

Volumen 3, Número 6 – Enero – Marzo - 2016

ISSN 2410-356X

Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias

ECORFAN®

Indización



ECORFAN-Bolivia

- Latindex
- Research Gate
- Hispana
- Universia
- Google Scholar
- REBID
- Mendeley

ECORFAN-Bolivia

Directorio

Principal

RAMOS-ESCAMILLA, María.PhD

Director Regional

IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. BsC

Director de la Revista

PERALTA-CASTRO, Enrique. MsC

Relaciones Institucionales

TREJO-RAMOS, Iván. BsC

Edición de Logística

CLAUDIO-MÉNDEZ, Paul. BsC

Diseñador de Edición

LEYVA-CASTRO, Iván. BsC

Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias, Volumen 3, Número 6, de Enero a Marzo 2016, es una revista editada trimestralmente por ECORFAN-Bolivia. Loa 1179, Cd. Sucre. Chuquisaca, Bolivia.WEB: www.ecorfan.org, revista@ecorfan.org. Editora en Jefe: RAMOS-ESCAMILLA, María, Co-Editor: IGLESIAS-SUAREZ, Fernando. ISSN-2410-356X. Responsables de la última actualización de éste número de la Unidad de Informática ECORFAN. ESCAMILLA-BOUCHÁN, Imelda, LUNA-SOTO, Vladimir, actualizado al 31 de Marzo 2016.

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

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Consejo Editorial

YAN-TSAI, Jeng. PhD
Tamkang University, Taiwan

MIRANDA-TORRADO, Fernando. PhD
Universidad de Santiago de Compostela, Spain

PALACIO, Juan. PhD
University of St. Gallen, Switzerland

GUZMÁN-SALA, Andrés. PhD
Université de Perpignan, France

VARGAS-HERNÁNDEZ, José. PhD
Keele University, England

HIRA, Anil. PhD
SimonFraserUniversity, Canada

VILLASANTE, Sebastian. PhD
Royal Swedish Academy of Sciences, Sweden

PACHECO-BONROSTRO, Joaquín. PhD
Universidad de Burgos, Spain

Consejo Arbitral

GGO. PhD

Universidad Autónoma Metropolitana, México

MCDM. PhD

Universidad Autónoma Metropolitana, México

KCA. BsC

Universidad Panamericana, México

UNAB. MsC

Universidad Politécnica de Puebla, México

LBMT. MsC

Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, México

FDS. MsC

Corporativo Universitario México, México

DLLHMA. PhD

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México

CRCC. PhD

Universidad Autónoma de Tlaxcala, México

Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en el área de: Ciencias Naturales y Agropecuarias

En Pro de la Investigación, Enseñando, y Entrenando los recursos humanos comprometidos con la Ciencia. El contenido de los artículos y opiniones que aparecen en cada número son de los autores y no necesariamente la opinión del Editor en Jefe.

Como primer artículo esta *Piedra Estudio del potencial de sapogeninas para la remoción de arsénico en modelos de agua* por VALERO-SORIA, Hever; PROAL-NAJERA, José y GONZALEZ-VALDEZ, Laura. Como siguiente artículo está *Asociación del grado de manchado y deterioro de semilla en Pinus douglasiana Martínez* por AVENDAÑO-LOPEZ, Adriana Natividad, QUINTANA-CAMARGO, Martín y ROMAN-MIRANDA, María Leonor y PADILLA-GARCIA José Miguel con adscripción a la Universidad de Guadalajara, CUCBA y el Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP respectivamente. Posteriormente tenemos *Control del riego en línea y tiempo real del aguacatero y eficiencia del uso del agua* por TAPIA-VARGAS, Luis Mario, LARIOS-GUZMÁN, Antonio, HERNÁNDEZ-PÉREZ, Anselmo y VIDALES-FERNANDEZ, Ignacio. Posteriormente tenemos *Efecto de las bajas temperaturas en las características fisicoquímicas del pulque (Agave salmiana Xamini)* por ARROYO-CRUZ, Celerino & REYNOSO-OCAMPO, Carlos Abraham y con adscripción a la Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital. En el siguiente artículo está *Mejoramiento genético de trigo en México* por HORTELANO, René, MARTÍNEZ, Eliel, VILLASEÑOR, Héctor E. y MORALES, Víctor con ascripción al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle de México. Programa de Trigo. Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, Puebla, Programa Educativo de Ingeniería en Procesos Alimentarios. En penúltimo lugar está *Evaluación de aislados nativos de Trichoderma sp para el control de hongos fitopatógenos del suelo en tomate* por MARTÍNEZ-SCOTT, Marcia Maribel con adscripción en el Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra. Por último está *Evaluación de calidad de semilla de agrillo (Rhus trilobata) del municipio de Arandas, Jalisco, México* por QUINTANA-CAMARGO, Martín, GUZMÁN-RODRÍGUEZ, Luis Felipe, PICHARDO-GONZÁLEZ, Juan Manuel y REYES-GUERRA, Juan Alfonso con adscripción al Centro Nacional de Recursos Genéticos del INIFAP y Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) respectivamente.

Contenido

Artículo	Pág
Estudio del potencial de sapogeninas para la remoción de arsénico en modelos de agua VALERO-SORIA, Hever; PROAL-NAJERA, José y GONZALEZ-VALDEZ, Laura	1-5
Asociación del grado de manchado y deterioro de semilla en <i>Pinus douglasiana</i> Martínez AVENDAÑO-LOPEZ, Adriana Natividad, QUINTANA-CAMARGO, Martín´ y ROMAN-MIRANDA, María Leonor y PADILLA-GARCIA José Miguel	6-10
Control del riego en línea y tiempo real del aguacatero y eficiencia del uso del agua TAPIA-VARGAS, Luis Mario, LARIOS-GUZMÁN, Antonio, HERNÁNDEZ-PÉREZ, Anselmo y VIDALES-FERNANDEZ, Ignacio	11-18
Efecto de las bajas temperaturas en las características fisicoquímicas del pulque (<i>Agave salmiana Xamini</i>) ARROYO-CRUZ, Celerino & REYNOSO-OCAMPO, Carlos Abraham	19-24
Mejoramiento genético de trigo en México HORTELANO, René, MARTÍNEZ, Eliel, VILLASEÑOR, Héctor E. y MORALES, Víctor	25-31
Evaluación de aislados nativos de <i>Trichoderma sp</i> para el control de hongos fitopatógenos del suelo en tomate MARTÍNEZ-SCOTT, Marcia Maribel	32-42
Evaluación de calidad de semilla de agrillo (<i>Rhus trilobata</i>) del municipio de Arandas, Jalisco, México QUINTANA-CAMARGO, Martín, GUZMÁN-RODRÍGUEZ, Luis Felipe, PICHARDO-GONZÁLEZ, Juan Manuel y REYES-GUERRA, Juan Alfonso´	43-47

Instrucciones para Autores

Formato de Originalidad

Formato de Autorización

Estudio del potencial de sapogeninas para la remoción de arsénico en modelos de agua

VALERO-SORIA, Hever*†; PROAL-NAJERA, José y GONZALEZ-VALDEZ, Laura

Recibido 10 de Enero, 2016; Aceptado 04 de Marzo, 2016

Resumen

Se aplicó la técnica de aglomeración esférica (TAE) en la remoción de arsénico a bajas concentraciones en modelos de solución acuosa utilizando sapogenina como agente tensoactivo. Esta técnica consta de cuatro fases: precipitación, hidrofobización, humectación y aglomeración. Específicamente se estudió la fase de hidrofobización. En la primera fase se agregó cloruro férrico como agente precipitante para la formación del sistema coloidal, en la fase de hidrofobización se utilizó el agente biosurfactante a diferentes dosis: 1, 0.5, 0.3 g surfactante/g contaminante respectivamente. Se prepararon soluciones modelo con una concentración inicial de arsénico de: 2mg/L, 1mg/L, 0.5mg/L. Se tomó como referencia la Normatividad Mexicana vigente, para lograr concentraciones finales dentro de los límites máximos permitidos. Se comprobó que la TAE es eficiente en la remoción de As a concentraciones muy bajas comparadas a las trabajadas anteriormente (Alvarado, 2009 y Cardiel, 2009) además, la utilización del agente surfactante sapogenina, resultó eficiente más en comparación con los agentes tensoactivos antes utilizados en esos trabajos, con los que se lograron eficiencias de remoción de hasta 99.99%..

Aglomeración esférica, agua, arsénico, remoción, biosurfactante

Abstract

The technique of spherical agglomeration was applied in the arsenic removal at low concentrations in aqueous solution models using surface active agent sapogenin. This technique consists of four phases: precipitation, hydrophobization, wetting and agglomeration. Specifically, we studied the phase hydrophobization. In the first phase was added ferric chloride as a precipitating agent for the formation of colloidal system in the phase of the was used the biosurfactant reagent at different doses: 1g/g of metal 0.5g/g of metal 0.3g/g of metal The last phases of the technique were the addition of collector agent to help the adhesion of the colloids, finally adding the reagent of the agglomerates. Modeled solutions were prepared with concentrations of 0.5, 1 and 2 mg of arsenic /L. It was taken as reference the Mexican normativity to achieve final concentrations among the maximum levels allowed. In this research the technique was applied for the element elimination in prepared water samples containing 2, 1 and 0.5 mg of arsenic/L. Mexican laws were used as a reference to achieve the concentrations inside the limit. The technique removal efficiency was probed for arsenic at concentrations, as compared to the used before. Besides, the use of surface active agent sapogenina was effective if compared to chemical agents used in previous studies, where efficiency of arsenic removal was 99.99%.

Agglomeration spherical, water, arsenic removal biosurfactant

Citacion: VALERO-SORIA, Hever; PROAL-NAJERA, José y GONZALEZ-VALDEZ, Laura. Estudio del potencial de sapogeninas para la remoción de arsénico en modelos de agua. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias. 2016, 3-6: 1-5.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: hever.valero@utrodeo.edu.mx)

†Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El arsénico es un metaloide que aparece de manera natural y se ubica en el medio ambiente, en forma de diferentes compuestos inorgánicos y orgánicos, tanto en estado sólido como líquido. Con mayor frecuencia como sulfuro de arsénico (As_2S_3) y arsenopirita. Aunque en algunas zonas geográficas la concentración puede ser más alta, su contenido medio en la corteza terrestre es de 5 gramos por tonelada, apareciendo normalmente combinado con más de 150 elementos diferentes (cobre, plomo, azufre, níquel, hierro, cobalto, zinc, etc) L. de Guevara J y Moya P (1995). Citado por. Aragonés, *et al* 2001.

Las principales rutas de exposición son la ingesta y la inhalación. El arsénico se acumula en el organismo por exposición crónica y puede causar afecciones como alteraciones de la piel, efectos secundarios en el sistema nervioso, cáncer de próstata, irritación de los órganos del aparato respiratorio, gastrointestinal y hematopoyético, acumulación en los huesos, músculo y piel, y en menor grado en hígado y riñones (Avilés y Tirado, 2007). Lo que representa una problemática presente a nivel mundial.

Los tratamientos que se aplican actualmente presentan todavía deficiencias en el grado de remoción. Debido a esto se ha intensificado el estudio de nuevas tecnologías y así ofrecer más alternativas que solucionen este problema

La técnica de aglomeración esférica se ha aplicado en la remoción de Arsénico en agua, con concentraciones muy elevadas, que van desde los 50 mg/L hasta 100 mg/L, utilizando como surfactantes químicos Oleato de Sodio y Lauril sulfato de Sodio, obteniendo excelentes eficiencias de remoción de As. Pero no ha sido estudiada con surfactantes naturales ni a concentraciones menores de 50 mg/L.

Es por ello que el presente trabajo se enfoca en la remoción de As, pero utilizando agentes biosurfactantes Además del aprovechamiento integral de los recursos naturales.

Una alternativa de solución para los suelos, es la utilización de compostas que se convierte en la principal y más importante ayuda para hacerlo fértil, con mayor cantidad de nutrientes y una mejor retención del agua.

Metodología

La parte experimental de este proyecto se llevó a cabo en el laboratorio central de instrumentación del CIIDIR-IPN (Centro interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral y Regional Unidad Durango).

Generación de soluciones modelo

Se prepararon soluciones modelos con una concentración inicial de As (III) de 2 mg/L, 1 mg/L y 0.5 mg/L (Figura 1).

Para cada unidad experimental se prepararon 250 ml de solución a partir de una solución estándar certificado de As_2O_3 marca Hycel* de 1000mg/L.

Sustancia de superficie active

Se utilizó un surfactante natural, sapogenina marca Hycel de 25 g. como sugerencia de un estudio anterior (Alvarado 2009 y Cardiel 2009). Se prepararon soluciones a 8.43g/L solución.

Desarrollo de la TAE

Para aplicación de la técnica de aglomeración esférica se llevaron experimentos a cabo a temperatura ambiente, y en agitación constante se muestra los valores de los parámetros utilizados en el presente trabajo (ver Tabla 1).

Etapa	pH	Tiempo de agitación (min)	Reactivo	Dosis (g/g contaminante)
Precipitación	7.6	20	FeCl ₃	32 g
Hidrofobización	-	30	Sapogenina	1g 0.5g 0.3g
Humectación	-	15	n-Heptano	6.3 ml
Aglomeración	-	90	CaCl ₂	10 ml

Tabla 1 Parámetros fisicoquímicos de la TAE. Fuente: (Proal et al., 1997) (Alvarado 2009) (Cardiel, 2009) (Atuna, 2008)

Diseño factorial.

Se utilizó un diseño factorial para estudiar la remoción de As, los efectos de la sapogenina y la concentración inicial de As, así como también optimizar el mejor tratamiento con respecto al mayor porcentaje de remoción. El diseño factorial de 3² con repetición (Tabla 2).

	B ₁	B ₂	B ₃
A ₁	A ₁ B ₁	A ₁ B ₂	A ₁ B ₃
A ₂	A ₂ B ₁	A ₂ B ₂	A ₂ B ₃
A ₃	A ₃ B ₁	A ₃ B ₂	A ₃ B ₃

Tabla 2 Diseño experimental para la remoción de As

Los análisis para determinar la concentración residual de As se realizaron utilizando el equipo de Espectrofotometría de Absorción Atómica ANALYST 700 PERKIN ELMER. La digestión de las muestras se realizó conforme la NMX-AA-051-SCFI-2001, para la determinación de metales pesados por absorción atómica.

Resultados

La base fundamental de esta técnica es la fisicoquímica de los sistemas dispersos coloidales, y para comprobar que tenemos un sistema coloidal, es necesario, mediante un análisis de micrografías, confirmar la formación de coloides durante la etapa de precipitación, se encontraron partículas dentro del intervalo de clasificación de coloides 10 a 20 µm, (figura 1)

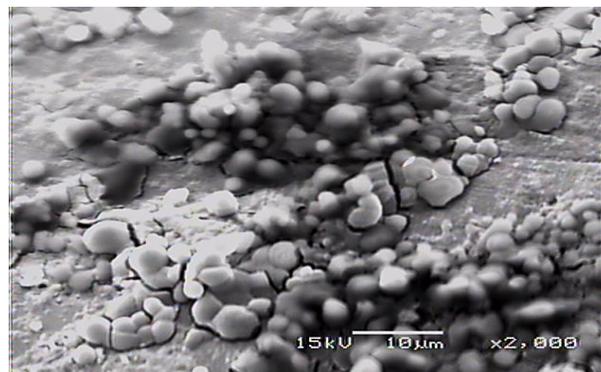


Figura 1 Micrografía

El diseño estadístico consistió en un diseño factorial de 3² con una repetición. Se obtuvieron remociones de As entre 99.52 y 99.93 %, observándose que el experimento 7 tuvo el mayor porcentaje de remoción de As, por debajo del LMP (Tabla 3).

	I D	Concentración inicial (mg/L)	Dosis sapogenina (g/contaminante)	Concentración final (mg/L)	Remoción %
Tratamientos	1	0.5	0.3	0.00268 ±0.00088	99.46
	2		0.5	0.00217 ±0.00007	99.56
	3		1	0.0024 ±0.0007	99.56
	4	1	0.3	0.00177 ±0.00036	99.82
	5		0.5	0.0024 ±0.00029	99.77
	6		1	0.0039 ±0.000629	99.61
	7	2	0.3	0.0012 ±0.00025	99.93
	8		0.5	0.00253 ±0.00017	99.87
	9		1	0.00345 ±0.00028	99.82

Tabla 3 Experimentos % de remoción

Análisis de varianza (ANOVA).

En la Tabla 4 se muestran los resultados del análisis de varianza entre la concentración inicial de As, dosis de sapogenina y la interacción de concentración. As*sapogenina.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p
Intercept	112.5350	1	112.5350	479.0831	0.000000
conc As	0.2105	2	0.1053	0.4481	0.652331
dosis sapo	5.5977	2	2.7988	11.9152	0.002957
conc As*dosis sapo	4.2802	4	1.0701	4.5555	0.027565
Error	2.1141	9	0.2349		

Tabla 4 Análisis de varianza para el residuo final

Con el ANOVA permite establecer que los factores de dosis de sapogenina y la interacción de la concentración de As versus sapogenina, tienen diferencia significativa con un intervalo de confianza de 95% ($p < 0.05$) es decir influyen de forma considerable en la remoción del As total, mientras que el factor de la concentración inicial de Arsénico no es significativo, de acuerdo al análisis de varianzas. Esto indica que se puede explorar la remoción de Arsénico a niveles de concentraciones más altas o más bajas de las que se estudiaron en este trabajo. La combinación que resulta óptima incluye mayor concentración de arsénico y menos dosis de biosurfactante, esto implicaría menos uso de tensoactivos y un menor costo de operación (Tabla 5).

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Concentración As (mg/L)	0.5	2	2.3
Dosis sapogenina (g/contaminante)	0.3	1	0.1

Tabla 5 Optimización de la remoción de As

Conclusiones

Se alcanzaron magnitudes de remoción de As de 99.52 a 99.93% en soluciones modelo, utilizando una sapogenina comercial como agente tensoactivo. Se alcanzaron, mediante la técnica de aglomeración esférica, magnitudes de remoción de As de 99.93%, en soluciones acuosas con la dosis más baja de sapogenina como agente tensoactivo. Se alcanzaron concentraciones de As por debajo de los límites máximos permisibles para agua de uso y consumo humano que establece la NOM-127-SSA-1994. La técnica de aglomeración esférica es viable para utilizarse en la remoción de As, en soluciones acuosas a concentraciones que van desde 2mg/L a 0.5 mg/L toda vez que no se había probado para estas concentraciones, representando este estudio, una primera aproximación del tratamiento de arsénico en agua a tan bajas concentraciones de solución acuosa.

En este estudio, la dosis de sustancia de superficie activa (sapogenina) utilizada para la etapa de hidrofobización, se logró reducir en un 85%, respecto de las máximas eficiencias alcanzadas en trabajos anteriores con otros agentes tensoactivos (Alvarado, 2009), sin afectar la eficiencia de la remoción de Arsénico, con respecto a los trabajos realizados donde se ha utilizado la TAE

Referencias

Amaury Franco. 2009. "Agua, ciudad y derecho". Alegatos núm. 72 pp. 229-246.

Antuna Dora, 2008. Remoción de metales pesados, Cadmio y Níquel, en modelos de soluciones acuosas por la técnica de aglomeración esférica. Tesis de Maestría en Gestión Ambiental. CIIDIR-IPN Unidad Durango.

Aragón N., M. Palacios., A. Avello de Miguel, P. Gómez, Rodríguez, M. Martínez, M. J. Rodríguez. 2001. "Nivel de arsénico en abastecimientos de agua de consumo de origen subterráneo en la comunidad de Madrid". Salud Pública 75:5 pp. 421-432.

Avilés M., Ma. De L. Tirado. 2007 "Remoción de arsénico de agua mediante coagulación-floculación a nivel domiciliario". Organización panamericana de la Salud. pp. 1-10

Calderón J., L. Carrizales., F. Díaz-Barriga. 2004. Efectos de la salud de niños expuestos a arsénico, Plomo, cadmio en la ciudad de San Luis Potosí, México. Ciencia & Trabajo 6:14 pp. 214.

