



FRONTERA BIOTECNOLÓGICA



Revista Digital del IPN, CIBA Tlaxcala - No. 10 mayo - agosto 2018

**LA EVALUACIÓN SENSORIAL
COMO HERRAMIENTA DE CALIDAD
EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA**

**EL ROL DE LOS RNAs
PEQUEÑOS (sRNA) EN
HONGOS**

**COMPOSICIÓN BACTERIANA EN SUELO
CON VERMICOMPOST Y SU RELACIÓN
EN LA INCIDENCIA DE DAMPING-OFF
EN PLÁNTULAS DE CHILE**

IPN**Mario Alberto Rodríguez Casas**

Director General

HECTOR LEONCIO MARTÍNEZ CASTUERA

SECRETARIO GENERAL

EMMANUEL ALEJANDRO MERCHÁN CRUZ

SECRETARIO ACADÉMICO

JUAN SILVESTRE ARANDA BARRADAS

SECRETARIO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

LUIS ALFONSO VILLA VARGAS

SECRETARIO DE EXTENSIÓN E INTEGRACIÓN SOCIAL

MARÍA GUADALUPE VARGAS JACOBO

SECRETARIA DE SERVICIOS EDUCATIVOS

REYNOLD RAMÓN FARRERA REBOLLO

SECRETARIO DE GESTIÓN ESTRATÉGICA

JORGE QUINTANA REYNA

SECRETARIO DE ADMINISTRACIÓN

ELEAZAR LARA PADILLA

SECRETARIO EJECUTIVO DE LA COMISIÓN DE OPERACIÓN

Y FOMENTO DE ACTIVIDADES ACADÉMICAS

JOSÉ CABELLO BECERRIL

SECRETARIO EJECUTIVO DEL PATRONATO DE OBRAS E

INSTALACIONES

JOSÉ JUAN GUZMÁN CAMACHO

ABOGADO GENERAL

MODESTO CÁRDENAS GARCÍA

PRESIDENTE DEL DECANATO

CIBA IPN**MYRNA SOLÍS OBA**

DIRECTORA DEL CIBA IPN TLAXCALA

RAÚL JACOBO DELGADO MACUIL

SUBDIRECTOR ACADÉMICO Y DE INVESTIGACIÓN DEL CIBA IPN TLAXCALA

ERIK OCARANZA SÁNCHEZ

SUBDIRECTOR DE VINCULACIÓN DEL CIBA IPN TLAXCALA

ABDU ORDUÑA DÍAZ

SUBDIRECTOR DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA DEL CIBA IPN TLAXCALA

DAVID GUILLERMO PÉREZ ISHIWARA

MIEMBRO FUNDADOR DE FRONTERA BIOTECNOLÓGICA

MARTHA BIBBINS MARTÍNEZ

EDITOR EN JEFE

GONZALO PÉREZ ARAIZA

SOPORTE TÉCNICO

PEDRO RAMÍREZ CALVA

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN FRONTERA BIOTECNOLÓGICA

ISMAEL SÁNCHEZ GONZÁLEZ

DESARROLLO WEB

LILIA ESPINDOLA RIVERA

COORDINADORA ADMINISTRATIVA

CINTILLO LEGAL

FRONTERA BIOTECNOLÓGICA, año 6, número 10, mayo - agosto 2018, es una publicación cuatrimestral editada por el Instituto Politécnico Nacional a través del Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada. Ex-Hacienda San Juan Molino Carretera Estatal Tecuexcomac - Tepetitla Km 1.5, Tlaxcala C.P. 90700, México. Tels.: 01-248-48707-65 y 66 Conmutador IPN: 57296000, Ext. 87816. <http://www.revistafronterabiotecnologica.cibatlaxcala.ipn.mx>, Editor responsable: Dra. Martha Dolores Bibbins Martínez. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título No. 04-2015-120313501700-203, ISSN: 2448-8461, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor (INDAUTOR). Responsable de la última actualización de este número, Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada. Dra. Martha Dolores Bibbins Martínez., Ex-Hacienda San Juan Molino Carretera Estatal Tecuexcomac - Tepetitla Km 1.5, Tlaxcala C.P. 90700, fecha de última modificación, 30 de agosto de 2018.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Politécnico Nacional.

CONTENIDO

MENSAJE EDITORIAL 3

LA EVALUACIÓN SENSORIAL COMO
HERRAMIENTA DE CALIDAD EN LA
ELABORACIÓN DE CERVEZA 4

EL ROL DE LOS RNAs PEQUEÑOS
(sRNA) EN HONGOS 9

COMPOSICIÓN BACTERIANA EN SUELO
CON VERMICOMPOST Y SU RELACIÓN
EN LA INCIDENCIA DE DAMPING-OFF EN
PLÁNTULAS DE CHILE 14

MENSAJE EDITORIAL

Agosto del 2018

Estimados lectores,

En esta edición de **FRONTERA BIOTECNOLÓGICA** los autores nos comparten temáticas muy interesantes de diversas ramas de la biotecnología. A través de la lectura de estos artículos conocerán sobre la importancia de la **EVALUACIÓN SENSORIAL** en la elaboración de la cerveza, el rol de los **RNAs PEQUEÑOS (sRNA)** en la regulación de la expresión génica en hongos y el impacto de la composición bacteriana de la **VERMICOMPOSTA** en la sanidad vegetal.

En el primer artículo titulado **“LA EVALUACIÓN SENSORIAL COMO HERRAMIENTA DE CALIDAD EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA”** la autora nos introduce a un campo fascinante **LA EVALUACIÓN SENSORIAL**, disciplina científica usada para evocar, medir, analizar e interpretar reacciones hacia las características de los alimentos y materiales, así como también proporcionar información sobre la calidad de los alimentos evaluados y las expectativas de aceptabilidad de parte del consumidor. En el caso de la cerveza, el análisis sensorial involucra la descripción detallada de la misma, incluyendo aspectos visuales como el color asociado al tipo de malta y la espuma derivada de compuestos generados en la fermentación. Los autores mencionan, que la calidad de una buena cerveza está fuertemente ligada a su color, a la estabilidad de su espuma y a la permanencia del sabor en boca, que hacen de ésta una bebida que está totalmente dirigida a un perfil de consumidor específico.

En el segundo artículo, **“EL ROL DE LOS RNAs PEQUEÑOS (sRNA) EN HONGOS”** se nos introduce a uno de los avances más sorprendentes en biología celular y molecular, los pequeños **ARN reguladores (sRNA)**. Los sRNA son fragmentos cortos de ácido ribonucleico, los cuales regulan negativamente la expresión génica. Dentro de los genes que se sabe son regulados por sRNAs, se encuentran aquellos vinculados a procesos tales como desarrollo, diferenciación celular, apoptosis, transducción de señales, organogénesis, proliferación celular, entre otros. Estos fragmentos desencadenan un mecanismo que impide que los ARN mensajeros sean traducidos a proteínas. Lo anterior representa nuevas herramientas de estudio y variadas aplicaciones biotecnológicas.

El tercer artículo titulado, **“COMPOSICIÓN BACTERIANA EN SUELO CON VERMICOMPOSTA Y SU RELACIÓN EN LA INCIDENCIA DE DAMPING-OFF EN PLÁNTULAS DE CHILE”** se presenta el trabajo de investigación realizado para determinar el efecto de la adición de **VERMICOMPOST** en la emergencia y crecimiento de chile Mirasol, y en la composición microbiana. Una alternativa para reducir el impacto de las actividades agropecuarias, es la producción y utilización de abonos/fertilizantes orgánicos. El **VERMICOMPOSTAJE** es una técnica que consiste en un proceso de bio-oxidación y estabilización de la materia orgánica, mediado por la acción combinada de lombrices de tierra y microorganismos, del que se obtiene un producto final estabilizado, homogéneo denominado vermicompost o humus de lombriz. La aplicación de lombrices a los residuos orgánicos no sólo acelera la estabilización de estos materiales en términos de descomposición y mineralización, sino que también incrementa la diversidad microbiana del mismo y por lo tanto hay un rango más amplio de microorganismos que pueden actuar como agentes de biocontrol contra diferentes plagas generando un medio más apropiado para el crecimiento de la planta.

