la reconstrucción filogenética. *Hidrobiológica*, 15(3), 351-370.
- Díaz, D. A., Hernández, C. F., Belmares, C. R. E., Gallegos, M. G., Rodríguez, H. R., & Aguilar G. C. N. (2013). Efecto de extractos de *Larrea tridentata* y *Flourensia cernua* en el desarrollo de plantas de tomate inoculadas con *Phytophthora capsici*. *Rev Agraria* 10, 49-58.
- Dixon, R., & Paiva, N. (1995). Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *Plant Cell*, 7(7):1085-1097.
- Drollinger, D., & Rodriguez, C. (2002). Medicinal Plants of the Soutwests. Recuperado el 20/02/2016 en <http://medplant.nmsu.edu/buffalo.shtml>.
- FAO. (2011). Segundo plan de acción mundial para los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. FAO, Roma, Italia, 104 pp.
- Felsenstein J. (1985). Confidence limits on phylogenies: An approach using thebootstrap. *Evolution* 39: 783-791

- Gill, S., & Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant physiological biochemistry*, 48(12):909-930.
- Giorgi, F., Bi, X., & Pal, J. (2004). Mean interannual variability and trends in a regional climate change experiment over Europe. II: climate change scenarios (2071–2100), *Climate Dynamics*, 23(7-8):839–858.
- Gómez-Senent, E. (1998). *La Ciencia de la Creación de lo Artificial*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. 1ª Ed.
- Hanan, A. A. M., & Mondragón J. P. (2009) Malezas de México, Ficha- cucurbitaceae: Cucurbita foetidissima Kunth calabacilla loca. Recuperado el 23/02/2016 en <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/cucurbitaceae/cucurbita-foetidissima/fichas/ficha.htm>
- Ho, Ch. (2014). Bitter bottle gourd (*Lagenaria siceraria*) toxicity. *J Emerg Med* 46(6): 772-775).
- IPMA (2006), ICB - IPMA Competence Baseline, Version 3.0, Ed. International Project Management Association, Nijkerk (NL)
- Lanyon, S. M. (1985). Detecting internal inconsistencies in distances data. *Systematic Zoology* 34: 397-403
- Li, Gong, Harry S. Paris., Gertraud Stift., Martin Pachner., Johann Vollmann & Tamas Lelley (2012) Genetic relationships and evolution in *Cucurbita* as viewed with simple sequence repeat polymorphisms: the centrality of *C. okeechobeensis*. *Genet Resour Crop Evol*, 60:1531–1546
- Lira-Sade, R., Eguiarte-Frums, L., & Montez-Hernandez, S. (2009). Proyecto Recopilación y análisis de la información existente de las especies de los géneros cucurbita y *Sechium* que crecen y/o se cultivan en México. UNAM, México, D.F. 107 p.
- Lira, R., Tellez, O., & Dávila, P. (2009). The effects of climate change on the geographic distribution of wild Mexican Cucurbitaceae related to cultivated plants. *Genetic Resources and Crop Evolution* 56: 691-703.
- López, A., López, S., Vásquez, M., Rodríguez, S., Mendoza, M., & Padrón, E. (2005). Inhibición del crecimiento micelial de *Fusarium oxysporum* Schlechtend. f. sp *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen, *Rhizoctonia solani* Kuhn y *Verticillium dahliae* Kleb. mediante extractos vegetales acuosos. *Rev. Mexicana de Fitopatología*, 23,183-190.
- Monroy-Vázquez, M. E., Soto-Hernández, M., Cadena-Iñiguez, J., Santiago-Osorio, E., Ruiz-Posadas, L. D. M., & Rosas-Acevedo, H. (2009). Estudio biodirigido de un extracto alcohólico de frutos de *Sechium edule* (Jacq.) Swartz. *Agrociencia*, 43, 777-790.
- ONU. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Disponible en: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Ortega, R., Martínez, M., & Rincón, G. (1998). Principales cultivos de México y sus regiones mundiales de mayor diversidad XVII Congreso de fitotecnia. *Memoria de la Sociedad Mexicana de Fitotecnia*. 321 pp.
- Reyes, C. R. (1999). Prueba de Bootstrap para hipótesis de no preferencia en estudios con variables dicotómicas. *Colegio de Postgraduados, Estado de México*. pp1662
- Rodríguez, A T., Morales, D., & Ramírez, M. A. (2000). Efecto de extractos vegetales sobre el crecimiento In vitro de hongos fitopatógenos. *Cultivos Tropicales*, 21,79-82
- Ruiz-Carrera, V., Peña-López, E. G., Lau-Vázquez, S. C., Maldonado-Mares, F., Ascencio-Rivera, J. M., & Guadarrama-Olivera, M. A. (2004). Macronutrientes de fitorecursos alimenticios de especies aprovechadas por grupos étnicos en Tabasco, México. *Universidad y Ciencia Número Especial*, 1, 27-31.
- Salazar-Aguilar, S., Ruiz-Posadas, L.D.M., Cadena-Iñiguez. J., Soto-Hernández. R.M., Santiago-Osorio, E., Aguiñiga-Sánchez, I., & Aguirre-Medina, J.F. (2017). *Sechium edule* (Jacq.) Swartz, a New Cultivar with Antiproliferative Potential in a Human Cervical Cancer HeLa Cell Line. *Nutrients*, 9(8): 798 Available from: DOI: 10.3390/nu9080798

- Sarubbi O. H., & Aquino, J. A. (2014). Control alternativo de *Rhizoctonia solani* Kuhn in vitro. *Investigación Agraria*, 5, 5-9.
- Sepúlveda, J. G., Porta, D. H., & Rocha, S. M. (2003). La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(3), 355-363.
- Tomás, A., & Espin, J. (2001). Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *Journal of the science of Food and agriculture*, 81(9):853-876.
- Wang, S.Y., & Lin, H.S. (2000). Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. *J Agric Food Chem*, 48(2):140-6.

Agradecimientos

Posgrado en Innovación en Manejo de Recursos Naturales, Campus San Luis Potosí, Colegio de Postgraduados. Laboratorio de Biotecnología Aplicada, Instituto Tecnológico El Llano, Aguascalientes, México