

# EXTRACTOS DE FRUTOS DE *Cucurbita foetidissima* (Kunth) INHIBEN EL CRECIMIENTO DE FITOPATÓGENOS DE INTERÉS AGRÍCOLA

## EXTRACTS OF *Cucurbita foetidissima* (Kunth) FRUITS INHIBIT THE GROWTH OF PHYTOPATHOGENS OF AGRICULTURAL INTEREST

Rangel-Guerrero, J.M.<sup>1</sup>; Flores-Benítez, S.<sup>2</sup>; Cadena-Iñiguez, J.<sup>1</sup>; Morales-Flores, F.J.<sup>1</sup>; Trejo-Téllez, B.I.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí. Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México. <sup>2</sup>Instituto Tecnológico El Llano. Laboratorio de Biotecnología Aplicada. Carretera Aguascalientes-San Luis Potosí km 18, El Llano, Aguascalientes, México.

\*Autor para correspondencia: brendat@colpos.mx

### ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the *in vitro* effect of *Cucurbita foetidissima* fruits extracts on the five-day inhibition of mycelial growth of *Rhizoctonia*, *Phytophthora*, *Fusarium* and *Botrytis*.

**Design/methodology/approximation:** We carried out a cladistic analysis using non-parametric statistics with WinClada program (ver. 1.00.08) to identify evolutive characters of *Cucurbita foetidissima*. A discontinuous extraction of *Cucurbita foetidissima* fruits was realized using methanol during 48 hours at room temperature. Solvent was changed to concentrate and recover extracts. The *in vitro* evaluation of antifungal activity was measured by phytopathogenic fungi growth in a potato-dextrose-agar medium (pH 5.7). We conclude the usefulness of the extracts when statistical differences were shown at 120 hours of incubation.

**Results:** All the *Cucurbita* extracts inhibited the growth of the fungi colonies ( $p < 0.0001$ ), with differential effect depending on the origin of the fruit. Rincón de Romos, Aguascalientes and Villa de Ramos, SLP inhibited 100% of *Rhizoctonia* growth. Site Salinas, SLP allowed 13.6% growth of *Botrytis*, and inhibited the total growth of *Rhizoctonia*. Extract from site Loreto, Zacatecas inhibited *Botrytis*, and *Rhizoctonia* (100 %). *Fusarium* spp and *Phytophthora* spp. recorded an average growth of 46.7% and 42.4%, respectively, with all extracts. We attributed the fungi-inhibition effect due to tetracyclic triterpenes on the fruits.

**Limitations of the study/implications:** It is necessary to obtain a phytochemical profile of *Cucurbita* compounds to identify specific effects according to the phytopathogens.

**Findings/conclusions:** Formulating a fungicide using plant-extracts of local genetic resources can alleviate the dependence from chemicals in order to control fungi diseases on crops.

**Keywords:** buffalo gourd; genetic resource; revaluation; secondary metabolites.

## RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar el efecto *in vitro* de frutos de *Cucurbita foetidissima* de áreas semiáridas, como porcentaje de inhibición de crecimiento micelial a cinco días sobre *Rhizoctonia*, *Phytophthora*, *Fusarium* y *Botrytis*.

**Diseño/metodología/aproximación:** Se realizó un análisis cladístico, mediante la estadística no paramétrica empleando el programa WinClada ver. 1.00.08 para identificar caracteres evolutivos. Se utilizó una extracción discontinua de frutos *Cucurbita foetidissima*. Durante 48 horas se sumergieron en metanol a temperatura ambiente, se hizo cambio de solvente para concentrar y recuperar el extracto. Se evaluó *in vitro* la actividad antifúngica mediante el crecimiento de hongos fitopatógenos cultivados en medio papa-dextrosa-agar a pH 5.7. Para concluir la utilidad de los extractos se buscaron diferencias estadísticas en el crecimiento de los fitopatógenos a las 120 horas de incubación.

**Resultados:** Todos los extractos inhibieron el crecimiento de las colonias ( $p < 0.0001$ ), con efecto diferencial en función de la procedencia del fruto. Frutos de Rincón de Romos, Ags. y de Villa de Ramos, SLP inhibieron 100 % de *Rhizoctonia*; de Salinas, SLP permitieron 13.6 % de crecimiento de *Botrytis*, e inhibieron el crecimiento total de *Rhizoctonia*. El extracto de Loreto, Zacatecas inhibió a *Botrytis*, y *Rhizoctonia* (100 %). *Fusarium* spp., y *Phytophthora* spp., registraron crecimiento promedio de 46.7% y 42.4% respectivamente con los extractos y procedencias, atribuyéndose la inhibición del crecimiento micelial provocada por triterpenos tetracíclicos presentes en los frutos.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** Es necesario realizar un perfil fitoquímico de extractos vegetales para identificar, con mayor precisión, los compuestos con efectos específicos para cada hongo fitopatógeno.