Carabias Julia y Landa R. 2005. "Agua, medio ambiente y sociedad: hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México. Universidad autónoma de México, 1ª ed. pp. 15-19, 30-31

NOM-127-SSA1-1994 modificada en el 2006. Salud ambiental, agua para uso y consumo humano: Límites máximos permisibles y tratamientos a la que debe someterse el agua para su potabilización

Proal Jose, Martinez L. y Mueller M.1997. "Estudio sobre tratamiento de aguas residuales industriales altamente concentradas en metales pesados bajo aglomeración esférica. Journal of the mexican chemical society. 41:2 pp. 50-51

Prieto M., C. Gonzales, A. Román, F. Prieto. 2009. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua". Tropical and Subtropical Agroecosystems. 10: pp. 29 – 44.

Asociación del grado de manchado y deterioro de semilla en *Pinus douglasiana* Martínez

AVENDAÑO-LOPEZ, Adriana Natividad, QUINTANA-CAMARGO, Martín´ y ROMAN-MIRANDA, María Leonor y PADILLA-GARCIA José Miguel

Universidad de Guadalajara, CUCBA

´Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP

Recibido Enero 25, 2016; Aceptado Marzo 18, 2016

Resumen

Semilla de *Pinus douglasiana* Martínez, fue analizada con el objetivo de establecer las alteraciones producidas por el deterioro asociado a diferentes grados de manchado de testa. Se utilizaron 2 muestras de rodales semilleros de Atemajac de Brizuela, Jalisco. Se clasificó en 3 grados de manchado (manchado punteado leve, punteado severo y semilla ennegrecida). Se realizó un análisis con rayos X, evaluando la anatomía de estructuras internas. Posteriormente a semilla irradiada se determinó la calidad fisiológica con las pruebas de germinación estándar entre papel y la conductividad eléctrica (CE) del lixiviado de 24 h de imbibición, como prueba de vigor. Las semillas clasificadas con mayor grado de manchado, presentaron daño severo en la cubierta, y a nivel de endospermo o embrión. Se identificó la presencia de los hongos *Fusarium* spp. y *Trichothecium* sp. Principalmente en semilla ennegrecida. Los valores de CE fueron mayores en semilla con mayor grado de manchado, considerado como un mayor deterioro por presentar impermeabilidad de membrana celular. Se confirma la necesidad de realizar un análisis de sanidad que permitan establecer medidas preventivas para evitar pérdidas de semilla y de plántulas

Manchado de semilla, deterioro en semilla, *P. douglasiana*

Citación: AVENDAÑO-LOPEZ, Adriana Natividad, QUINTANA-CAMARGO, Martín´ y ROMAN-MIRANDA, María Leonor y PADILLA-GARCIA José Miguel. Asociación del grado de manchado y deterioro de semilla en *Pinus douglasiana* Martínez. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias. 2016, 3-6: 6-10.

Abstract

Pinus douglasiana seed was analyzed in order to establish the changes caused by the deterioration associated with different degrees of stained cover; 2 samples of seed stands Atemajac de Brizuela, Jalisco were used. It was classified into 3 degrees of spotting (mild spotted dotted, dotted severe and blackened seed). Analysis of the anatomy structures by X-ray was carried. Seed analyzed with x-ray was evaluated whit standard germination test and the electrical conductivity (EC) of exudate 24 h seeds imbibition. This is a vigor test. The seeds classified more highly stained, showed severe damage on the deck, and at the level of endosperm or embryo. EC values were higher in seed greater degree of staining, considered to present further deterioration of cell membrane impermeability and loss of electrolytes. The presence of a *Fusarium* spp. and *Trichothecium* sp. was identified. The need for health analysis that allows initiating preventive measure loss of seed and seedling is confirmed.

Spotted seed, seed deterioration, *Pinus douglasiana*

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: aavedan@cucba.udg.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El deterioro de la semilla se manifiesta con eventos nocivos en su metabolismo, como la generación de radicales libres y la peroxidación de lípidos, daño a la integridad física de las membranas, causando pérdida de compartimentación celular y el lixiviado de solutos (Bradford, 2004). Disminución de la capacidad de germinación, así como un significativo descenso de su tasa respiratoria (Delouche, 2002). Puede ser causado por la edad de la semilla, deficiencias de nutrientes minerales, daños provocados por factores climáticos, lesiones mecánicas y ataque de microorganismos patógenos. (Soldevilla, 1995).

El manchado es una alteración al color natural de la semilla, ocasionadas por factores bióticos y abióticos asociados con estrés. *Pinus douglasiana*, forma parte de vegetación de pinos y de pino-encino de montaña, en zonas moderadamente cálidas a templadas. Presenta una amplia distribución (1400-2700 msnm.) En los estados de: Jalisco, Michoacán, Estado de México y norte del estado de Morelos (Farjon *et al.*, 1997; Gernart y Pérez-de la Rosa, 2013).

Representa un recurso forestal, tanto en el aspecto ecológico por los servicios ambientales que proporciona (secuestro de carbono, conservación de la biodiversidad, filtración de agua, entre otros) y por su madera, que se utiliza en aserrío, ebanistería y en la industria de la construcción. Esta especie es ampliamente usada en los programas de reforestación en el estado de Jalisco. La semilla comercial, proveniente de rodales semilleros y presenta variabilidad de tonalidades de color.

El objetivo del trabajo consistió en caracterizar el manchado de semilla de *P. douglasiana* y la asociación con el grado de deterioro.

Métodos

Este trabajo fue desarrollado en el Laboratorio Agrícola Forestal sección semillas ortodoxas del Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG) del INIFAP. La semilla fue proporcionada por el Banco de Germoplasma “El Centinela” de la CONAFOR, delegación Jalisco. Se utilizó semilla procedente de 2 rodales ubicados en Atemajac de Brizuela, Jalisco, cosechados en 2011 (lote1) y en 2015 (lote 2). Utilizando una muestra de 400 semillas distribuidas en 4 repeticiones de 100, por cada variable analizada.

Semilla de cada lote se clasificó por color y tipo de manchado. La determinación del color se realizó bajo luz natural, la clasificación se realizó basado en la carta de colores “Standard Soil Color Chart” Munsell, (2008). Se comparó con los diferentes colores del ala y la semilla. Se establecieron 4 tipos de manchado oscuro, que va de leve a ennegrecidas. (Figura 1)



Figura 1 Tipos de manchado de semilla basado en la carta de colores de *Munsell*, (2008)

En un equipo de rayos X FAXITRON MX-20, Para cada clasificación de manchado se midió el largo, ancho y espesor de semilla.

Para establecer la asociación entre las variables morfológicas, tipo de manchado y el grado de deterioro, la semilla previamente irradiada fue sometida a una Prueba de Germinación Estándar entre papel (ISTA, 2004). Y se determinó la conductividad eléctrica de exudados de semilla embebida por 24h, como prueba de vigor.

Así mismo se analizó a través de la anatomía interna de la semilla, malformaciones en tejido y embrión.

Resultados

Características físicas de la semilla.

No hubo diferencia estadística entre las dimensiones de la semilla, pero si se encontró un 20 y 8 % de semillas con daño severo a nivel de embrión y endospermo y una asociación con el grado de manchado. (Gráfico 1)

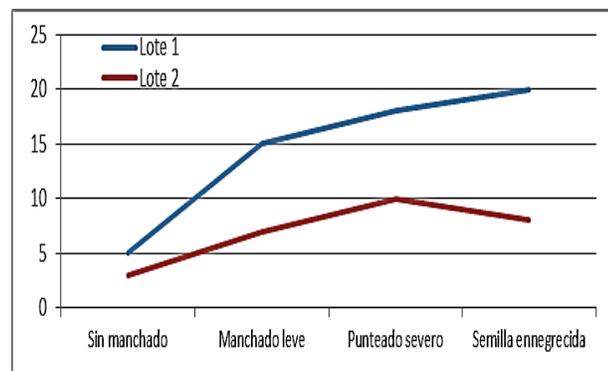


Gráfico 1 Semillas con daño severo de *P. douglasiana* encontradas por tipo de manchado

Características fisiológicas.

La semilla es un organismo vivo y como tal está sujeta a procesos degenerativos graduales, el lote 1 con mayor edad (5 años) presentó un comportamiento fisiológico deficiente respecto al de 1 año.

El porcentaje de germinación fue mucho menor, esta respuesta puede asociarse con la pérdida de vigor, durante el almacenamiento; así mismo se presentó un efecto similar en ambos lotes en el número de plántulas anormales y semillas muertas con mayor grado de manchado. Incrementándose además el número de semilla con presencia de micelio durante la prueba. El ANOVA fue altamente significativo entre lotes; donde se midieron las variables de: Plántulas normales, anormales y presencia de micelio en semilla (Tabla 1)

Grado manchado	Plántulas normales %		Plántulas Anormales %		Semillas Muertas %	
	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2
Sin manchado	65	91	18	4	17	5
Punteado leve	70	87	9	8	21	5
Punteado severo	51	78	34	12	15	8
Semilla ennegrecida	18	72	15	23	67	10

Tabla 1 Variables medidas en el ensayo de germinación estándar en laboratorio

La anatomía de la semilla en función del estado de sus estructuras esenciales: embrión, endospermo y testa o cubierta protectora, presentó diferencias por la presencia de manchado (principalmente tipo 3 y 4). Calificando como semilla sana, cuando se evidenció la integridad de sus estructuras; Daño leve: cuando a pesar de manifestar un deterioro en alguna estructura, la semilla germinó; Daño severo: cuando el deterioro fue evidente tanto en imagen como en comportamiento fisiológico (Figura 2).



Figura 2 Tipos de daño en semilla de *P. douglasiana* a través de imágenes de rayos X

Conductividad eléctrica. La pérdida de vigor se ha asociado con una permeabilidad creciente de las membranas celulares, por lo que la prueba de conductividad eléctrica es aceptada como una prueba de vigor, (Delouche 2002). Midiendo la cantidad de electrolitos liberados en el exudado de 24 h de remojo (ds/cm) (Gráfico 2). Se pudo establecer un mayor deterioro en semilla de mayor grado de manchado y mayor tiempo de almacenamiento.

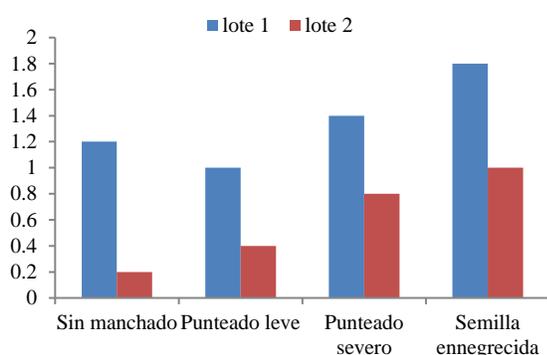


Gráfico 2 Conductividad eléctrica de lixiviado de semilla por grado de manchado (ds/cm) (20h)

Se identificaron: *Trichothecium* sp. A pesar de ser considerado como hongo saprofito se ha encontrado que bajo condiciones favorables, es capaz de invadir tejido de la semilla y matar las plántulas de algunas especies de pinos. Es uno de los hongos causantes de damping off en plántulas de *Pinus oocarpa*, se encontró además *Fusarium* spp. Estas especies son causantes de deterioro de semillas, debilitamiento y muerte de plántulas. La presencia de micelio de estos hongos puede contribuir a su dispersión; considerando que la semilla es el vector más eficiente de diseminación de patógenos, y éstos tienen la capacidad de hospedarse sobre las cubiertas, o en estructuras internas, es por ello que un análisis del estado sanitario, con el fin de establecer medidas de manejo preventivas. (Figura 4)

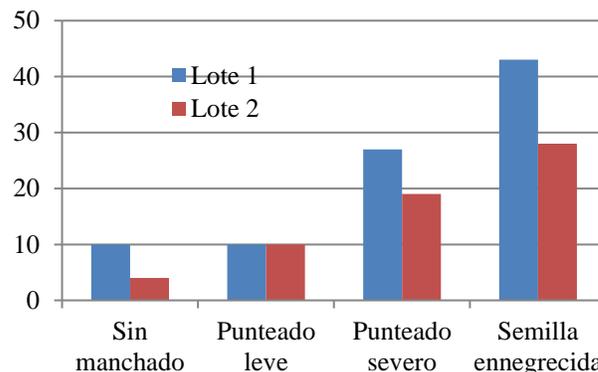


Gráfico 3 Número de semillas infestadas con micelio

La testa, al estar en contacto permanente con el ambiente, puede ser contaminada con hongos de diversos tipos que pueden consumir la cubierta protectora, penetrar en el embrión y pudrir los cotiledones, (Arango, 2008).

De acuerdo a los resultados obtenidos, es posible asociar el grado de manchado de semilla con el vigor medido a través de la pérdida de solutos celulares, su comportamiento fisiológico y la presencia de malformaciones o daño físico en estructuras esenciales de semilla. Es importante señalar que otro factor relacionado con coloración son algunos compuestos químicos que no se analizaron en el presente estudio.

Al respecto, Miniño *et al.*, (2014) señalan que la cantidad y distribución de flavonoides puede afectar el color de la cubierta de *Pinus occidentalis*. Así, las semillas negras pueden tener mayores concentraciones de estas sustancias, que ocasionan disminución en la germinación.

Agradecimiento

Al Banco de Germoplasma “El Centinela” por facilitar la semilla utilizada.

Conclusiones

El vaneó y la sanidad de semilla de *P. douglasiana* está vinculado al grado de manchado. Los hongos asociados al manchado de semilla en *Pinus douglasiana* fueron *Fusarium* spp. Y *Trichothecium* sp. Ambos relacionados con damping off. Se establece la necesidad de realizar análisis fitosanitarios en lotes de semilla, Esta medida permitirá establecer criterios de clasificación, así como la identificación de patógenos y poner en marcha medidas preventivas.

Referencias

- Bradford, K.J. 2004. Seed Production and Quality. University of California. Davis, USA.
- Delouche, J.C. 2002. Germinación, deterioro y vigor de semillas. Seed News. vol. 6 núm. 6. Extraída Mayo 26 2016 en: <http://www.seednews.inf.br/>.
- Farjon, A., Pérez-de la Rosa, J. y Styles, B. T. 1997. Guía de campo de los pinos de México y Centroamérica. Oxford Forestry Institute..
- Gernandt, David S.; Pérez-de la Rosa, Jorge A. Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México *Mexicana de Biodiversidad*, vol. 85, 2014, pp. 126-133.
- ISTA. 2004. Chapter 6: Tetrazolium test. In: International Rules for Seed testing. *Seed Science and Technology*. pp. 6-10.
- Miniño M, V. A.; Paño P. O.; Rodríguez de Francisco, L. E.; León, Y.; Paulino, L. 2014. Caracterización de la morfología de la semilla de *Pinus occidentalis* Swartz. *Ciencia y Sociedad* vol. 39, núm. 4, pp. 777-801.
- Munsell, C. 2008. Munsell soil color chart. United States Department of Agriculture, Kollmorgen, Maryland.

Control del riego en línea y tiempo real del aguacatero y eficiencia del uso del agua

TAPIA-VARGAS, Luis Mario*†, LARIOS-GUZMÁN, Antonio, HERNÁNDEZ-PÉREZ, Anselmo y VIDALES-FERNANDEZ, Ignacio

Recibido Febrero 02, 2016; Aceptado Marzo 30, 2016

Resumen

El cambio climático en la zona aguacatera de Michoacán es una realidad evidente, las huertas de temporal ahora requieren riego para mantener productividad aceptable. El riego y fertiriego en aguacate se aplica en unas 50,000 ha con diferentes niveles de tecnificación desde el riego localizado de baja presión y caudal, hasta el riego con manguera de alto caudal y baja eficiencia. El objetivo de este trabajo fue controlar la aplicación del riego en línea y tiempo real en relación con el contenido de humedad del suelo y la eficiencia del uso del agua. El experimento se estableció en San Juan Nuevo Mich., en la localidad de El Rosario en una huerta joven de 9 años de edad plantada en marco real de 8 x 8 m. Los tratamientos de estudio fueron 1. Control del riego (CR) con sensores de humedad del suelo FDR (Frequency Domain Reflectometry) 2. Testigo del productor (T), riego cada 8-15 días. Ambos tratamientos fueron aplicados a 10 árboles durante el ciclo de riego Diciembre 2012-Junio 2014, con un microaspersor de 55 LPH. Sendos tratamientos contaron con sensores FDR para monitoreo de humedad del suelo. Se registró la evapotranspiración de referencia (ET_o), lluvia (R), lámina de riego aplicada (L_r) y contenido de agua del suelo (HS). Mediante el balance de humedad se calculó la evapotranspiración real del cultivo (ET_a) y la eficiencia del uso del agua (EUA). Los resultados indican que se pudo efectuar el riego en base a la información en línea de la humedad del suelo y determinar que CR obtuvo una ET_a= 568mm (±9.1), mientras T obtuvo 553.8mm (±17.8). La EUA fue de 97.1% para CR y 94.8% para T, lo que indica una mayor eficiencia de uso de agua en relación con el manejo del productor.

Manejo de agua, sensores FDR, riego

Citación: TAPIA-VARGAS, Luis Mario, LARIOS-GUZMÁN, Antonio, HERNÁNDEZ-PÉREZ, Anselmo y VIDALES-FERNANDEZ, Ignacio. Control del riego en línea y tiempo real del aguacatero y eficiencia del uso del agua. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias. 2016, 3-6: 11-18.

Abstract

Climatic change in avocado region of Michoacan is an evident truth, currently rainfed orchards require irrigation to maintain an acceptable yield. 50,000 ha of avocado are under irrigation and fertigation with different technological levels from low pressure located irrigation to high volume pipe irrigation and lower efficiency. The aim of this paper was to control the water application on line and actual time in relation with soil moisture content and the water use efficiency. The experiment was established in San Juan Nuevo, Mich., at the region of El Rosario in a young orchard aged nine years square planting 8 x 8 m. Studied treatments were 1. Irrigation control (CR) with FDR (Frequency Domain Reflectometry) soil moisture sensors; 2. Farmer water management (T), every 8-15 days. Both treatments were performed to 10 trees during irrigation cycle from December of 2012 to June of 2013, with micro-sprinkler of 55 LPH. Both treatments had FDR sensors to soil water measurement. Data registered was reference evapotranspiration (ET_o), rainfall (R), irrigation depth (L_r) and soil water content (HS). Water balance method was performed to calculate actual evapotranspiration (ET_a) and water use efficiency (EUA). Results indicated that irrigation could be completed based on line soil moisture information measuring that CR got ET_a= 568 mm (±9.1), while T got 553.8 mm (±17.8). EUA was 97.1% to CR and 94.8% to T, which indicate that CR got higher water use efficiency than producer water management.

Water management, FDR sensors, irrigation.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: tapia.luisuario@inifap.gob.mx)

† Investigador contribuyente como primer autor.

Introducción

El cambio climático en la zona aguacatera de Michoacán que abarca unas 130,000 ha sembradas, es una realidad manifiesta.

La temperatura media sólo se ha incrementado en 0.8 °C, pero actualmente las lluvias son más abundantes, más intensas, de menor duración y con reducción del número de días de lluvia, lo más grave es que la evapotranspiración de referencia (ET_o), ha aumentado 200 mm de manera anual (Tapia et al., 2011), esto propicia que las zonas donde se producía aguacate en condiciones de temporal, como la mayor parte de la porción sur del eje neovolcánico, ahora se requiere aplicar riegos de auxilio para no defoliar al árbol y producir fruto de bajo peso y tamaño reducido.

La alta demanda de fruto por los mercados de consumo, ha ocasionado que el cultivo del frutal sea atractivo y que nuevas áreas en el Eje Neovolcánico y Sierra Madre del Sur se estén abriendo a este cultivo.

Algunas de estas superficies no son áreas ecológicamente óptimas para el cultivo del aguacate (Ruiz et al., 1999), lo que propicia incursionar en climas en donde se desconoce el comportamiento del cultivo, sus diferentes requerimientos de agua de acuerdo al clima y su producción y calidad del fruto (Stanford, 2002), ello a pesar que el cultivo tiene capacidad para desarrollarse hasta en 11 tipos de clima diferentes en Michoacán (Gutiérrez et al., 2010).

La Asociación de Productores Empacadores y Exportadores de Aguacate (APEAM, 2013), ha implementado un sistema en línea:

www.apeam.com/estacionesdeclima/eva potranspiración, el cual ofrece información de las necesidades de agua del cultivo (ET_o), de manera diaria o semanal, basada en datos climáticos tomados en tiempo pasado como temperatura, humedad relativa, radiación solar y humedad del viento, lo cual es un método que ha probado su efectividad, pero que requiere coeficientes de cultivo para su optimización (Tijerina, 1999).

