



Agraria

Vol. 14, núm. 1, enero-abril, 2017 • ISSN 0186 8063



Universidad
Autónoma Agraria
Antonio Narro





Revista científica de la Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro, vol. 14, núm. 1, enero-abril, 2017.

Centéotl, deidad azteca de la agricultura, es una advocación de Chicomecóatl, diosa del maíz. La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en su afán de rescatar los valores del pasado histórico de México, la ha adoptado como logotipo de su revista científica, como símbolo que evoca y reafirma nuestras raíces culturales.

COMITÉ EDITORIAL

Editor en Jefe

Miguel A. Capó Arteaga

Editor Ejecutivo

Jesús Valdés Reyna

Editor Asociado

Víctor Manuel López González

EDITORES TÉCNICOS

Fitomejoramiento, Unidad Laguna

José Puente Manríquez

Riego y drenaje

Raúl Rodríguez García

Producción animal

Jesús M. Fuentes Rodríguez

Redacción científica en inglés

Érika Patricia Carrizales Ruiz

Edición

Delirio. Servicios Editoriales



Diseño y formación

Leticia Hernández

Cuidado de la edición

Anastasia Rodríguez

Fotografía de portada: Shutterstock

Agraria está indizada, desde 2006, en Latindex (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal); en la base de datos PERIÓDICA (de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, México D. F.); y en 2007 fue incluida en la base de datos del Centro Internacional de Investigación Científica (CIRS).

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Dirección de Investigación. Calzada Antonio Narro 1923, Col. Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coah., México.

<http://www.uaaan.mx/agraria/>

E-mail: agraria_ne@uaaan.mx

Tel. +52 (844) 411 02 12 y 411 02 80, ext. 2003. Fax +52 (844) 411 02 11

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura de la institución editora de la publicación.

Se autoriza la reproducción de artículos si se cita la fuente.

Agraria, vol. 14, núm. 1, enero-abril, 2017, es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, a través de la Dirección de Investigación. Calzada Antonio Narro 1923, Col. Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coah., México. <http://www.uaaan.mx/agraria/> E-mail: agraria_ne@uaaan.mx Tels. +52 (844) 411 02 12 y 411 02 80, ext. 2003. Fax: +52 (844) 411 02 11. Editor responsable: Víctor Manuel López González. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título (en trámite); ISSN 0186-8063, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Certificado de Licitud de Título: en trámite. Certificado de Licitud de Contenido: en trámite, que otorga la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa en Digital Color: Arteaga Norte núm. 225, zona centro, C.P. 25000, Saltillo, Coah. Tel. +52 (844) 481 58 42. Este volumen se terminó de imprimir en abril de 2017, y consta de 200 ejemplares.



CONTENIDO

PÁGINA

- 1** Simulación del crecimiento y rendimiento de trigo (*triticum turgidum* L.)
Júpare c2001 con el modelo CERES-trigo
Simulation of growth and yield of wheat (*triticum turgidum* L.)
Jupare c2001 with model CERES - wheat
*Raúl Rodríguez-García, Verónica Cortez-Maldonado, Diana Jasso-Cantú,
Fidel Maximiano Peña-Ramos, Alejandro Zermeño-González*
- 15** Hongos nematófagos del género *Arthrobotrys* spp., en el control de *Meloidogyne incognita* bajo condiciones *in vitro*
Nematophagus fungi *Arthrobotrys* spp., against *Meloidogyne incognita* under *in vitro* conditions
Diego Alejandro Treviño-Cueto, Melchor Cepeda-Siller, Francisco Daniel Hernández-Castillo, Sergio René Sánchez-Peña
- 21** Aplicación en campo de dos cepas de *Nomuraea rileyi* (Farlow), contra larvas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) en maíz, en Pesquería, Nuevo León, México
Field application of two strains of *Nomuraea rileyi* (Farlow) against larvae of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) in corn, in Pesquería, Nuevo León, México
Diego Camacho-Ponce, Sergio Sánchez-Peña
- 27** Efecto de los días al parto sobre el comportamiento reproductivo de vacas Charolais, con época de empadre restringido
Effect of days to calving on reproductive performance of Charolais-cows, with restricted breeding season
Eleasib Cortés-Girón, Roberto García-Elizondo, Ramiro López-Trujillo, Fernando Ruiz-Zárate
- 35** Promotores físicos y químicos en la eliminación de latencia en zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.)
Physical and Chemical promoters in removing latency in Buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.)
Miguel Ángel Velázquez-López, Leila Minea Vásquez-Siller

Simulación del crecimiento y rendimiento de trigo (*triticum turgidum* L.) Júpare c2001 con el modelo CERES-trigo

Simulation of growth and yield of wheat (*triticum turgidum* L.)
Jupare c2001 with model CERES - wheat

Raúl Rodríguez-García^{1*}, Verónica Cortez-Maldonado¹, Diana Jasso-Cantú¹,
Fidel Maximiano Peña-Ramos¹, Alejandro Zermeño-González¹

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315.
Email: rrodriguez_uaan@hotmail.com (*autor responsable).

RESUMEN

El rendimiento promedio nacional de trigo en México es de cinco toneladas por hectárea, y en Coahuila de tres, principalmente de trigo duro o cristalino, por lo que es necesario establecer estrategias de manejo para incrementar el rendimiento de este cultivo en el estado. Los modelos de cultivo pueden ser de gran utilidad para simular la respuesta del trigo en diferentes escenarios de conducción agronómica, con la finalidad de ahorrar tiempo en el proceso de investigación. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue calibrar y validar el modelo CERES-Trigo de DSSAT para la variedad de trigo duro Júpare C2001, con el propósito de simular con alta confiabilidad el desarrollo y crecimiento del cultivo sembrado en dos fechas y diferentes regímenes de riego, para así disponer de una herramienta que simule y prediga el comportamiento del cultivo en otras localidades en el estado.

El estudio se realizó de noviembre de 2015 a junio de 2016, en Buenavista, Saltillo, sede de la Universidad, con un experimento en bloques al azar de cinco tratamientos con cuatro repeticiones. Para la variedad **Júpare C2001**, los coeficientes genéticos se obtuvieron y validaron experimentalmente para el tratamiento óptimo, que se obtuvo en la segunda fecha; el modelo simuló con precisión aceptable los días a la antesis (diferencias de -12 a +8 días), días a la madurez (-10 a +11 días), y en el rendimiento de grano sólo dos tratamientos de la segunda fecha tuvieron buen ajuste. Para materia seca total, índice de área foliar y materia seca en hojas hubo un buen ajuste en los tratamientos de la segunda fecha de siembra, no así para los tratamientos de la primera fecha ya que tuvieron un ajuste bajo, lo cual indica que los coeficientes genéticos obtenidos para una fecha de siembra, no son adecuados para efectuar una simulación aceptable en otra fecha.

Palabras clave: DSSAT, modelo, simulación, CERES-Trigo, coeficientes genéticos, *Triticum turgidum* L.

INTRODUCCIÓN

Los modelos mecanicistas de simulación de los cultivos, son representaciones matemáticas de los principales procesos implicados en el desarrollo, crecimiento y producción de un cultivo, y tienen diferentes aplicaciones actuales y potenciales en respuesta a temas relacionados con la investiga-

ción, el manejo y la planificación agrícola (Hernández *et al.*, 2009); la implementación de estos modelos reduce los riesgos económicos y de producción, y ayuda a tomar decisiones más acertadas (De Jonge *et al.*, 2007).

Los modelos de simulación específicos para diferentes cultivos se encuentran integrados en sistemas computacionales. El sistema DSSAT (Siste-

ma de Apoyo para la Toma de Decisiones en la Transferencia de Agrotecnología) se ha utilizado con éxito en todo el mundo, en una abundante gama de condiciones y para una amplia variedad de propósitos agronómicos (Jones *et al.*, 2003). Este sistema, que consta de nueve modelos para 28 cultivos de importancia económica, integra el modelo CERES-Trigo (Hoogenboom *et al.*, 2010), que simula los efectos del clima, genotipo, propiedades del suelo y manejo agronómico, y las del nitrógeno en planta y suelo (Andarzian *et al.*, 2015), además de simular la producción de uno o varios ciclos continuos del cultivo (Wu *et al.*, 2013).

El modelo CERES-Trigo se ha probado en una amplia gama de ambientes alrededor del mundo; se puede citar que Arora *et al.* (2007) en Punjab, India, evaluaron el modelo bajo condiciones variables de clima, diferentes regímenes de riego y de fertilización nitrogenada. El análisis de evaluación mostró estrecha correlación entre datos medidos y observados en la fenología del cultivo, acumulación de biomasa, rendimiento de grano, contenido de agua en el suelo. Rezzoug *et al.* (2008), en la región de Tiaret, Argelia, calibraron y evaluaron el modelo para nueve variedades de trigo a partir de datos experimentales de tres ciclos; los resultados mostraron buen ajuste en la simulación de la antesis y madurez y en el rendimiento de grano. Singh *et al.* (2008), en los ecosistemas semiáridos de la India, predijeron el crecimiento y rendimiento bajo diferentes condiciones de riego y fertilización, y encontraron resultados satisfactorios del modelo en la simulación de la fenología y rendimiento, sin embargo, el modelo subestimó la biomasa. Dettori *et al.* (2011), para el sur de Cerdeña, Italia, calibraron y evaluaron el modelo para tres variedades de trigo duro haciendo uso de información de campo de treinta años, y obtuvieron buen ajuste para predecir el rendimiento de grano y el periodo a la antesis, no así para peso y número de granos. Palosuo *et al.* (2011) compararon el desempeño de ocho diferentes modelos de simulación aplicables al trigo en ocho localidades del noroeste, centro y sur de Europa; el modelo CERES-Trigo tuvo un buen desempeño con los valores más bajos de RMSE y los más altos del índice de concordancia.

Asimismo, en la provincia de Anhui, de China, Wu *et al.* (2013) simularon el efecto de diferentes fechas de siembra y densidades de población sobre el rendimiento de grano de la variedad Yangmai-13, y demostraron que en las fechas de siembra tempranas, los mayores rendimientos se obtienen con las

menores densidades de población, mientras que en las fechas tardías, con las mayores densidades de población. Valizadeh *et al.* (2014) para dos regiones de Irán, simularon los efectos en el trigo de tres futuros escenarios de cambio climático, y el ciclo de cultivo en los tres escenarios fue reducido debido al incremento de temperatura, que influyó en disminución del rendimiento de grano. Andarzian *et al.* (2015) utilizaron el modelo para seleccionar de ocho fechas de siembra, la más adecuada para la obtención del mayor rendimiento. A su vez, Li *et al.* (2015) simularon en la rotación de maíz (*Zea mays* L.) y trigo (*Triticum aestivum* L.) el efecto de diferentes niveles de fertilización en el rendimiento y el contenido de carbono orgánico y nitrógeno, y según los autores, se obtuvieron datos razonables y creíbles en las diversas condiciones de manejo. Ahmed *et al.* (2016) calibraron el modelo para cinco variedades durante la primavera y bajo la modalidad de temporal, y concluyeron que el modelo es una herramienta con buen potencial para simular la fenología, acumulación de biomasa, máximo índice de área foliar y rendimiento de grano.