**Hallazgos/conclusiones:** Formular un fungicida utilizando extractos vegetales de recursos genéticos que crecen en localidades rurales puede apoyar al combate de plagas existentes.

**Palabras clave:** Calabacilla loca; recurso genético; revalorización; metabolitos.

e industriales (Lira *et al.*, 2009). A pesar de su potencial importancia, en México existen pocos trabajos relacionados a esta especie (Ruiz-Carrera *et al.*, 2004).

## Origen, distribución y taxonomía

La especie *Cucurbita foetidissima* es originaria de praderas y desiertos en el suroeste de los Estados Unidos y el norte de México (Drollinger y Rodríguez, 2002; Bemis *et al.*, 1978; Bailey, 1943). En México, se distribuye en Aguascalientes, Baja California, Chihuahua, Coahuila, Colima, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Veracruz y Zacatecas. En los Estados Unidos de América 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 *Cucurbita foetidissima*. En 1820 fue nombrada equivocadamente como *Cucumis perennis*, y también 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 re-descubrió el nombre de *Cucurbita foetidissima* propuesto por Humboldt, Bonpland y Kunt. Esta especie es comúnmente conocida como calabacilla loca, calabacilla hedionda, calabacilla de búfalo (Drollinger y Rodríguez, 2002), y está relacionada lejanamente con solo cuatro especies restringidas a *Cucurbita cylindrata* Bailey, *Cucurbita cordata* Wats., *Cucurbita palmata* Wats. y *Cucurbita digitata* Gray (Bemis *et al.*, 1978).

## INTRODUCCIÓN

La familia Cucurbitaceae incluye plantas vasculares con especies domesticadas, semidomesticadas y silvestres. Una de los géneros con mayor diversidad biológica es *Cucurbita* (Cerón *et al.*, 2010), que incluye 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), la cual es una especie distribuida en áreas ruderales, de naturaleza tuberosa y se considera una verdadera planta xerófila que se distribuye desde el suroeste de Estados Unidos y al noroeste de México, conocida coloquialmente como calabacilla loca. Su importancia económica radica en sus altos contenidos de aceite y proteínas en las semillas, y los almidones en la raíz, los cuales la convierten en una opción viable con fines alimenticios

Posteriormente *Cucurbita foetidissima* (Kunth) se colocó en el grupo de las foetidissimas junto con tres especies perennes: *Cucurbita pedatifolia*, *Cucurbita scabridifolia* y *Cucurbita radicans* (Lira-Saade et al., 2009) (Figura 1); y según Drollinger y Rodríguez (2002) y Hanan y Mondragon (2009), ésta especie está comprendida dentro de la clase: Magnoliopsida; orden: Violales; familia: Cucurbitaceae; género: *Cucurbita* y especie: *foetidissima*.