Los invitamos a leer y a compartir con otros investigadores, estudiantes, trabajadores y público en general, esta edición tan interesante de **FRONTERA BIOTECNOLÓGICA**.

“LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA”.

Dra. Martha Bibbins Martínez
Editor en jefe



LA EVALUACIÓN SENSORIAL COMO HERRAMIENTA DE CALIDAD EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZA

Oxana Lazo Zamalloa

Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada. Carretera Estatal Santa Inés Tecuexcomac-Tepetitla Km 1.5, Tlaxcala, México, C.P. 90700. oxanalazo@hotmail.com

RESUMEN

La evaluación sensorial es una disciplina científica que analiza y mide las respuestas humanas hacia la composición de alimentos y bebidas a través de los sentidos valorando así: la apariencia, olor, sabor y textura de forma específica. Es una herramienta muy útil en la caracterización de productos que utiliza como instrumento de medición un grupo de expertos profesionales que se encarga de valorar detalladamente las características que definen productos de interés comercial. Un ejemplo de este tipo de productos es la cerveza, la cual es uno de las bebidas alcohólicas más populares alrededor del mundo. Esta bebida posee una larga trayectoria en nuestra civilización y los compuestos utilizados durante su elaboración generan atributos que la hacen particular. La levadura, la malta y el lúpulo son los principales ingredientes en el malteado de la cerveza los cuales hacen de esta una bebida con características especiales que hoy en día deben ser valoradas para ser dirigidas a los diferentes nichos de mercado.

El análisis sensorial de la cerveza involucra la descripción detallada de la misma, incluyendo aspectos visuales como el color asociado al tipo de malta y la espuma derivada de compuestos generados en la fermentación. Además, el tipo de levadura utilizada influirá directamente en el tipo de cerveza obtenida y por tanto en sus características organolépticas. Otro de los aspectos importantes de la cerveza es el distintivo sabor amargo que proviene del lúpulo utilizado en su elaboración, el cual también es el responsable de los compuestos aromáticos presentes en la bebida. La calidad de una buena cerveza está fuertemente ligada a su color, a la estabilidad de su espuma y a la permanencia del sabor en boca, que hacen de ésta una bebida que está totalmente dirigida a un perfil de consumidor específico.

Palabras clave: evaluación sensorial, control de calidad, cerveza

ABSTRACT

Sensory evaluation, or sensory analysis, is a scientific discipline that analyzes and measures the human response towards food and beverages using the five senses, thus measuring appearance, odor, flavor and texture. It is a powerful tool in product characterization that uses as a measuring instrument a group of experts that evaluates the characteristics that define commercial products of interest. One example of this type of products is beer. Beer is one of the most popular alcoholic beverages around the world. It has a very long history, even beyond the record of civilization. Yeast, malt, hops, and water are the main ingredients for beer brewing, which make it a beverage with particular characteristics that now a days needs to be evaluated in order to properly address it to the different target markets.

Beer Sensory analysis involves a detailed description of the beverage that include: visual cues such as the color associated to the type of malt and the foam that comes from compounds generated in the fermentation process. The yeast species used during fermentation process will directly influence the type of beer obtained and therefore having an impact in its sensory characteristics. Additionally, it is important to consider, the distinctive bitter flavor of the beer that derives from the hop which is also responsible for the aroma compounds in the fermented beverage. Beer quality is highly related to its color, the foam stability and the flavor permanence, all this characteristics make it a special beverage that needs to be addressed to specific markets.

Keywords: sensory analysis, quality control, beer



I. INTRODUCCIÓN

La evaluación sensorial involucra un conjunto de técnicas para lograr la medición adecuada de la respuesta humana hacia los alimentos minimizando los efectos de sesgo de identidad de marcas así como otra información que tenga influencia en el consumidor. De esta manera aísla las propiedades de los mismos alimentos y proporciona información importante y valiosa para los desarrolladores de productos, científicos de alimentos, acerca de las características de sus productos (Lawless & Heymann, 2010).

La evaluación sensorial se ha identificado como una disciplina científica que se usa para medir analizar e interpretar aquellas respuestas hacia productos que son evaluados a través de los sentidos de la vista, el olfato, el gusto y el tacto (Stone & Sidel, 2004).

En la evaluación sensorial se recolectan datos numéricos que establecen la relación entre las características de un producto y la percepción humana, la cual es llevada a cabo por un grupo de personas entrenadas en valorar la apariencia, intensidad del sabor, aroma o textura de un producto. Este grupo se denomina catadores entrenados.

El analista sensorial debe estar entrenado en las cuatro valoraciones que involucran los sentidos, deben conocer los productos a evaluar, y funcionar como instrumentos de medición que emitirán calificaciones numéricas que posteriormente tendrán un análisis estadístico de validación.

El campo de la evaluación sensorial ha crecido rápidamente desde la segunda mitad del siglo veinte, junto con la expansión de alimentos procesados así como las industrias que implican productos de alto consumo como la cerveza.

2. La cerveza

La cerveza es una bebida alcohólica producida al fermentar, azúcares disponibles obtenidos de cereales malteados. Concretamente, la cerveza común en Occidente se obtiene de cebada malteada. Los ingredientes principales en la elaboración de cerveza son: la malta, el lúpulo y las levaduras utilizadas (Fig. 1).

La malta

El uso de la cebada en la elaboración de cerveza inicia con el malteado, un proceso en el cual las semillas de la cebada son sumergidas en agua hasta que germinan y comienzan a activar enzimas que convierten el almidón del grano en azúcares disponibles. Posteriormente estos azúcares serán consumidos por levaduras específicas, que los convertirán en alcohol y dióxido de carbono. La cebada es posteriormente secada y los brotes de germinación son removidos y la malta seca es curada durante un mes antes de su uso para la fabricación de cerveza.

Cuando se estima que la activación enzimática de la



Figura 1. Proceso de elaboración de cerveza

germinación se encuentra en su punto óptimo, se detiene el proceso reduciendo la humedad del grano hasta su mínimo. Este producto recibe el nombre de malta verde. Para detener la germinación se lleva la malta verde a unos tostaderos en los que se hace pasar aire seco y caliente y obtener así la malta, que será de un tipo u otro dependiendo de la temperatura a la que se seque. Si se seca a baja temperatura, se obtiene una malta pálida que se utiliza en la elaboración de cervezas más pálidas y doradas. Cuanto mayor sea la temperatura, más oscura será la malta obtenida y por tanto la cerveza que se haga a partir de ella. El carácter de la malta obtenida no sólo influirá en el color de la cerveza, sino también en el sabor y aroma (Fig.2).



Figura 2. Niveles de tostado de malta.

El lúpulo

El lúpulo (*Humulus lupulus*) son hierbas prolíficas cuyas flores crecen en una estructura en forma de conos. De esta planta se utiliza la flor hembra sin fecundar. En la base existe una resina denominada lupulina, que es el ingrediente que aportará a la cerveza su característico sabor amargo y los aromas propios. En la lupulina están presentes ácidos iso- alpha mismos que funcionan como una especie de conservadores que retrasan la esporulación, además de ser una medida de potencial de amargor (Fig.3).



Figura 3. El Lúpulo

Los lúpulos con alto porcentaje de ácidos alpha se utilizan generalmente para proporcionar amargor y los lúpulos con bajo contenido de ácido alpha se utilizan para generar principalmente compuestos aromáticos. Los aromas provienen de aceites esenciales constituidos por compuestos volátiles tipo ésteres así como de resinas.

La levadura

La mayoría de los estilos de cerveza se fabrican utilizando una de las dos especies unicelulares de levaduras del tipo *Saccharomyces*. La levadura de alta fermentación es *Saccharomyces cerevisiae*. A las cervezas que se elaboran con este tipo de fermentación se les llama de alta fermentación o Ales. La levadura de baja fermentación es de la especie *Saccharomyces uvarum*. Las cervezas que se elaboran con esta variedad son las llamadas de baja fermentación o Lager (Fig.4).



Figura 4. Clasificación de la cerveza

2.1 Valoración de la calidad de la cerveza

La calidad del malteado está influenciada por las propiedades de sus ingredientes. Es así que existe una contribución directa tanto del lúpulo como de la levadura en el sabor de la cerveza. Es importante además conocer el impacto que éstos dos ingredientes tienen en la estabilidad del sabor.