El trigo es uno de los cereales más importantes en México ya que se consumen en el país cerca de siete millones de toneladas al año, mientras que la producción estimada es de cuatro, por lo cual se requiere importar tres millones de toneladas (SFA, 2011); además, el rendimiento nacional promedio es de cinco toneladas por hectárea y en Coahuila es de tres, principalmente de trigo duro o cristalino (Caballero-De Loya y Velázquez-Monter, 2010), por lo que es necesario establecer estrategias de manejo pertinentes para incrementar el rendimiento del cultivo en el estado. Para tal propósito, el objetivo de la presente investigación fue calibrar el modelo CERES-Trigo, ya que puede ser una herramienta de gran utilidad para simular la respuesta de la variedad de trigo duro Júpate C2001 en diferentes escenarios de manejo –dos fechas de siembra con diferentes regímenes de riego– y en diversas condiciones ambientales, lo que permitiría que el tiempo de desarrollo de nuevas estrategias se acorte considerablemente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y descripción del experimento

La investigación se llevó a cabo en el campus universitario de Buenavista, Saltillo, cuyas coordenadas geográficas son: 25°21'5" N y 101°1'47" O, a una altitud de 1743 m.

Se evaluaron dos diferentes fechas de siembra en el ciclo invierno-primavera 2015-2016; en la primera siembra se evaluaron dos regímenes de riego y en la segunda, tres (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos o condiciones de manejo evaluados en la investigación.

Tratamiento	RR (%)	Fecha de siembra
1	100	18 de noviembre de 2015
2	70	18 de noviembre de 2015
3	100	15 de diciembre de 2015
4	85	15 de diciembre de 2015
5	60	15 de diciembre de 2015

†RR=requerimiento de riego.

En la primera fecha de siembra el cultivo tuvo un ciclo de 163 días para alcanzar madurez fisiológica, mientras que en la segunda el ciclo fue de 150 días. El experimento se realizó bajo el diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Cada tratamiento de riego estuvo ubicado en una parcela de 10 m de ancho y 30 m de largo, la cual se dividió en cuatro unidades experimentales o repeticiones. Se utilizó la variedad Júpate C2001, trigo duro o cristalino, que se sembró en líneas separadas a 0.20 m, con una densidad de siembra de 170 kg ha⁻¹ y 250 plantas m² emergidas, en promedio. La fertilización para todos los tratamientos fue de 170-90-00: previo a la siembra se suministró la dosis 100-90-00 (N-P-K; kg ha⁻¹) y el resto del nitrógeno en la etapa de amacollo; la aplicación se realizó manualmente, en líneas, a una distancia de 0.20 m. La fuente de nitrógeno fue el sulfato de amonio granulado (20.5% N) y la del fósforo, el superfosfato simple granulado (20%). El riego se aplicó por el método de aspersión. Inicialmente, a todos los tratamientos se les dio un riego de presiembra de 30 mm que se complementó con un riego a la emergencia de 50 mm; posteriormente, los riegos se efectuaron en las etapas fenológicas de: fase amacollo, encañe, espigado, floración y llenado del grano en la primera siembra, en tanto que en la segunda en: fases de amacollo, encañe, espigado y floración, ya que el ciclo se acortó para evitar problemas de acame. La cantidad total aportada durante estas fases a los diferentes tratamientos fueron: T1=

650 mm, T2= 459 mm, T3= 380 mm, T4= 323 mm y T5= 245 mm.

Evaluación de campo

Para calibrar y evaluar el modelo, la información requerida se obtuvo en campo. Respecto a la fenología, se contaron los días para alcanzar los estados fenológicos más importantes como la floración y madurez, y para identificar el momento de riego. El área foliar se determinó tomando cinco plantas por repetición, se separaron las hojas, se calculó el área de cada una mediante el método de Stickler *et al.* (1961); para determinar el índice de área foliar, se utilizó el método usado por Fageria y Santos (2008). En la medición de la acumulación de materia seca, se cortó 0.50 m de surco de planta (0.1 m²), se separaron las partes de la planta y se colocaron en un horno de secado a 65° C durante 48 horas y se pesaron, y posteriormente se calculó la acumulación de biomasa parcial y total en kg ha⁻¹. Para el rendimiento se cosechó por repetición una superficie de 5 m², se contó el número de espigas, se pesó la materia seca total cosechada y, posteriormente, se separó y pesó el grano para calcular el rendimiento en kg ha⁻¹; también se seleccionaron veinte espigas por repetición para contabilizar el número de espiguillas, de granos por espiga y el peso del grano.

Los requerimientos de riego se estimaron con el método gravimétrico (Radulovich, 2009): se obtuvieron muestras a estratos de 0.20 m, hasta una profundidad de 0.80 m.

Información meteorológica y de suelo

Se obtuvo la información meteorológica diaria requerida por el modelo: radiación solar, velocidad del viento, humedad relativa, temperatura del aire máxima y mínima, precipitación e insolación, se obtuvo de la estación climática de la Conagua, localizada a 350 m del área de estudio (Cuadro 2). Antes de la siembra se realizó un análisis de suelo del que se obtuvieron: las propiedades físico-químicas en las parcelas, la textura del suelo es franco arcilloso (Cuadro 3), el contenido nitrógeno, fósforo y potasio en las parcelas (Cuadro 4).

Descripción del modelo

El submodelo de crecimiento en CERES-Trigo considera el desarrollo de fases fenológicas en función de un tiempo térmico (grado día de desarrollo, GDD); calcula la acumulación de biomasa como un producto de la eficiencia en el uso de la radiación

Cuadro 2. Datos promedio diarios mensuales de las variables climáticas observadas durante el ciclo del cultivo de trigo.

Variables climáticas	Meses						
	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Radiación solar (MJ m ⁻² día ⁻¹)	14.19	13.02	15.07	18.68	18.35	22.23	22.45
Temperaturas máximas (°C)	22.17	18.54	16.34	21.31	22.40	26.46	28.67
Temperaturas mínimas (°C)	8.24	5.51	1.86	5.09	8.70	11.12	13.63
Precipitación (mm)	0.12	0.00	0.75	0.00	0.95	0.80	2.15
Velocidad del viento (km día ⁻¹)	227.60	271.29	213.61	213.00	259.48	265.30	350.06
Insolación (hrs)	6.83	6.70	7.90	9.14	7.16	8.64	8.32
Humedad relativa (%)	62.57	53.94	54.23	42.72	49.13	50.50	60.84

Cuadro 3. Propiedades físicas del suelo de las parcelas antes de la siembra, valores promedio del estrato 00-80 cm.

Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	Mo (%)	Da g cm ⁻³	$\theta_{v_{cc}}$ cm ³ cm ⁻³	$\theta_{v_{pmp}}$ cm ³ cm ⁻³
37.5	23.1	39.4	2.8	1.21	28	14

Mo = materia orgánica; Da = densidad aparente; $\theta_{v_{cc}}$ = contenido de agua a capacidad de campo; $\theta_{v_{pmp}}$ = contenido de agua a punto de marchitez permanente.

Cuadro 4. Contenido de nitrógeno fósforo y potasio del suelo correspondiente a cada parcela.

Tratamiento	N (%)	P (kg ha ⁻¹)	K (kg ha ⁻¹)
T1	0.095	15.08	203.62
T2	0.138	15.2	148.5
T3	0.138	30.06	491
T4	0.203	6.86	+900
T5	0.129	19.70	456

por el cultivo y de la radiación fotosintéticamente activa interceptada por la cubierta foliar; el número de hojas que crecen en función de la tasa de aparición de hojas (filocrono, PHINT, grados día) y la duración del llenado de grado por el tiempo térmico (P5, grados día). La extensión de la hoja depende de un coeficiente potencial del órgano y es limitada por temperaturas subóptimas, y por el estrés hídrico y de nitrógeno. El desarrollo de las fases influye en los coeficientes de partición de la biomasa seca en las partes de la planta. El rendimiento de grano es modelado como un producto del número de granos (G1), densidad de población y peso de grano a la madurez (G2) (Andarzian *et al.*, 2015).

Calibración del modelo

Para el desarrollo de la investigación se utilizó el sistema computacional DSSAT versión 4.5 de la Universidad de Hawaii, EUA (Hoogenboom *et al.*, 2010), el cual se alimentó con la información del cultivo, suelo y meteorológica. Con el propósito de calibrar el modelo para la variedad Júpate C2001, se obtuvieron los siete coeficientes genéticos (Cuadro 5), que determinan la fenología: P1V, P1D, P5 y PHINT, y el creci-

miento reproductivo: G1, G2 y G3 (Wu *et al.*, 2013; Andarzian *et al.*, 2015). La calibración se basó en el tratamiento tres en condiciones óptimas de manejo, del que se obtuvo el mayor rendimiento de grano.

El coeficiente P5 se calculó considerando los grados día de desarrollo (GDD) acumulados durante la fase de llenado de grano, y para PHINT se consideró la acumulación de GDD de la etapa vegetativa dividida entre el máximo número de hojas promedio por planta, y el GDD se calculó a partir de una temperatura base de 0°C para trigo (Prabhakar *et al.*, 2007). El coeficiente P1V representa los días de temperatura óptima requeridos para la vernalización completa, y para P1D se consideró que es de día corto (Wang y Engel, 1998). El coeficiente G1 se obtuvo con información del peso y número de espiguillas formadas a la antesis; para estimar G2 y G3 fue necesario utilizar la información de los muestreos realizados a la cosecha. La calibración para obtener los coeficientes genéticos se realizó manualmente, y el ajuste de los parámetros consistió en minimizar el RMSE entre los datos simulados y observados para las diferentes variables que se evaluaron (Ahmed *et al.*, 2016).

Cuadro 5. Descripción de los coeficientes genéticos del modelo CERES para trigo.

Coeficiente	Descripción	Unidades
P1D	Coeficiente de sensibilidad al fotoperiodo (porcentaje de reducción en la tasa de desarrollo /en relación con las 10 h menor que el límite del umbral)	%
P1V	Coeficiente de vernalización, días con temperatura óptima necesarios para completarla	Días
P5	Tiempo térmico de la fase de llenado del grano a la madurez	GDD
G1	Número de granos por espiga por unidad de peso en la antesis	no g ⁻¹
G2	Peso potencial del grano en condición óptima	mg
G3	Peso seco seco del vástago en condición óptima a la madurez (incluyendo grano)	g
PHINT	Intervalo del filocrono (tiempo térmico entre la aparición sucesiva de las hojas)	GDD [†]

[†]GDD =grados día de desarrollo (Jones *et al.*, 2003).