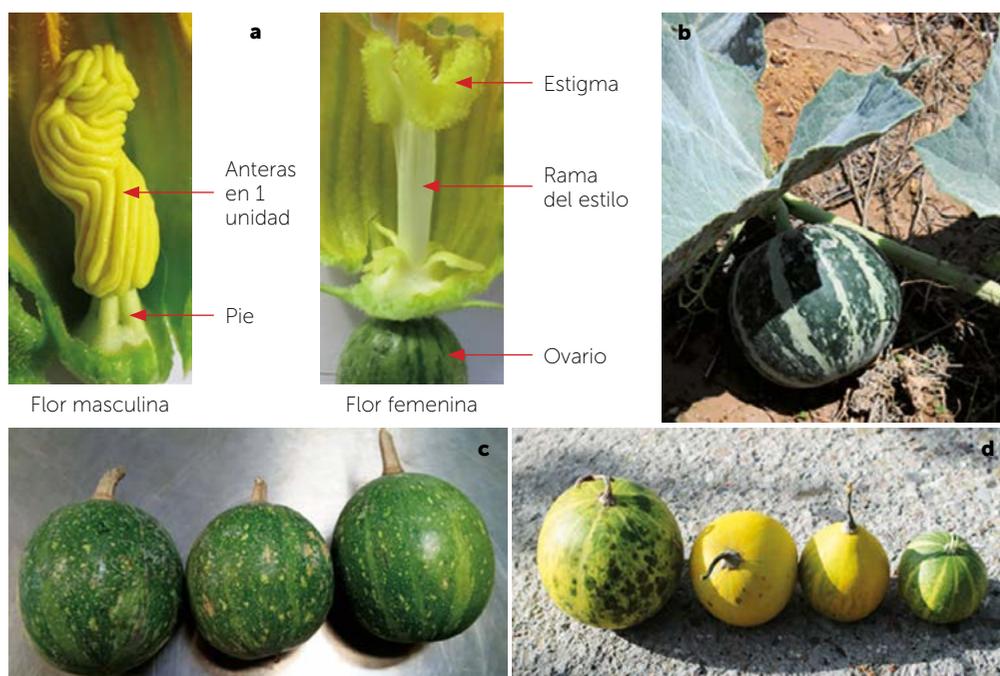
### Usos potenciales

En las plantas existe amplia diversidad de compuestos orgánicos conocidos como productos naturales o metabolitos secundarios 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 metabolitos secundarios 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 agricultura de corte ecológico o sostenible. El uso de especies con alto contenido de metabolitos secundarios, como *Cucurbita 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 especies de cucurbitáceas contienen una diversidad y contenido de metabolitos secundarios como *Sechium edule* (Jacq.) Sw., en el cual se han identificado peroxidasas, esteroides, alcaloides, saponinas, fenoles, polifenoles, flavo-

noides y cucurbitacinas (Cadena-Lñíguez, 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). Se han registrado compuestos presentes en frutos de *Cucurbita foetidissima*, y a partir de extractos alcohólico de la raíz existe 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 éstos fitopatógenos puede contribuir a reducir las pérdidas económicas de hortalizas de México, y atenuar los impactos negativos al ambiente.

### MATERIALES Y MÉTODOS

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



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

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 (se filtró con papel Whatman No.1 y evaporó en un rotaevaporador a 45 °C para concentrar y recuperar el extracto (IKA® RV10, control automático/BUCHI R-114 Equipan S.A. de C.V., Suiza). Éste 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 crudos obtenidos se mantuvieron en frascos ámbar a temperatura ambiente para evitar degradación por luz visible (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 se buscó 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 esteril 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 *Cucurbita foetidissima* inhibe o reduce el crecimiento micelial de los hongos fitopatógenos.

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 y Ramírez-Valverde, 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).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los extractos vegetales de frutos de *Cucurbita 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 hongos ( $p < 0.0001$ ); sin embargo, este efecto dependió de la accesión utilizada ( $p < 0.0001$ ).

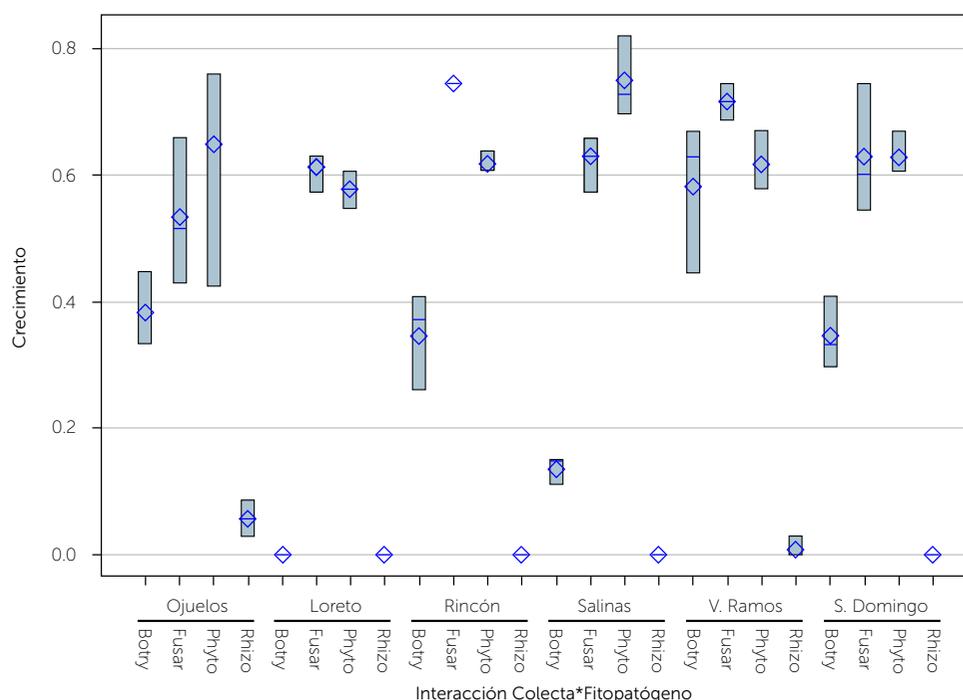
La interacción hongo-accesión mostró que el crecimiento de *Rhizoctonia sp.* fue inhibido por el extracto de las seis accesiones, registrando inhibición de 94.3% del crecimiento del hongo. Resultados similares han mostrado una inhibición superior al 95 % sobre *Rhizoctonia* utilizando extractos de ajo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

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

Autores como Asadollahi *et al.*, (2013) describen que *Botrytis sp.* es un patógeno con resistencia a fungicidas sintéticos, y para controlarlo es necesario utilizar múltiples productos. Por ello resaltan los valores de inhibición registrados por la accesión de Salinas (sitio 23) y Loreto (sitio 8) en su control, sugiriendo realizar evaluaciones en campo para dar trazabilidad a sus efectos de control en fases de postcosecha y vida de anaquel de los extractos.