Como parámetro de calidad existe la unidad internacional de amargor (International Bitterness Unit IBU) la cual es una medida que proporciona el valor de ácidos iso- alpha presentes y un indicador del amargor esperado en la cerveza (Hough y col., 2012). La intensidad del amargor de la cerveza corresponde a la magnitud de la sensación de sabor amargo percibida. De manera que el perfil de amargor representa el tiempo en el que la intensidad de sabor amargo permanece en boca (Keast & Breslin, 2003).

Otro elemento importante en la calidad de la cerveza es la espuma. Entre los componentes que determinan la calidad de la espuma se encuentran proteínas, los ácidos del lúpulo, algunos polisacáridos y el hierro (Di Ghionno y col., 2017). Existe una diferencia en la cantidad de espuma que prefiere el consumidor, sin embargo, la falta de espuma es percibida como un defecto. Una calidad constante de espuma se logra a través de buenas prácticas de manufactura y mediante el uso de ingredientes controlados. (Lusk, 2016).

La calidad de la espuma en un vaso de cerveza es el resultado de diferentes factores: cómo se elabora la cerveza, los ingredientes utilizados, el nivel de carbonatación y cómo se sirve. El aroma juega un papel muy importante en nuestra percepción del sabor, es por ello que, la espuma permite que se desprendan los aromas característicos de la cerveza.

2.2 La cata de cerveza

Para realizar una adecuada cata de la cerveza el grupo de expertos entrenados (catadores) debe seleccionar los términos adecuados para describir el producto, para ello los catadores se reúnen previamente para así poder escoger los descriptores a evaluar. El criterio principal que se adopta para esta selección se basa en la necesidad de escoger aquellos más relevantes que correspondan a atributos que satisfagan lo que los consumidores toman en cuenta en el momento en que ellos prueban la cerveza. Se incluyen además términos que sean de fácil comprensión y que cubran la descripción del mayor tipo de cervezas posible (Tabla 1)(Fig.5) (Donadini y col., 2017).

Tabla 1. Ejemplo de atributos a valorar en la calidad de una cerveza

Atributo	Descripción
Estabilidad de la espuma	Tiempo que permanece la espuma después de servir la muestra
Altura de la espuma	Milímetros de altura
Color	Color según el tipo de tostado
Aroma	Olores detectados producidos en la fermentación
Sensación en boca de carbonatación	Intensidad de gas carbónico en boca
Sabor amargo	Intensidad del amargor
Intensidad de sabor	Tiempo que permanece el sabor global
Aceptabilidad	Qué tanto agrada la muestra

4. Referencias

Gonzalez, C., Fuentes, S., Howell, K., Torrico, D., & Dunshea, F. (2018). Integration of non-invasive biometrics with sensory analysis techniques to assess acceptability of beer by consumers. *Physiology & Behavior*. In press

Hough, S., Briggs, D.E., Stevens, R. & Young, T.W. (2012). *Malting and brewing science. Volume II hopped wort and beer*, Springer.

Keast, R.S. & Breslin, P.A. (2003). An overview of binary taste-taste interactions. *Food Quality and Preference*, 14 (111-124).

Ghionno, L. Di., Sileoni, V., Marconi, O., De Francesco, G., & Perretti, G. (2017). Comparative study on quality attributes of gluten-free beer from malted and unmalted teff [*Eragrostis tef* (zucc.) trotter]. *LWT-Food Science and Technology*, 84 (2) pp. 746-752.

Donadini, G., Fumi, M.D., & Newby-Clark, I.R. (2014). Consumers' preference and sensory profile of bottom fermented red beers of the Italian market. *Food Research International*, Volume 58, Pages 69-80

Lusk, L.T. (2016). Chapter 10 - Controlling Beer Foam and Gushing. *Brewing Materials and Processes A Practical Approach to Beer Excellence*. Pages 175-198.

Lawless, H & Heymann, H. (2010). *Sensory Evaluation of Food Principles and Practices*. Springer.

Snider, S. (1997). *Brewmasters bible, The Gold Standard for Home Brewers*. Harper Publishers.

Stone, & Sidel. (2004). *Introduction to Sensory Evaluation. Sensory Evaluation Practices*, pp 1-19



Imagen 5. Evaluación sensorial de la cerveza

3. CONCLUSIONES

La cerveza es una bebida con un alto grado de complejidad que debe ser sensorialmente evaluada con los criterios adecuados ya que es una herramienta que hoy en día las cervecerías no pueden omitir dentro de sus procesos de calidad.

Dentro de los parámetros de evaluación de la cerveza se ha definido que la estabilidad de la espuma es de gran importancia ya que está relacionada con las preferencias visuales del consumidor y por lo tanto se asocia a un buen índice de calidad.

El tipo de lúpulo empleado influye directamente en el aroma así como en la intensidad del sabor amargo presente en la bebida. El sabor amargo es un atributo importante que los consumidores esperan encontrar y disfrutar en diferente intensidad dependiendo del tipo de cerveza que consuman.

La caracterización de los distintos tipos de cerveza mediante catadores entrenados permite una valoración precisa de lo que cada nicho de mercado busca de acuerdo a su preferencia.



EL ROL DE LOS RNAs PEQUEÑOS (sRNA) EN HONGOS

Soley Berenice Nava Galicia^{1*} y Martha Bibbins Martínez¹

¹Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada.
Carretera Estatal Santa Inés Tecuexcomac-Tepetitla Km 1.5, Tlaxcala, México, C.P. 90700. snava@ipn.mx

RESUMEN

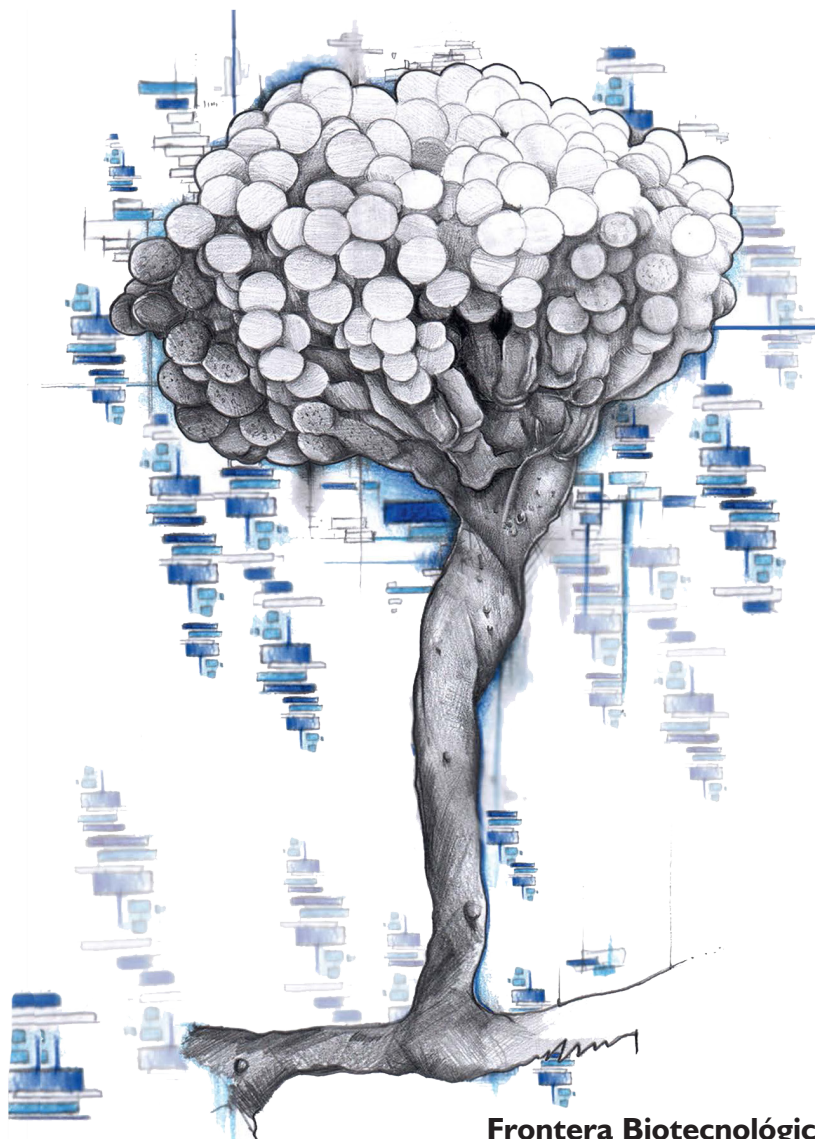
Los pequeños RNA (sRNA) son secuencias reguladoras cortas no codificantes de RNA que regulan negativamente la expresión génica. Se han descubierto sRNA en la mayoría de los organismos eucariotas, y se pueden dividir en tres clases principales de reguladores: RNA que interactúan con PIWI (piwiRNA), RNA cortos de interferencia (siRNA) y microRNA (miRNA). Los miRNAs fúngicos comparten muchas similitudes con los miRNAs de animales y plantas. Estos se procesan a partir de precursores de RNA de tallo asa y la mayoría requiere una enzima tipo Dicer para su biogénesis. Comprender la regulación génica mediada por sRNA es un requisito importante para desarrollar estrategias efectivas para manipular genéticamente hongos de importancia industrial.