Análisis estadístico

Para evaluar el comportamiento del modelo, se utilizaron los estadísticos: raíz del error cuadrado medio (RMSE), que ilustra el error de la predicción del modelo para los datos medidos y simulados; cuanto menor sea este valor, mejor es el desempeño de la simulación (Loague y Green, 1991) (Ecuación 1). El índice de concordancia (d) se utilizó para indicar la relación de las variables que se comparan (Ecuación 2) y el coeficiente de determinación (R^2) (Ecuación 3) para determinar la precisión de la simulación. Respecto a estos dos estadísticos, cuando el valor es más cercano a uno, es mejor la relación entre las dos variables que se comparan (Willmott, 1985; Wallach, 2006). Para cuantificar las diferencias de los valores simulados y observados se utilizó la diferencia porcentual (Fórmula 4), donde un valor positivo indica el grado de sobreestimación y un negativo la subestimación de la simulación (Wu *et al.*, 2013).

$$RMSE = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2 \right]^{0.5} \quad (1)$$

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n [(P_i - \bar{O}) - (P_i - \bar{O})^2]}{\sum_{i=1}^n [(|P_i - \bar{O}|) - (|P_i - \bar{O}|)^2]} \quad (2)$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{O})^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (3)$$

$$\text{Diferencia \%} = \left(\frac{P_i - O_i}{O_i} \right) * 100 \quad (4)$$

Donde P_i y O_i son los valores simulados y observados de las variables de estudio, n es el número de observaciones y \bar{O} es la media de los valores observados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Coefficientes genéticos obtenidos de la calibración

La combinación de los coeficientes genéticos que presentaron un mejor ajuste en la simulación del crecimiento y rendimiento para el tratamiento T3, utilizado para la calibración de la variedad de trigo duro Júpate C2001, se presentan en el Cuadro 6.

Desarrollo fenológico

Los resultados de la simulación de la fenología del cultivo, mostraron que en los dos tratamientos de la primera fecha de siembra (T1 y T2), el modelo sobrestimó los días para alcanzar las etapas de floración en + 5 a + 8 días y los días para la madurez en + 7 a + 11 días (Cuadro 7). En los tratamientos de la segunda fecha de siembra (T3, T4 y T5), el modelo subestimó los días a la floración y a la madurez en un rango de -2 a -12 días (Cuadro 7). Wu *et al.* (2013) obtuvieron resultados similares al evaluar el modelo en trigo en el este de China; los autores indicaron que, con diferencias en estos rangos, se puede considerar un buen ajuste del modelo. Dettori *et al.* (2011) reportaron diferencias de entre - 9 y + 1 días en antesis, cercanos a los valores obtenidos en esta investigación. Ottman (2008) citó la importancia de los coeficientes genéticos adecuados para disminuir el error en la simulación de la floración. Bannayan *et al.* (2003) reportaron diferencias similares en la antesis a las mostradas en esta investigación.

Simulación del rendimiento y sus componentes a la cosecha

La simulación del rendimiento del grano y peso de grano para los tratamientos T3 y T4 mostró un buen ajuste entre valores simulados y observados. Las diferencias porcentuales estuvieron dentro de un rango + 0.4 a + 7.9% para rendimiento de grano y de 0% a 11.53 % para peso de grano (Cuadro 8). El tratamiento T3 también tuvo un buen ajuste en el número de granos por m^2 (+ 4.05). Estos resultados concuerdan con los de Singh *et al.* (2008), quienes encontraron un buen ajuste en la simulación del rendimiento de trigo al evaluar diferentes condiciones de manejo en riego. El modelo sobrestimó por porcentajes elevados el rendimiento de grano en los tratamientos de la primera fecha de siembra en T1 y T2, y en la segunda fecha en T5, al mostrar que el modelo no tuvo la capacidad de simular las condiciones que influyeron en un menor rendimiento en condiciones reales, debido a las diferentes fechas de siembra o al déficit de riego o menor disponibilidad de agua en el suelo. El modelo simula un número elevado de granos por m^2 , los que determinan el rendimiento elevado en estos tratamientos. Langensiepen *et al.* (2008) reportaron que el modelo subestima y sobrestima el rendimiento de grano de trigo, y citan que la magnitud error no permite la aplicación práctica del modelo. Lal *et al.* (1998) presentaron algo similar donde CERES-Trigo sobreestima el rendimiento. A su vez, Moreno y Weiss (2004) encontraron que el modelo sobreestimó 10% el rendimiento,

Cuadro 6. Valores de los coeficientes genéticos obtenidos para la variedad Júpare C- 2001.

Cultivar	Coeficientes genéticos						
	P1V %	P1D días	P5 Grados día	G1 no g ⁻¹	G2 mg	G3 g	PHINT Grados día
Júpare C2001	0	130	466	33	23	7	100

Cuadro 7. Desarrollo fenológico simulado y observado (en días después de la siembra) para los cinco tratamientos del cultivo de trigo variedad Júpare C2001.

Desarrollo fenológico	Floración (DDS)				Madurez (DDS)			
	Simulado	Observado	Dif. [†]	Dif. (%)	Simulado	Observado	Dif.	Dif. (%)
T1	137	132	5	+ 3.8	170	163	+ 7	+ 4.29
T2	137	129	8	+ 6.20	170	159	+ 11	+ 6.92
T3	113	125	- 12	- 9.60	144	153	- 9	- 5.9
T4	113	123	- 10	- 8.1	144	150	- 6	- 4.00
T5	113	120	- 7	- 5.8	144	146	- 2	- 1.4

[†]Dif. = diferencia días; DDS= días después de la siembra.

Cuadro 8. Valores simulados y observados de rendimiento y sus componentes obtenidos a la cosecha de los 5 tratamientos del cultivo de trigo variedad Júpare C2001.

Tratamiento	Rendimiento kg ha ⁻¹			Peso de un grano (mg)			Granos cosechados por m ²		
	Simulado	Observado	Dif. (%)	Simulado	Observado	Dif. (%)	Simulado	Observado	Dif. (%)
T1	8759	3950	+121.74	23	18	+ 27.78	38081	23166	+ 64.38
T2	8280	4225	+ 95.98	23	21	+ 9.52	36001	18440	+ 95.23
T3	7221	6979	+ 0.40	23	23	0.00	31562	30343	+ 4.05
T4	7122	6600	+ 7.90	23	26	+ 11.53	31128	25062	+ 24.20
T5	6008	4525	- 32.77	23	17	+ 35.29	26262	25885	+ 4.30

[†]Dif. = Diferencia.

aunque subestimó el peso de un grano en -11.45% . Dettori *et al.* (2011) reportaron valores similares en la simulación de peso de un grano.

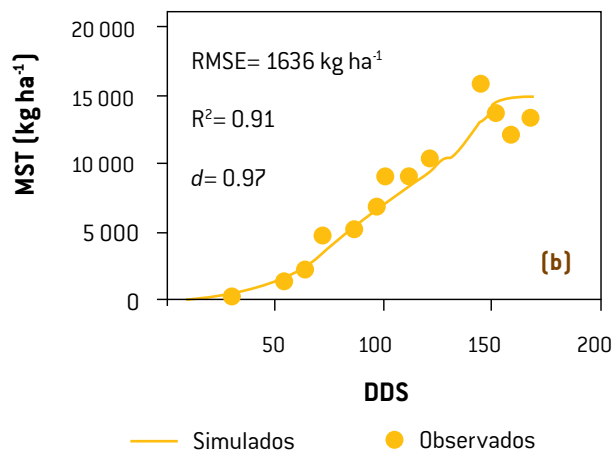
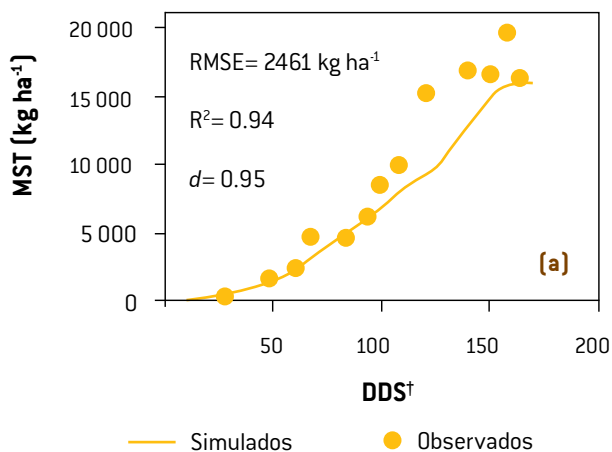
En la presente investigación se obtienen los mayores rendimientos en la segunda fecha de siembra. Mavromatis (2014) encontró que al sembrar en la fecha adecuada es posible obtener mayores rendimientos debido a la influencia de los factores agroclimáticos y por lo que la recomendó como una estrategia a la modelación regional.

Simulación de la materia seca total durante el ciclo del cultivo

En los cinco tratamientos el índice de concordancia (d) y el de coeficiente de determinación fueron

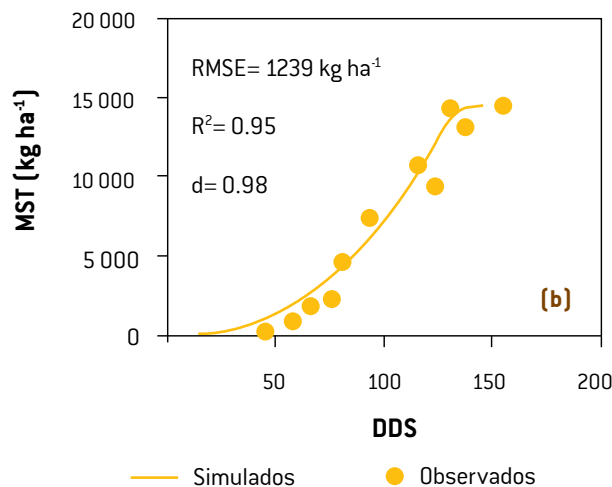
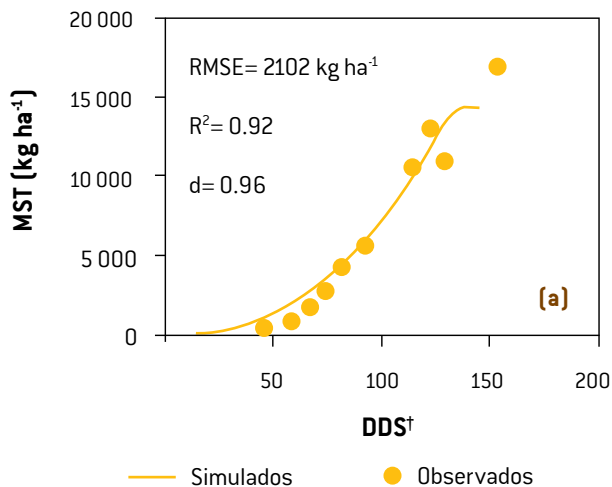
elevados, superiores a 0.9, por lo que se observa un buen ajuste entre valores simulados y observados en la mayor parte del ciclo del cultivo (Figuras 1 y 2). El tratamiento T4 presenta el menor RMSE= 1239 kg ha^{-1} , lo que indica la mejor simulación; las mayores diferencias entre valores simulados y observados se presentaron al final del ciclo, como se muestra en el Cuadro 9, donde el modelo subestima la materia seca total en los tratamientos T1, T3, T4, T5 con bajos porcentajes.