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. La dilución de extractos al 12.5 % se consideró como equivalente al nivel poco o medio letal pues inhibió el crecimiento micelial entre el 50 % y el 85 %. La dilución al 50 % mostró una inhibición menor a 50 % considerándose como no letal (Cuadro 1).

Registros de inhibición mediante extractos vegetales han demostrado dificultad para controlar *Fusarium sp.*,



**Figura 2.** Interacción entre la accesión de *Cucurbita foetidissima* (Kunth) y el crecimiento micelial de hongos fitopatógenos en condiciones *in vitro*.

(Alkhail, 2005), mientras que para *Phytophthora* sp., Díaz-Díaz et al. (2013), menciona que *Allium sativus* L. controló menos del 80 % del crecimiento micelial.

Datos no mostrados, obtenidos por cromatografía de placa fina, indicaron que los extractos de *Cucurbita foetidissima* contienen triterpenos tetracíclicos, específicamente cucurbitacinas, 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 metabolitos secundarios, lo cual puede ser la causa de las diferencias de inhibición entre los extractos y especie de hongo. Así se ha observado variabilidad en el nivel de metabolitos secundarios 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 cultivares en términos de su composición química incluyendo fenoles totales y contenido de ácido gálico. La variación en las condiciones agronómicas (especie, cultivar, estado de desarrollo, órgano de la planta, competencia, fertilización, entre otras), la estación del año, las variables climáticas, la disponibilidad de agua, así como de luz (intensidad, calidad y duración) tienen efectos significativos sobre el contenido y perfil de fitoquímicos en un cultivo (Gong et al., 2012; Björkman et al., 2011).

Se considera que el cambio climático ha producido alteraciones y

**Cuadro 1.** Nivel de inhibición de extractos de accesiones de *Cucurbita foetidissima* en hongos fitopatógenos.

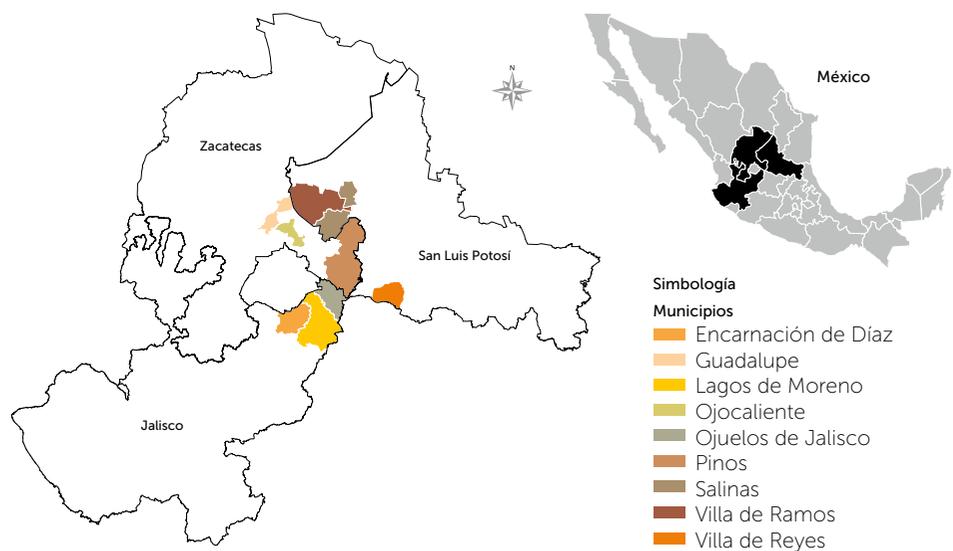
| Accesión              | <i>Botrytis</i> sp. | <i>Fusarium</i> sp. | <i>Phytophthora</i> sp. | <i>Rhizoctonia</i> sp. |
|-----------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|------------------------|
| Ojuelos, Jal.         | Poco letal<br>61.7  | No letal<br>46.7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

\* indica accesión que controló más del 85% de los hongos fitopatógenos y se considera letal. (Ags. Aguascalientes; Jal. Jalisco; SLP, San Luis Potosí; Zac. Zacatecas).

aumento en la radiación ultravioleta y con ello, una menor precipitación (Giorgi *et al.*, 2010), lo que se traduce en mayor estrés para las plantas, causando daño celular, reflejado en un aumento en el contenido de especies reactivas de oxígeno en los diferentes tejidos (Gill y Tuteja, 2010). En respuesta se producen cambios fisiológicos como la reducción del área foliar o el engrosamiento de las hojas, así como alteraciones en el contenido de compuestos fenólicos.