Palabras clave: pequeños RNA, micro RNA, hongo

ABSTRACT

Small regulatory RNAs are short non-coding RNAs that negatively regulate gene expression. Small RNAs (sRNAs) have been discovered in most eukaryotic organisms, and can be divided into three major regulatory classes: piwi-interacting RNAs (piwiRNAs), short interfering RNAs (siRNAs), and microRNAs (miRNAs). Fungal miRNAs share many similarities with animal and plant miRNAs. All are processed from stem-loop RNA precursors and the majority require a Dicer-like enzyme for their biogenesis. A deeper understanding of sRNA-mediated gene regulation is an important prerequisite for developing more effective strategies to genetically manipulate this industrially important fungus.

Keywords: small RNA, micro RNA, fungi



I. INTRODUCCIÓN

Uno de los avances más sorprendentes en biología celular y molecular lo constituye la descripción de nuevos mecanismos de regulación de la expresión génica por parte de pequeños RNA reguladores (sRNA).

Los sRNA tienen un tamaño de ~ 18-30 nucleótidos los cuales regulan negativamente la expresión génica, uniéndose a los RNA codificantes o mensajeros (mRNA) diana, dirigiendo su degradación, la inhibición de la traducción, la formación de la heterocromatina y la regulación transcripcional. Los sRNAs regulan genes vinculados a procesos tales como desarrollo, diferenciación celular, apoptosis, transducción de señales, organogénesis, proliferación celular, entre otros.

Desde el descubrimiento del primer miRNA en 1993 durante la caracterización de los genes que controlaban la coordinación del desarrollo larvario en el gusano *Caenorhabditis elegans*, se han identificado miRNAs en diversos organismos, incluidos animales, plantas, hongos y eucariotas unicelulares, como algas.

Actualmente, en función de su origen, biogénesis y mecanismo efector se distinguen 3 familias principales de pequeños RNA reguladores:

- siRNA (pequeños RNA de interferencia)
- miRNA (micro RNA)
- piRNA (RNA pequeños asociados a proteínas Piwi)

2. Los sRNA EN HONGOS

Se pensaba que los sRNAs estaban ausentes en los hongos. El silenciamiento de genes relacionados con el RNA de interferencia (iRNA) en los hongos se describió por primera vez en *Neurospora crassa* en 1992. Sin embargo, los primeros micro RNA like (miRNA) de *N crassa* fueron identificados hasta el año 2010. El mecanismo de silenciamiento génico en hongos se conoce comúnmente como Quelling y se produce a nivel postranscripcional durante la etapa vegetativa del ciclo de vida. (Dahlmann and Kück 2015; Armas-Tizapantzi and Montiel-González 2016; Catalanotto et al. 2004; Dang et al. 2011; Fulci and Macino 2007; Goldoni et al. 2004).

Los miRNAs se han reportado en diferentes hongos, como lo son: *Cryptococcus neoformans*, *Fusarium oxysporum*, *Metarhizium anisopliae*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Trichoderma reesei*, *Penicillium marneffei*, entre otros.

En el basidiomiceto *Antrodia cinnamomea* el cuál se caracteriza por la producción de compuestos bioactivos, hasta el momento se tienen identificados cuatro miRNA aci-miRNA-9, aci-miRNA-10, aci-miRNA-2b, aci-miRNA-6b, que están relacionados con la síntesis de triterpenos, reconocimiento del apareamiento, proteínas sensoriales químicas ó físicas y el transporte de azúcares

respectivamente (Lin et al. 2015).

En *Pleurotus ostreatus*, un hongo branquial, cosmopolita con un alto valor nutricional, así como, con propiedades terapéuticas y con una amplia gama de aplicaciones biotecnológicas y ambientales, se han identificado los miRNA miR2673a, miR2673b, and miR-4968-3p conservados en el grupo de los Agaricomycotina evolutivamente. Así como, miR2673 que presenta una estructura estable que se conserva en todas las especies de plantas (Qu et al. 2016).

También se han detectado miRNA en los patógenos de plantas *Magnaporthe oryzae*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Botrytis cinerea* y *Phytophthora sojae*. Estos miRNAs pueden desempeñar funciones internas o, alternativamente, afectar la maquinaria del hospedero. *S. sclerotiorum*, un hongo patógeno de plantas, es uno de los primeros ejemplos donde se ha propuesto que dos miRNAs están involucrados en el desarrollo vegetativo. Por el contrario, *B. cinerea*, un patógeno fúngico agresivo puede infectar a más de 200 especies de plantas, usando RNAs pequeños para interferir con la maquinaria de interferencia de ARN del huésped (iRNA) y silencia selectivamente los genes de inmunidad del huésped para lograr la infección (Wang, Thomas, and Jin 2017).

3 BIOGÉNESIS DE sRNAs EN HONGOS

Basado en su definición un miRNA, debe cumplir con tres criterios: primero, su precursor debe ser un RNA monocatenario que forme una estructura en horquilla. Segundo, los miRNA maduros deberían derivarse principalmente de un tallo de la horquilla. Tercero, miRNA debería ser capaz de silenciar los objetivos de mRNA endógeno, ya sea dando como resultado la degradación del mRNA o la represión de la traducción.

En general, la vía de biogénesis de miRNA consta de tres pasos: transcripción de ADN Precursor (gen codificante del miRNA), el procesamiento de la estructura en horquilla por la enzima Dicer, y la formación del complejo de silenciamiento de RNA (RISC) que contiene el miRNA. Las células eucariotas tienen tres tipos de RNA polimerasas: Pol I, que sintetiza rRNA 18S y 28S; Pol II, responsable de la síntesis de mRNAs y la mayoría de miRNAs; y Pol III, que sintetiza 5S rRNA, tRNAs, y algunos snRNAs. A diferencia de los genes miRNA de plantas y animales que son principalmente transcritos por Pol II, la mayoría de los miRNAs son transcritos por RNA Pol III. Curiosamente, a pesar de que la inhibición de Pol II no afecta la síntesis de los miRNAs más abundantes, solo Pol II o ambos Pol II y Pol III están presentes en varios loci de producción de miRNA sugiriendo que Pol II y Pol III podrían coordinarse para regular la transcripción de algunos miRNAs en hongos (Fig. 1) (Lee et al. 2010; Sesma and von der 2014).

Una diferencia importante sobre la biogénesis de los miRNA de hongos comparada con animales o plantas, es que estos organismos al menos cuentan con cuatro mecanismos diferentes de generarlos (Fig. 1), los miRNA son producidos por diferentes combinaciones entre Dicer (Pol III), QDE-2 (Argonauta), QIP (exoribonucleasa) (Lee et al. 2010).