La medición de humedad del suelo ha sido relevante para optimizar el uso del agua, por lo que diversos métodos de medición se han implementado en campo, desde medición discreta (Abrisqueta et al., 2011), hasta medición continua en línea (Mouazen et al., 2005), para áreas extensas (Preston y McBride, 2004), o a nivel de una planta (Mounzer et al., 2008). Actualmente, la evaluación y seguimiento en línea y en tiempo real de la humedad del suelo es un método que incrementa la eficiencia del uso del agua, reduce las pérdidas por percolación, la fuga de nutrientes (Vera et al., 2009), pero requiere una alta inversión en el equipo tecnológico, no obstante, a corto plazo, se prevé una reducción de 90% en los costos de la tecnología en tres años (Wang et al., 2006). La importancia del aguacate en Michoacán y la escasez de agua para riego en la franja aguacatera ha propiciado el crecimiento de superficie con riego localizado, al grado que se tienen unas 35,000 ha, siendo la zona de mayor superficie en el estado (Tapia et al., 2006), sin embargo, no se conoce como afecta el manejo del riego localizado en la disponibilidad y consumo de agua del suelo y sus implicaciones en la eficiencia del uso de agua y las pérdidas por lixiviación. El objetivo de este trabajo fue controlar la aplicación del riego en línea y tiempo real en relación con el contenido de humedad del suelo y la eficiencia del uso del agua.

Metodología a desarrollar

El trabajo se realizó en una huerta de aguacate de nueve años de edad, ubicada en la región de El Rosario (2150 m snm), en Nuevo San Juan Parangaricutiro.

El tipo de clima de esta localidad es de acuerdo a Gutiérrez et al., (2010): C(m)(w2), templado húmedo, el más húmedo de la franja aguacatera y su suelo corresponde a un Ustand (andisol ústico) (Alcalá et al., 2002).

El suelo presenta una profundidad de 1.2 m, pH=6.6 (1:2 en agua medido con pH meter Horiba® modelo B-213), capacidad de campo= 19.5% y una salinidad de 0.645 mS m⁻¹ (1:2 en agua medido con conductivímetro Horiba® modelo B-173).

El agua de riego presenta un pH= 6.8, salinidad de 0.354 mS m⁻¹ (ambas medidas con los equipos citados antes señalados), la temperatura del agua es de 17°C, proveniente del manantial “El Kurcuví”.

El experimento se estableció en San Juan Nuevo Mich., en la localidad de El Rosario en una huerta joven de 9 años de edad plantada en marco real de 8 x 8 m.

Los tratamientos de estudio fueron (1) Control y monitoreo del riego (CR), con sensores de humedad del suelo FDR (Frequency Domain Reflectometry), efectuando el riego sin permitir que la humedad del suelo descienda por debajo del 60% de la humedad aprovechable en la capa 0-30 cm superior del suelo y tampoco que haya pérdidas de agua fuera del alcance radicular no más de 60 cm de profundidad 2. Testigo del productor (T), riego cada 8-15 días de acuerdo al manejo que el productor lo hace. Ambos tratamientos fueron aplicados a 10 árboles durante el ciclo de riego Diciembre 2012-Junio 2014, con un microaspersor de 55 LPH.

Sendos tratamientos contaron con equipo electrónico iMetos® y sensores de humedad del suelo tipo FDR (Frequency Domain Reflectometry), conectados a una estación hidrológica en línea y tiempo real mediante un chip de 10 Mb y alojado vía WEB en el portal www.fieldclimate.com.

Los datos registrados fueron: la evapotranspiración de referencia (ET_o), lluvia (R), lámina de riego aplicada (L_r) y contenido de agua del suelo (HS). Mediante el balance de humedad (Vera et al., 2009), se calculó la evapotranspiración real del cultivo (ET_a) (Allen et al., 2006) y la eficiencia del uso del agua (EUA) evaluada como la relación ET_a y L_r (Tijerina, 1999).

Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se presentan los resultados de las láminas de riego (L_r) (mm) aplicadas en el aguacate durante el transcurso del experimento desde Octubre de 2012 a Junio de 2013. Como se aprecia, los valores totales son semejantes con 530.1 mm para el tratamiento CR, mientras que el manejo del productor (T), aplicó una lámina de 560.2 mm. También se observa que ambos tratamientos superan la demanda evapotranspirativa (ET_o) del medio ambiente la cual es de 450.1 mm, esta demanda fue calculada con la metodología de Penman, que se basa en los datos climáticos evaluados por la estación hidrológica (Vera et al., 2009), es interesante que los dos tipos de manejo de agua produzcan láminas de riego superiores a ET_o, pues hay evidencias documentadas que el aguacate tiene requerimientos de riego inferiores a la ET_o (García, 2003). Esto podría abrir paso a que el aguacate puede presentar una más alta demanda de agua, que la ET_o lo cual puede romper la creencia generalizada acerca del consumo de agua del cultivo y acarrear problemas de abasto de agua en la región.

Mes	Tratamiento	Testigo (mm)	ETo (mm)
	Riego controlado (mm)		
Octubre	0.0	0.0	54.7
Nov	0.0	0.0	44.5
Dic	22.5	35.0	45.7
Enero	35.0	35.0	43.9
Febrero	125.0	140.1	53.6
Marzo	85.0	105.0	57.2
Abril	160.0	140.1	60.1
Mayo	80.0	70.0	54.1
Junio	22.5	35.0	36.3
Total	530.1	560.2	450.1

Tabla 1 Lámina de agua aplicada en aguacate en dos tratamientos de riego en Michoacán y evapotranspiración de referencia local (ETo)

Los consumos de agua o evapotranspiración actual (ETa) del aguacate, en cada mes estudiado (Tabla 2), muestra las láminas de agua (mm), extraídas por el cultivo en cada profundidad del suelo y en el tiempo de estudio. Se observa que ambos tipos de manejo del agua, riego controlado en línea (RC) y manejo del productor (T), presentan similares consumos de agua con 568.8 (± 9.1) para RC y 553.8 (± 17.8) para T. Esto indica que el sistema de manejo actual del productor de efectuar el riego cada 8-15 días presenta un buen aprovisionamiento de agua en la zona radicular del cultivo por lo que el aguacate no tendría problemas de estrés hídrico con este tipo de manejo. Las cantidades obtenidas de ETa en ambos tipos de manejo (Tabla 2), superan el valor de ETo (Tabla 1) de 450 mm, esto indica que el aguacate es un cultivo que a mayor disponibilidad de agua, tiene un consumo más alto, que supera fácilmente los valores de 500 mm sugeridos para el cultivo, incluso supera el valor calculado para áreas más cálidas situadas entre 1200 y 1500 m de altura snm (Tapia et al., 2009), estos hallazgos salen de la opinión generalizada de que la tasa evapotranspirativa del aguacate está entre 50 y 60% de la ETo como fue mencionado por Fernández et al., (2005).

Es notable que en los dos tipos de manejo del agua, cuando aún no es requerido la aplicación del riego, al finalizar la etapa de lluvias en Octubre, ocurre el mayor consumo de agua con valores de 129.6 mm para RC y de 172.2 en T; estos valores son los más altos del ciclo de riego, ningún otro mes se acerca a estos valores. Esta situación puede deberse a que en Octubre las temperaturas todavía son altas y la última fase de crecimiento de fruto próximo a cosecha, demande una gran cantidad de agua, esto es fácil de comprobar si se observa la ETo de Octubre 54.7 mm y la de Mayo 54.1 mm (Tabla 1), Mayo se distingue por ser el mes más cálido en la región, por lo que si en Octubre hay una alta demanda evapotranspirativa y converge con una alta disponibilidad de humedad del suelo, producida por la finalización de la temporada de lluvias, se produce una alta ETa, como fue encontrado en esta trabajo.

Profundidad del suelo (cm)	Evapotranspiración actual mensual (mm)									
	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Ab.	May.	Jun.	Total
Riego controlado										
0-30	33.4	15.6	48.9	20.1	26.1	23.4	23.4	27.0	8.4	246.3
30-60	25.5	11.7	14.7	18	31.2	15.6	27.3	26.4	23.4	193.8
60-90	30.7	33.0	4.5	4.2	10.5	14.1	7.8	1.8	2.1	128.7
Total	129.6	60.3	68.1	42.3	67.8	53.1	58.5	55.2	33.9	568.8 (± 9.1)
Testigo										
0-30	71.7	35.1	95.1	14.7	8.7	16.8	23.7	19.5	10.8	296.1
30-60	99.3	10.8	9.9	5.4	8.4	38.7	27.6	6.6	0.9	207.6
60-90	1.2	6.6	18.6	1.5	6.3	6.9	6.6	2.1	0.3	50.1
Total	172.2	52.5	123.6	21.6	23.4	62.4	57.9	28.2	12	553.8 (± 17.8)

Tabla 2 Evapotranspiración actual (mm) mensual del cultivo del aguacate en Michoacán en dos esquemas de manejo de riego

Por otra parte, se observa que en ambos tratamientos evaluados, debe haber una alta variabilidad en el contenido del agua del suelo, pues prácticamente ningún mes, excepto abril, arroja valores semejantes de ETa, sin embargo, al analizar la ETa total o suma de todos los meses estudiados, la semejanza es notoria ya que ambos valores de 568.8 mm en Cr y de 553.8 mm en T, son estadísticamente iguales (Tabla 2), esto ocurrió a pesar de que, excepto Enero, en los meses que se aplicó riego, las láminas aplicadas fueron distintas (Tabla 1).

Es conveniente mencionar por su importancia que la capa 0-30 cm fue la que más contribuyó a la ETa del aguacate con valores de 246.3 para CR y de 296.1 para T. Estos valores son superiores a las otras dos profundidades de suelo estudiadas y se observa claramente que a medida que se avanza en profundidad del suelo, el aguacate tiende a tener un consumo de agua más reducido, esto es explicable pues las raíces del aguacate son muy superficiales y su mayor abundancia ocurre en la capa más superficial del suelo como fue demostrado por Jaramillo (2012), quien refiere que la mayor cantidad de raíces de aguacate está en los primeros 20 cm aunque el suelo tenga alta profundidad. No obstante a pesar de una tasa reducida, se observa que el aguacate obtiene agua, a capas profundas del suelo, en este caso hasta 90 cm de profundidad. Los Gráficos 1 y 2 presentan la información del contenido de humedad del suelo en ambos tratamientos de manejo de agua del suelo, también se presenta la información de la lluvia registrada en el transcurso del trabajo. Se aprecia que fue un ciclo con una apreciable cantidad de lluvia, las más copiosas fueron Octubre (81.8 mm), Noviembre (113.1 mm) y Enero (48.8 mm), el resto de los meses las lluvias fueron bajas, excepto junio con 190.6 mm (Gráfico 1).

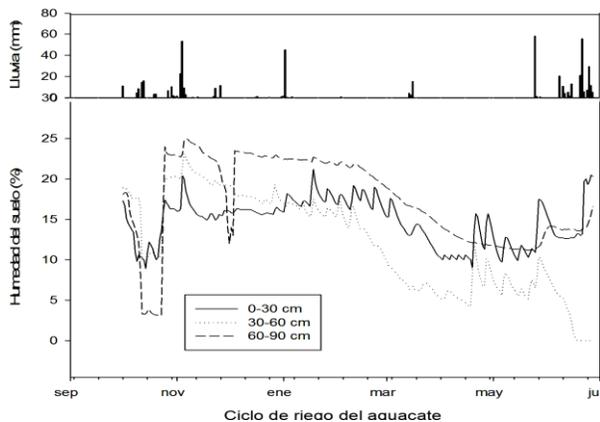


Gráfico 1 Contenido de agua (%) en el suelo, bajo el esquema de riego controlado en línea y tiempo real (CR), durante el ciclo de riego de aguacate

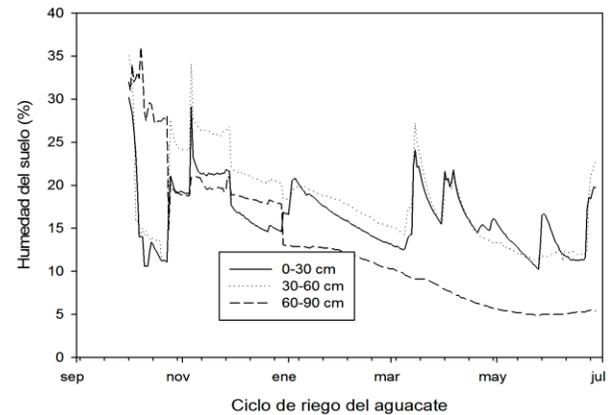


Gráfico 2 Contenido de agua (%) en el suelo, bajo el esquema de riego del productor, durante el ciclo de riego de aguacate

Por este motivo, la dinámica de la humedad del suelo fue muy irregular y se observó poca relación entre el agua aplicada (L_r) y la humedad del suelo (H_S), sobretodo en la profundidad 0-30 cm cuya curva debería reflejar la aplicación de riego. Sin embargo, a partir de Enero, las aplicaciones de agua de riego se reflejan en los incrementos sucesivos de H_S en los estratos 0-30 y 30-60 cm, esta situación se mantiene hasta marzo, después hay una caída de H_S (10%) en la capa 0-30 y H_S en 5% en la capa 30-60 cm, en Abril. Fue hasta el mes de Mayo que se pudo incrementar H_S con los riegos (Gráfico 1).

Esta situación puede explicarse porque son meses de alto consumo de agua ya que si se observa la ETa (Tabla 2), del cultivo en esos dos meses y la ETo (Tabla 1) en los mismos dos meses, se aprecia que hay una coincidencia idéntica en los valores, por lo que al efectuar el riego por encima de ETo, el aguacate lo tomaba inmediatamente, sin permitir un incremento de H_S en los dos estratos. Mounzer et al., (2008), explican que hay un efecto de re-distribución de agua en el suelo y un tiempo de retraso que los sensores FDR no alcanzan a detectar y aunque suba el contenido de H_S , por ese efecto no se refleja en el valor de H_S final que es desplegado.

Por otra parte, si se optaba por incrementar Lr, se podría caer en el riesgo de perder agua a estratos profundos, como se aprecia en un ligero incremento de HS en el estrato 60-90 en Marzo, esto acarrea pérdidas por lixiviación fuera del alcance radicular por lo que se optó por no aumentar Lr.

Con respecto al contenido de agua del suelo en el manejo de agua del productor (T), en el Gráfico 2 se observa la dinámica del contenido de agua del suelo. Lr inició también en Diciembre al igual que CR pero con láminas más altas.

Esta mayor cantidad se refleja en los tres estratos de suelo por lo que se inician las pérdidas por lixiviación, posteriormente, a partir de enero el efecto de la aplicación del riego no se refleja en incrementos de HS, hasta la lluvia de Marzo, después de este evento, subsecuentes aplicaciones de agua en Abril y Mayo si se detectan en el incremento de HS en los estratos 030 y 30-60 cm. E

ste manejo de agua que el productor aplica, no produce pérdidas por lixiviación, aún cuando las Lr aplicadas sean mayores que en CR.

Los valores de HS tanto en CR como en T presentan niveles en que el cultivo del aguacate puede absorber agua, estos niveles fluctúan desde 33% hasta 5% de HS, esto contradice lo reportado por Cossio et al. (2008), quienes mencionan rangos de 98% hasta un mínimo de 65% de HS en aguacate sin riego, por el contrario, Priego y Rodríguez (1998), presentan rangos de humedad más bajos 25% en condiciones secas y 80% en condiciones húmedas.

De acuerdo a este trabajo en Michoacán el rango óptimo está entre 10-22% de HS, ya que por encima de 22% hay un efecto de redistribución más que de ETa, debido a la caída súbita del nivel de agua cuando alcanza valores por encima de 22%. Cabe notar que aún cuando en ambos tratamientos existió un riego equivalente o por encima de ETo, las pérdidas por lixiviación (Gráficos 1 y 2), fueron mínimas, Lr no alcanzó el estrato 60-90 cm la mayor parte del ciclo, este efecto es diferente al encontrado por Michelakis et al., (1993), quienes encontraron pérdidas de agua a pesar de aplicar solo 60 y 90% de ETo, es decir menos agua que la aplicada en este trabajo, esto refleja las condiciones ambientales idóneas para el aguacate en Michoacán, con respecto al suelo y el clima.

Conclusiones

La implementación de tecnología en línea y tiempo real para efectuar el riego en aguacate (CR), permitió aplicar el agua con mejor oportunidad y sin pérdidas fuera del alcance de las raíces, de mejor manera que el manejo que efectúa el productor (T) con contenidos de humedad del suelo más adecuados para el aguacate, se pudo evaluar que el consumo real de agua del cultivo (ETa), en el periodo Octubre-Junio, alcanza 568 mm (± 9.1) en CR y de 553.8mm (± 17.8) en T. El mejor control del riego también se reflejó en una mayor eficiencia de uso de agua (EUA) con 97.1% para CR contra 94.8% para T.

El aguacate a mayor disponibilidad de agua tiene relación directa con más alto valor de ETa incluso superior a la evapotranspiración de referencia (ETo).

Referencias

- Abrisqueta I., R. Quezada, J. Munguia, M. C. Ruiz, J.M. Abrisqueta, J. Vera. 2011. Nutrient concentration of peach-tree leaves under déficit irrigation. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 174(6):871-873
- Alcalá J. M., C. A. Ortiz S., M. C. Gutiérrez C. 2002. Clasificación de suelos de la meseta Tarasca, Michoacán. *Terra* 19: 227-239.
- Allen R. G., L. S. Pereira, D. Raes, M. Smith 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. FAO Manual 56 Roma, Italia 300p.
- APEAM. 2013. Sistema de información meteorológica. www.apeamclima.org
- Avilán L., L. Meneses, R. Sucre. 1982. Distribución del sistema radical del aguacate (*Persea americana*) en suelos de origen aluvial de la región central del país. *Agronomía Tropical* 33(1):229-242
- Cossio L. E., S. Salazar, J. L. González, R. Medina. 2008. Fenología del aguacate Hass en el clima semicálido de Nayarit, México. *Revista Chapingo, Serie Horticultura* 14(3):319-324
- Fernández R. D., M. Martínez, C. A. Tavarez, R. Castillo, R. Salas. 2005. Estimación de las demandas de consumo de agua. SAGARPA Colegio de Postgraduados Montecillo, Mex. 33 p.
- García F. J. 2003. El cultivo del aguacate en la Costa del Mediterraneo. *Vida Rural* 125:58-62
- Gutiérrez M., B. N. Lara, H. Guillén, A. T. Chávez. 2010. Agroecología de la franja aguacatera en Michoacán, México. *Interciencia* 35(9):647-653
- Jaramillo C. A. 2012. Preparación del árbol de aguacate a la floración. Cuaderno de Campo núm. 6. CPT Ibagué, Tolima, Colombia 19 p.
- Michelakis N., E. Vougioucalou, G. Clapaki. 1993. Water use, wetted soil volume, root distribution and yield of avocado under drip irrigation. *Agricultural Water Management* 24(2): 119-131
- Mouazen A. M., J. D. Baerdermaker, H. Ramon. 2005. Towards development of on-line moisture content sensor using a fibre-type NIR spectrophotometer. *Soil and Tillage Research* 80(1-2):171-183
- Mounzer O. H., R. Mendoza, I. Abrisqueta, L. M. Tapia, J. M. Abrisqueta, J. Vera, M. C. Ruiz. 2008. Soil water content measured by FDR probes and thresholds for drip irrigation management in peach trees. *Agric. Téc. México* 34(3):313-322
- Preston G. M., R. A. McBride. 2004. Assessing the use of poplar tree systems as landfill evapotranspiration barrier with Shaw model. *Waste Management & Research* 22(4):291-305
- Priego B. A., J. L. Rodríguez. 1998. Respuesta de plantas de aguacate cv Hass bajo condiciones de sequía. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 2:191-198
- Ruiz C. A., G. Medina, C. Ortiz, R. Martínez, I. J. González, H. E. Flores, K. F. Byerly. 1999. Requerimientos agroecológicos de los cultivos. INIFAP. Guadalajara, Jal 324 p.
- Stanford L. 2002. Constructing "quality": The political economy of standards in Mexico's avocado industry. *Agriculture and Human Values* 19: 293-310.