Factores que inducen estrés biótico y abiótico pueden cambiar el metabolismo de los metabolitos secundarios en diferentes situaciones ambientales (Dixon y Paiva, 1995). 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 aumentando los fenoles (Witzell y Shevtsova, 2004). Así mismo, en frutillas (*Rubus* sp.) 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). La madurez del producto al momento de cosecha muestra el nivel de antioxidantes fenólicos (Gong *et al.*, 2012). Algunos estudios en frutos de arándano en estado inmaduro tienen un potencial antioxidante similar a los frutos maduros (Kalt *et al.*, 2005), mientras que, en frambuesas y frutillas, se presentó una mayor capacidad antioxidante en frutos en estadios más tempranos de desarrollo (Wang y Lin, 2000).

Lo anterior es relevante si se considera que las accesiones de *Cucurbita foetidissima* evaluadas,



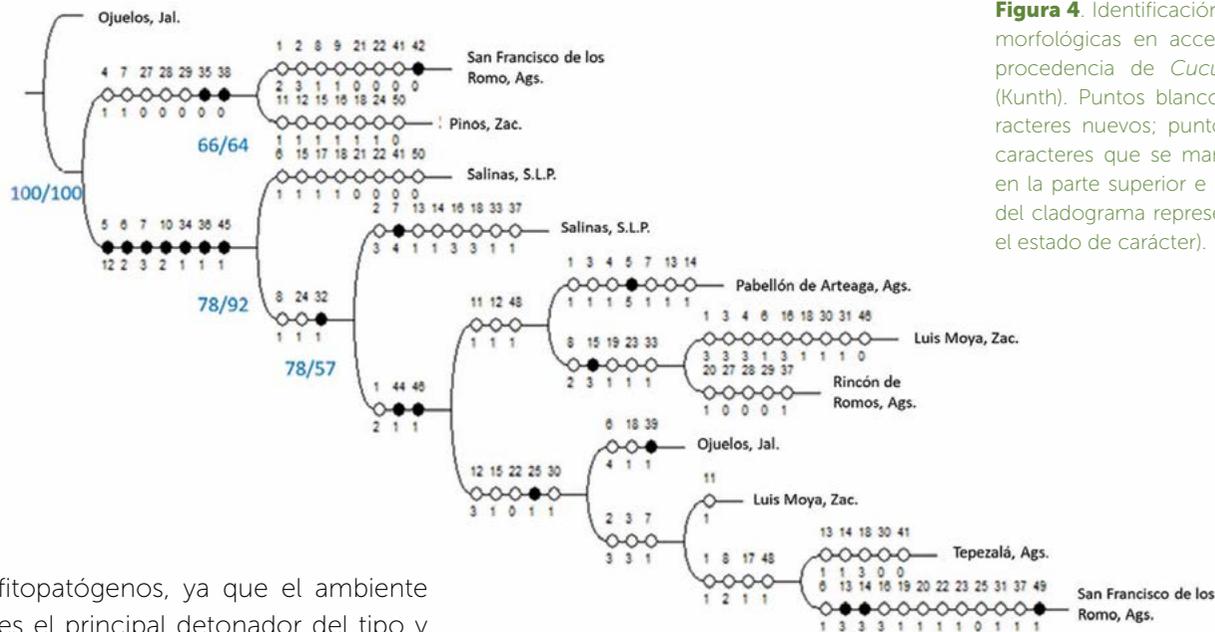
**Figura 3.** Ubicación geográfica de los sitios de recolecta de las accesiones de *Cucurbita foetidissima* (Kunth) evaluadas en México.

en correlación con las condiciones ambientales anuales (al menos cinco años), pueden indicar la seguridad y reproducibilidad para obtener tipos y contenidos de metabolitos secundarios (Figura 3). Especies de calabazas del género *Lagenaria siceraria* registran demasiada cucurbitacina (triterpenoides), cuando están maduras, y si se ingiere se incrementa la permeabilidad capilar causando fuga capilar severa y un síndrome que lleva a la hipotensión. Su ingestión puede provocar efectos gastrointestinales graves dentro de los 60 minutos inmediatos, incluyendo diarreas, vómitos, hemorragias gastrointestinales e hipotensión. (Ho, 2014).