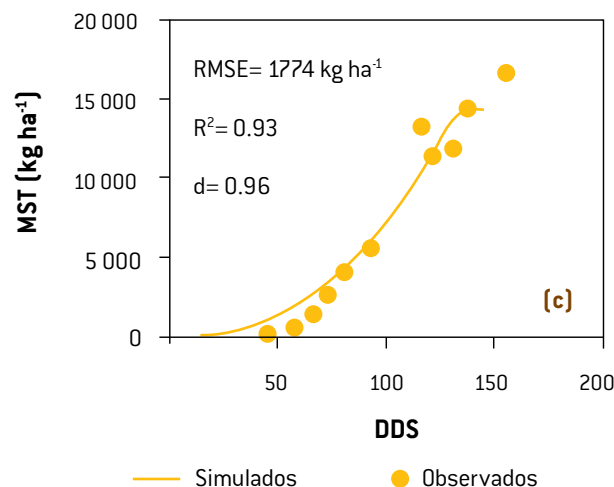
Langensiepen *et al.* (2008) encontraron valores de RMSE de 3.2 ton ha^{-1} , cifra mayor a la presentada en este estudio, por lo que se considera que el modelo es una herramienta adecuada para la estimación de la materia seca total.



[†]DDS=días después de la siembra.

Figura 1. Valores simulados y observados de la materia seca total durante el ciclo del cultivo de la primera siembra de la variedad Júpare C2001. T1 (a); T2 (b).





†DDS=días después de la siembra.

Figura 2. Valores simulados y observados de la materia seca total durante el ciclo del cultivo de la segunda siembra de la variedad Júpare C2001. T3 (a); T4 (b); T5 (c).

Cuadro 9. Valores absolutos simulados y observados de la materia seca total a la cosecha.

Materia seca total (kg ha ⁻¹)				
Tratamientos	Simulado	Observado	Diferencia	Rel.† (%)
T1	15790	21 462	-5672	- 16.00
T2	14954	14962	-8	+ 0.05
T3	15071	16917	-1846	- 10.91
T4	15171	16688	-1517	- 9.09
T5	13192	14562	-1370	- 9.40

†Rel.= relación.

Simulación del índice de área foliar durante el ciclo del cultivo

Para índice de área foliar en T3, T4 y T5 se obtuvo el mejor ajuste de los datos simulados con los observados ($R^2 > 0.81$, $d > 0.85$ y el RMSE entre 0.76 y 1.59) (Figura 4). En los tratamientos T1 y T2 el ajuste no fue bueno, ya que los valores de R^2 fueron bajos (0.47 y 0.49) y los de RMSE altos (2.22 y 2.29) (Figura 3). En la variable índice de área foliar máximo, en los tratamientos T3, T4 y T5 los valores simulados fueron muy cercanos a los observados (Cuadro 9), no así en T2 donde las diferencias

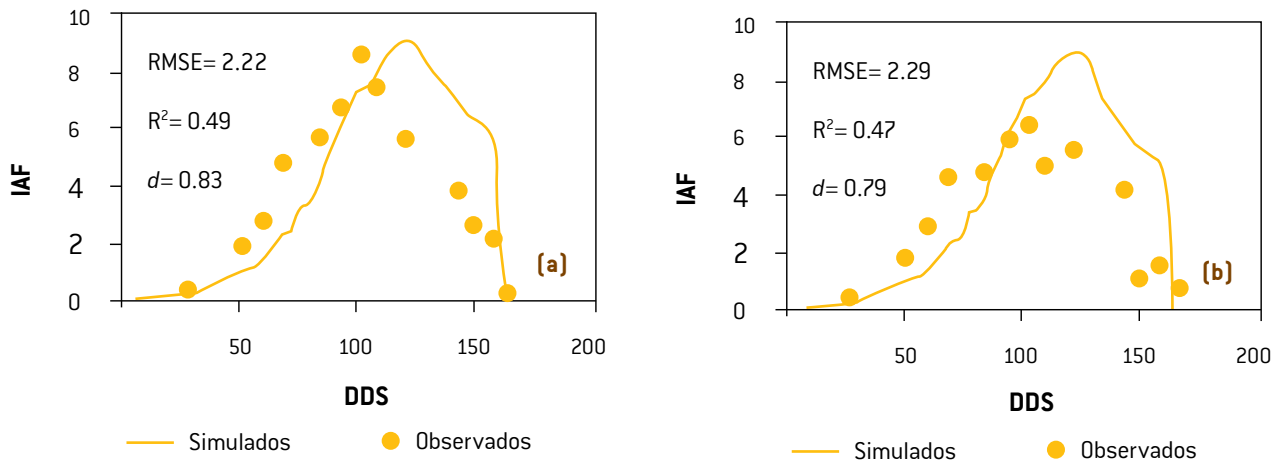
fueron elevadas. Resultados similares a T3, T4 y T5 reportaron Andarzian *et al.* (2015) quienes encontraron que aun con diferencias de esta magnitud, la simulación es aceptable. Singh *et al.* (2008) encontraron que el modelo subestimó el índice de área foliar en -15.63% para un tratamiento en condición óptima, cifra mayor a la reportada en la presente investigación para el tratamiento optimo (Cuadro 10).

El mejor ajuste de los tratamientos de la segunda fecha de siembra que los de la primera indican que los coeficientes genéticos obtenidos con el tra-

tamiento T3 no simularon con precisión aceptable la fenología y crecimiento del cultivo en la primera.

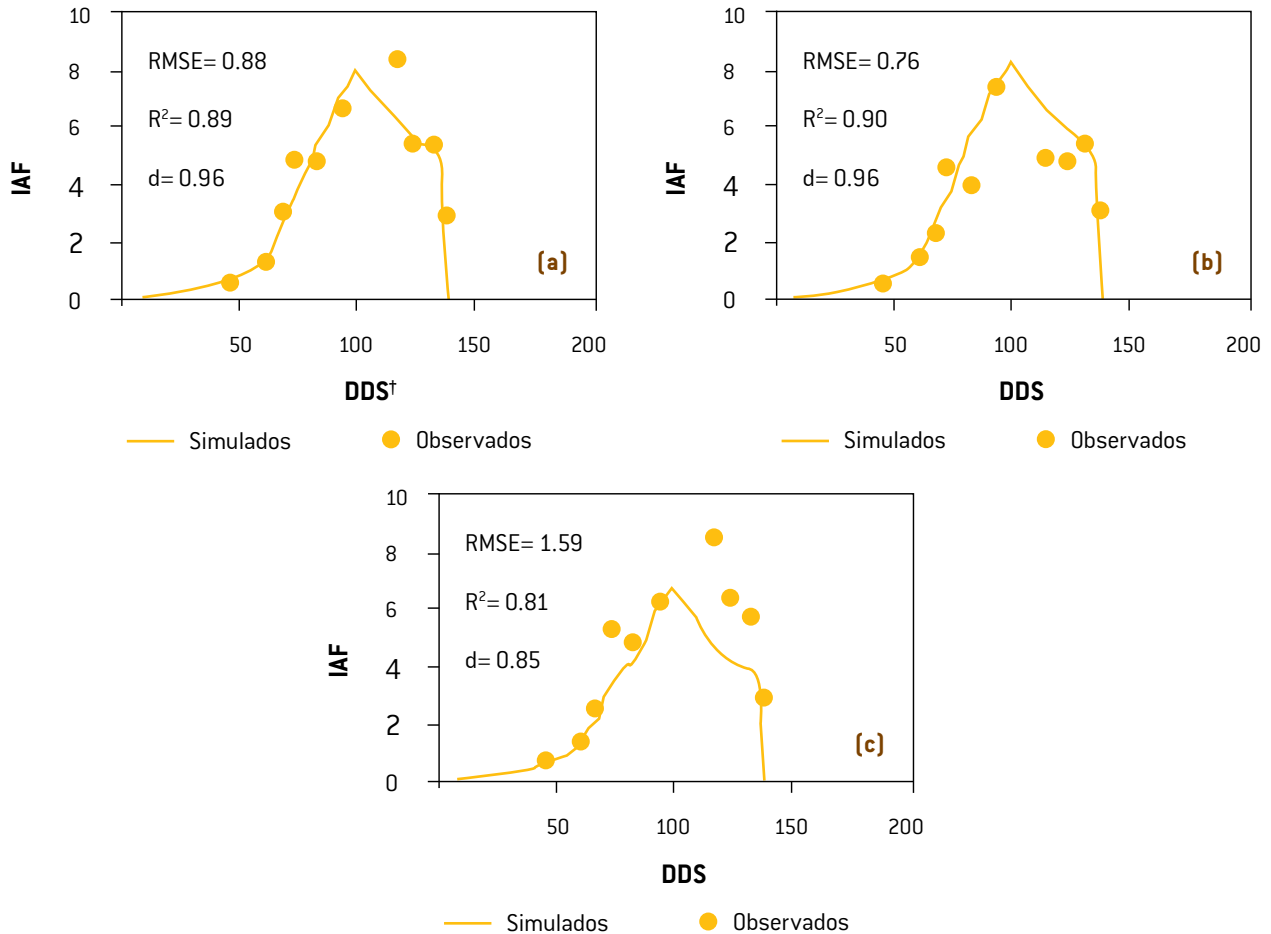
Wu *et al.* (2013) reportaron la obtención de índices de área foliar menores a los obtenidos en esta

investigación, aun cuando el cultivo se manejó bajo condiciones óptimas; ellos citan que el modelo es una herramienta útil para diferenciar las condiciones de suelo y clima de la región de estudio.



†DDS=días después de la siembra.

Figura 3. Valores simulados y observados del índice de área foliar durante el ciclo del cultivo de la primera siembra de trigo variedad Júpate C2001. T1 (a); T2 (b).