Tapia V. L. M, A. Larios, J. Anguiano. 2009. Ambiente y fenología del aguacate. In: Tecnología para la producción de aguacate en México. 2ª. Edición. INIFAP. Uruapan, Mich. 36-53

Tapia L. M., A. Larios, J. J. Alcantar, J. Anguiano. 2006. Determine el programa de riego eficiente a aplicar en su huerta de aguacate. El Aguacatero 48:15-21

Tapia V. L. M., A. Larios, I. Vidales, M. E. Pedraza, V. L. Barradas. 2011. El cambio climatico en la zona aguacatera de Michoacan: analisis de la precipitacion y la temperatura a largo plazo. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol. Esp. (2):35-42

Tijerina C. L. 1999 Requerimientos hídricos de cultivos bajo sistemas de fertirrigación. Terra 17(3):237-246

Vera J., O. Mounzer, M. C. Ruiz, I. Abrisqueta, L. M. Tapia, J. M. Abrisqueta. 2009. Soil water balance trial involving capacitance and neutron probe measurements. Agric. Water Management. 96(6):905-911

Wang N., N. Zhang, and M. Wang. 2006. Wireless sensor in agricultura and food industry- Recent development and future perspective. Computers and Electronics in Agriculture 50(1):1-14

Efecto de las bajas temperaturas en las características fisicoquímicas del pulque (*Agave salmiana Xamini*)

ARROYO-CRUZ, Celerino† & REYNOSO-OCAMPO, Carlos Abraham

Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital

Recibido Enero 04, 2016; Aceptado Febrero 25, 2016

Resumen

El pulque, una bebida consumida por poblaciones indígenas y mestizas de muchas regiones del país, cuenta con una larga tradición desde tiempos prehispánicos. Se caracteriza por ser una bebida alcohólica, blanca, con olor fuerte y viscosa. Con el paso del tiempo la costumbre de tomar la "bebida de los dioses" se fue perdiendo drásticamente (Erlwein, 2009). De acuerdo a lo anterior y según la NMX-V-037-1972 el pulque es el líquido que se obtiene por fermentación alcohólica de aguamiel. Entre las variedades encontradas se seleccionó el maguey *Agave salmiana Xamini* por ser la de mayor rendimiento y la más adaptable a las condiciones climáticas de la región en 4 a 8 años (Erlwein, 2009). La metodología consistió en someter al pulque a diferentes temperaturas debajo de cero grados centígrados por un periodo de 16 horas, posteriormente se descongelaron las muestras después del tiempo propuesto realizando análisis comparándolo con el pulque fresco. Mediante la aplicación de un diseño experimental aleatorizado y utilizando la prueba estadística Chi cuadrada (X^2), con la finalidad de comprobar si existe diferencias significativas en cuanto a las características fisicoquímicas con respecto al tratamiento térmico del pulque (*Agave salmiana Xamini*). Se encontró que no existe diferencia significativa al aplicar los diferentes tratamientos térmicos..

Pulque, Agave

Abstract

Pulque, a beverage consumed by indigenous and mestizo populations in many regions of the country, has a long tradition since pre-Hispanic times. It is characterized for being an alcoholic, white, beverage and viscous strong odor. Over time the habit of taking the "drink of the gods" was drastically losing (Erlwein, 2009). According to the above and according to the NMX-V-037-1972 pulque it is the liquid obtained by alcoholic fermentation of mead. Among the varieties found the maguey *Agave salmiana Xamini* was selected to be the highest performing and most adaptable to the climatic conditions of the region in 4-8 years (Erlwein, 2009). The methodology consisted of subjecting the pulque at different temperatures below zero degrees Celsius for a period of 16 hours, the samples were subsequently thawed after time comparing it proposed making fresh pulque analysis. By applying randomized experimental design and statistics using Chi square test (X^2), in order to check whether there are significant differences in physicochemical characteristics with respect to heat treatment of pulque (*Agave salmiana Xamini*). It was found that there is no significant difference by applying different heat treatments.

Pulque, Agave

Citación: ARROYO-CRUZ, Celerino & REYNOSO-OCAMPO, Carlos Abraham. Efecto de las bajas temperaturas en las características fisicoquímicas del pulque (*Agave salmiana Xamini*). Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias. 2016, 3-6: 19-24.

*Correspondencia al autor (Correo Electrónico: carroyo@utvm.edu.mx)

† Investigador contribuyente como primer autor

Introducción

El pulque es una bebida tradicional Mexicana que se obtiene por la fermentación de la savia azucarada conocida como aguamiel, se caracteriza por ser una bebida alcohólica, blanca, con olor fuerte y viscosa, su proceso de obtención se lleva a cabo a través de una fermentación que da inicio en el maguey, donde se encuentran microorganismos autóctonos como levaduras, bacterias lácticas, bacterias productoras de etanol y bacterias productoras de exopolisacaridos. Estos microorganismos transforman de manera natural parte de los azúcares disponibles en aguamiel, sin embargo el proceso se acelera por la adición de un inóculo iniciador llamado semilla (una porción de pulque previamente producido).

A medida que pasa el tiempo se presentan cambios importantes como un incremento en el porcentaje de etanol y formación de exopolisacaridos como b-glucanos y dextranos; que generan un incremento en la viscosidad. (Hernández, 2002).

La caracterización del pulque es un tema complejo debido precisamente a que no es un solo microorganismo quien lo produce, sino que se ve afectado también por el tipo de maguey del cual proviene, la tierra donde se cultivo y el clima donde crece, además de la época de recolección y las practicas de inocuidad llevadas a cabo durante su proceso y fermentación.

El maguey pulquero o *Agave salmiana Xamini* es la especie de maguey más robusta y de mayor producción de aguamiel, sus hojas miden aproximadamente 2.5 m. De esta especie se obtiene el pulque, para ello antes de que se desarrolle el tallo foral se elimina este y se hace en su sitio una cavidad donde se almacena la savia, la cual por fermentación produce pulque (Flores, 2008).

El maguey pulquero (*Agave salmiana Xamini*) es una de las especies con mayor adaptación a la deficiencia del agua en el suelo, pudiendo subsistir hasta con 150 mm anuales y por periodos de hasta 9 meses prácticamente sin agua, aunque óptimamente prospera en precipitaciones medias anuales, desde los 335 hasta los 924 mm, el cultivo del grupo *salmiana Xamini* se desarrolla entre los 1200 a 2500 metros de altitud con lluvias de 360 a 1000 mm anuales (Hernández, 2002).

Se han encontrado pocos métodos de conservación del pulque, algunos de ellos son por pasteurización y por adición de alcohol. El primer método implica someter al pulque a temperaturas de pasteurización, con esta metodología se detiene la fermentación del mismo lo cual brinda la posibilidad de poder enlatarlo y así transportarlo a grandes distancias y mercados foráneos como son E.U.A. y Europa.

El segundo método descubierto en 1879 por Alfonso Herrera es adicionar alcohol desinfectado (aguardiente de caña al 85 %) logrando conservar pulque en barricas durante un año.

Cabe mencionar que no se conoce un método de conservación actual sobre el pulque que no sea por la adición o eliminación de alguna propiedad del mismo (Herrera, 1879).

Existen muchas técnicas para la conservación de alimentos, una de las más utilizadas es la Congelación, el fundamento de ésta se basa en la solidificación del agua durante el proceso, generando una alta concentración de sólidos solubles lo que provoca una baja en la cantidad de agua libre. La congelación es un medio excelente para mantener casi inalteradas durante un tiempo prolongado las características originales de alimentos perecederos.

Éste tipo de conservación radica en la disminución de la temperatura, generalmente entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, lo cual permite que las reacciones bioquímicas sean más lentas y además inhibe la actividad microbiana, generando el estado de latencia de ésta, lo que no significa que los microorganismos estén muertos. Durante el proceso se produce la solidificación del agua libre presente en el alimento, es decir, el agua contenida es transformada en hielo a una temperatura habitual de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, disminuyendo así la actividad de agua del sustrato. Bajo este contexto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de bajas temperaturas ($-3\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) como un medio de conservación sobre las características fisicoquímicas del pulque (*Agave salmiana Xamini*).

Materiales y métodos

Las muestras de pulque fueron colectadas en la localidad de Durango Daboxtha, municipio de Cardonal en el estado de Hidalgo, México. Dicho sitio se ubica en la zona centro de la entidad en la llamada zona otomí entre los $20^{\circ}37'$ latitud norte y los $99^{\circ}07'$ longitud oeste y a una altitud de 2048 m.s.n.m.

Los muestreos se realizaron en bolsas estériles de 500 mL tomando 50 mL de material líquido (pulque) correspondiente para cada uno de los análisis (pH, índice de refracción, °Brix, densidad, Acidez titulable, azúcares reductores, % de alcohol y viscosidad) cabe mencionar que para la prueba de viscosidad se utilizaron 500 mL. El tipo de agave que se seleccionó fue el *Agave salmiana Xamini* del cual se extrajo la materia prima (Aguamiel), para la elaboración del pulque. Posteriormente se realizaron los análisis en la cuarta etapa de fermentación denominada corrida, con un periodo de fermentación de 48 horas, esta es la etapa final y se comercializa en la zona. Las muestras se transportaron refrigeradas.

Tratamientos y evaluación fisicoquímica

Una vez obtenida la muestra, estas se sometieron a un tratamiento térmico a bajas temperaturas (-3° , -8° , -16° y -20°C) por un periodo de 16 horas. Una vez finalizado el periodo propuesto, se procedió a la descongelación de las muestras (a temperatura ambiente) y se llevaron a cabo los análisis antes mencionados. Las pruebas fisicoquímicas se realizaron bajo los siguientes métodos establecidos por la AOAC.

Prueba	Código o Norma
pH	945.10
Viscosidad	974.07
Acidez Total	950.07
Azúcares reductores	920.51
Ceniza	920.54
Densidad	920.50
°Brix	NMX-f-436-SCFI-2011
Índice de Refracción	NMX-f-436-SCFI-2011

Tabla 1 Códigos AOAC y/o normas para los análisis fisicoquímicos

Cabe mencionar que la determinación porcentual de alcohol se realizó preparando distintas diluciones (10%, 15% y 20%) de alcohol con el fin de comprobar si las lecturas coincidían con las concentraciones antes calculadas.

Lo anterior fue realizado con un alcoholímetro digital, siendo confiables los valores obtenidos del alcohol se procedió a efectuar este análisis en el pulque fresco y sometido a los diferentes tratamientos térmicos. Para el cálculo porcentual de alcohol se empleó la siguiente fórmula.

Diseño experimental

Los tratamientos fueron definidos con base a un diseño completamente al azar, con tres repeticiones por unidad.

El análisis de las respuestas contemplo un análisis de varianza, con una prueba estadística χ^2 (Chi Cuadrada) para evaluar si existía diferencia significativa entre el pulque fresco y sometido a los diferentes tratamientos térmicos.

Planteando las siguientes hipótesis:

H_0 : No existe efecto de los diferentes tratamientos térmicos en las características fisicoquímicas del pulque.

H_1 : Existen cambios significativos al utilizar diferentes tratamientos térmicos sobre las características fisicoquímicas del pulque.

Para este diseño se utilizaron los siguientes valores:

$$\alpha = 0.05 \quad X^2_t = 4.35$$

Una vez realizados los cálculos se estableció si existe diferencia significativa entre el pulque fresco y el pulque sometido a los diferentes tratamientos térmicos.

Procedimiento para determinar χ^2 (Chi cuadrada).

Formulas:

$$X^2_c = \sum(O_i - E_i)^2 / E_i \quad (1)$$

$$E_i = P_i * \sum O_i \quad (2)$$

$$P_i = n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 = 1 \quad (3)$$

$$P_i: 1 / 5 = 0.20 \quad (4)$$

$$gl: k - 1 = 5 - 1 = 4 \quad (5)$$

$$E_i: (19.53) (0.20) = 3.906 \quad (6)$$

$$\chi^2: \sum (3.91 - 3.906)^2 + (3.87 - 3.906)^2 + (3.82 - 3.906)^2 + (3.96 - 3.906)^2 + (3.97 - 3.906)^2 \quad (7)$$

$$\chi^2: 0.0157 / 3.906 \quad (8)$$

$$\chi^2: 0.0127 \quad (9)$$

El ejemplo anterior fue para el pH; sin embargo, se siguió el mismo tratamiento matemático para cada prueba.

Resultados y discusión

Parámetro	Límite permisible (OMMVA-017-1972)		Temperatura	Pulque con tratamiento térmico					Producto Comercial (Pulque Pasteurizado)
	Mínimo	Máximo		20°C	-3°C	-8°C	-16°C	-20°C	
pH	3.7	4.300	4.310	3.910	3.700	3.820	3.960	3.970	3.400
Índice de Refracción (20°C)	1.319	1.3406	1.340	1.340	1.340	1.340	1.340	1.340	1.340
Brix (°Bx)			1.500	7.500	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Densidad (g/mL)	1.0123	1.0148	1.0149	1.0142	1.0142	1.0142	1.0142	1.0142	1.0178
Acidez Titulable (%)	0.40	0.7100	1.430	0.4788	0.4488	0.4344	0.5052	0.5040	0.118
Azúcares reductores (g/100g)	0.3000	0.5000	0.3300	0.1466	0.1561	0.1802	0.2342	0.2492	4.0154
% de alcohol	0	0	10.2	10.6	10.6	10.6	10.6	10.6	10.2
Viscosidad (Kg/m*s)	-	-	-	0.001432	0.001432	0.001420	0.001400	0.001400	0.00143

Tabla 2 Cuadro comparativo de las características fisicoquímicas del pulque (*Agave Salmiana Xamini*) sometido a diferentes tratamientos térmicos

En la tabla 2, se muestra en forma resumida los valores promedio obtenidos durante la investigación como resultado de someter muestras de pulque a diferentes condiciones de temperaturas, en esta tabla se puede observar los límites permisibles que establece la norma para las principales características fisicoquímicas del pulque así como el comparativo que se hace con un producto comercial envasado y sometido a un tratamiento de pasteurización.

Parámetro	Tratamientos				
	20°C	-3°C	-8°C	-16°C	-20°C
pH	3.9100 ^a	3.8700 ^a	3.8200 ^a	3.9600 ^a	3.9700 ^a
Índice de Refracción (20°C)	1.3400 ^a	1.3400 ^a	1.3400 ^a	1.3400 ^a	1.3400 ^a
°Brix (°Bx)	7.5000 ^a	5.0000 ^a	5.0000 ^a	5.0000 ^a	5.0000 ^a
Densidad (g/mL)	1.0142 ^a	1.0142 ^a	1.0142 ^a	1.0142 ^a	1.0142 ^a
Acidez Titulable (%)	0.4788 ^a	0.4488 ^a	0.4344 ^a	0.5052 ^a	0.5040 ^a
Azúcares reductores (%)	0.1466 ^a	0.1561 ^a	0.1802 ^a	0.2342 ^a	0.2492 ^a
% de alcohol	10.69 ^a	10.68 ^a	10.67 ^a	10.69 ^a	10.69 ^a
Viscosidad (Kg/m*s)	0.001432 ^a	0.001432 ^a	0.001420 ^a	0.001400 ^a	0.00140 ^a

Tabla 3 Resultado de la tabla ANOVA para los diferentes tratamientos térmicos sobre las características fisicoquímicas del pulque (*Agave salmiana Xamini*) *Medias seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05)

Mediante la aplicación de un diseño experimental y utilizando una prueba estadística Chi cuadrada (χ^2), con la finalidad de comprobar si existe una diferencia significativa en cuanto a las características fisicoquímicas del pulque (*Agave salmiana Xamini*).

Se encontró que no existe diferencia significativa al aplicar los diferentes tratamientos térmicos, es decir, ninguna de las propiedades fisicoquímicas antes mencionadas resultaron afectadas estadísticamente.

Debido a la presencia del grupo aldehído y cetona, los monosacáridos son compuestos reductores y presentan cierta reactividad química ante álcalis, ácidos, altas temperaturas y oxidantes (Badui, 2013). Sin embargo, los resultados obtenidos para el parámetro de azúcares reductores en pulque indican que las bajas temperaturas no producen cambios o reacciones químicas que pudieran alterar su concentración.

Se encontró que el porcentaje de alcohol del pulque sometido a tratamiento térmico oscila entre 10.67-10.69 %.

Cervantes, 2008 menciona que el pulque posee cuatro etapas de fermentación: aguamiel, semilla, contrapunta y corrida esta última con un porcentaje de alcohol de 10.35, el pulque utilizado para esta prueba se encontraba en esta última de fermentación esto debido a que los valores obtenidos son similares a los generados mediante una prueba de espectrofotometría.

De igual manera se realizó una comparación del pulque sometido a los diferentes tratamientos térmicos y pulque pasteurizado (Llanos de Apan) que actualmente se encuentra en el mercado. Se encontró que en parámetros como la densidad, acidez titulable, y azúcares existen cambios significativo en comparación a los resultados obtenidos del pulque sometido a tratamiento térmico (congelación), esto es posible debido al proceso de calentamiento al que éste es sometido, lo cual hace que se concentre la cantidad de sólidos presentes en la bebida.

En cuanto a la densidad y azúcares reductores se encontró una mayor variación lo cual indica la adición de azúcares (fructuosa) u otros aditivos con la finalidad de suavizar su sabor. Cervantes, 2008 también hace mención que el contenido de azúcar y proteína va disminuyendo en función del tiempo de fermentación, sin embargo no llega a ser consumido en su totalidad es por esto que el pulque al final del proceso o etapa denominada como corrida tiene un ligero sabor dulce, contenido de proteína y etanol.

Conclusiones

En función de un diseño experimental y una prueba estadística de análisis de varianza (ANOVA) se compararon las cuatro pruebas de temperatura evaluadas en donde se encontró que de acuerdo a la hipótesis planteada no existe diferencia significativa.

Se determinó que las bajas temperaturas se pueden aplicar como medio de conservación ya que estas no afectan las características fisicoquímicas del pulque al ser sometido a los diferentes tratamientos térmicos (-3°C , -8°C , -16°C y -20°C).

Morales (2012), menciona que en cierta forma la calidad y el sabor de los alimentos congelados dependen del tamaño de los cristales de hielo que se generan durante el procesos de congelación, ya que entre más pequeños sean, menos alterará la estructura y sabor del alimento al congelarlo.

En función a las distintas pruebas estadísticas aplicadas y a los resultados obtenidos por cada evaluación se determina que las bajas temperaturas como medio de conservación no influyen en las características fisicoquímicas del pulque.

Es de notar que la congelación no es un método de conservación dirigido a reducir la carga microbiana de los alimentos, sino a preservar su condición, deteniendo el crecimiento bacteriano y reduciendo las reacciones bioquímicas.

La aplicación de bajas temperaturas permiten incrementar la vida útil del pulque sin afectar las características fisicoquímicas más importantes, por lo se considera que por tiempo y costos que implican someter esta bebida a un tratamiento térmico la temperatura idónea para la conservación del pulque es - 3°C esto en función de los resultados que arrojen futuras investigaciones y pruebas estadísticas.

Referencias

- Corona, D. P. (2006). El pulque, la cultura y la salud. Editorial SAGARPA. México.
- Díaz, C. A. C. (2008). Comportamiento de Salmonella, Listeria Monocytogenes, Escherichia Coli, Sthapylococcus aureus en el pulque y aguamiel. Tesis Químico en Alimentos, Universidad Autónoma de Hidalgo, México.
- Erlwein, S. (2009). Proceso de elaboración del pulque, su importancia económica y su concepción social en Apan, Hidalgo. Disponible en: <http://www.enah.edu.mx/publicaciones/documentos/32.pdf>. Fecha de consulta: 04 de diciembre 2015.
- Flores, M. A. (2006). Gestión de calidad de una miel obtenida a partir de aguamiel de maguey pulquero (Agave salmiana). Disponible en: [http://www.informatica.sip.ipn.mx/colmex/congresos/morelia/MEMORIAS%202006/TRABAJO S%20EN%20EXTENSO/E-426.pdf](http://www.informatica.sip.ipn.mx/colmex/congresos/morelia/MEMORIAS%202006/TRABAJO%20EN%20EXTENSO/E-426.pdf). Fecha de consulta: 04 de diciembre 2015.
- Friedrich, E. (2008). Propiedades del aguamiel y pulque de Ixmiquilpan: Cactus. Disponible en: <http://201.147.150.252:8080/jspui/bitstream/123456789/3169/1/Reporte%20de%20Investigaci%C3%B3n%202.pdf>. Fecha de consulta: 04 de diciembre 2015.
- Hernández, G. R. (2002). Inducción de enraizamiento en Agave Salimiana Xamini Otto con Agrobacterium rhizogenes y colonización de raíces transformadas por Glomus intraradices. Disponible en: http://digeset.ucof.mx/tesis_posgrado/Pdf/Guillermo%20Rodriguez%20Hernandez.pdf. Fecha de consulta: 04 de diciembre 2015.
- Herrera, A. (1879). Nuevo procedimiento para la conservación del pulque. Editorial Tip. Literaria de F. Mata. México.
- Juárez, B. A. (2014). El estado actual del Agave salmiana y A. mapisaga del Valle de México. Disponible en: [http://www.itvalleoxaca.edu.mx/posgradoitvo/RevistaPosgrado/docs/RMAE%20vol%201\(2\)2014/RMAE-2014-11%20Agave.pdf](http://www.itvalleoxaca.edu.mx/posgradoitvo/RevistaPosgrado/docs/RMAE%20vol%201(2)2014/RMAE-2014-11%20Agave.pdf). Fecha de consulta: 04 de diciembre 2015.
- Llamas, H. I. (1987). Producción y consumo de bebidas alcohólicas en México. Disponible en: http://www.izt.uam.mx/economiatiyp/numeros/numeros/01_BIS/articulos_PDF/1_6_B_Produccion.pdf. Fecha de consulta: 04 de diciembre 2015.