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 Ojuelos, Jalisco (sitio 2) marcaron el origen o taxón raíz del cladograma, equivalente a

ser el tipo más primitivo o silvestre, derivándose la filogenia de los demás ecotipos por aparición de caracteres nuevos, posiblemente por presión del ambiente adverso. La evolución describe la divergencia en brazos atribuidos a historias de vida. Por ejemplo, los sitios San Francisco de los Romo, Aguascalientes y Pinos, Zacatecas con una evolución independiente (posible futura diferenciación), otro más a partir del ecotipo Santo Domingo (sitio 29), y muchos brazos que indican nuevos rasgos (plasticidad morfo y bioquímica), mostrada por las plantas de los sitios Salinas (23), Pabellón de Arteaga, Aguascalientes (sitio 5), Loreto, Zacatecas (sitio 8), y Rincón de Romos, Aguascalientes (sitio 19). Las accesiones de Ojuelos, Jalisco (sitio 3), Luis Moya, Zacatecas (sitio 21), Tepezalá, Aguascalientes (sitio 11), y San Francisco de los Romo, Aguascalientes (sitio 15) se consideran 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



**Figura 4.** Identificación de características morfológicas en accesiones y sitios de procedencia de *Cucurbita foetidissima* (Kunth). Puntos blancos representan caracteres nuevos; puntos los negros son caracteres que se mantienen. (Números en la parte superior e inferior de la rama del cladograma representan el carácter y el estado de carácter).

fitopatógenos, ya que el ambiente es el principal detonador del tipo y contenido de metabolitos secundarios. 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).

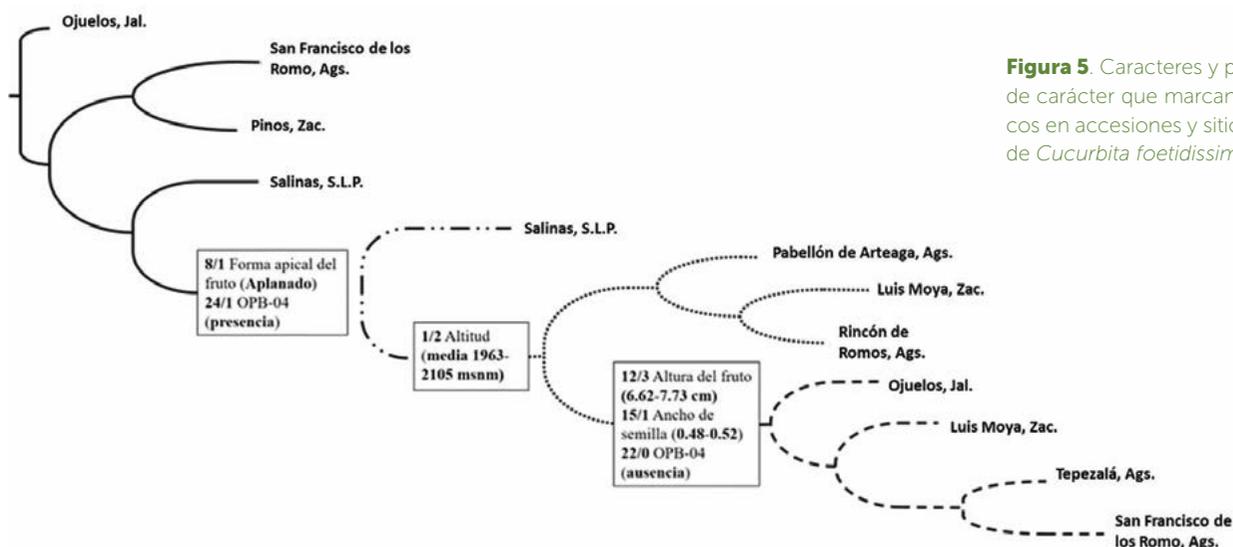
### CONCLUSIONES

Todos los extractos inhibieron el crecimiento de las colonias ( $p < 0.0001$ ) con efecto diferencial por la procedencia del fruto. Las accesiones provenientes de Rincón de Romos, Aguascalientes y Villa

de Ramos, San Luis Potosí inhibieron la totalidad del crecimiento de *Rhizoctonia* sp. (100 %). La accesión de Salinas, San Luis Potosí permitió muy poco crecimiento de *Botrytis* sp. (13.57 %) e inhibió el crecimiento total de *Rhizoctonia* sp. (100 %). El extracto de Loreto, Zacatecas inhibió la totalidad del crecimiento de *Botrytis* y *Rhizoctonia* (100 %). *Fusarium* sp. y *Phytophthora* sp. registraron un crecimiento promedio (46.7 % y 42.4 % respectivamente) atribuyéndose la inhibición del crecimiento micelar a triterpenos tetracíclicos. Los diferentes análisis

muestran que la procedencia de los extractos de *Cucurbita foetidissima* (Kunth) 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 identificar el perfil fitoquímico de extractos vegetales con mayor precisión para identificar compuestos que tengan efectos específicos según cada fitopatógeno.



**Figura 5.** Caracteres y principales estados de carácter que marcan saltos genealógicos en accesiones y sitios de procedencia de *Cucurbita foetidissima* (Kunth).