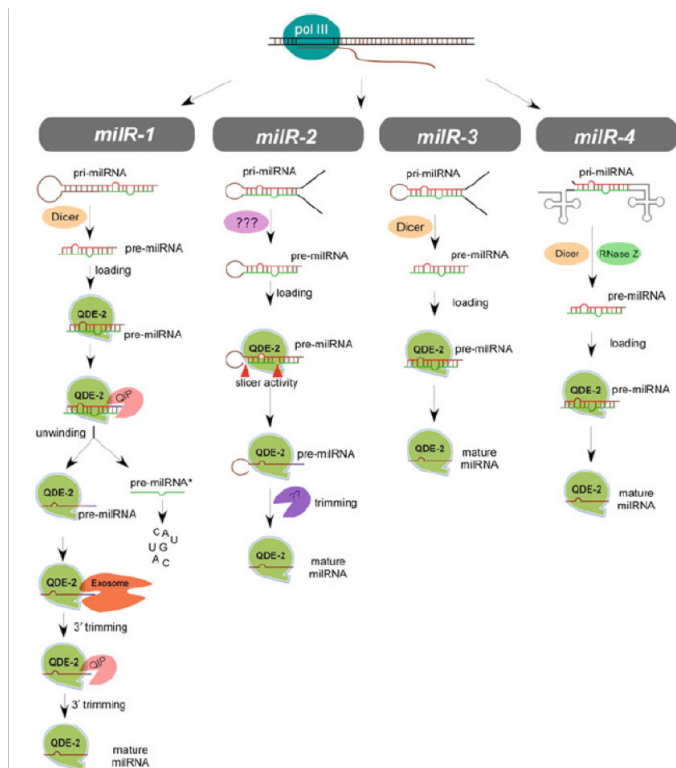


Figura. 1. Vías de biogénesis de sRNA similar a los microRNA (miRNA), en *Neurospora* (miR-1 a -4). (Sesma and von der 2014)

El miR-1 utiliza un mecanismo de recorte 3'-5' para la maduración de los miRNA y actualmente es el mecanismo mejor comprendido: La biogénesis de miR-2 es completamente independiente de Dicer. Se predice que el precursor de miR-2 (pre-miR-2) forma una estructura de horquilla, tanto el miR-2 maduro y pre-miR-2 están asociados con QDE-2, pero la maduración de la pre-miR-2 no depende de Dicer. La biogénesis miR-2 es el primer ejemplo de un mecanismo independiente de Dicer pero dependiente de la enzima Argonauta. La biogénesis de miR-3 sigue la vía canónica de miRNA: la horquilla primaria (pri-miR-3) es procesada por Dicer para producir miRNA maduro, que posteriormente se carga en la proteína Argonauta QDE-2. Finalmente, aunque el procesamiento de miR-4 es similar al de miR-3, es solo parcialmente dependiente de Dicer. El pri-miR-4 surge de un precursor de tRNA. La producción de miR-4 requiere una endonucleasa RNasa Z, en el extremo 3' del tRNA.

La diversidad de las rutas de biogénesis de miRNA en hongos ofrece ideas importantes sobre las vías de biogénesis de sRNA eucariótico.

Poco después del descubrimiento del mecanismo de biogénesis del miR-2, se demostró que el miR-451 de ratón es producido por un mecanismo independiente de Dicer pero dependiente de Argonauta, muy similar al de miR-2. Del mismo modo, la demostración bioquímica de la vía de biogénesis miR-1 e identificación de exosoma y QIP en el proceso de maduración de miRNA ofrece importantes conocimientos sobre cómo pueden ser pequeños RNA madurado mediante el uso de un mecanismo de recorte de 3'-5'. Se ha propuesto que la maduración de piRNA requiere un recorte de 3'-5' del precursor de piRNA unido a proteínas PIWI (Yang et al. 2013; Lee et al. 2010; Liu et al. 2010).

4 MECANISMO DE ACCIÓN DE sRNA EN HONGOS

Los microRNA pueden dirigir al complejo RISC (Complejo de Silenciamiento inducido por ARN) para regular negativamente la expresión génica, mediante cualquiera de los dos mecanismos postranscripcionales mencionados a continuación: escisión del mRNA ó represión traduccional. De acuerdo con el modelo prevaleciente, la elección de mecanismos postranscripcionales no está determinada por si el RNA de silenciamiento pequeño se originó como siRNA o miRNA, sino que está determinado por la identidad del gen blanco: una vez incorporado a un RISC citoplásmico, el miRNA especificará la escisión si el mRNA tiene una complementariedad suficiente con el miRNA, o reprimirá la traducción productiva si el mRNA no tiene suficiente complementariedad para ser escindido.

En animales y hongos, el emparejamiento de los miRNA en los genes diana es impreciso lo que conduce a una inhibición traduccional, en cambio en las plantas, la complementariedad es casi perfecta entre los miRNA y sus genes dianas lo que conduce a la escisión del RNA mensajero (Fig.2).

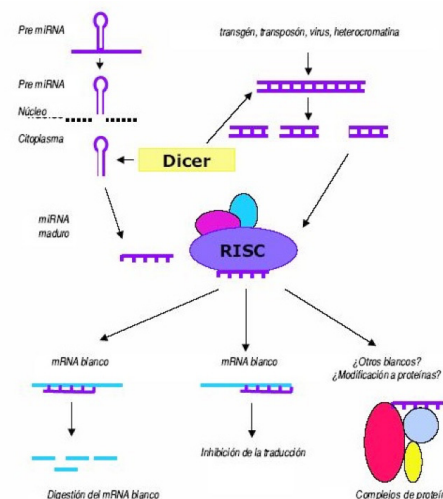


Figura. 1. Procesamiento y funcionamiento simplificado de siRNAs y miRNA (Vázquez-Ortiz, Piña-Sánchez, and Salcedo 2006)

5 PERSPECTIVA

Los hongos producen diversos tipos de RNA pequeños, el descubrimiento de estos representa una pieza central para la comprensión de la regulación de la expresión génica y las funciones llevadas a cabo en un rango más amplio de organismos eucarióticos, así como para el desarrollo de investigaciones en varios campos de estudio a nivel biológico, médico y biotecnológico. La aplicación de nuevas tecnologías a partir de sRNA de hongos, permitirá potenciar la función de genes de interés, así como, la capacidad potencial de modificar las vías bioquímicas para aumentar la producción de importantes metabolitos comerciales, identificar nuevos objetivos antifúngicos y/o desarrollar plantas de cultivo inducidas por el huésped con resistencia a patógenos fúngicos, demostrando la importancia de los sRNA en la biotecnología fúngica.

6 REFERENCIAS

Armas-Tizapantzi, Anahí, and Alba Mónica Montiel-González. 2016. "RNAi Silencing: A Tool for Functional Genomics Research on Fungi." *Fungal Biology Reviews* 30 (3): 91–100. doi:10.1016/j.fbr.2016.05.003.

Catalanotto, Caterina, Massimiliano Pallotta, Paul Refalo, Matthew S Sachs, Laurence Vayssie, Giuseppe Macino, and Carlo Cogoni. 2004. "Redundancy of the Two Dicer Genes in Transgene-Induced Posttranscriptional Gene Silencing in *Neurospora Crassa* Redundancy of the Two Dicer Genes in Transgene-Induced Posttranscriptional Gene Silencing in *Neurospora Crassa* †." *Molecular and Cellular Biology* 24(6) (6): 2536–45. doi:10.1128/MCB.24.6.2536.

Dahlmann, Tim A., and Ulrich Kück. 2015. "Dicer-Dependent Biogenesis of Small RNAs and Evidence for MicroRNA-like RNAs in the Penicillin Producing Fungus *Penicillium Chrysogenum*." *PLoS ONE* 10 (5): 1–22. doi:10.1371/journal.pone.0125989.

Dang, Yunkun, Qiuying Yang, Zhihong Xue, and Yi Liu. 2011. "RNA Interference in Fungi: Pathways, Functions, and Applications." *Eukaryotic Cell* 10 (9): 1148–55. doi:10.1128/EC.05109-11.

Fulci, Valerio, and Giuseppe Macino. 2007. "Quelling: Post-Transcriptional Gene Silencing Guided by Small RNAs in *Neurospora Crassa*." *Current Opinion in Microbiology* 10 (2): 199–203. doi:10.1016/j.mib.2007.03.016.

Goldoni, Marina, Gianluca Azzalin, Giuseppe Macino, and Carlo Cogoni. 2004. "Efficient Gene Silencing by Expression of Double Stranded RNA in *Neurospora Crassa*." *Fungal*

Genetics and Biology 41 (11): 1016–24. doi:10.1016/j.fgb.2004.08.002.

Halliwell, Barry. 2007. "Oxidative Stress and Cancer: Have We Moved Forward?" *The Biochemical Journal* 401 (1): 1–11. doi:10.1042/BJ20061131.