Mejoramiento genético de trigo en México

HORTELANO, René†, MARTÍNEZ, Eliel, VILLASEÑOR, Héctor E. y MORALES, Víctor

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle de México. Programa de Trigo. Universidad Tecnológica de Xicotepéc de Juárez, Puebla, Programa Educativo de Ingeniería en Procesos Alimentarios

Recibido Enero 14, 2016; Aceptado Marzo 28, 2016

Resumen

Se Integró y consolidó la red interinstitucional de mejoramiento genético de trigo en el país, que permitirá mayor eficiencia, intensificación sistemática y coordinada en ambientes contrastados de riego y temporal. Derivado de las evaluaciones de Viveros Nacionales de Selección y Ensayos Nacionales de Rendimiento se logró detectar líneas sobresalientes de trigo harinero de riego como BACOREHUIS F2015, CONATRIGO F2015, FONSEC F2016, FUERTEMAYO F2016 y NORESTE F2016, que están en proceso de registro y liberación. También fue posible ubicar líneas prometedoras de trigo cristalino que están en proceso de registro y liberación que tienen buena calidad industrial como CONASIST C2015, BAROBAMPO C2015, NORTEÑO C2016 y RIO BRAVO C2016. De las evaluaciones realizadas en condiciones de temporal en los Ensayos de Rendimiento de Trigo Harinero de Temporal, se logró detectar líneas sobresalientes en rendimiento, alta calidad panadera, con resistencia a royas, al complejo de enfermedades foliares y con buena adaptabilidad, como son DON CARLOS M2015, VALLES F2015, CIRCE F2016, LUCIA F2016 y TEXCOCO F2016, que en su conjunto forman el mosaico genético de variedades que los agricultores dispondrán para las siembras en cada zona productora. Así mismo, se logró obtener el catálogo de distribución y frecuencia de razas de roya amarilla en México.

Triticum aestivum, trigo de riego, trigo de temporal

Abstract

A genetic improvement network integrated by several Research institutions is one of the most important features of the INIFAP's Genetic Improvement Wheat Program. Since it enabled the establishment of The National Selection Wheat Nursery and The National Wheat Yield Trial, which include all the advanced lines of the wheat genetic programs in the country. Derived from the results of these evaluations outstanding lines of bread and durum wheats were detected. Out of these outstanding lines, varieties of irrigated bread wheat BACOREHUIS F2015, CONATRIGO F2015, FONSEC F2016, FUERTEMAYO F2016 and NORTEÑO F2016 are in the process of registration and release. For irrigated durum wheats identified lines are in the process of registration and release with good industrial quality as CONASIST C2015, BAROBAMPO C2015, NORTEÑO C2016 and RIO BRAVO C2016. Regarding rainfall bread wheat, out of the yield trials outstanding lines in grain yield, resistance to diseases, adaptability and end use quality are proposed to release as DON CARLOS M2015, VALLES F2015, CIRCE F2016, LUCIA F2016 and TEXCOCO F2016. These varieties will enhance the options for both bread and durum wheat production in the country. Likewise, it was possible to establish the distribution and frequency of yellow rust races in Mexico.

Triticum aestivum, wheat irrigation, rainfed wheat

Citación: HORTELANO, René, MARTÍNEZ, Eliel, VILLASEÑOR, Héctor E. y MORALES, Víctor. Mejoramiento genético de trigo en México. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias. 2016, 3-6: 25-31.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: hortelano.rene@inifap.gob.mx)

† Investigador contribuyente como primer autor.

Introducción

El mejoramiento genético de trigo en México ha sido altamente rentable desde sus inicios en los años 40's. El INIFAP, el CIMMYT y sus instituciones antecesoras (IIA, INIA y OEE) formaron variedades en México (Aquino *et al.*, 2009), con base en el trabajo conjunto y organizado a través de una red de evaluación de ensayos nacionales que fueron estratégicos para liberar variedades exitosas de los 60's (Borlaug, 1968 y 1969). Del 2011 al 2015 INIFAP, CIMMYT y el COLPOS integraron una red de evaluación de líneas para liberar variedades para riego y temporal. Esta red se integró dentro del proyecto: sistema de mejoramiento genético para generar variedades de trigo resistentes a royas de alto rendimiento y alta calidad para una producción sustentable en México.

En dicho proyecto se implementaron Viveros Nacionales de Selección de Trigo (VNST) y Ensayos Nacionales de Rendimiento de Trigo (ENRT), lo cual ha permitido liberar variedades que cumplen con los requerimientos de los productores y de la industria harinera.

El presente proyecto de investigación se propuso integrar los programas de mejoramiento de trigo de INIFAP (Noroeste-riego; Bajío-riego; Valles Altos-temporal), de CIMMYT y del COLPOS, para que con el desarrollo e intercambio de germoplasma e información se generen líneas uniformes. Las líneas generadas se evaluarán en los Viveros Nacionales de Selección y las más sobresalientes formarán los Ensayos Nacionales de Rendimiento. Con la participación de las disciplinas de fitopatología y fisiología del Colegio de Postgraduados y la Universidad Autónoma Chapingo, instituciones que implementaran estudios básicos y aplicados para entender mejor los problemas bióticos y abióticos limitantes de la producción nacional.

Se utilizaron herramientas convencionales y moleculares para efectuar una eficiente selección por caracteres bajo control genético que definen tolerancias a dichos factores y a parámetros de calidad. Se efectuó la evaluación de germoplasma segregante en diferentes condiciones de producción en localidades del Noroeste, Noreste, Valles Altos, El Bajío, la Sierra Tarasca y la Mixteca Oaxaqueña, buscando mayor presión de selección a enfermedades, que se seleccionaron por tolerancia al estrés térmico en localidades de trópico seco y por tolerancia a sequía en sitios de temporal deficiente del norte de México. Con estos antecedentes de la situación del trigo en México es que se plantearon los objetivos siguientes:

Integrar, fortalecer y consolidar una red interinstitucional de mejoramiento genético de trigo en México, que permita realizarlo en forma eficiente e intensificarlo de manera sistemática y coordinada, en ambientes contrastados de riego y temporal, para generar líneas que combinen tolerancia o resistencia a factores bióticos y abióticos, con alta productividad y con buena calidad industrial.

Establecer Viveros de Selección y Ensayos de Rendimiento bajo condiciones de riego durante el invierno y bajo condiciones de temporal durante el verano con el fin de evaluar líneas que superen a las variedades actualmente sembradas en las diferentes regiones productoras del país. Recolectar muestras de royas de la hoja y roya amarilla a nivel nacional en regiones productoras bajo riego y temporal para monitorear la distribución y frecuencia de razas fisiológicas e identificar fuentes de resistencia a royas y enfermedades foliares que ayuden a incrementar, a través de cruzamientos, el nivel de resistencia genética de las variedades testigo.

A través de evaluaciones de líneas provenientes de Kenya, en donde la roya del tallo raza Ug99 incide de manera natural, seleccionar genotipos con resistencia durable a esta enfermedad.

Marco Teórico

El trigo a nivel mundial ocupa el segundo lugar en producción después del maíz, donde alrededor del 75% del volumen de su producción se emplea de manera directa para consumo humano, el 15% para consumo animal y el resto se utiliza como semilla.

La producción y consumo de trigo ha variado a través del tiempo, ya que la producción ha sufrido altas y bajas mientras que el aumento en el consumo ha sido gradual y constante; por ejemplo, en 1980 se produjeron cerca de 400 millones de toneladas (MT), en 1989 se lograron producir 500 MT, 10 años después se cosecharon 600 MT, y para el 2015-16 la producción se estima cercana a 732 MT, volúmenes que prácticamente se han consumido como consecuencia del crecimiento de la población.

Una estrategia utilizada para enfrentar crisis emergentes en la producción mundial de trigo ha sido mantener inventarios de reserva altos, los mismos que durante los 80's y 90's fueron en promedio mayores a 170 MT; sin embargo, durante la presente década en promedio han sido de 140 MT; es decir, se tiene trigo almacenado solamente para surtir por tres meses la demanda de la población mundial, y se estima, de acuerdo con la tasa de crecimiento de la producción y del consumo, que para el 2020 se tendrá un déficit de 75 MT (USDA-FAS, 2008).

Proyecciones recientes estiman que los principales países productores en 2015-16 serán Unión Europea (21.6%), China (17.8%), India (11.8%), Rusia (8.3%) y Estados Unidos (7.6%). El rendimiento promedio a nivel mundial se incrementó durante las últimas décadas pasando de 1.26 t ha⁻¹ en los 60's, 1.68 t ha⁻¹ en los 70's, 2.14 t ha⁻¹ en los 80's, 2.55 t ha⁻¹ en los 90's a 2.75 t ha⁻¹ en la presente década. Durante el periodo 2000/07, en promedio, Nueva Zelanda ocupó el primer lugar en rendimiento de trigo (7.24 t ha⁻¹), le siguió Egipto (6.24 t ha⁻¹) y en tercer lugar México (5.12 t ha⁻¹) (USDA-FAS, 2008).

En México, el trigo representa el 21% del consumo de granos básico, ubicado en segundo lugar después del maíz, con un consumo per cápita por año de 52 kg y con un volumen de ventas en la industria que estará creciendo entre 1% y 2%. Sonora, Guanajuato, Baja California Norte concentraron el 86% de la superficie sembrada con trigo en el 2015 que fue de 600 mil hectáreas, destacando Sonora con el 51.4% del área. La producción proyectada para 2015-16 es de 3.6 MT (5.8 t ha⁻¹) Las regiones de Mexicali y Sur de Sonora producen aproximadamente el 55% del volumen nacional y consumen tan sólo el 12%; la principal zona consumidora de trigo en México es la región centro-sur que demanda casi el 60% del total de la molienda en México (SIAP, 2016).

Materiales y Métodos

Las introducciones de germoplasma de trigo harinero para riego y temporal, así como de trigos cristalinos o macarroneros, tuvieron relación de 85 y 15 %, respectivamente, de un total de 20 mil entradas, así como 200 materiales que se utilizaron como progenitores.

Tales materiales incluían generaciones segregantes F2- F6 y líneas uniformes F7-F8 provenientes de varios países, principalmente de Australia, Kenya, India y del banco de germoplasma del CIMMYT. Que fueron evaluados por resistencia a roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. tritici), roya de la hoja (*Puccinia triticina* E.), fusariosis (*Fusarium* sp.) y fuentes de resistencia a roya del tallo en trigo (*Puccinia graminis* f. sp. tritici). De tales entradas, en cada ciclo se realizaron selecciones correspondientes a cada generación de segregación, que se incluían solo algunas en los ensayos regionales y nacionales de cada ciclo.

Los Viveros de Selección y Ensayos de Rendimiento de Temporal y de Riego, se evaluaron durante los ciclos P-V y O-I, respectivamente. En verano los experimentos se establecieron en diferentes sitios de los estados que van desde Oaxaca hasta Chihuahua; mientras que en invierno se establecieron en varios sitios en estados desde Oaxaca hasta Baja California Norte considerando riego normal y riego limitado. En los Viveros Nacionales de Selección se probaron invariablemente 150 genotipos evaluados como serie sencilla de experimentos, sin repeticiones, entre líneas sobresalientes y testigo común intercalado cada 10 parcelas, tomando a la localidad como repetición (Martínez, 1986), seleccionando por caracteres agronómicos, fitopatológicos y de calidad industrial.

En los Ensayos Nacionales de Rendimiento se evaluarán 50 genotipos, de los cuales 11 fueron testigos y 39 líneas sobresalientes, establecidas bajo el diseño alfa látice con dos repeticiones (Martínez, 1986), mismas que fueron seleccionados por rendimiento, reacción a enfermedades, caracteres agronómicos y parámetros de calidad.

Se pretendió recopilar datos de hasta 120 evaluaciones en cuatro años, con lo cual definitivamente será posible, en coordinación con la Cadena Sistema Producto Trigo, concretar la liberación de variedades exitosas en corto tiempo.

Para el monitoreo, identificación, distribución y frecuencia de razas fisiológicas de royas de la hoja y amarilla, para conocer la dinámica de estas enfermedades y los genes requeridos para lograr su control genético (Singh et al., 2005), año tras año, durante los ciclos O-I y P-V se colectaron a nivel nacional muestras de hojas infectadas en siembras comerciales y en lotes experimentales; también se establecieron junto con los ensayos nacionales, viveros trampa para facilitar la identificación de razas (Singh et al., 2004). Las muestras recolectadas se procesaron en los invernaderos y laboratorios de CIMMYT e INIFAP para la identificación.

Con el desarrollo e intercambio de germoplasma e información se generaron líneas uniformes con la participación de las áreas de fitopatología y fisiología del Colegio de Postgraduados y la Universidad Autónoma Chapingo, llevando acabo estudios básicos y aplicados para entender mejor los problemas bióticos y abióticos limitantes de la producción nacional. Se efectuó la evaluación de germoplasma segregante en diferentes condiciones de producción en localidades del Noroeste, Noreste, Valles Altos, El Bajío, la Sierra Tarasca y la Mixteca Oaxaqueña, buscando mayor presión de selección a enfermedades (Villareal, 1995). Se seleccionaron por tolerancia al estrés térmico en localidades de trópico seco y por tolerancia a sequía en sitios de temporal deficiente del norte de México.

Resultados y Discusiones

Se logró involucrarán a más de 40 investigadores relacionados con la formación y liberación de variedades de trigo en México que en primera instancia, pasaron a formar parte de la base de datos del CONASIST; como segundo paso, estratégicamente se invitó a investigadores de otras instituciones para que se integraran a la base de datos formada, para promover mayor interacción y fortalecer aún más el mejoramiento genético, con lo que se logró el funcionamiento como una verdadera red, logrando que se adoptara como un proyecto de investigación dentro del CONASIST, lo que permitirá el financiamiento futuro de la investigación a través de aportaciones de los principales eslabones de la cadena (productores-industriales-panaderos) que movilizan al año cerca de 12 millones de toneladas de grano/harina.

De las líneas de trigo harinero evaluadas en el 13vo Ensayo Nacional de Trigo de Riego (13vo ENTRI), establecido en el ciclo O-I/2015-16, que mostraron altos rendimiento de grano por hectárea, resistencia a roya amarilla y de la hoja (Singh et al., 2004), por su adaptación a todas las zonas productoras de trigo de riego del país (Villaseñor y Espitia, 2000) y que están en proceso de registro y liberación como nuevas variedades destacan; BACOREHUIS F2015 y CONATRIGO F2015, así como las que serán liberadas en el presente año como son; FONSEC F2016, FUERTEMAYO F2016 y NORESTE F2016, que superaron a los mejores testigos en rendimiento de grano hasta en un 15%.

De las evaluaciones de líneas de trigo duro, cristalino o macarronero evaluadas en el 13vo Ensayo Nacional de Trigo de Riego, establecidas durante el ciclo O-I/2015-16, que se mostraron como superiores en rendimiento de grano por hectárea, producción de semolina con calidad que demanda la industria de las pastas, con resistencia a roya amarilla, roya de la hoja y adaptación a las zonas productoras del Noreste, Norte y Noroeste del país y que están en proceso de registro y liberación como nuevas variedades destacan; CONASIST C2015 y BAROBAMPO C2015, así como las que serán propuestas como nuevas variedades durante el presente año como son; NORTEÑO C2016 y RIO BRAVO C2016, cuyos rendimiento superaron a los mejores testigos hasta en un 10%.

De las evaluaciones realizadas bajo condiciones de temporal, donde las condiciones medioambientales son erráticas y más impredecibles (Villaseñor, 2000) durante los ciclos P-V desde el 2011, en los Ensayos de Rendimiento de Trigo Harinero de Temporal (ERTHT's), las líneas que fueron sobresalientes en rendimiento de grano por hectárea, con calidad panadera que demanda la industria de la panificación, con resistencia a roya amarilla, roya de la hoja y al complejo de enfermedades foliares y con adaptación a las zonas productoras de trigo de temporal, que están en proceso de registro y liberación como nuevas variedades destacan; DON CARLOS M2015 y VALLES F2015, así como las líneas que serán propuestas como nuevas variedades durante el presente año como son; CIRCE F2016, LUCIA F2016 y TEXCOCO F2016, que superaron en rendimiento de grano a los mejores testigos hasta en un 20%, dependiendo de las localidades y años (Villaseñor et al., 2007).

En los últimos años se ha trabajado más sobre el control genético de la roya amarilla, fusariosis y sobre el mejoramiento de la calidad. En roya amarilla Singh y Rajaram (1995) encontraron resistencia moderada en planta adulta en Pénjamo 62, Lerma Rojo 64 y Nacozari 76, atribuyendo esta resistencia al gen Yr18 que está estrechamente ligado al Lr34; Singh et al. (2000) identificaron el gen Yr28, mientras que William et al. (2003) identificaron el gen Yr29 que está ligado al Lr46, que al igual que el Yr18 y Yr28 confieren resistencia durable a la enfermedad.

En este aspecto, se logró actualizar el catálogo de las razas fisiológicas de roya de la hoja y roya amarilla que prevalecen en México, lo que permitirá identificar a las más importantes, hacer predicciones de futuras epifitias, determinar la presencia de nuevas razas y pronosticar la vida útil de las nuevas variedades.

Con dicha información se logró generar los paquetes tecnológicos actualizados referentes a la recomendación de las variedades más adecuadas para cada región productora del país, en donde se deben tener mosaicos genéticos formados con las variedades generadas a través de los resultados de la presente investigación y las variedades que liberadas por INIFAP, y que aún son recomendables en las diferentes regiones, como:

Kronstad F2004, Roelfs F2007 y Cirno C2008 para el Noroeste; Monarca F2007 y Norteña F2007 para el Norte; Bárcenas S2002, Urbina S2007 y Maya S2007 para el Bajío; y Nana F2007 y Altiplano F2007 para los Valles Altos.

Conclusiones

Se logró seleccionar seis líneas avanzadas que están en proceso de registro y liberación como nuevas variedades, que mostraron resistencia a roya amarilla, roya de la hoja, al complejo de enfermedades foliares y con la calidad panadeara y/o de sémola que demanda la industria.

Se eligieron tres nuevas líneas de trigo harinero para riego, dos de trigo macarronero y tres de trigo harinero para temporal, por sus características agronómicas, fitopatológicas y de calidad, que serán propuestas como candidatas a liberación en 2016.

Se cuenta con el catálogo de distribución de roya amarilla en México, así como la frecuencia y ubicación específica de las razas, nuevas y antiguas.

Referencias

- Aquino M. P., Peña R. J., Ortiz M. J. I(2009). Mexico y el CIMMYT. Publicación Especial del CIMMYT. 40 p.
- Borlaug N E .(1968). Wheat breeding and its impact on world food supply. In: Proceedings 3rd. Int. Wheat Genetics Symp. Finley K. W., W. Shephard (eds.). Canberra, Australia. pp 1-36.
- Borlaug N E . (1969). Mejoramiento de trigo, su impacto en el abastecimiento mundial de alimentos. Sobretiro No. 2. CIMMYT, El Batán, México. 40 pp.
- Martínez G., A. (1986). Diseños experimentales. Métodos y elementos de teoría. México, D.F., México, Trillas.

Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2016). Obtenido de la Red. www.siap.gob.mx. Febrero 2016.