La formulación de un fungicida utilizando extractos vegetales de recursos genéticos que crecen en las localidades rurales, puede apoyar al combate de plagas generando ahorros económicos y de tiempo para el control de hongos en cultivos en el centro de México.

## AGRADECIMIENTOS

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

## LITERATURA CITADA

- Afifi MS, Ross SA, ElSohly MA, Naeem ZE, Halaweish FT. 1999. Cucurbitacins of *Cucumis prophetarum* and *Cucumis prophetarum*. *Journal of Chemical Ecology*. 25:847-859. DOI: 10.1023/A:1020801002471.
- Aguiñiga-Sánchez I, Soto M, Cadena J, Ruiz L, Cadena J, González A, Weiss B, Santiago E. 2015. Fruit extract from a *Sechium edule* hybrid induce apoptosis in leukaemic cell lines but not in normal cells. *Nutrition and Cancer*. 67:250-257. DOI: 10.1080/01635581.2015.989370.
- Aguiñiga-Sánchez I. 2013. Potencial antileucémico in vitro de extractos de cuatro genotipos de *Sechium* spp. (Cucurbitaceae). Tesis Maestría. Colegio de Postgraduados, México.
- Aguiñiga-Sánchez I. 2017. Efecto antitumoral *in vivo* de *Sechium* P. Browne (Cucurbitaceae). Tesis Doctorado. Colegio de Postgraduados, México
- Alkhalil A. 2005. Antifungal activity of some extracts against some plant pathogenic fungi. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 8:413-417. DOI: 10.3923/pjbs.2005.413.417.
- Anttonen MJ, Hoppula KI, Nestby R, Verheul MJ, Karjalainen RO. 2006. Influence of fertilization, mulch color, early forcing, fruit order, planting date, shading, growing environment, and genotype on the contents of selected phenolics in strawberry (*Fragaria xananassa* Duch.) fruits. *Journal of agricultural and food chemistry*. 54:2614-2620. DOI: 10.1021/jf052947w.
- Asadollahi M, Fekete E, Karaffa L, Flipphi M, Árnayasi M, Esmaeili M, Zontan K, Sándor E. 2013. Comparison of *Botrytis cinerea* populations isolated from two open-field cultivated host plants. *Microbiological Research*. 168:379-388. DOI: 10.1016/j.micres.2012.12.008
- Bailey LH. 1943. Species of *Cucurbita*. *Gent Herb*. 6: 265-322.
- Bemis WP, Curtis LD, Weber CW, Berry J. 1978. The feral buffalo gourd, *Cucurbita foetidissima*. *Economic Botany*. 32:87-95.
- Björkman M, Kligen I, Birch N, Bones M, Bruce J, Johansen J, Meadow R, Mølmann J, Seljåsen R, Smart L, Stewart D. 2011. Phytochemicals of Brassicaceae in plant protection and human health—Influences of climate, environment and agronomic practice. *Phytochemistry*. 72:538-556. DOI: 10.1016/j.phytochem.2011.01.014
- Cadena-Iñiguez J. 2005. Caracterización morfoestructural, fisiológica, química y genética de diferentes tipos de chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw). Tesis Doctorado. Colegio de Postgraduados, México.
- Cerón GL., Legaria S JP, Villanueva V C, Sahagún C J. 2010. Diversidad genética en cuatro especies mexicanas de calabaza (*Cucurbita* spp.). *Revista Fitotecnia Mexicana*. 33:189-196.
- Che C, Fang X, Phoebe C, Kinghorn D, Farnsworth N, Yellin B, Hecht S. 1985. High-field 1H-nmr spectral analysis of some cucurbitacins. *Journal of Natural Products*, 48:429-434. DOI: 10.1021/np50039a010.
- De Luna E, Guerrero JA, Chew-Taracena T. 2005. Sistemática biológica: avances y direcciones en la teoría y los métodos de la reconstrucción filogenética. *Hidrobiológica*. 15:351-370.
- De Luna E. 1995. Bases filosóficas de los análisis cladísticos para la investigación taxonómica. *Acta Botánica Mexicana*. (33):63-79. DOI: 10.21829/abm33.1995.754
- Díaz-Díaz A, Hernández-Castillo FD, Belmares-Cerda RE, Gallegos-Morales G, Rodríguez-Herrera R y Aguilar-González CN. 2013. Efecto de extractos de *Larrea tridentata* y *Flourensia cernua* en el desarrollo de plantas de tomate inoculadas con *Phytophthora capsici*. *Agraria*. 10:49-58.
- Dixon RA, Paiva NL. 1995. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *The Plant Cell*, 7:1085-1097. DOI: 10.1105/tpc.7.7.1085
- Drollinger D., Rodriguez C. 2002. Medicinal Plants of the Southwest. Recuperado el 20/02/2016 en [http://curanderismo.unm.edu/Medicinal\\_plants\\_SW.pdf](http://curanderismo.unm.edu/Medicinal_plants_SW.pdf) .
- Felsenstein J. 1985. Confidence limits on phylogenies: An approach using the bootstrap. *Evolution* 39:783-791. DOI: 10.2307/2408678.
- Gill SS, Tuteja N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 48:909-930. DOI: 10.1016/j.plaphy.2010.08.016.
- 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*. 23:839-858. DOI: 10.1007/s00382-004-0467-0
- Gong L, Paris HS, Stift G, Pachner M, Vollmann J, Lelley T. 2012. Genetic relationships and evolution in *Cucurbita* as viewed with simple sequence repeat polymorphisms: the centrality of *C. okeechobeensis*. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 60:1531–1546. DOI: 10.1007/s10722-012-9940-5.
- Hanan A AM, Mondragón P J. 2009. *Cucurbita foetidissima* Kunth. Calabacilla loca. En: *Malezas de México* Recuperado el 23/02/2016 en <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/cucurbitaceae/cucurbita-foetidissima/fichas/ficha.htm>
- Ho CH, Ho MG, Ho, SP, Ho HH. 2014. Bitter bottle gourd (*Lagenaria siceraria*) toxicity. *The Journal of Emergency Medicine*. 46:772-775. DOI: 10.1016/j.jemermed.2013.08.106
- Kalt W. 2006. Effects of Production and Processing Factors on Major Fruit and Vegetable Antioxidants. *Journal of food science*. 70:R11-R19. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2005.tb09053.x.
- Lanyon SM. 1985. Detecting internal inconsistencies in distance data. *Systematic Zoology* 34:397-403. DOI: DOI: 10.2307/2413204
- Lira R, Tellez O, Dávila P. 2009. The effects of climate change on the geographic distribution of Mexican wild relatives of domesticated Cucurbitaceae. *Genetic Resources and Crop Evolution* 56:691-703. DOI: 10.1007/s10722-008-9394-y .
- Lira-Sade R, Eguarte-Frutos L, Montes-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. recuperado de <https://www.biodiversidad.gob.mx/genes/genes.html>