Lee, Heng Chi, Liande Li, Weifeng Gu, Zhihong Xue, Susan K. Crosthwaite, Alexander Pertsemliadis, Zachary A. Lewis, et al. 2010. "Diverse Pathways Generate MicroRNA-like RNAs and Dicer-Independent Small Interfering RNAs in Fungi." *Molecular Cell* 38 (6). Elsevier Ltd: 803–14. doi:10.1016/j.molcel.2010.04.005.

Lin, Yan Liang, Li Ting Ma, Yi Ru Lee, Shih Shun Lin, Sheng Yang Wang, Tun Tschu Chang, Jei Fu Shaw, Wen Hsiung Li, and Fang Hua Chu. 2015. "MicroRNA-like Small RNAs Prediction in the Development of *Antrodia Cinnamomea*." *PLoS ONE* 10 (4). doi:10.1371/journal.pone.0123245.

Liu, Yi, Heng Chi Lee, Antti P. Aalto, Qiuying Yang, Shwu Shin Chang, Guocun Huang, Daniel Fisher, Joonseok Cha, Minna M. Poranen, and Dennis H. Bamford. 2010. "The DNA/RNA-Dependent RNA Polymerase QDE-1 Generates Aberrant RNA and DsRNA for RNAi in a Process Requiring Replication Protein a and a DNA Helicase." *PLoS Biology* 8 (10). doi:10.1371/journal.pbio.1000496.

Qu, Jibin, Mengran Zhao, Tom Hsiang, Xiaoxing Feng, Jinxia Zhang, and Chenyang Huang. 2016. "Identification and Characterization of Small Noncoding RNAs in Genome Sequences of the Edible Fungus *Pleurotus Ostreatus*" 2016: 25–28. doi:10.1155/2016/2503023.

Sesma, Ane, and Haar von der. 2014. "Small RNA-Mediated Gene Silencing in *Neurospora*." In *Fungal RNA Biology*, edited by Ane Sesma and Haar von der, 396. Springer.

Vázquez-Ortiz, Guelaguetza, Patricia Piña-Sánchez, and Mauricio Salcedo. 2006. "Grandes Alcances de Los RNAs Pequeños RNA de Interferencia y MicroRNA." *Revista de Investigacion Clinica* 58 (4): 335–49.

Wang, Ming, Nicholas Thomas, and Hailing Jin. 2017. "Cross-Kingdom RNA Trafficking and Environmental RNAi for Powerful Innovative Pre- and Post-Harvest Plant Protection." *Current Opinion in Plant Biology* 38. Elsevier Ltd: 133–41. doi:10.1016/j.pbi.2017.05.003.

Yang, Qiuying, Liande Li, Zhihong Xue, Qiaohong Ye, Lin Zhang, Shaojie Li, and Yi Liu. 2013. "Transcription of the Major *Neurospora Crassa* MicroRNA-Like Small RNAs Relies on RNA Polymerase III." *PLoS Genetics* 9 (1): 1–12. doi:10.1371/journal.pgen.1003227.



COMPOSICIÓN BACTERIANA EN SUELO CON VERMICOMPOST Y SU RELACIÓN EN LA INCIDENCIA DE DAMPING-OFF EN PLÁNTULAS DE CHILE

Gisela Aguilar-Benítez¹, Rigoberto Castro-Rivera², Laura Jeanette García-Barrera², Diana Ortíz-Gamino³, José Pablo Lara-Ávila³, José Daniel Granados Álvarez⁴,

¹Instituto de Investigación de Zonas Desérticas/Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. ²Instituto Politécnico Nacional, CIBA – Tlaxcala. ³Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. ⁴Universidad Autónoma de Querétaro, Autor por correspondencia: gisela.aguilar@uaslp.mx

RESUMEN

Diversos estudios han evidenciado el efecto del vermicompost en diferentes cultivos, sugiriendo recientemente su acción mitigante de enfermedades, lo que se atribuye a metabolitos microbianos. Sin embargo, su evaluación como control de damping-off en la producción de chile aún es limitada. En la presente investigación exploratoria se evaluó el efecto de adicionar vermicompost al suelo en cero, uno, dos, tres, cuatro y cinco por ciento en la emergencia y crecimiento inicial de plántulas de 18 cultivares de chile guajillo "Mirasol", y en la composición microbiana en el suelo, vermicompost y las mezclas. A partir de la emergencia se registró el número de plántulas sanas y enfermas. La menor cantidad de plántulas enfermas se registró en proporciones de uno a cuatro por ciento de vermicompost. Se evidenció la variabilidad en la predominancia de diversas familias de bacterias (destacando Cytophagaceae, Hyphomicrobiaceae y Bacillaceae) presentes en el suelo, vermicompost y sus mezclas.

Palabras clave: Zacatecas, guajillo, fitopatógenos

ABSTRACT

Several studies have shown the effect of vermicompost in different crops. Recently it is suggested to mitigating action of diseases, which is attributed to microbial metabolites. However, its evaluation as damping-off control in the production of chilli is still limited. In the current investigation was evaluated the effect of the addition of vermicompost in percentages of zero, one, two, three, four and five based on dry weight in the emergence and initial growth of seedlings of 18 cultivars of guajillo "Mirasol" chilli, and the soil, vermicompost and mixture microbial composition. The number of emerged and diseased seedlings was recorded. The lowest number of diseased seedlings was recorded in the proportions of one to four percent of vermicompost. The variability in the predominance of different families of bacteria present in the soil, vermicompost and their mixtures was evidenced.

Key words: Zacatecas, guajillo, phytopathogens



I. INTRODUCCIÓN

El chile es uno de los principales cultivos en México tanto por su producción en fresco como en seco. La producción nacional de chile seco se ha registrado en un promedio de 98 000 toneladas, con un rendimiento cercano a 1.7 ton ha⁻¹ (SAGARPA, 2016). En este rubro el estado de Zacatecas aporta alrededor del 50% a las estadísticas nacionales, y el chile “Mirasol”, que al estar maduro y pasar por un proceso de secado se conoce como guajillo, es el de mayor producción. En el estado se siembran anualmente entre 30,000 y 40,000 ha de chile “Mirasol, principalmente en los municipios de Morelos, Fresnillo, Villa de Cos, Zacatecas, Guadalupe, Calera y Enrique Estrada; generando cerca del 35 % del PIB estatal (INIFAP, 2006).

A pesar de ser una actividad económicamente rentable y socialmente importante como generadora de empleos, la producción de chile en el estado de Zacatecas se realiza en un contexto difícil por falta de apoyos económicos y asesoría adecuada a los productores para atender problemas de plagas, enfermedades, nutrición del cultivo, fluctuación de precios de insumos y el producto obtenido, entre otros.

Para iniciar el ciclo de cultivo es sustancial obtener plántulas sanas y vigorosas que se establecerán en las unidades de producción. Esta actividad implica una inversión económica importante por los insumos y jornales requeridos. Para abaratar costos, los productores continúan utilizando semillas de cultivares tradicionales y estableciendo el almácigo en la parcela donde se establecerá posteriormente el cultivo; sin embargo, las necesidades de fertilización, la susceptibilidad de los cultivares a las enfermedades, y la presencia de heladas tardías, principalmente, son factores que determinan costos y el éxito en la producción de plántula (Carrillo, 2014).

Al establecer cultivares tradicionales (variantes seleccionadas y cultivadas regionalmente con procedimientos empíricos, también se identifican como cultivares criollos), los productores de la región de estudio aseguran mayor aceptación de su producto en el mercado nacional por características como el color, sabor y consistencia de la pulpa; además asocian que las semillas de cultivares tradicionales son más tolerantes a condiciones de déficit de humedad, plagas y enfermedades (Balderas, 2017). Sin embargo, aún con dichos cultivares, enfermedades como el damping off en almácigo provocan alta dependencia de insumos químicos, así como importantes pérdidas en calidad y cantidad de plántula producida.

Dado que en estudios recientes se sugiere el potencial del vermicompost como biofertilizante y biocontrol de algunos fitopatógenos, en el presente estudio se explora el efecto del vermicompost como biocontrol de damping off en la emergencia y crecimiento inicial de chile.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el verano de 2017 en el invernadero (con registro de temperatura promedio de 25°C) en el laboratorio de Fitoquímica del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (22°14'11" N, 100°51'46" W, 1844 msnm.), en el municipio de Soledad de Graciano Sánchez.