Singh R. P., Nelson J. C., and Sorells M. E. (2000). Mapping Yr28 and others genes for resistance to stripe rust in wheat. *Crop Sci.* 40:1148-1155.

Singh R. P., Huerta E. J., and William H. M. (2005). Genetics and breeding for durable resistance to leaf and stripe rusts in wheat. *Turk J. Agric. For.* 29:121-127.

Singh R. P., Huerta E. J., Pfeiffer W., and Figueroa L. P. 2004. Occurrence and impact of a new leaf rust race on durum wheat in northwestern Mexico from 2001 to 2003. *Plant Dis.* 88:703-708.

Singh R. P. and Rajaram S. (1995). Genetics of adult plant resistance to stripe rust in ten spring bread wheats. *Euphytica* 72:1-7.

United States Department of Agriculture (USDA)–Foreign Agricultural Service (FAS) (2008). Market and trade data. Obtenido de la red. <http://www.fas.usda.gov/data.asp>. Marzo 2010

Evaluación de aislados nativos de *Trichoderma sp* para el control de hongos fitopatógenos del suelo en tomate

MARTÍNEZ-SCOTT, Marcia Maribel*†

Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra

Recibido Enero 18, 2016; Aceptado Marzo 24, 2016

Resumen

Este estudio consistió en la evaluación de 28 aislados de *Trichoderma sp* sobre *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum*, *Verticillium dahliae* y *Phymatotrichopsis omnivora* en tomate saladette en dos etapas: laboratorio e invernadero. En la primera se utilizó la técnica de cultivos duales. Durante la segunda etapa se desarrollaron cuatro experimentos, a) Inoculación a la semilla con *Trichoderma* a través de inmersión b) Inoculación al sustrato al momento de la siembra, c) Inoculación de arena de río para siembra directa y, d) Inoculación de cepellones de plántulas de tomate. Se usaron tres testigos: un fungicida comercial, agua destilada adicionando un patógeno y un testigo absoluto con agua destilada. Al segundo día de la evaluación *in vitro*, los patógenos de *R. solani* y *V. dahliae* detuvieron su crecimiento en las confrontaciones de los aislados T20, T21 y T23. El promedio total de inhibición de los cuatro patógenos fue de un 98 %. El primer contacto físico entre el antagonista y el patógeno se dio al cuarto día. Los aislados T2, T8, T9, T20, T21 T22, T23 y T24 iniciaron el proceso de parasitismo y degradaron el micelio del patógeno en un 100% al décimo día. En las pruebas de inoculación de semilla, la efectividad entre *Trichoderma* y el fungicida comercial fue similar. T21, T22 y T27 fueron los aislados sobresalientes en los experimentos de siembra directa e inoculación de plántulas debido al desarrollo radicular y fenológico del cultivo, así también, en las plantas inoculadas con estos aislados no se presentaron síntomas de enfermedad ni presencia del patógeno, la cual se confirmó con siembras de raíz sobre caja Petri con PDA.

Fitopatógenos del suelo, Control biológico, Parasitismo

Citación: MARTÍNEZ-SCOTT, Marcia Maribel. Evaluación de aislados nativos de *Trichoderma sp* para el control de hongos fitopatógenos del suelo en tomate. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias. 2016, 3-6: 32-42.

Abstract

This study involved the evaluation of 28 isolates of *Trichoderma sp* on *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum*, *Verticillium dahliae* and *Phymatotrichopsis omnivora* in saladette tomato in two stages: laboratory and greenhouse. The technique dual culture was used in the first. During the second stage four experiments, a) Inoculation developed the seed with *Trichoderma* through immersion b) Inoculating the soil when planting, c) Inoculation of river sand for direct seeding and, d) Inoculation of root balls of tomato seedlings. Three controls were used: a commercial fungicide, distilled water and a pathogen adding an absolute control with distilled water. On the second day of the *in vitro* evaluation pathogens *R. solani* and *V. dahliae* stopped growing in confrontations isolates T20, T21 and T23. The average total inhibition of the four pathogens was 98%. The first physical contact between the antagonist and the pathogen is the fourth day. T2, T8, T9, T20, T21 T22, T23 and T24 isolated started the process of parasitism and demoted the mycelium of the pathogen by 100% on the tenth day. In seed inoculation tests, the effectiveness between *Trichoderma* and commercial fungicide was similar. T21, T22 and T27 were outstanding isolated in experiments tillage and inoculation of seedlings due to root and phenological development of the crop and also in inoculated with these isolates plants no symptoms of disease or presence of the pathogen were presented, the which it was confirmed with root crops on Petri dish with PDA.

Soil borne plant pathogens, Biological control, Parasitism

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: mascott@ites.edu.mx.)

† Investigador contribuyente como primer autor.

Introducción

El reto que tiene la agricultura moderna de satisfacer la demanda alimenticia de los más de 7,000 millones de habitantes en el mundo es inquietante; para alcanzar las producciones deseadas se usan cantidades exorbitantes de plaguicidas, mismos, que a través de los años han contaminado los mantos freáticos, los suelos y han contribuido directamente a la pérdida de la biodiversidad microbiana (FAO, 2013; Olalde y Aguilera, 1998).

A su vez, los sistemas de producción agrícola se ven limitados no solo por esos factores sino por la distribución, reproducción e incidencia de fitopatógenos que causan pérdidas económicas de hasta un 30 % del total de las cosechas en el mundo, afectando no solo a la semilla o a plántulas, sino a cultivos plenamente desarrollados y en poscosecha (Jayalakshmi, *et al.*, 2009).

Los principales problemas de enfermedades y pudriciones radiculares son causados por hongos como *Fusarium* spp (Schlecht), *Pythium* sp (Mart), *Rhizoctonia solani* (Kühn), *Phymatotrichopsis omnívora* (Duggar) Hennebert, *Verticillium dahliae* (Kleb), *Sclerotium rolfsii* (Sacc) y *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid (Stefanova, 2007).

La importancia de éstos patógenos radica en la capacidad de producir estructuras de resistencia tales como esclerocios y clamidosporas, asegurando su supervivencia en el suelo por períodos largos de tiempo que van de 6-10 años en algunas especies, además de presentar gran diversidad de hospedantes, haciendo ineficaz la rotación de cultivos ya que producen enzimas pectolíticas que degradan la lamela media de las células, dificultando su control o erradicación por métodos convencionales (Harman y Shores, 2007; Villegas-Arenas, 2005).

El control biológico a través de hongos del genero *Trichoderma* representa una alternativa sustentable por los diversos mecanismos de acción que ejerce como son competencia por el sustrato, micoparasitismo, antibiosis, resistencia inducida, desactivación de enzimas y, como bioremediador de los suelos agrícolas debido a las características que poseen algunas especies para degradar plaguicidas depositados en el suelo (Mukherjee *et al.*, 2014).

Es por ello que en la actualidad, se busca aislar e identificar nuevas cepas con una o más de esas características para ser usadas en el control de enfermedades fúngicas tanto del suelo como del follaje en sistemas protegidos, y en agricultura intensiva (Michel-Aceves *et al.*, 2013).

Metodología

Los aislados de *Trichoderma* usados en esta investigación fueron obtenidos en suelos de la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango en un estudio previo. Los fitopatógenos se aislaron de restos de cosecha de algodónero (*V. dahliae*), tomate (*R. solani* y *F. oxysporum*) y nogal (*P. omnívora*).

Las pruebas *in vitro* de antagonismo sobre los fitopatógenos se llevaron a cabo en el laboratorio de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, a través de la técnica de cultivos duales en discos de 1.0 cm de diámetro con papa-dextrosa-agar (PDA de Sigma), conteniendo a *Trichoderma* de 72 horas de desarrollo y confrontándose individualmente en hemisferios opuestos con cada uno de los cuatro patógenos durante un período de nueve días y con tres repeticiones.

El crecimiento (% de llenado de caja) y diámetro de cada colonia se registró cada 12 horas tanto del biocontrolador como del patógeno (Cherif y Benhamou, 1990). Para los testigos se crecieron los patógenos individualmente por triplicado en caja Petri con PDA para determinar su crecimiento radial, así como cada uno de los aislados de *Trichoderma*, los cuales se incubaron a una temperatura de 25 °C ±1. El porcentaje de antagonismo se obtuvo a partir de los datos registrados de cada aislado, empleándose la fórmula de Avedaño *et al.* (2006).

$$\% \text{ Antagonismo} = \frac{(CA-CP)}{(CTP)} (100) \quad (1)$$

Donde:

CA= Crecimiento radial del antagonista confrontado

CP= Crecimiento radial registrado del patógeno confrontado

CTP= Crecimiento radial del testigo del patógeno.

Se usó un diseño completamente al azar con tres repeticiones, los datos registrados en porcentaje de antagonismo se transformaron con la fórmula: $\text{Arcseno}\sqrt{x}$ para su análisis estadístico con Proc Anova y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

Preparación del inóculo. Cada uno de los 28 aislados del antagonista fue crecido en PDA. Incubándose a una temperatura de 25 °C ±1 durante cinco días, posteriormente el micelio fue raspado y se depositó en matraces con agua destilada estéril. La suspensión se ajustó a una concentración de 10^9 conidios mL^{-1} (Santander *et al.*, 2003).

F. oxysporum, *R. solani* y *V. dahliae* fueron crecidos en medio de cultivo Agar conteniendo 50 ppm de estreptomycin (Tsao, 1970). *P. omnivora* fue crecido en PDA ajustando el pH a 4 con ácido clorhídrico e incubándose a una temperatura de 28 °C ±1 durante 15 días. Evaluación de semilla inoculada con *Trichoderma* sp. Se utilizaron semillas de tomate (*Solanum lycopersicum* L) variedad Río Grande tipo Saladette, las cuales se inocularon por inmersión durante 60 minutos en la solución correspondiente de los tratamientos (McLean *et al.*, 2005). Los testigos fueron; un fungicida comercial Penta-cloro-nitrobenzeno (PCNB), inoculación de un patógeno y un testigo absoluto de agua destilada estéril. La siembra se realizó en bandejas de 200 cavidades conteniendo una mezcla de Peat moss 70%, humus de lombriz 20% y perlita 10% (sustrato comercial de Environment).

Inoculación de *Trichoderma* sp sobre el sustrato de la charola al momento de la siembra. En cada tratamiento se adicionaron 10 ml del inóculo tanto del aislado como del patógeno al momento de la siembra y posteriormente se realizaron tres aplicaciones más a los 10, 20 y 30 días después de la siembra (dds). La evaluación de las variables se realizó a través de un análisis no paramétrico empleando la prueba de Kruskal-Wallis tanto del experimento anterior como para este (Varese *et al.*, 2003). Inoculación de *Trichoderma* sp sobre arena de río usada como sustrato en siembra directa. Se utilizaron macetas de 0.5 kg de capacidad conteniendo como sustrato arena de río lavada en una solución de hipoclorito de sodio comercial diluida al 3 % y enjuagada por triplicado con agua destilada estéril. Se realizaron tres inoculaciones tanto del patógeno como del antagonista, se adicionaron 20 ml, al momento de la siembra, a la emergencia y a los 40 dds. Se establecieron tres repeticiones para todos los experimentos.

Inoculación de los aislados de *Trichoderma* sobre plántulas de tomate. Se usaron bolsas de polietileno negro de 5 kg conteniendo como sustrato arena de río, la cual se lavó como fue señalado anteriormente. Las plántulas de tomate fueron trasplantadas a los 28 días dds en cada maceta. Se efectuaron tres inoculaciones, la primera sumergiendo el cepellón en la solución de *Trichoderma* durante 15 minutos e inmediatamente se adicionaron 10 ml del inoculo del patógeno. Para la segunda y tercera inoculación se agregaron 10 ml de inoculo del patógeno a los 10 y 20 días después del trasplante.

Se evaluaron 31 tratamientos por cada patógeno usado (*R. solani*, *F. oxysporum*, *V. dahliae* y *P. omnivora*), quedando de la siguiente manera:

28 Tratamientos de *Trichoderma* + un patógeno.

Un Tratamiento de PCNB + un patógeno.

Un Tratamiento de agua destilada + un patógeno.

Un Testigo absoluto con agua destilada.

Variables evaluadas.

En los tres primeros experimentos se registraron a) Los días a emergencia, el porcentaje de semilla no germinada y germinación, además en los últimos dos experimentos se determinó el peso y longitud de raíz, así como la altura de planta. Para el análisis sobre las variables de plantas en macetas se usó un diseño completamente al azar con tres repeticiones.

Resultados

Confrontaciones duales

La primera característica observada fue el lento crecimiento de las colonias de los patógenos. Durante el segundo día de confrontación, los aislados T20 y T21 inhibieron el desarrollo de *F. oxysporum*, *R. solani* y *V. dahliae* hasta en un 98 % (Gráficos 1, 2 y 3). Sin embargo, el comportamiento de algunos aislados fue diferente, por lo que los dos hongos siguieron creciendo. El aislado T23 presentó un promedio de inhibición 88.2%, registrándose como el menor porcentaje en los cuatro patógenos, no aun así, degradó totalmente el micelio de *R. solani* y *P. omnivora* al décimo día de la confrontación (Gráfico 4). El aislado T27 presentó un antagonismo más eficiente al inhibir en un 91.3 % el crecimiento micelial promedio de los cuatro patógenos, seguido de T26 y T21 con 90.7 % y 90.7 % respectivamente (Gráfico 5). Al cuarto día se produjo el primer contacto físico entre *Trichoderma* y el patógeno, por lo que el antagonista invadió el micelio del confrontado creciendo sobre de él. Los aislados T2, T8, T9, T20, T21 T22, T23 y T24 presentaron micoparasitismo degradando totalmente el micelio de los fitopatógenos. Éstos aislados alcanzaron el 100 % del llenado en caja al noveno y décimo día.

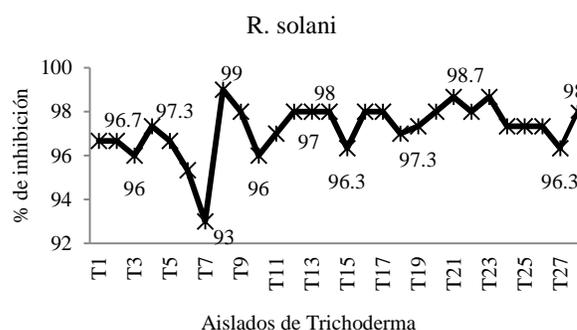


Gráfico 1 Porcentaje de inhibición de los aislados de *Trichoderma sp* sobre *R. solani*

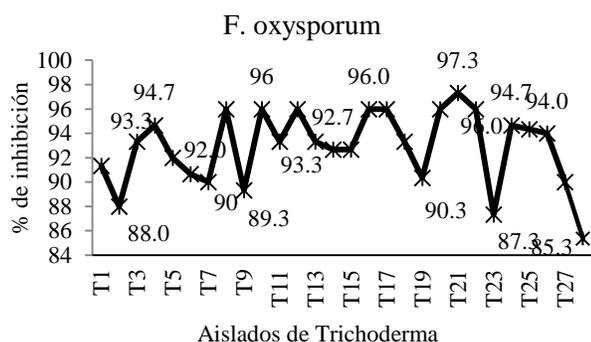


Gráfico 2 Porcentaje de inhibición de los aislados de *Trichoderma* sp sobre *F. oxysporum*

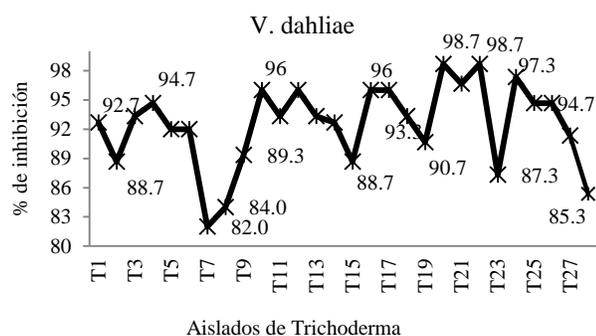


Gráfico 3 Porcentaje de inhibición de los aislados de *Trichoderma* sp sobre *V. dahliae*

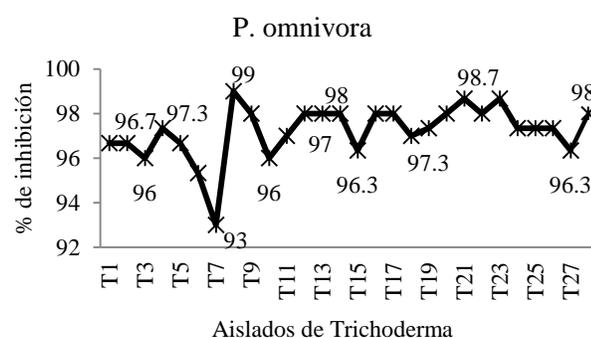


Gráfico 4 Porcentaje de inhibición de los aislados de *Trichoderma* sp sobre *P. omnivora*

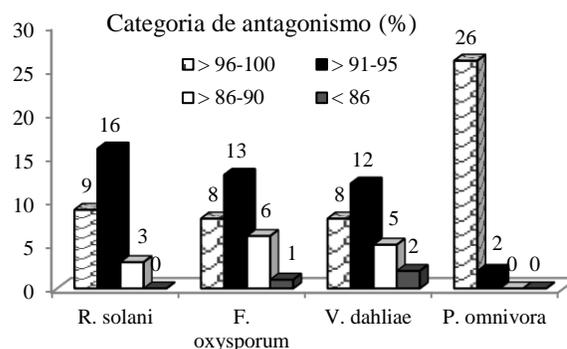


Gráfico 5 Antagonismo registrado por efecto de los aislados de *Trichoderma* sobre los cuatro patógenos

En este estudio mostró que los aislados del antagonista se comportaron de diferentes maneras, es decir, algunos inhibieron el crecimiento de los patógenos quizás debido al efecto de antibiosis o a la competencia por el alimento (sustrato) y por el espacio, pero también se observó que T2, T8, T9, T20, T21, T22, T23 y T24 degradaron totalmente el micelio de los patógenos, esto puede ser debido a la secreción de enzimas líticas o al micoparasitismo que ejercieron sobre ellos.

Mukherjee *et al*, (2014), Reza *et al* (2013) y Cervantes-Martínez *et al*, (2010); reportan que el crecimiento del patógeno se ve afectado al contacto con trichoderma y que algunas especies atacan directamente al producir lisis del micelio y esclerocios de hongos, por lo que trichoderma puede disminuir o incrementar su ataque, estableciendo una correlación directa entre el tiempo y la agresividad del antagonista hacia el patógeno, es decir a menor tiempo-mayor agresividad, resultados semejantes que pudieron establecer Gijón-López *et al*, (2010); Páez y Sanabria (2007); Arzate *et al*, (2006) y Benítez *et al*, (2004).

Evaluación de semilla inoculada con *Trichoderma* sp. Los resultados indican que la inoculación tanto del antagonista como con el fungicida comercial PCNB es efectiva para la protección de la misma, no se encontraron diferencias entre el número de semillas podridas; sin embargo, se observó un aumento del sistema radicular en los tratamientos inoculados con el antagonista.

López *et al*, (2010) y Harman *et al*, (2004), demostraron que *Trichoderma* favorece el crecimiento de la planta, el vigor germinativo de la semilla y el desarrollo radicular, resultados similares fueron obtenidos en esta investigación.

Inoculación de *Trichoderma* sp sobre el sustrato de la charola al momento de la siembra. La emergencia fue similar en todos los tratamientos, sin embargo para las variables muerte preemergente, muerte postemergente y plántulas viables se presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$.) entre los tratamientos con trichoderma y PCNB.

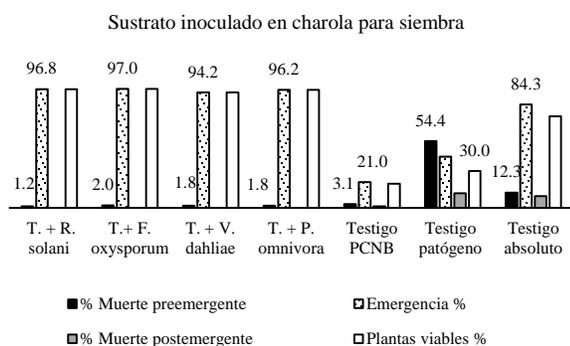


Gráfico 6 Comportamiento promedio de los aislados de *Trichoderma* sobre el sustrato inoculado en charola al momento de la siembra

Los tratamientos más efectivos incluyeron los aislados de *Trichoderma*, en comparación con los testigos.