- López-Benitez A, López-Betancourt SR, Vázquez-Badillo ME, Rodríguez-Herrera SA, Mendoza-Elos M, Padrón-Corral E. 2005. Inhibición del crecimiento micelial de *Fusarium oxysporum* Schlechtend. f. sp *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hansen, *Rhizoctonia solani* Kühn y *Verticillium dahliae* Kleb. mediante extractos vegetales acuosos. Revista Mexicana de Fitopatología. 23:183-190.
- Monroy-Vázquez ME, Soto-Hernández M, Cadena-Iñiguez J, Santiago-Osorio E, Ruiz-Posadas LM, Rosas-Acevedo H. 2009. Estudio biodirigido de un extracto alcohólico de frutos de *Sechium edule* (Jacq.) Swartz. Agrobiencia. 43:777-790.
- Reyes C R, Ramírez-Valverde G. 1999. Prueba de Bootstrap para la hipótesis de no preferencia en estudios toxicológicos con variables dicotómicas. Agrobiencia. 36:329-335.
- Rodríguez AT, Morales D, Ramírez, MA. 2000. Efecto de extractos vegetales sobre el crecimiento *in vitro* de hongos fitopatógenos. Cultivos Tropicales. 21:79-82
- Ruiz-Carrera V, Peña-López EG., Lau-Vázquez SC, Maldonado-Mares F, Ascencio-Rivera JM, Guadarrama-Olivera MA. 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 LM, Cadena-Iñiguez J, Soto-Hernández RM, Santiago-Osorio E, Aguiñiga-Sánchez I, Aguirre-Medina JF. 2017. *Sechium edule* (Jacq.) Swartz, a new cultivar with antiproliferative potential in a human cervical cancer HeLa cell line. Nutrients. 9:798-812. DOI: 10.3390/nu9080798
- Sarubbi O HJ, Aquino J AS. 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, 21:355-363.
- Tomás-Barberán FA, Espin JC. 2001. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. Journal of the science of food and agriculture. 81:853-876. DOI: 10.1002/jsfa.885.
- Wang SY, Lin HS. 2000. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. Journal of agricultural and food chemistry. 48:140-146. DOI: 10.1021/jf9908345.
- Witzell, Johanna; Shevtsova, Anna. 2004. Nitrogen-induced changes in phenolics of *Vaccinium myrtillus* - Implications for interaction with a parasitic fungus. Journal of Chemical Ecology. 30:1937-1956. DOI: 10.1023/B:JOEC.0000045587.75128.a4.