†DDS=días después de la siembra.

Figura 4. Valores simulados y observados del índice de área foliar durante el ciclo del cultivo de la segunda siembra de trigo variedad Júpate C2001. T3 (a); T4 (b); T5 (c).

Cuadro 10. Valores del máximo índice de área foliar observado y simulado para cada tratamiento del cultivo de trigo variedad Júpate C2001.

Máximo índice de área foliar			
Tratamientos	Simulado	Observado	Dif. (%)
T1	9.2	8.6	+ 6.98
T2	9.0	6.5	+ 38.46
T3	7.8	8.4	- 7.14
T4	8.2	8.4	+ 2.38
T5	6.9	7.3	- 5.48

a ¹IAF= Dif.= Diferencia.

Simulación de materia seca en hojas

En la simulación de peso seco de hojas durante el ciclo del cultivo, los tratamientos T3 y T4 mostraron un buen ajuste de los valores simulados respecto a los observados: $R^2 = 0.85$ y 0.89 , $d = 0.90$ y 0.93 , y los valores de RMSE de 718 y 615 kg ha^{-1} (Figura 6). En T5 el ajuste fue menor, con valores de $R^2 = 0.72$, valores de $d = 0.78$ y el valor de $\text{RMSE} = 1020$ kg ha^{-1} (Figura 6). Los tratamientos T1 y T2 tuvieron un bajo ajuste, ya que en la mayor parte del ciclo el modelo subestimó el peso seco de hoja, cuyos valores fueron: $R^2 = 0.74$ y 0.57 , $d = 0.78$ y 0.72 , y los valores de RMSE de 1393 y 1499 kg ha^{-1} (Figura 5).

Singh *et al.* (2008) reportaron que el modelo subestimó en todos los tratamientos la acumulación de materia seca, y explicaron como posible causa un error en la partición de la biomasa.

Bannayan *et al.* (2003) encontraron una tendencia del modelo a subestimar la producción de bio-

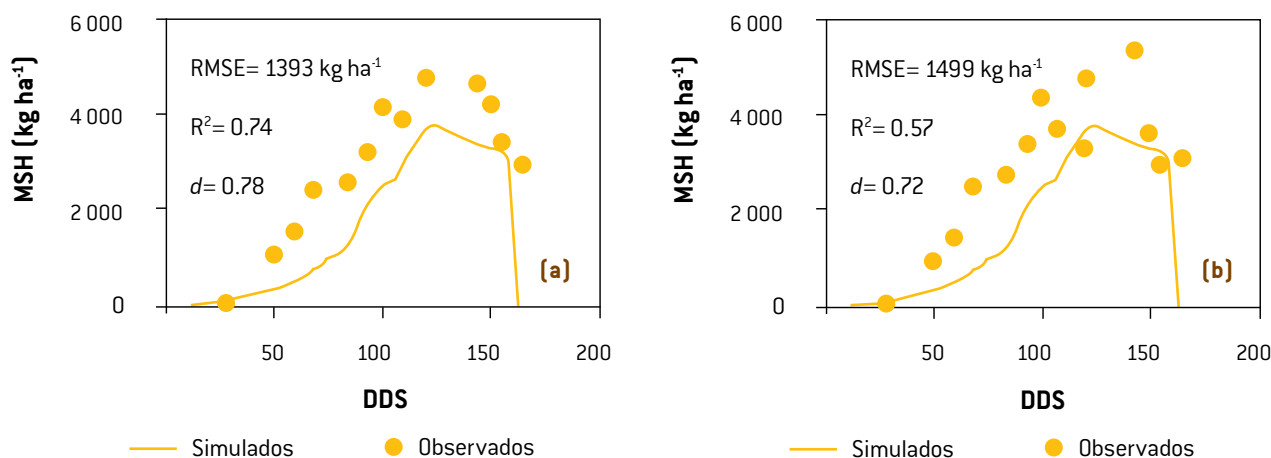
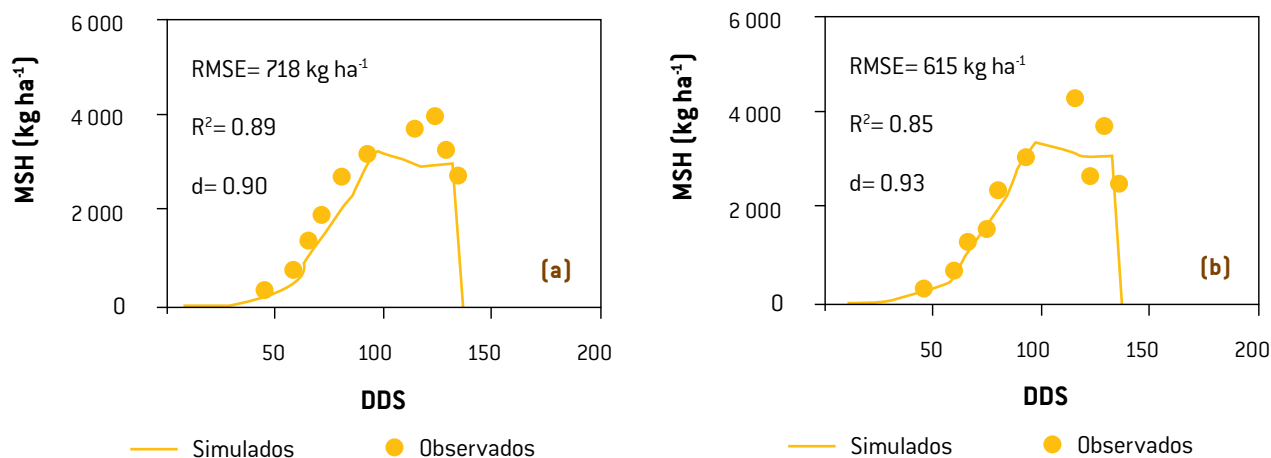


Figura 5. Valores simulados y observados de la materia seca parcial en hojas durante el ciclo del cultivo de la primera siembra variedad Júpate C2001. T1 (a); T2 (b).



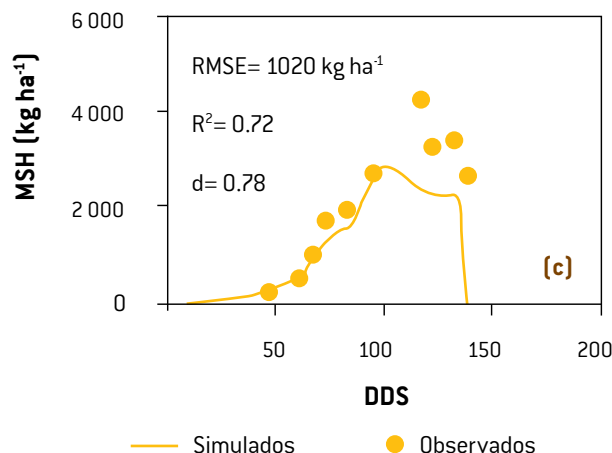


Figura 6. Valores simulados y observados de la materia seca parcial en hojas durante el ciclo del cultivo de la segunda siembra variedad Júpare C2001. T3 (a); T4 (b); T5 (c).

masa en casi todos sus tratamientos y lo atribuyeron a un desajuste en los parámetros de producción del dosel como lo es el área específica (área peso⁻¹), a los coeficientes de partición de biomasa, a la tasa de senescencia o a la absorción de la radiación solar para la producción de biomasa. Langensiepen *et al.* (2008) encontraron errores en la predicción del rendimiento y la acumulación de materia seca (biomasa), lo que atribuyeron a las diferencias de tiempo (clima) y la combinación de coeficientes genéticos utilizados en la calibración.

CONCLUSIONES

Se obtuvieron los coeficientes genéticos para la variedad de trigo Jupare C2001 con el tratamiento en condición de manejo óptima, en la segunda fecha de siembra. En los tratamientos de la segunda fecha de siembra el modelo simuló con buen ajuste: etapas de desarrollo del cultivo, así como rendimiento de grano, materia seca total, índice de área foliar y materia seca en hojas, no así en los tratamientos de la primera siembra, donde el modelo tuvo una baja predicción en la simulación en: rendimiento de grano, materia seca total, índice de área foliar y materia seca en hojas, lo cual muestra que los coeficientes genéticos obtenidos para una fecha de siembra, no son adecuados para efectuar la simulación aceptable en la otra fecha de siembra o ambiente, lo cual puede limitar su uso como herramienta de predicción bajo otras condiciones ambientales.

LITERATURA CITADA

- AHMED, M., M.N. Akram, M. Asim, M. Aslam, F. Hassan, S. Higgins, C.O. Stöckle, and G. Hoogenboom. 2016. Calibration and validation of APSIM-wheat and CERES-wheat for spring wheat under rainfed conditions: models evaluation and application. *Comput. Electron. Agric.* 123: 384-401.
- ANDARZIAN, B., G. Hoogenboom, M. Bannayan, M. Shiralí, and B. Andarzian. 2015. Determining optimum sowing date of wheat using CSM-CERES-wheat model. *J. Saudi Soc. For Agric. Sci.* 14: 189-199.
- ARORA, V.K., H. Singh, and B. Singh. 2007. Analyzing wheat productivity responses to climatic, irrigation and fertilizer-nitrogen regimes in a semi-arid sub-tropical environment using the CERES-wheat model. *Agr Water Manage.* 94: 22-30.
- BANNAYAN, M. N.M.J. Crout, and G. Hoogenboom. 2003. Application of the CERES-wheat model for within-season prediction of winter wheat yield in the United Kingdom. *Agron. J.* 95: 114-125.
- BOOTE, K.J., J. W. Jones, G. Hoogenboom, and J.W. White. 2010. The role of crop systems simulation in agriculture and environment. *Int. J. Agr. Environ. Inform. Syst.* 1: 41-54.
- BOOTE, K. J., J. W. Jones, J. W. White, S. Asseng, and J.I. Lizaso. 2013. Putting mechanisms into crop production models. *Plant Cell Environ.* 36: 1658-1672.
- BOUMAN, B. A. M., H. Van Keulen, H. H. Van Laarh, and R. Rabbingeh. 1996. The 'School of de Wit' crop growth simulation models: A pedigree and historical overview The 'School of de Wit' crop growth simulation models:

- A pedigree and historical overview. The 'school of de wit' crop growth simulation models: a pedigree and historical overview. *Agric. Sys.* 52: 171-198.
- CABALLERO-DELOYA, M. y A. Velázquez-Monter. 2010. Estudio de gran visión y factibilidad económica y financiera para el desarrollo de infraestructura de almacenamiento y distribución de granos y oleaginosas para el mediano y largo plazo a nivel nacional. Subsecretaría de fomento a los Agronegocios de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Fideicomiso de Riesgo Compartido, Comité Nacional Sistema-Producto Oleaginosas A.C., Colegio de Postgraduados. SAGARPA. México. 237 p.
- DEJONGE, K.C., A. L. Kaleita, and K. R. Thorp. 2007. Simulating the effects of spatially variable irrigation on corn yields, costs, and revenue in Iowa. *Agr Water Manage.* 92: 99-109.
- DETTORI, M., C. Cesaraccio, A. Motroni, D. Spano, and P. Duce. 2011. Using CERES-wheat to simulate durum wheat production and phenology in southern Sardinia, Italy. *Field Crop Res.* 120: 179-188.
- EVANS, R.G., and B.A. King. 2012. Site -especific sprinkler irrigation in a water-limited future. *T. Asabe.* 55: 493-504.
- FAGERIA, N. K. and A. B. Santos. 2008. Yield physiology of dry bean. *J. Plant Nutr.* 31: 983-1004.
- HAEFNER, J. W. 2005. Modeling biological system: principles and applications (Segunda edición). Springer, New York, USA, 475 p.
- HERNÁNDEZ, N., F. Soto, y A. Caballero. 2009. Modelos de simulación de cultivos, características y usos. *Cultivos Tropicales.* 30: 73-82.
- HOOGENBOOM, G., J.W. Jones, R.W. Wilkens, W.D. Batchelor, L.A. Hunt, K.J. Boot, U. Singh, O. Uryasev, W. T. Bowen, A. J. Gijnsman, A. Du Toit, J.W. White, and G.Y. Tsuji. 2010. Decision support system for agrotechnology transfer (DSSAT) version 4.5 [CD-ROM]. University of Hawaii, Honolulu, HI, USA.
- JONES, J. W., G. Hoogenboom, C.H. Porter, K.J. Boote, W.D. Batchelor, L.A. Hunt, P.W. Wilkens, U. Singh, A.J. Gijnsman, and J.T. Ritchie. 2003. The DSSAT cropping system model. *Eur. J. Agron.* 18: 235-265.
- LAL, M., K.K. Singh, L.S. Rathore, G. Srinivasan, and S.A. Saseendran. 1998. Vulnerability of rice and wheat yields in nw India to future changes in climate. *Agr Forest Meteorol.* 89: 101-114.
- LANGENSIEPEN, M., H. Hanus, P. Schoop, and W. Grasse. 2008. Validating CERES-wheat under north - German environmental conditions. *Agri. Syst.* 97: 34-47.
- LI, Z. T., J. Y. Yang, C.F. Drury, and G. Hoogenboom. 2015. Evaluation of the DSSAT-CSM for simulating yield and soil organic C and N of a long-term maize and wheat rotation experiment in the loess Plateau of northwestern China. *Agric. Syst.* 135: 90-104.
- LOAGUE, K. and R.E. Green. 1991. Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models: overview and application. *J. Contam. Hydrol.* 7, 51-73.
- MAVROMATIS, T. 2014. Pre-season prediction of regional rainfed wheat yield in northern Greece with CERES-wheat. *Theor Appl Climatol.* 117: 653-665.
- MCCOWN, R.L., G.L. Hammer, J.N.G. Hargreaves, D.P. Holzworth, and D.M. Freebairn. 1996. APSIM: a novel software system for model development, model testing, and simulation in agricultural systems research. *Agric. Syst.* 50: 255-271.
- MORENO, S. and A. Weiss. 2004. Improvements in the simulation of kernel number and grain yield in CERES-Wheat. *Field Crop Res.* 88: 157-169.
- OTTMAN, M.J. 2008. Predicting wheat growth using the CSM-Cropsim-CERES-wheat crop model. *Forage and Grain Report.* October 2008. 156: 12-20.
- PALOSUO, T. A., K.C. Kersebaum, C. Angulo, P. Hlavinka, M. M. Torinese, J. E. Olesen, R. H. Patil, F. O. Ruget, C. Rumbaur, J. Takac, M. Trnka, M. Bindi, B. Aldag, F. Ewert, R. Ferrise, W. Mirschel, L. Saylan, B. Siska, and R. Rotter. 2011. Simulation of winter wheat yield and its variability in different climates of Europe: a comparison of eight crop growth models. *Eur. J. Agron.* 35: 103-114.
- PORTER, J.R., P. D. Jamieson, and D. R. Wilson. 1993. Comparison of the wheat simulation models AFR-CWHEAT2, CERES-wheat and SWHEAT for non-limiting conditions of crop growth. *Field Crop Res.* 33: 131-157.
- PRABHAKAR, B. N., A. S. Halepyati, B. K. Desai, and B. T. Pujari. 2007. Growing degree days and photo thermal units accumulation of wheat (*Triticum aestivum* L. and *T. durum* Desf.) genotypes as influenced by dates of sowing. *Karnataka J. Agric. Sci.* 20: 594-595.
- PRECIADO, R. E., M. Erazo, J. A. Quijano, A. Terrón, y R. Paredes. 2002. Simulación del crecimiento de maíces precoces en condiciones de secano. *Agronomía Mesoamericana,* 13: 123-128.
- RADULOVICH, R. 2009. Método gravimétrico para determinar in situ la humedad volumétrica del suelo. *Agron. Costarric.* 33(1): 121-124.
- REZZOUG, W., B. Gabrielle, A. Suleiman, and K. Benabdeli. 2008. Application and evaluation of the DSSAT wheat in the Tiaret region of Algeria. *Afr. J. Agric. Res.* 3: 284-296.
- SFA. 2011. Perspectivas de largo plazo para el sector agropecuario de México 2011-2020. Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios. SAGARPA. México. 43 p.

- SINGH, A. K., R. Tripathy, and U. K. Chopra. 2008. Evaluation of CERES-wheat and CropSyst models for water nitrogen interactions in wheat crop. *Agr. Water Manage.* 95: 776-786.
- STICKLER, F.C., S. Wearden, and A. W. Pauli. 1961. Leaf area determination in grain sorghum. *Agr. Jour.* 53: 187-188.
- VALIZADEH, J., S. M. Ziaei, and S. M. Mazlounzadeh. 2014. Assessing climate change impacts on wheat production. *J. Saudi Soc. Agr. Sci.* 13:107-115.
- WALLACH, D. 2006. Working with dynamic crop models: evaluation, analysis, parameterization and applications. Elsevier. Amsterdam, Reino Unido. 447 p.
- WANG, E. and T. Engel. 1998. Simulation of phenological development of wheat crops. *Agric. Syst.* 58:1-24.
- WILLMOTT, C. J., G.S. Akleson, R.E. Davis, J.J. Fedema, K.M. Klink, D.R. Legates, J. Odonnel, and C.M. Rowe. 1985. Statistic for the evaluation and comparison of models. *J. Geophys. Res.* 90: 8995-9005.
- WU, CH., R. Anlauf, and Y. Ma. 2013. Application of the DSSAT model to simulate wheat growth in eastern China. *J. Agric. Sci.* 5:198-208.

Hongos nematófagos del género *Arthrobotrys* spp., en el control de *Meloidogyne incognita* bajo condiciones *in vitro*

Nematophagus fungi *Arthrobotrys* spp., against *Meloidogyne incognita* under *in vitro* conditions

Diego Alejandro Treviño-Cueto¹, Melchor Cepeda-Siller^{*2},
Francisco Daniel Hernández-Castillo², Sergio René Sánchez-Peña²

¹Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. CP 25315. e-mail: melchoresraza2010@hotmail.com [*Autor responsable].

RESUMEN

El nematodo agallador *Meloidogyne incognita* está reportado como el principal nematodo que causa daños severos en la agricultura alrededor del mundo. Los hongos nematófagos del género *Arthrobotrys* spp. son enemigos naturales de los nematodos, a los que pueden inmovilizar y digerir. Con la finalidad de disminuir el uso de nematocidas químicos, se pretende generar nuevas tecnologías a partir del uso de agentes para el control biológico de *Meloidogyne incognita*, como los hongos nematófagos del género *Arthrobotrys* spp. El objetivo del presente trabajo fue identificar especies del hongo del género *Arthrobotrys*, de diferentes regiones agrícolas de México, que tenga actividad nematófaga contra *Meloidogyne incognita*. Para obtener hongos y nematodos, durante 2014 se realizó la presente investigación a partir del uso de metodologías propias. Se procesaron 150 muestras de suelos agrícolas de una profundidad de 0 a 15 cm. Mediante técnicas de microscopía y claves taxonómicas se identificaron y encontraron cinco diferentes cepas de hongos nematófagos: *Arthrobotrys musiformis* (HN01), *Drechslerella yunnanensis* (HN02), *Arthrobotrys oligospora* (HN03), *Arthrobotrys* spp. (HN04), *Arthrobotrys musiformis* (HN05). Se realizaron bioensayos de actividad nematófaga, bajo condiciones *in vitro*, de cada especie identificada del género *Arthrobotrys* contra *Meloidogyne incognita*. En una caja Petri de 5 cm de diámetro se depositaron hongos juveniles del segundo estadio de *Meloidogyne incognita*, a los que se les agregaron concentrados celulares 1×10^5 , 1×10^6 y 1×10^7 durante un periodo de 168 h. Se estableció un diseño completamente al azar, con arreglo factorial de 15 tratamientos con cinco repeticiones más un testigo adicional. Los datos obtenidos se estudiaron mediante un análisis probit, de los que se evaluó el porcentaje mortalidad con un análisis de varianza entre media de tratamientos y TL_{50} . La capacidad nematófaga de cada hongo fue: HN01 94% TL_{50} 106.07h; HN02 59% TL_{50} 146.53h; HN03 87% TL_{50} 118.24h; HN04 69% TL_{50} 136.98h; HN05 72% TL_{50} 131.88 h.