Para *P. omnívora* el porcentaje de emergencia y muerte post y pre emergente resultaron los más bajos; debido a que éste hongo no está clasificado como fitopatógeno de la semilla; no obstante, se incluyó en el experimento para tener la seguridad de que no fuera a cambiar sus hábitos infectivos por la facilidad de tener un hospedante disponible y susceptible (Gráfico 6). En el Gráfico 7, se observa el comportamiento de los tratamientos (medias) con respecto a las variables de altura de planta, peso y longitud de raíz. El Gráfico 8 muestra los aislados sobresalientes con respecto de las tres variables evaluadas. Los resultados mostraron diferencias entre los aislados de trichoderma y una alta significancia ($P < 0.01$) con respecto de los testigos.

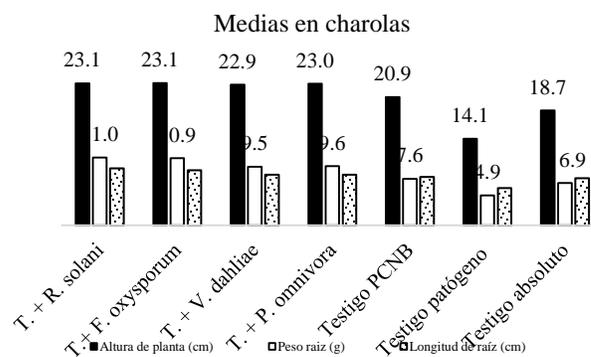


Gráfico 7 Comportamiento promedio de los aislados de *Trichoderma* vs los cuatro patógenos con respecto a las variables de altura de planta, peso y longitud de raíz

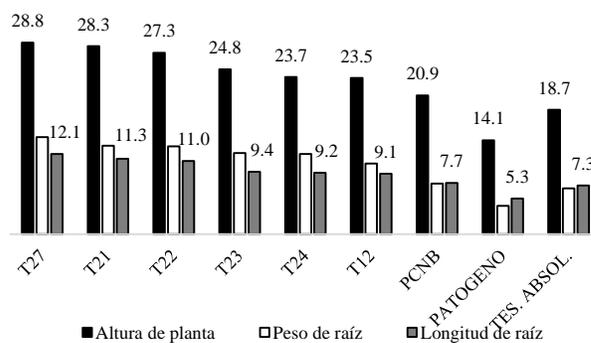


Gráfico 8 Aislados sobresalientes de las variables evaluadas sobre las plantas desarrolladas en charola de siembra

Inoculación de los aislados sobre arena de río como sustrato en siembra directa. Para las variables emergencia, muerte pre y post emergente no se encontraron diferencias entre los tratamientos de acuerdo a la prueba de Kruskal-Wallis, donde la X^2 fue de .80 para muerte preemergente y para muerte postemergente de 0.12.

En la inoculación al sustrato con trichoderma y con PCNB no se encontraron diferencias; ambas son efectivas, por lo que es recomendable usar cualquiera de las dos para protección a la semilla de hongos del suelo. En las variables altura de planta, peso y longitud de la raíz, los aislados T21, T22 y T27 alcanzaron un mayor desarrollo tanto en el área foliar como en el sistema radicular.

El aislado T27 sobresalió en las pruebas de laboratorio manteniendo un rango promedio de inhibición del 91.3% en los cuatro patógenos evaluados y continuo con las mismas características en las pruebas de invernadero. En los Gráficos 9, 10 y 11, se observa el comportamiento de los aislados sobre los cuatro patógenos y su relación en las variables de altura de planta, peso y longitud de raíz.

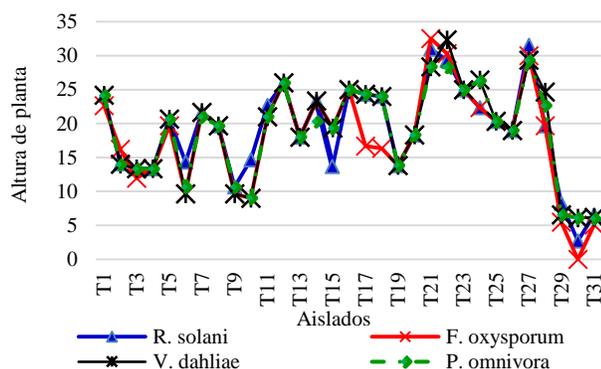


Gráfico 9 Comportamiento de aislados inoculados sobre arena de río

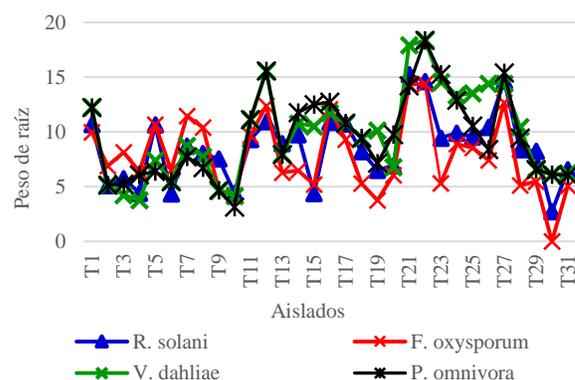


Gráfico 10 Pesos de raíz alcanzados de plantas inoculadas con *Trichoderma* y el patógeno

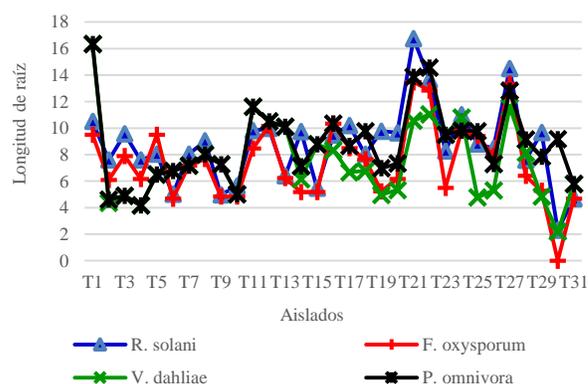


Gráfico 11 Longitud de raíz alcanzada por las plantas inoculadas con *Trichoderma* y el patógeno

Los aislados sobresalientes ($P > 0.01$) en este experimento fueron las plantas inoculadas con T11, T21 y T27 los cuales presentaron un desarrollo radicular y foliar superior con respecto a los testigos, esto quizás pueda ser una respuesta de traducción de señales de las plantas en las cuales estas inducen reacciones básicas de defensa o quizás se deba a un incremento en la capacidad de respuesta rápida de las mismas al entrar en contacto con el inoculo del antagonista ayudando a disminuir la actividad del patógeno.

El aislado T23 no presenta características de agresividad en el medio de cultivo, sin embargo, ejerció un control eficiente en campo. En una investigación realizada por Chowdappa *et al*, (2013) y Mukherjee *et al*, (2014) encontraron que cepas de *Bacillus subtilis* y *Trichoderma harzianum*, además de inducir respuestas de defensa sistémica en plantas, aumenta los niveles de enzimas relacionados con la defensa, incluyendo peroxidasa, polifenol oxidasa y la súper óxido dismutasa en plantas de tomate, así como un desarrollo de raíces y brotes. De acuerdo a los resultados obtenidos, los tratamientos con trichoderma son efectivos para el control biológico de hongos del suelo tanto en inoculación a la semilla como en sustratos, sin embargo, la cantidad del inóculo usado en arena debe estar concentrado en una menor dilución debido a la tasa de infiltración que posee.

Inoculación de *Trichoderma* sobre plántulas de tomate. Los cepellones inoculados con trichoderma y con PCNB presentaron un porcentaje menor de muerte, comparado con los testigos. Las plantas inoculadas con los aislados T21, T22 y T27 fueron superiores con respecto a las variables altura de planta, tamaño y peso de la raíz (Gráficos 12, 13 y 14). El uso tanto de trichoderma como el PCNB presentaron un efecto antifúngico que otorga protección a las plántulas de tomate, sin embargo, el desarrollo radicular en los tratamientos con los aislados del antagonista fue superior en comparación al uso del PCNB que en algunos casos no fue tan eficiente como los tratamientos con algunos de estos aislados. Los aislados T21 y T27 habían sobresalido en las pruebas de antagonismo; no obstante, la T22 presentó un comportamiento promedio al momento de confrontarla con los cuatro fitopatógenos. Estos aislados presentaron el mismo desempeño en el experimento anterior, lo que sugiere que tienen potencial para ser empleadas en el control de hongos fitopatógenos del suelo.

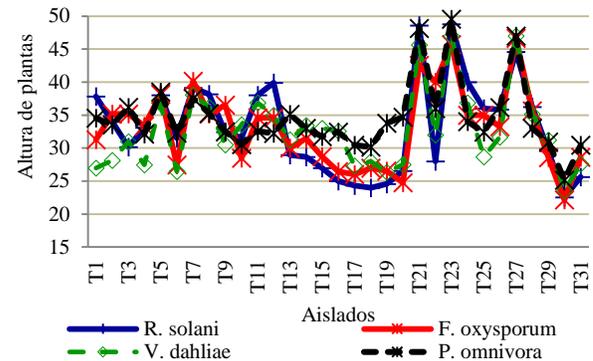


Gráfico 12 Altura de planta de tomate de cepellones inoculados con *Trichoderma*

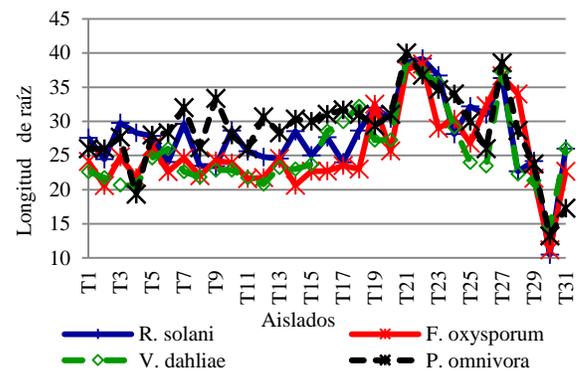


Gráfico 13 Desarrollo radicular de las plantas de tomate inoculadas

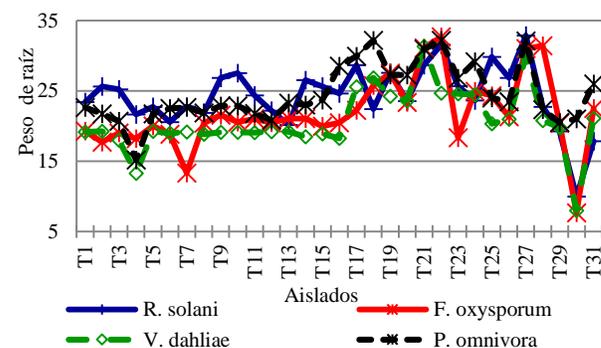


Gráfico 14 Peso de la raíz de plantas de tomate inoculadas

Jiménez *et al.*, (2013) demostraron que al inocular plantas de tomate con trichoderma, estas aumentaba su sistema radicular, altura de la planta y grosor de tallo datos concordantes encontrados en este estudio.

El comportamiento de las plantas inoculadas con trichoderma mostró diferencias entre aislados; por lo que el desarrollo radicular de ellas fue superior en comparación con el fungicida comercial y el testigo absoluto.

Windham (1986) menciona que algunas cepas de trichoderma inducen el desarrollo de las plantas como un regulador de crecimiento y como activador en los mecanismos de defensa de las plantas.

La selectividad del aislado, las condiciones ambientales, los diferentes mecanismos de acción que posee trichoderma, la agresividad y patogenicidad que poseen los diferentes aislados, son características que se deben de tomar en cuenta para la selección y eficiencia de un biocontrolador.

Aun cuando no todos los aislados que sobresalieron en las prueba de antagonismo *in vitro* conservaron sus características de agresividad; algunos de ellos fueron eficientes para controlar a *R. solani*, *F. oxysporum*, *V. dahliae* y *P. omnívora* ya que no se presentaron síntomas en las raíces de las plántulas, confirmación que se hizo al sembrar un trozo de la misma en PDA.

Agradecimientos

A los Doctores Vicente Hernández Hernández, Francisco Javier Sánchez Ramos, Alberto Flores Olivas y a José Alfredo Samaniego Gaxiola por su aportación y apoyo para el desarrollo de este proyecto. A la Dirección del Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra.

Conclusiones

En este experimento se observaron algunos mecanismos de acción que ejercieron los aislados de Trichoderma, como son antibiosis, parasitismo e inducción de resistencia sistémica en plantas. El desarrollo radicular fue superior en los tratamientos con los antagonistas, no obstante el PCNB otorgó protección a la semilla, tanto en la inoculación directa al sustrato, así como las plántulas, T21, T22 y T27 fueron los aislados que sobresalieron por su eficiencia en el control de los cuatro patógenos usados en este experimento, concluyendo que el uso de aislados nativos de trichoderma es una alternativa sustentable y eficiente en el control de los fitopatógenos del suelo tanto para la protección de cultivos en sistemas protegidos como invernaderos.

Referencias

- Arzate Vega, J; Michel Aceves, A. C; Domínguez Márquez, V. M. y Santos Eméstica, O. A. 2006. Antagonismo de Trichoderma spp sobre *Mycosphaella fijiensis* Morele, agente causal de la sigtoka negra del plátano (*Musa* sp) *in vitro* e invernadero. *Revista Mexicana de Fitopatología* 24:98-104.
- Avendaño, C; Arbeláez, G; y Rondón, G. 2006. Control biológico del marchitamiento vascular causado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* en frijol *Phaseolus vulgaris* L., mediante la acción combinada de *Entrophospora colombiana*, *Trichoderma* sp. y *Pseudomonas fluorescens*. *Agronomía Colombiana*. 24: 62-67.
- Benítez, T; Rincon, A. M., Limon, M. C., and Codon, A. C. 2004. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. *International Microbiology*. 7:249–260.

Cervantes-Martínez, R; Hernández-Hernández, V; González-Cervantes, G; Favela-Chávez, E., y Alvarez-Reyna, V. 2010. Antagonismo de Cepas Nativas de *Trichoderma* sp aisladas en la Comarca Lagunera contra *Phymatotrichum omnivorum* (Shear) Duggar. *Revista Agraria Nueva época* Vol. 7:1-3.

Cherif, M. and Benhamou, N. (1990). Cytichemical aspects of chitin breakdown during the parasitic action of a *Trichoderma* sp. on *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. *Phytopathology* 80:1406-1414.

Chowdappa P, Kumar, S.P.M., Lakshmi, M.J., and Upreti, K. K. (2013). Growth stimulation and induction of systemic resistance in tomato against early and late blight by *Bacillus subtilis* OTPB1 or *Trichoderma harzianum* OTPB3. *Biol Control* 65:109-117.

FAO. 2013. El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo (El). *Sistemas alimentarios para una mejor nutrición*. Cap. 3. *Producción Agrícola para una mejor nutrición*. Pp. 30-42. Roma. [En línea: <http://www.fao.org/docrep/018/i3300s/i3300s.pdf>].

Guigón-López, C; Guerrero-Prieto, V; Vargas-Albores, F., Carvajal-Millán, E., Ávila-Quezada, G; Bravo-Luna, L., Ruocco, M; Lanzuise, S., Woo, Sh., Lorito, M. 2010. Identificación Molecular de Cepas Nativas de *Trichoderma* spp su Tasa de Crecimiento in vitro y Antagonismo contra Hongos Fitopatógenos. *Revista Mexicana de Fitopatología* 28: 87-96.

Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., and Lorito, M. 2004. *Trichoderma* species—opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews* 2:43-56.

Harman, G. E., and Shores, M. 2007. The mechanisms and applications of symbiotic opportunistic plant symbionts. 131–155 p.

Jayalakshmi, S. K., Raju S, Usha Rani, S., Benagi, V. I., and Sreeramulu, K. 2009. *Trichoderma harzianum* Rifai as a potential source for lytic enzymes and elicitor of defense responses in chickpea (*Cicer arietinum* L.) against wilt disease caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri*. *Aust. J. Crop Sci.* 3:44-52.

López, Y., Pineda, J. B., Hernández, A., y Ulacio, D. 2010. Efecto diferencial de seis aislamientos de *Trichoderma* sobre la severidad de *Rhizoctonia solani*, desarrollo radical y crecimiento de plantas de maíz. *Bioagro* 2: 37-42.

Jiménez, M. A; Asdrubal, A., Arcia, M., Ramis, C., y Faria, Y. 2013. Evaluación de *Trichoderma harzianum* Rifai como inductor de resistencia a la pudrición blanca *Sclerotium rolfsii*. Sacc de la caráota (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones controladas. *J. Selva Andina Res. Soc.* 4: 31-41.

McLean, K. L., Swaminathan, J., Frampton, C. M., Hunt, J. S., Ridgway, H. J., and Stewart, A. 2005. Effect of formulation on the rhizosphere competence and biocontrol ability of *Trichoderma atroviride* C52. *Journal of Plant Pathology* 54:212–218.

Michel-Aceves, A. C., Otero-Sánchez, M. A., Ariza-Flores, R., Barrios-Ayala, A., y Alarcón-Cruz, N. 2013. Eficiencia biológica de cepas nativas de *Trichoderma* spp., en el control de *Sclerotium rolfsii* Sacc., en cacahuete. *Avances en Investigación Agropecuaria*, Vol. 17:3: 89-107

Mukherjee, K. P., Horwitz, B. A., Herrera-Estrella, A., Schmoll, M., and Kenerley, C. M. 2013. *Trichoderma* Research in the Genome Era. *Annu. Rev. Phytopathol.* Vol. 51:105-29.

Olalde, Portugal, V., Aguilera, Gómez, L. I. (1998). Paez, M. E., y Sanabria de Albarracin, N. 2007. Evaluación de la capacidad antagónica de *Trichoderma koningii* sobre *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Revista de la Facultad de Agronomía LUZ* 24:27-31.

Reza, M., Motlagh, S., Zahara, S. 2013. Evaluation of *Trichoderma* spp., as biological agents in some of plant pathogens. *Annals of Biological Research* 4:173-179.

Santander, C., Montealegre, J. R., y Herrera, R. 2003. Control biológico de *Rhizoctonia solani* en tomate en suelos previamente sometidos a solarización y bromuro de metilo. *Ciencia e Investigación Agraria* 30:107-112.

Stefanova, M. 2007. Introducción y eficacia técnica del biocontrol de fitopatógenos con *Trichoderma* spp en Cuba. *Fitosanidad* 11:75.

Tsao, P. H. 1970. Selective media for isolation of pathogenic fungi. *ARPP.* Vol. 12:157-186.

Varese, G. C., Gonthier, P., and Nicolotti, G. 2003. Long-term effects on other fungi are treatments in the fight against. *Mycologia* 95: 379–387.

Villegas-Arenas, M. A. 2005. *Trichoderma* pers. Características generales y su potencial biológico en la agricultura sostenible. *Fitotecnia* 87:182-189.

Windham, M., Elad Y., and Baker, R. 1986. A mechanism for increased plant grow induced by *Trichoderma* spp. *Phytopathology* 76:518-521.

Vurro, M., and Gressel, J. (eds.), *Novel Biotechnologies for Biocontrol Agent Enhancement and Management.* Dordrecht, Netherlands. 374 p.

Evaluación de calidad de semilla de agrillo (*Rhus trilobata*) del municipio de Arandas, Jalisco, México

QUINTANA-CAMARGO, Martín*†, GUZMÁN-RODRÍGUEZ, Luis Felipe, PICHARDO-GONZÁLEZ, Juan Manuel y REYES-GUERRA, Juan Alfonso´

Centro Nacional de Recursos Genéticos del INIFAP

´Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA)

Recibido Febrero 10, 2016; Aceptado Marzo 29, 2016

Resumen

En la región Altos de Jalisco, el fruto del agrillo (*Rhus trilobata*) es muy apreciado, ya que con él se elaboran dulces, agua fresca, helado, paletas de hielo. Además, en otras regiones se ha documentado su uso en la herbolaria tradicional y su utilidad dentro de los ecosistemas y aún en la regeneración de zonas degradadas. A pesar de la importancia local, es una especie poco estudiada. El objetivo de este trabajo fue determinar la calidad de semilla que se obtiene en el municipio de Arandas, Jalisco, México. Los resultados obtenidos a partir de una muestra de 234 g de frutos fue de un 37.64% de semilla aprovechable. Se realizaron ensayos de calidad física y fisiológica. El análisis de rayos X reveló un 38% de semillas dañadas por insecto y la prueba topográfica de tetrazolio presentó un 40% de semillas viables y una germinación estándar de 42%. La baja calidad de semilla se asoció a daño ocasionado por insectos del orden Himenoptera (avispas).