El suelo se obtuvo del área experimental de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. El vermicompost fue obtenido del rancho El Bordatxo, ubicado en Leiquitio, Guanajuato, cuyo proceso de producción comercial está estandarizado y la materia prima es 80% de estiércol y 20% de rastrojo de maíz.

Se utilizaron semillas de 18 cultivares tradicionales de chile Mirasol (*Capsicum annum* L.), recolectados al finalizar el ciclo de producción Primavera-Verano de 2015, en los municipios de la zona de influencia del acuífero Calera del estado de Zacatecas; los que se identificaron por número de colecta del 1 al 18. Todos los cultivares evaluados en este trabajo tuvieron antecedentes de enfermedades fúngicas en almácigo y campo. Además, en una caracterización preliminar de las semillas se identificó la presencia de los géneros *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium*, entre otros. Las semillas utilizadas para la evaluación se pasaron por tamices de 10 y 8 mm para separar la semilla por tamaños, en este trabajo solo se emplearon semillas que quedaron en el tamiz de 10 mm.

Las semillas tamizadas y limpias (sin impurezas), se lavaron con 80 ml de agua destilada, en seguida se desinfectaron con 80 ml de alcohol etílico al 70% por 5 min, con agitación constante, posteriormente se colocaron en hipoclorito de sodio al 2% durante 15 minutos y finalmente se lavaron tres veces con 80 ml de agua destilada. Entre cada lavado y desinfección se eliminaron los líquidos sobrenadantes. Las semillas se dejaron secar sobre cajas Petri estériles, en una campana de flujo laminar durante 48 h. Una vez secas las semillas, las cajas Petri se sellaron con parafilm hasta su siembra.

El suelo se desinfectó por solarización durante 72 h y posteriormente se realizaron las mezclas con uno, dos, tres y cuatro por ciento de vermicompost, con base en peso seco. Para la siembra se usaron 6 charolas de plástico de 28 x 25 x 15 cm. En una charola se colocaron 4 kg de suelo solo y en las otras 5 se colocó en cada una alguna de las mezclas de suelo con vermicompost. En cada charola se sembraron 180 semillas (10 semillas de cada cultivar evaluado), separándolas por hileras bien definidas. Se realizaron riegos diarios de 200 ml de agua destilada para mantener la humedad del suelo en 80 % de capacidad de campo. Tras la emergencia de la primera plántula, se contabilizaron todos los días el número de plántulas sanas y enfermas que emergieron hasta el día 30 después de la siembra.

El análisis de la composición microbiana del suelo, vermicompost y sus mezclas se realizó en el Centro de Investigación de Biotecnología Aplicada del Instituto Politécnico Nacional, ubicado en Tepetitla de Lardizábal, Tlaxcalal. Para este análisis se tomó una muestra compuesta de suelo, del vermicompost y de las respectivas mezclas de cada una de las charolas donde se habían retirado las plántulas de chile. Para la extracción de ADN se usó el kit comercial: Power Soil DNA Isolation Kit, MO BIO. En la reacción de PCR se amplificaron los genes 16S rRNA de la región variable V4, la secuenciación masiva fue llevada a cabo por el laboratorio MR DNA (<http://www.mrdnalab.com>, Shallowater, TX, USA). Las secuencias más abundantes fueron graficadas en un heatmap usando el software Morpheus (<https://software.broadinstitute.org/morpheus/>). Esta gráfica muestra un análisis semicuantitativo que se hace con el número de secuencias pertenecientes a cada familia, el gradiente de color indica que el color rojo refleja un número mayor y el azul un número menor de secuencias. Finalmente para visualizar si existió relación entre la composición bacteriana por tratamientos, se realizó un clúster jerárquico a través de distancias euclidianas por tratamientos (columnas).

III. Resultados y Discusión

La emergencia de plántulas inició a partir del día 20 después de la siembra (dds), lo cual se atribuye a que la temperatura ambiente disminuyó notablemente debido a la alta nubosidad que se mantuvo durante los días del experimento. En relación a ello, se ha reportado que temperaturas altas o bajas inducen a la semilla a entrar en un estado de dormancia (Ortega *et al.*, 2010).

De los 18 cultivares evaluados sólo 9 tuvieron 100 % de emergencia en alguna de las charolas y los nueve cultivares restantes mostraron una respuesta diferencial que se puede observar en la Figura 1.

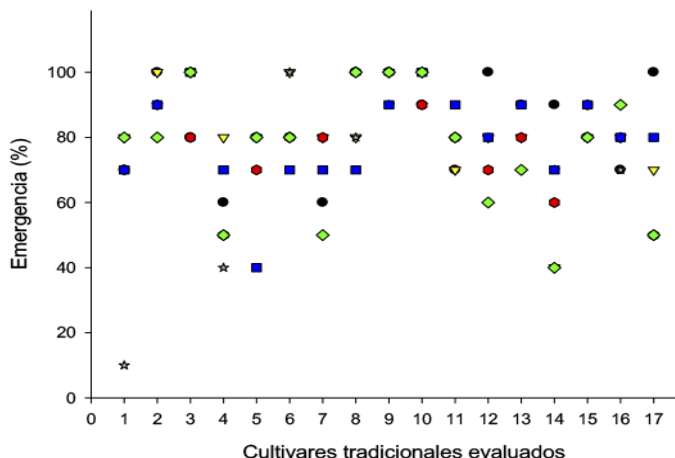


Figura 1. Emergencia de plántulas de 18 cultivares de chile Mirasol en suelo con proporciones de cero, uno, dos, tres, cuatro y cinco por ciento de vermicompost.

Destacó el cultivar 9 proveniente del municipio de Pánuco que presentó 100 % de emergencia en suelo solo y proporciones de uno, tres y cinco por ciento de vermicompost. Los cultivares 3 y 8 (recolectados en el municipio de Morelos, 10 (recolectado en Villa de Cos) y 18 (recolectado en Calera) tuvieron 100 % de emergencia en tres charolas. Aunque los cuatro cultivares emergieron al 100 % con cinco por ciento de vermicompost, no se evidenció una correlación entre proporciones de vermicompost en suelo y porcentaje de emergencia. Los cultivares con menor proporción de emergencia fueron el 4 y 17 (colectados en General Enrique Estrada). En un estudio preliminar, en pruebas de germinación estándar a 25° C, la germinación de los 18 cultivares evaluados no presentó diferencias significativas ($P \leq 0.05$), siendo en promedio superior a 80 % (Balderas, 2017), lo que sugiere que las condiciones de evaluación descritas en el apartado de materiales y métodos influyeron en la germinación y emergencia. Aunque es importante considerar que la reacción también puede estar condicionada por la variabilidad intravarietal de los cultivares, resultado de los microambientes de producción.

El mayor número de cultivares y la mayor cantidad de plántulas enfermas se presentó en suelo solo y suelo con cinco por ciento de vermicompost (Figura 2), lo que evidencia que con dosis bajas se puede mitigar la presencia de hongos en plántulas de cultivares tradicionales de chile Mirasol. Se especula que con dosis más altas, como cinco por ciento, el contenido de materia orgánica se incrementa significativamente y con ello la retención de humedad en el suelo (Aguilar *et al.*, 2012) lo que favorecería las condiciones para la proliferación de hongos fitopatógenos. Aunque ésta reacción fue más evidente en los cultivares 9 a 18, y el mayor número de éstos se obtuvieron del municipio de Morelos, no es posible establecer una relación con el lugar de recolecta debido a que el número de muestras no fue igual en cada municipio.

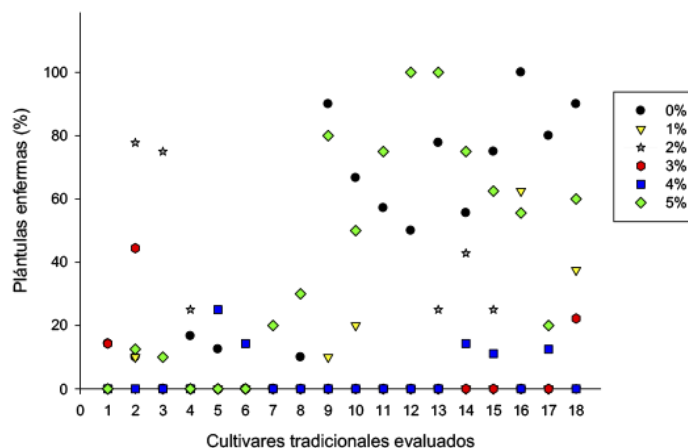


Figura 2. Plántulas de chile Mirasol enfermas por hongos cultivadas en suelo con proporciones de cero, uno, dos, tres, cuatro y cinco por ciento de vermicompost.