Palabras clave: nematodos fitopatógenos, control biológico, Orbileaceae

ABSTRACT

The root-knot nematode *Meloidogyne incognita*, is reported as the main nematode that causes severe damage to agriculture around the world. Nematophagous fungi such as *Arthrobotrys* spp are natural enemies of nematodes, which can immobilize and digest. In order to reduce the use of chemical nematocides, it aims to generate new technologies for biological control of *Meloidogyne incognita*, from the use of control agents such as fungi of the genus *Arthrobotrys* spp. The aim of this study was to identify species of the fungus genus *Arthrobotrys* with nematophagous activity against *Meloidogyne incognita*, in different agricultural regions of Mexico. This research was conducted during 2014. 150 samples of agricultural soils from a depth of 0-15 cm based on its own to obtain fungi and nematodes were processed methodologies. The fungi were identified using microscopy techniques and taxonomic keys, finding five different strains of nematophagous fungi, *Arthrobotrys musiformis* (HN01), *Drechslerella yunnanensis* (HN02), *Arthrobotrys oligospora* (HN03), *Arthrobotrys* spp., (HN04), *Arthrobotrys musiformis*. (HN05). Nematophagous bioassays activity of each identified species of the genus *Arthrobotrys* against *Meloidogyne incognita* under *in vitro* conditions were performed. These were conducted in Petri dish 5 cm diameter, containing second stage juveniles of *Meloidogyne incognita*, adding concentrated cell 1×10^5 , 1×10^6 and 1×10^7 for a period of 168h. A completely random design was established factorial arrangement with 15 treatments with 5 more reps an additional witness, the data obtained were analyzed by R. The percent mortality was evaluated by performing an analysis of variance between treatments and TL_{50} average by probit analysis. The nematophagous capacity was 94% HN01 TL_{50} 106.07h; 146.53h TL_{50} 59% HN02; 118.24h TL_{50} 87% HN03; 136.98h TL_{50} 69% HN04; 131.88h TL_{50} 72% HN05.

Key words: plant parasitic nematodes, biologic control, Orbileaceae

INTRODUCCIÓN

Los nematodos conforman uno de los grupos de animales más diversos en el planeta. Se han descrito alrededor de 28,000 especies, de las cuales 16,000 son parásitas (Hugot *et al.*, 2001). Los nematodos fitopatógenos, que son el mayor grupo, se alimentan y reproducen en plantas y tienen la capacidad de migrar desde la rizósfera hasta la parte aérea; pueden ocasionar daños que van desde lesiones insignificantes hasta la destrucción total de las plantas. Los nematodos fitopatógenos representan uno de los mayores estreses bióticos en el mundo, ya que causan pérdidas económicas a los cultivos de más de 100 billones de dólares anualmente (Chitwood, 2003). La mayoría de las pérdidas de cosecha que ocasionan los nematodos fitopatógenos las infligen solamente especies pertenecientes a dos grupos de nematodos: noduladores *Meloidogyne* spp. y quísticos *Heterodera* y *Globodera* spp. (Molinari, 2011). El alto impacto de estos nematodos sobre la agricultura en el mundo, es el resultado de su amplia distribución y habilidad de atacar a todo tipo de planta cultivada (Sasser, 1980). Para su control, se han reportado diversos métodos: el uso de cultivos de cobertura, abonos, enmiendas del suelo, cultivares resistentes, tratamiento de agua caliente, rotación de cultivos y tratamiento de barbecho (Barker y Koenning, 1998).

Los nematicidas químicos se han utilizado ampliamente para controlar los nematodos fitopatógenos, pero estos compuestos están a menudo asociados con efectos ambientales perjudiciales, lo que ha provocado se reduzca sustancialmente su uso en los últimos años. Por ejemplo, bromuro de metilo, uno de los fumigantes químicos más importantes que se utilizan para controlar los nematodos y otras plagas, afecta a una amplia gama de organismos, incluidos los benéficos, además de contribuir al agotamiento de la capa de ozono de la Tierra (Carpenter *et al.*, 2001).

En las últimas décadas, la preocupación por los riesgos ambientales que provoca el uso de nematicidas químicos, han llevado al desarrollo de agentes de control biológico como un componente de protección de los cultivos. El control biológico está definido como la supresión de la densidad de una población o el impacto de un organismo plaga específico mediante el uso de organismos vivos (Eilenberg *et al.*, 2001). Los agentes de control biológicos pueden regular las poblaciones de nematodos fitopatógenos; se han reportado numerosos organismos que tienen actividad antagónica contra nematodos fitopatóge-

nos entre los que se incluyen: hongos, bacterias, virus y algunos invertebrados (Tian *et al.*, 2007).

En los últimos años se ha puesto mayor interés en el uso de los hongos nematófagos, los cuales tienen la capacidad de capturar, parasitar o paralizar nematodos durante todo su ciclo de vida. Estos hongos juegan un rol importante como antagonistas de nematodos, lo que ha provocado que exista un gran interés en su uso como agentes de control biológico (Nordbring-Hertz *et al.*, 2006). Se han descrito más de 700 especies de hongos nematófagos (Zhang *et al.*, 2011), que de acuerdo con su modo de infección, se clasifican en cuatro grupos: 1) hongos atrapadores, los cuales capturan a nematodos de vida libre mediante estructuras especializadas, 2) hongos endoparásitos, que infectan a los nematodos al utilizar sus esporas adhesivas, 3) hongos productores de toxinas, las cuales secretan para inmovilizar a los nematodos, y 4) hongos parásitos de huevos y quistes, que infectan estos estadios mediante puntas hifales (Li *et al.*, 2000).

Los hongos nematófagos aparecen en la mayoría de las taxas: Ascomycetos, Basidiomicetos, Zygomycetos, Chytridiomicetos y Oomycetos (Gams y Zare, 2003). El presente trabajo se enfocó al género de hongo nematófago *Arthrobotrys* spp., que está clasificado como un hongo atrapador de nematodos. Su actividad depredadora fue descubierta por Zopf (1888), al detectar que es capaz de crear redes o trampas que atraen a los nematodos para inmovilizarlos.

El objetivo de esta investigación fue aislar, identificar cepas de hongos nematófagos del género *Arthrobotrys* spp. en suelos agrícolas, así como probar su efectividad biológica contra el nematodo agallador *Meloidogyne incognita*, bajo condiciones *in vitro*.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó dentro del laboratorio de nematología del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Selección de muestras de suelo

Las muestras de suelo fueron proporcionadas por el laboratorio de nematología de la empresa Green Corp Biorganiks de México S.A. de C.V., el cual tiene una entrada de muestras para ser analizadas para diagnóstico nematológico. Se seleccionaron 150 muestras de una profundidad de 0-15 cm, con base en los siguientes criterios: región geográfica, tipo de suelo y cultivo establecido.

Aislamiento e identificación de cepas de hongos nematófagos

Cada muestra seleccionada se procesó independientemente. Los aislamientos de los hongos nematófagos se llevaron a cabo de acuerdo con la técnica de espolvoreado en placa, descrita por Ghahfarokhi, 2004, a los que se les agregó 1 gr de suelo, previamente homogenizado directamente en las placas Petri con agar agua. Después de tres días de incubación a 25° C, se colocaron de 500-1000 J₂ del nematodo *Meloidogyne incognita*. Las placas Petri se monitorearon cada 24 h para observar estructuras típicas de los hongos bajo microscopio estereoscópico. Los hongos que presentaron estructuras características se transfirieron a placas Petri con PDA (Agar Papa Dextrosa) mediante la técnica de punta de hifa (Gams, 1998) con el fin de obtener cultivos puros. La identificación de hongos nematófagos se basó en la observación morfológica bajo microscopía utilizando como referencia las claves de identificación taxonómica de Zhang, 2014 y las estructuras como trampas y anillos, medidas de conidióforo y conidios características del orden Orbilia.

Estudios de efectividad biológica contra *Meloidogyne incognita*

Para este estudio, se incrementaron las cepas aisladas con el método de medio de cultivo sólido en placas Petri con PDA, y se incubaron a 25° C durante un periodo de 96 h; posteriormente se llevó a cabo un barrido de esporas con la ayuda de una varilla de vidrio y una suspensión de agua+tween 20 al 0.1%, hasta obte-

ner una suspensión conidial, a la que se le realizó un conteo de conidios bajo microscopio con una cámara de Neubauer, para así tomar la concentración máxima, media y baja, que se utilizó en el bioensayo de efectividad biológica: los de actividad nematófaga de cada especie identificada del Género *Arthrobotrys* spp., contra los de *Meloidogyne incognita* bajo condiciones *in vitro*. Estos se llevaron a cabo en caja Petri de diámetro de 5 cm que contenía +/- 100 juveniles del segundo estadio de *Meloidogyne incognita*, a los que se les agregaron concentrados celulares 1x10⁵, 1x10⁶ y 1x10⁷ U.F.C/ml (Unidades Formadoras de Colonias), durante un periodo de 168 h. Se estableció un diseño completamente al azar, con arreglo factorial de 15 tratamientos con cinco repeticiones más un testigo adicional. Los datos que se obtuvieron se analizaron mediante el Software estadístico R versión 3.2. Se evaluó el porcentaje mortalidad con un análisis de varianza entre media de tratamiento, con un nivel de confianza del 95% y tiempo letal medio (TL₅₀), mediante un análisis de regresión probit.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cepas identificadas

De un total de 150 muestras analizadas se lograron aislar e identificar, de acuerdo con las claves taxonómicas de Zhang, 2014, cinco cepas de hongos nematófagos, de las cuales destacaron los géneros *Arthrobotrys* spp. y *Drechlerella* spp. Las características morfológicas y morfométricas se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Especies de hongos nematófagos identificados.

Clave designada	Género hongo	Especie	Tipo de trampa	Rango de medida de conidióforo	Rango de medida de conidio	Origen	Hospedero
HN01	<i>Arthrobotrys</i>	<i>musiformis</i>	Red	104-640 µm	20-47.5 µm x 7-12.5µm	Chiapas	Banano
HN02	<i>Drechlerella</i>	<i>yunnanensis</i>	Anillo	60-100µm	7.8-12.9 × 3.3-4.2 µm,	Guanajuato	Chile
HN03	<i>Arthrobotrys</i>	<i>oligospora</i>	Red	110-440 µm	17-35 × 8.5-16µm.	Michoacán	Zarzamora
HN04	<i>Arthrobotrys</i>	<i>spp.</i>	Red			Coahuila	Pino
HN05	<i>Arthrobotrys</i>	<i>musiformis</i>	Red	104-640 µm	20-47.5 µm x 7-12.5µm	Chiapas	Banano

Mitsui (1985) menciona que la mayoría de los hongos nematófagos se encuentran en la primera capa del suelo de 10-30 cm, lo cual coincide con la profundidad de las muestras utilizadas para el aislamiento de las cepas de hongos. Persmark y Jansson (1997) investigaron la rizósfera de cultivos de cebada, habas y mostaza, y encontraron más densidad de hongos en muestras donde estaban los cultivos establecidos. Además encontraron que las especies más comunes de hongos nematófagos fueron *Arthrobotrys oligospora*. Sin embargo, *Arthrobotrys musiformis*, *A. robusta* y *Dactylella lobata* también son significativamente más abundantes que otras especies (Jaffee y Strong, 2005).