Calidad de semilla, recursos genéticos, *Rhus trilobata*

Abstract

In the region known as Altos de Jalisco, the fruit of agrillo (*Rhus trilobata*) is very appreciated, because with this are made candies, fresh water, ice creams and popsicles. Also in other regions this spices it is documented use as food, also in traditional herbal has been settled down and usefulness within ecosystems and even in the regeneration of degraded area. Despite its local importance, this is a species little studied. The objective was to determine the seed quality obtained in Arandas, Jalisco, Mexico. The results indicate that a sample of 234 g of fruits was obtained 37.64 % of seeds, for this one, several seed quality tests were conducted, physical test and physiological too. The X-ray analysis showed that 38% of total seed were damaged by insect, the topographical tetrazolium test showed 40% viable seeds and 42% in the germination test. The low seed quality was associated with damage caused by insects of the Hymenoptera order (wasps).

Seed quality, genetic resources, *Rhus trilobata*

Citación: QUINTANA-CAMARGO, Martín, GUZMÁN-RODRÍGUEZ, Luis Felipe, PICHARDO-GONZÁLEZ, Juan Manuel y REYES-GUERRA, Juan Alfonso. Evaluación de calidad de semilla de agrillo (*Rhus trilobata*) del municipio de Arandas, Jalisco, México. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias. 2016, 3-6: 43-47.

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: quintana.martin@inifap.gob.mx)

† Investigador contribuyente como primer autor.

Introducción

En la región Altos de Jalisco, el fruto del agrillo (*Rhus trilobata*) es muy apreciado, principalmente en el municipio de Arandas, ya que con él se elaboran: agua fresca, helado, paletas de hielo y dulces. El precio de comercialización actual es del orden de los \$250.00 por kilogramo. Es una especie silvestre y su fruto se colecta en los cerros de la región en los meses de febrero a abril. Se tiene una demanda considerable de los connacionales radicados en Estados Unidos.

En otros países, se reporta su uso alimenticio y por sus propiedades medicinales, en la herbolaria tradicional de algunas comunidades. Es una especie arbustiva con potencial de restauración de suelos y ecosistemas de zonas degradadas.

A pesar de la importancia local, es una especie poco estudiada, de la cual se desconocen las propiedades fitoquímicas y características morfológicas. Aunado a lo anterior, el constante crecimiento de la zona urbana y el cambio en el uso de suelo del municipio, han afectado significativamente las zonas naturales de hábitat de la especie por lo que se han planteado alternativas para su manejo.

En este sentido, la semilla como unidad básica de reproducción para la gran mayoría de especies vegetales, debe reunir ciertas características que garanticen su conveniencia para su utilización en programas de reforestación y conservación de germoplasma. Para el caso del agrillo se desconocen los parámetros de evaluación de calidad.

El presente trabajo se realizó con el objetivo de determinar la calidad física y fisiológica de la semilla que se obtiene a partir de frutos colectados en el municipio de Arandas, Jalisco, México.

Metodología

El trabajo se desarrolló en el Laboratorio Agrícola Forestal, Sección Semillas Ortodoxas del Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG) del INIFAP. A una muestra representativa de 234 g de frutos de agrillo colectada en el municipio de Arandas, Jalisco en abril de 2014 y conservada a baja temperatura (4°C) hasta su estudio, se le extrajo la semilla manualmente, macerando los frutos y separándolas de la pulpa. Enseguida se realizaron tres lavados con Tween 20 al 0.05% como agente tensoactivo y se enjuagaron con agua. Se realizó un secado superficial a la semilla en un horno de convección forzada a una temperatura de 40°C por dos horas. Tamaños promedio de fruto y semilla fueron determinados con apoyo de un calibrador digital. Posteriormente se realizaron los diferentes ensayos para evaluar la calidad de la semilla.

La calidad física se evaluó por medio del peso de mil semillas, contenido de humedad y rayos X, para esta última, se evaluaron cuatro repeticiones de 25 semillas con el equipo Faxitron modelo MX20 y se determinó el porcentaje de semilla llena, semilla vana, daño por insecto e integridad física (ISTA, 2016). La calidad fisiológica se determinó mediante el ensayo de viabilidad con tetrazolio y germinación estándar. Cuatro repeticiones de 25 semillas se utilizaron para germinación, las cuales fueron sembradas en cajas Petri con papel filtro como sustrato, humedecido e incubadas a 25°C, la evaluación se realizó a los 20 días posteriores a la siembra. Para viabilidad con tetrazolio, cuatro repeticiones de 25 semillas se expusieron a la solución de tetrazolio al 1% de concentración y se incubaron a 35°C por 4 h; en la evaluación se consideró el patrón de tinción en función a la importancia de la estructura como radícula, plúmula o cotiledones (ISTA, 2016).

Además, se determinó el peso volumétrico o peso específico para lo cual se registró el peso de la semilla contenida en un volumen conocido.

Resultados

A partir de los frutos colectados de agrillo, se obtuvo la semilla (Figura 1), los tamaños promedio obtenidos fueron de 6.54 y 5.47 mm respectivamente.

Del total de la muestra de estudio, un 62.34% correspondió al despulpado y estructuras asociadas al fruto y el porcentaje restante (37.64%) fue semilla aprovechable con diferentes grados de calidad entre ellos: 18.91% correspondió a semilla libre de daño, un 16.42% a semilla manchada y un 2.31% fue semilla picada con un daño evidente por herbívoro (Figura 2).

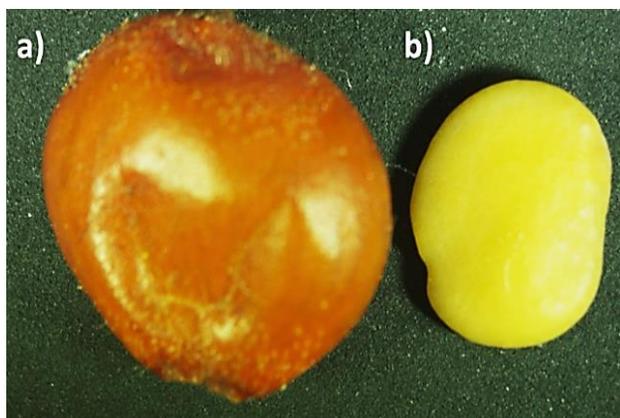


Figura 1 Fruto maduro (a) y (b) semilla de agrillo (*Rhus trilobata*)

El resultado de los análisis de calidad obtenidos a partir de la muestra de estudio, se presentan en la Tabla 1.

Ensayo	
Contenido de humedad	9.27 %
Peso de mil semillas	18.775 g
Peso volumétrico	64.96 kg/hl
Rayos X	50 % semillas llenas
Viabilidad con tetrazolio	40 %
Germinación estándar	42%

Tabla 1 Evaluación de la calidad física y fisiológica de semilla de agrillo (*Rhus trilobata*) del municipio de Arandas Jalisco

El peso volumétrico de un lote de semillas está en función de la masa de cada semilla y su volumen, así como también del tamaño, por lo que hay una estrecha relación con su calidad fisiológica, es decir, cuanto menor sea el peso volumétrico, será menor la calidad fisiológica de las semillas.

El valor aquí obtenido (64.96 kg/hl) es apenas el punto de partida, puesto que no existen referencias al respecto, al igual que el peso de mil semillas y el contenido de humedad (9.27%), el cual es un porcentaje de humedad en equilibrio normalmente presente en las semillas ortodoxas de zonas secas.

Por lo anterior, será necesario el análisis de un número mayor de muestras, para establecer estándares de calidad que permitan definir niveles de calidad para semilla de agrillo.

El análisis de rayos X aplicado a las semillas agrillo reveló un dato importante que sucede en esta especie ya que a través de las imágenes se estableció un 38 % de semillas dañadas por insectos (Figura 3) del orden Himenóptera (avispa), el cual se encontró principalmente en estado ninfal (Figura 3b).

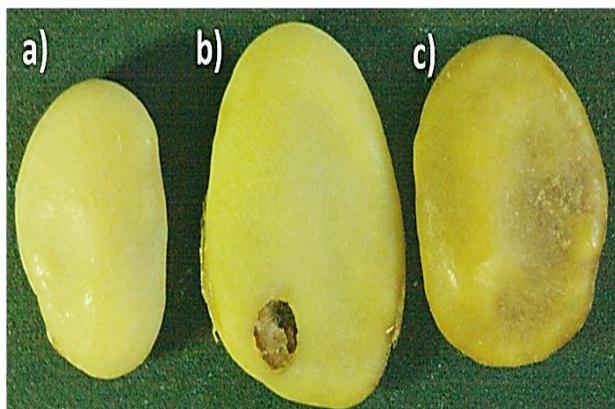


Figura 2 Clasificación de semilla utilizada para el ensayo de pureza analítica a) semilla libre de daño aparente, b) daño por herbívoro y c) semilla manchada

No obstante, el insecto no completa su ciclo biológico, puesto que la semilla una vez colectada, fue almacenada a baja temperatura para su conservación; sin embargo, se puede establecer que el herbívoro completa su ciclo biológico con la maduración del fruto, durante este tiempo, consume casi en su totalidad a la semilla para completar su metamorfosis.

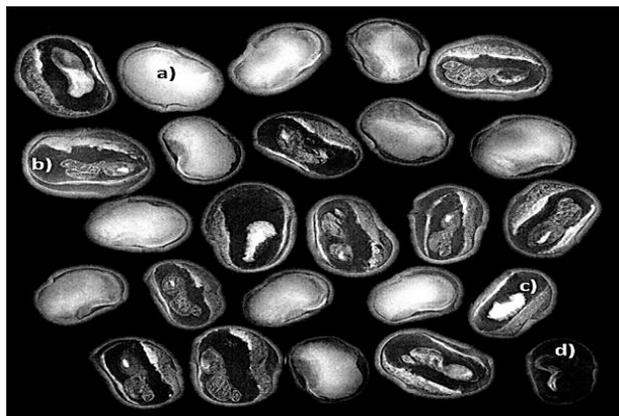


Figura 3 Imagen radiográfica de semillas de agrillo (*Rhus trilobata*) en la que se muestra la clasificación considerada para el ensayo: (a) semilla llena, daño por insecto [pupa (b) o larva (c)] y semilla vana o vacía (d)

El ensayo bioquímico de tetrazolio nos permite estimar de manera rápida y confiable la condición fisiológica de una muestra de semillas.

Aquellas semillas que se tiñen de una coloración rojo intenso, es indicativo de buena calidad fisiológica (tejido vivo), por el contrario, tejido que no tiñe o bien, tiñe de manera tenue (rosa) representa a tejido deteriorado o muerto (tejido sin teñir) y en función de la ubicación del mismo, será la consideración de semilla viable o semilla no viable. En la Figura 4 se presentan algunas semillas representativas del criterio considerado para la presente evaluación. En la cual se encontró un 40% de viabilidad; las semillas no viables, se asociaron con un daño principalmente a nivel de radícula y en menor escala a nivel de cotiledones.



Figura 4. Evaluación de la viabilidad de semilla de agrillo (*Rhus trilobata*) mediante el ensayo topográfico de tetrazolio, donde se muestran: a) semillas viables y b) semillas no viables

El ensayo estándar de germinación es el criterio de calidad más ampliamente utilizado y aceptado para definir el valor de siembra de una semilla, en el presente estudio, aun cuando el agrillo es una especie que no está incluida en las normas de la ISTA, se determinó un periodo de 20 días posteriores a la siembra para realizar la evaluación; con este periodo, las plántulas alcanzaron un tamaño adecuado para realizar la clasificación de acuerdo a las reglas internacionales de semilla (Figura 5).

No obstante, al método de extracción utilizado, se recomienda desinfectar la semilla (con hipoclorito de sodio) y la adicción de algún tratamiento químico (captan) para controlar la microflora asociada a la semilla (hongos y bacterias), presente durante el ensayo de germinación.



Figura 5. Ensayo de germinación estándar de semilla de agrillo (*Rhus trilobata*), plántulas normales de 20 días posteriores a la siembra

Los resultados aquí obtenidos son un punto de partida para establecer criterios de evaluación de la calidad de semilla en agrillo; información útil en programas de mejoramiento genético, reforestación, restauración de zonas degradadas e incluso para la conservación de germoplasma forestal.

Agradecimiento

A la empresa Bustar Alimentos, S.A. de C.V.

Conclusiones

En función a lo aquí establecido, se concluye que la semilla de agrillo (*Rhus trilobata*) fue de baja calidad, la cual se asoció principalmente por el daño de un insecto del orden Himenoptera (avispa).

Referencias

International Seed Testing Association (ISTA). 2016. International Rules for Seed Testing. Rules 2016. Zwitterland.

Página

<http://scienceviews.com/plants/skunkbush.html>
Consultada el 29 de septiembre de 2016

[Título en Times New Roman y Negritas No.14]

Apellidos en Mayusculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayusculas -2do Nombre de Autor
Correo institucional en Times New Roman No.10 y Cursiva

(Indicar Fecha de Envío: Mes, Día, Año); Aceptado (Indicar Fecha de Aceptación: Uso Exclusivo de ECORFAN)

Resumen

Título

Objetivos, metodología

Contribución

(150-200 palabras)

Abstract

Title

Objectives, methodology

Contribution

(150-200 words)

Keywords

Indicar (3-5) palabras clave en Times New Roman y Negritas No.11

Cita: Apellidos en Mayúsculas -1er Nombre de Autor †, Apellidos en Mayusculas -2do Nombre de Autor. Título del Paper. Título de la Revista. 2015, 1-1: 1-11 – [Todo en Times New Roman No.10]

† Investigador contribuyendo como primer autor.

©ECORFAN-Bolivia

www.ecorfan.org/bolivia

Introducción

Texto redactado en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Explicación del tema en general y explicar porque es importante.

¿Cuál es su valor agregado respecto de las demás técnicas?

Enfocar claramente cada una de sus características

Explicar con claridad el problema a solucionar y la hipótesis central.

Explicación de las secciones del artículo

Desarrollo de Secciones y Apartados del Artículo con numeración subsecuente

[Titulo en Times New Roman No.12, espacio sencillo y Negrita]

Desarrollo de Articulos en Times New Roman No.12, espacio sencillo.

Inclusión de Graficos, Figuras y Tablas-Editables

En el *contenido del artículo* todo gráfico, tabla y figura debe ser editable en formatos que permitan modificar tamaño, tipo y número de letra, a efectos de edición, estas deberán estar en alta calidad, no pixeladas y deben ser notables aun reduciendo la imagen a escala.

[Indicando el titulo en la parte inferior con Times New Roman No.10 y Negrita]

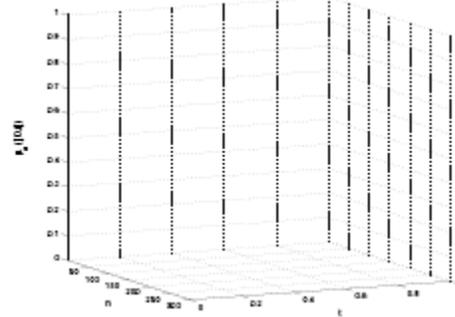


Grafico 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberan ser imágenes- todo debe ser editable.

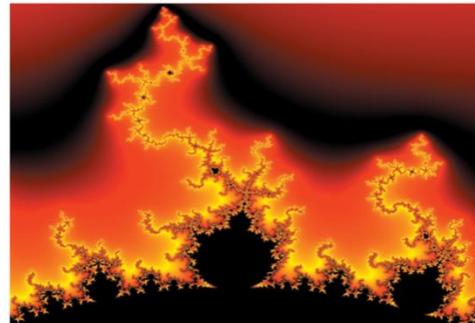


Figura 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberan ser imágenes- todo debe ser editable.

Tabla 1 Titulo y Fuente (en cursiva).

No deberan ser imágenes- todo debe ser editable.

Cada artículo deberá presentar de manera separada en **3 Carpetas**: a) Figuras, b) Gráficos y c) Tablas en formato .JPG, indicando el número en Negrita y el Titulo secuencial.

Para el uso de Ecuaciones, señalar de la siguiente forma:

$$Y_{ij} = \alpha + \sum_{h=1}^r \beta_h X_{hij} + u_j + e_{ij} \quad (1)$$

Deberán ser editables y con numeración alineada en el extremo derecho.

Metodología a desarrollar

Dar el significado de las variables en redacción lineal y es importante la comparación de los criterios usados

Resultados

Los resultados deberán ser por sección del artículo.

Anexos

Tablas y fuentes adecuadas.

Agradecimiento

Indicar si fueron financiados por alguna Institución, Universidad o Empresa.

Conclusiones

Explicar con claridad los resultados obtenidos y las posibilidades de mejora.

Referencias

Utilizar sistema APA. **No** deben estar numerados, tampoco con viñetas, sin embargo en caso necesario de numerar será porque se hace referencia o mención en alguna parte del artículo.

Ficha Técnica

Cada artículo deberá presentar un documento Word (.docx):

Nombre de la Revista

Título del Artículo

Abstract

Keywords

Secciones del Artículo, por ejemplo:

1. *Introducción*
2. *Descripción del método*
3. *Análisis a partir de la regresión por curva de demanda*
4. *Resultados*
5. *Agradecimiento*
6. *Conclusiones*
7. *Referencias*

Nombre de Autor (es)

Correo Electrónico de Correspondencia al Autor

Referencias

Formato de Originalidad



Sucre, Chuquisaca a ____ de ____ del 20 ____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables por lo que deberán firmar los autores antes de iniciar el proceso de revisión por pares con la reivindicación de ORIGINALIDAD de la siguiente Obra.

Artículo (Article):

Firma (Signature):

Nombre (Name)

Formato de Autorización



Sucre, Chuquisaca a _____ de ____ del 20 _____

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables. En caso de ser aceptado para su publicación, autorizo a ECORFAN-Bolivia a difundir mi trabajo en las redes electrónicas, reimpresiones, colecciones de artículos, antologías y cualquier otro medio utilizado por él para alcanzar un mayor auditorio.

I understand and accept that the results of evaluation are inappealable. If my article is accepted for publication, I authorize ECORFAN-Bolivia to reproduce it in electronic data bases, reprints, anthologies or any other media in order to reach a wider audience.

Artículo (Article):

Firma (Signature)

Nombre (Name)

Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias

“Estudio del potencial de sapogeninas para la remoción de arsénico en modelos de agua”
VALERO-SORIA, Hever; PROAL-NAJERA, José y GONZALEZ-VALDEZ, Laura

“Asociación del grado de manchado y deterioro de semilla en *Pinus douglasiana* Martínez”

AVENDAÑO-LOPEZ, Adriana Natividad, QUINTANA-CAMARGO, Martín y ROMAN-MIRANDA, María Leonor y PADILLA-GARCIA José Miguel

Universidad de Guadalajara, CUCBA

Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP

“Control del riego en línea y tiempo real del aguacatero y eficiencia del uso del agua”

TAPIA-VARGAS, Luis Mario, LARIOS-GUZMÁN, Antonio, HERNÁNDEZ-PÉREZ, Anselmo y VIDALES-FERNANDEZ, Ignacio

“Efecto de las bajas temperaturas en las características fisicoquímicas del pulque (*Agave salmiana Xamini*)”

ARROYO-CRUZ, Celerino & REYNOSO-OCAMPO, Carlos Abraham

Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital

“Mejoramiento genético de trigo en México”

HORTELANO, René, MARTÍNEZ, Eliel, VILLASEÑOR, Héctor E. y MORALES, Víctor

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle de México. Programa de Trigo. Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, Puebla, Programa Educativo de Ingeniería en Procesos Alimentarios

“Evaluación de aislados nativos de *Trichoderma sp* para el control de hongos fitopatógenos del suelo en tomate”

MARTÍNEZ-SCOTT, Marcia Maribel

Instituto Tecnológico Superior de Salvatierra

“Evaluación de calidad de semilla de agrillo (*Rhus trilobata*) del municipio de Arandas, Jalisco, México”

QUINTANA-CAMARGO, Martín, GUZMÁN-RODRÍGUEZ, Luis Felipe, PICHARDO-GONZÁLEZ, Juan Manuel y REYES-GUERRA, Juan Alfonso

Centro Nacional de Recursos Genéticos del INIFAP

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA)