Con tres por ciento de vermicompost sólo tres cultivares tuvieron plántulas enfermas en proporciones entre 13 y 43 %; mientras que con cuatro por ciento de vermicompost hubo cinco cultivares con plántulas enfermas, pero las proporciones fueron entre 14 y 25 %. Al respecto se afirma que en el vermicompost producido con lombrices del género *Eisenia* se encuentran bacterias de géneros como *Pseudomonas*, *Bacillus*, Proteobacterias, Bacteroidetes y *Azotobacter*, que entre otros menos abundantes, presentan mecanismos directos e indirectos para el control de algunas enfermedades (Yasir *et al.*, 2009; Huang *et al.*, 2013; Moledor *et al.*, 2016).

De los análisis de composición bacteriana del suelo, vermicompost y sus mezclas, se encontraron 278 familias y se consideraron las secuencias más abundantes, quedando 23 familias (Figura 3).

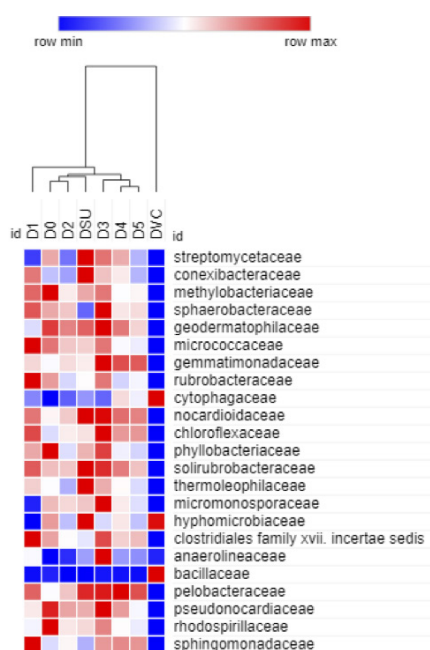


Figura 3. Heatmap de Familias bacterianas más abundantes en suelo y sus mezclas: D0 suelo solo, D1 suelo con uno por ciento de vermicompost, D2 suelo con dos por ciento de vermicompost, D3 suelo con tres por ciento de vermicompost, D4 suelo con cuatro por ciento de vermicompost, D5 suelo con cinco por ciento de vermicompost, DSU suelo recién recolectado, DVC vermicompost.

En el vermicompost usado en este experimento se observaron en mayor cantidad secuencias de las familias Cytophagaceae, que es una de las más grandes familias del filo Bacteroidetes; Hyphomicrobiaceae, que está afiliada con Alfaproteobacterias y cerca de 38 mil secuencias de Bacillaceae. Estos resultados coinciden con lo expuesto por (Vaz-Moreira *et al.*, 2008) y (Yasir *et al.*, 2009), quienes reportan que las bacterias mayormente asociadas a las lombrices de tierra que se usan en el proceso de vermicompostaje son *Bacillus*, Proteobacterias y

Bacteroidetes.

El número de secuencias más alto para la familia Cytophagaceae se observó en el vermicompost y éste número sólo se asemeja a la cantidad de secuencias obtenidas en las dosis más altas de las mezclas (cuatro y cinco por ciento). Para Bacillaceae no se observó tendencia entre el número de secuencias en el vermicompost y las que se lograron establecer con las diferentes proporciones, ya que de las 38, 000 encontradas en vermicompost sólo 2300 se encontraron en la mezcla con tres por ciento de vermicompost. En el suelo sobresalió la familia Streptomycetaceae con aproximadamente 1200 secuencias, mientras que en el vermicompost no se alcanzaron las 500 secuencias. No se observó un patrón de disminución ni aumento de esta familia en las mezclas de suelo con vermicompost evaluadas.

Se exponen cambios evidentes en la composición bacteriana del suelo y sus mezclas, sin embargo, con los datos de familias presentes no se tienen elementos suficientes para explicar la disminución de plántulas enfermas observadas por la adición de tres y cuatro por ciento de vermicompost en suelo. La literatura sugiere que los efectos de biocontrol pueden atribuirse principalmente a la funcionalidad de los microorganismos más que a su abundancia; por lo anterior, se recomienda continuar con estudios que identifiquen a nivel de género y especie la composición bacteriana. De otra forma, también se sugiere registrar parámetros fisicoquímicos de las mezclas como retención de humedad, pH, CE, porosidad, temperatura, entre otros que pueden modificarse por la adición de vermicompost; así como realizar evaluaciones con un solo cultivar para eliminar el efecto de la variabilidad intravarietal.

IV. CONCLUSIONES

Se registró importante reducción de plántulas visiblemente afectadas por hongos con la adición de 3 y 4 % de vermicompost, sin establecer una relación proporcional.

No se evidencia una mayor emergencia de plántulas de los cultivares evaluados por efecto de una mayor proporción de vermicompost en el suelo.

La composición bacteriana en las mezclas de suelo y vermicompost evaluadas se modificó claramente, aunque el dato de familias presentes no muestra una tendencia con el número de plántulas enfermas registradas.

AGRADECIMIENTOS

A los productores que donaron las semillas y su conocimiento para este trabajo. Al Ing. José Lorca Vallejo por facilitar el vermicompost evaluado.

REFERENCIAS

Aguilar B. G, Peña V. C. B; García N. J. R, Ramírez V, P, Benedicto V, S. G, Molina-G. J. D. 2012, Rendimiento de frijol (*phaseolus vulgaris l.*) en relación con la concentración de vermicompost y déficit de humedad en el sustrato. *Agrociencia*, 46: 37-50.

Balderas R. E. 2017. Caracterización de la variabilidad germinativa y crecimiento inicial de cultivares tradicionales de chile Mirasol. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía y Veterinaria – UASLP. San Luis Potosí, México. 46 Pp.

Carrillo, C.J. 2014. Caracterización y análisis socioeconómico y ambiental del sistema de producción de cosecha del municipio de Morelos, Zacatecas. Tesis de Maestría PMPCA-UASLP, San Luis Potosí, México. 154 Pp.

Huang K, Li F, Wei Y, Chen X, Fu X. 2013. Changes of bacterial and fungal community compositions during vermicomposting of vegetable wastes by *Eisenia foetida*. *Bioresource Technology* ,150, 235–241.

INIFAP. 2006. El cultivo del chile en Zacatecas. En Tecnología de Producción de Chile Seco (5). México: INIFAP.

Moledor, S., Chalak, A, Fabian, M., Talhouk, S. 2016. Socioeconomic dynamics of vermicomposting systems in Lebanon. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*, 6(4): 145-160.

Ortega L, Sánchez J, Díaz R, Ocampo J. 2010. Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum mill*). *Ra Ximhai*, 6 (3): 365-372

SAGARPA. 2016. Producción de chile Mexicano. 2015. <http://www.gob.mx/sagarpa/articulos/produccion-del-chile-mexicano>. Consulta 2017.

Vaz-Moreira I., Silva M. E., Manaia C. M., Nunes O. C. 2008. Diversity of bacterial isolates from commercial and homemade composts. *Microbial Ecology*. 55(4):714-22.

Yasir M, Aslam Z, Won Kim S, Lee S, Jeon C, Chung Y. 2009. Bacterial community composition and chitinase gene diversity of vermicompost with antifungal activity. *Bioresource Technology*, 100 (19): 4396-4403.





INVESTIGACIÓN +

POSGRADOS

- Maestría en Biotecnología Aplicada
- Maestría en Biotecnología Productiva
- Doctorado en Biotecnología Aplicada
- Doctorado en Biotecnología Productiva



Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada
Ex-Hacienda San Juan Molino Carretera Estatal
Tecuexcomac - Tepetitla K. 1.5, Tlaxcala, C.P. 90700, México