Bioensayos de efectividad biológica laboratorio

Todas las cepas aisladas de hongos nematófagos tuvieron un efecto nematicida contra los J_2 de *Meloidogyne incognita*. Los tratamientos que mostraron mayor porcentaje de mortalidad fueron los de mayor concentración (1×10^7 U.F.C./ml); además se observó que la mortalidad máxima se alcanzó en el tiempo máximo de evaluación de 196 h. En el Cuadro 2 se presentan los tratamientos de mayor relevancia. Los tratamientos que demostraron los mayores porcen-

tajes de mortalidad fueron: la cepa HN01 (*Arthrobotrys musiformis*), con 96% A y un TL medio de 106.07 h; la HN03 (*Arthrobotrys oligospora*), con un porcentaje de 87% de mortalidad y un TL_{50} de 118.24 h; la HN05 (*Arthrobotrys musiformis*) con 72% y un TL_{50} de 131.88; la HN04 (*Arthrobotrys* spp.) y, finalmente, la HN02 (*Drechslerella yunnanensis*) con 59% y un TL_{50} de 146.56. En la Figura 1 se presenta la gráfica del comportamiento de las cepas a través del tiempo.

Se encontró una variabilidad entre el control que ejercieron las cepas entre los diferentes aislados. Esta variabilidad puede deberse a las diferentes características de adaptabilidad de cada una a las diferentes variables: los factores edáficos, la temperatura y la región geográfica de la cual se aislaron las cepas. Los porcentajes de mortalidad concuerdan con los reportados por Gutiérrez (2013), los cuales muestran que se redujo la población del nematodo *Haemonchus contortus* con cepas de *A. musiformis* en 97% y *A. oligospora* en 90.3%. Park (2002) probó la efectividad de 19 cepas del género *Arthrobotrys* spp. contra *Caenorhabditis elegans*, ya que en todos los casos se redujo su población por arriba de 90%. Dávila (2005) demostró que los tratamientos de mayor concentra-

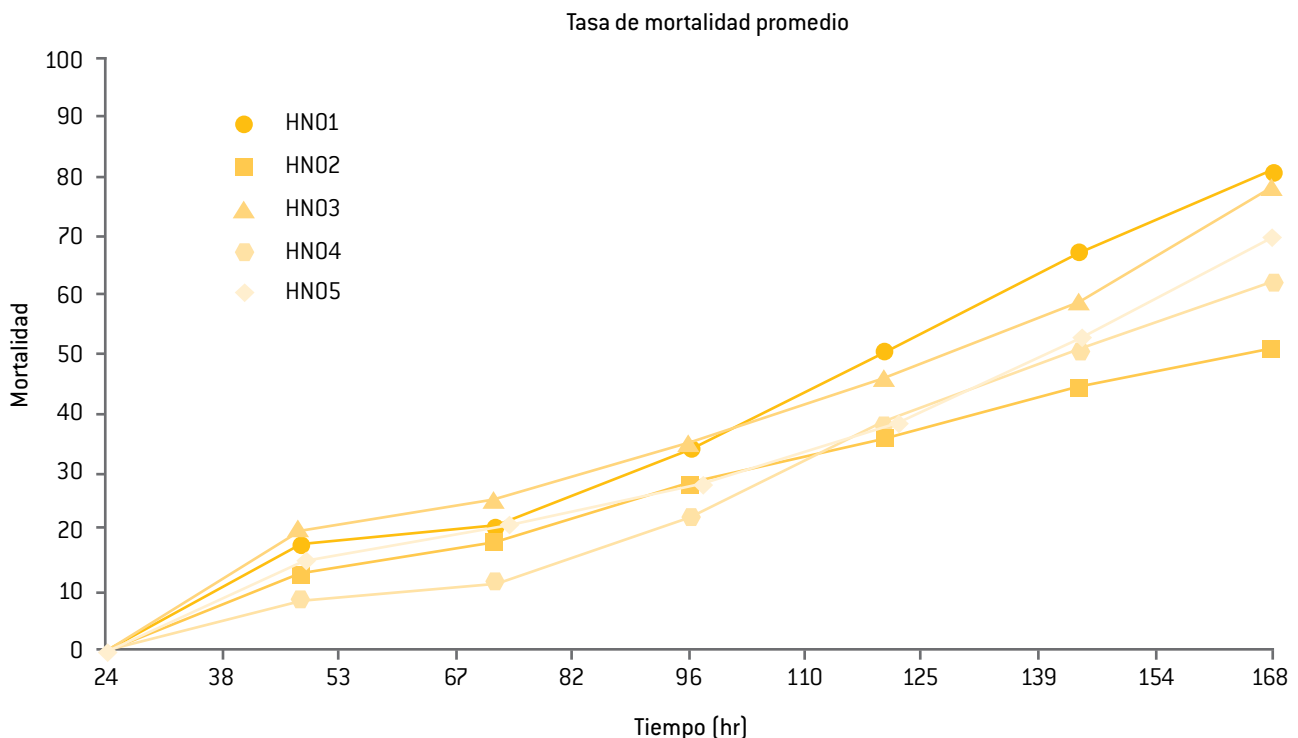


Figura 1. Comportamiento de las cepas a través del tiempo.

ción de U.F.C de *Arthrobotrys* spp. ejercieron mayor control sobre *Meloidogyne javanica*.

Cuadro 2. Porcentaje de mortalidad de cepas de nematódagos sobre *M. incognita*.

HN	% Mortalidad	TL50 (h)
HN01	94 A	106.07
HN02	59 E	146.53
HN03	87 B	118.24
HN04	69 D	136.98
HN05	72 C	131.88

Se lograron aislar e identificar morfológicamente cinco cepas que mostraron actividad nematicida contra los juveniles J₂ de *Meloidogyne incognita*. Con base en los resultados obtenidos del bioensayo realizado, la concentración de U.F.C de las cepas de *Arthrobotrys* spp., es muy significativo, ya que en todos los casos fueron los mejores tratamientos. La cepa HN01 fue la que causó mayor índice de mortalidad sobre *M. incognita*.

LITERATURA CITADA

- BARKER, K. R., & Koenning, S. R. (1998). Developing sustainable systems for nematode management. *Annual Review of Phytopathology*, 36, 165-205.
- CARPENTER, J., Lynch, L., & Trout, T. (2001). Township limits on 1,3-D will impact adjustment to methyl bromide phase-out. *California Agriculture*, 55, 12-18.
- CHITWOOD, D. J. (2003). Research on plant-parasitic nematode biology conducted by the United States Department of Agriculture-Agricultural Research Service. *Pest Management Science*, 59, 748-753.
- DÁVILA, L. (2005). Evaluación de la actividad biocontroladora de *Arthrobotrys* sp. y *Paecilomyces* sp. sobre *Meloidogyne javanica* *in vitro* y bajo condiciones de invernadero en crisantemo (*Dendranthema grandiflora* Anderson). Agronomía colombiana.
- EILENBERG, J., Hajek, A., & Lomer, C. (2001). Suggestions for unifying the terminology in biological control. *Bio-Control*, 46, 387-400.
- GAMS, W., & Zare, R. (2003). A taxonomic review of the clavicipitaceous anamorphs parasitizing nematodes and other microinvertebrates. In J. F. White Jr., C. W. Bacon, N. L.
- GUTIÉRREZ, A. & Mendoza, P. (2013). Hongos nematófagos (Orbiliales) capturando, destruyendo y alimentándose de larvas hisotrópicas de *Haemonchus contortus* (Nematoda: Trichostrongylidae). *Revista Mexicana de Micología*.
- HUGOT, J. P., Baujard, P., & Morand, S. (2001). Biodiversity in helminths and nematodes as a field of study: An overview. *Nematology*, 3, 199-208.
- HYWEL-JONES & J. W. Spatafora (Eds.), *Clavicipitalean fungi: Evolutionary biology, chemistry, and cultural impacts*. New York: Marcel Dekker.
- JAFFEE, B., & Strong, D. (2005). Strong bottom-up and weak top-down effects in soil: Nematodeparasitized insects and nematode-trapping fungi. *Soil Biology and Biochemistry*, 37, 1011-1021.
- MITSUI, Y. (1985). Distribution and ecology of nematode-trapping fungi in Japan. *JARQ*, 18, 182-193.
- MOLINARI, S. (2011). Natural genetic and induced plant resistance, as a control strategy to plantparasitic nematodes alternative to pesticides. *Plant Cell Reports*, 30, 311-323.
- NORDBRING-HERTZ, B., Jansson, H. B., & Tunlid, A. (2006). *Nematophagous fungi*. In *Encyclopedia of life sciences*. Chichester: John Wiley & Sons.
- PARK, J., Gams, W., Scholler, M., Ghisalberti, E., & Sivathamparam, K. (2002). Orbiliaceous nematode-trapping fungi and related species in Western Australia and their biological activities. *Australasian Mycologist*, 21, 45-52.
- PERSMARK, L., & Jansson, H. B. (1997). Nematophagous fungi in the rhizosphere of agricultural crops. *FEMS Microbiology Ecology*, 22, 303-312.
- SASSER, J. N. (1980). Root-knot nematodes: A global menace to crop production. *Plant Disease*, 64, 36-41.
- TIAN, B. Y., Yang, J. K., & Zhang, K. Q. (2007). Bacteria used in the biological control of plantparasitic nematodes: Populations, mechanisms of action, and future prospects. *FEMS Microbiology Ecology*, 61, 197-213.
- ZHANG, Y., Li, G. H., & Zhang, K. Q. (2011). A review on the research of nematophagous fungal species (In Chinese). *Mycosystema*, 30, 836-845.
- ZOPF, W. (1888). Zur Kenntnis der Infektionskrankheiten niederer Thiere und Pflanzen. Nova Academy of Caes. Leop. German. *Nat. Cur*, 52, 314-376.

Aplicación en campo de dos cepas de *Nomuraea rileyi* (Farlow), contra larvas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) en maíz, en Pesquería, Nuevo León, México

Field application of two strains of *Nomuraea rileyi* (Farlow) against larvae of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) in corn, in Pesquería, Nuevo León, Mexico

Diego Camacho-Ponce^{*1}, Sergio Sánchez-Peña¹

Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. CP 25315. Tel: 844-411-03-33. Email: diegoponce01@hotmail.com [*Autor responsable]

RESUMEN

El maíz (*Zea mays*) L. ssp *mays*, se distribuye a lo largo del territorio mexicano (Mera y Mapes, 2009) y se le conoce como maíz cultivado. El maíz es uno de los cultivos más importantes del mundo y es la especie agrícola más diversa en México. Los hongos entomopatógenos juegan un papel muy importante en el control biológico de plagas debido a su forma de acción, su fácil aplicación y su capacidad de generar epizootias en condiciones de campo (Ignoffo, 1981; Alves, 1986). Se realizaron pruebas de laboratorio y de campo y se experimentó con distintos medios de cultivos para aislar el hongo. Posterior a la obtención de ambas cepas puras y aisladas, el primer procedimiento consistió en inocular larvas de tercer estadio que se obtuvieron de un pie de cría de laboratorio. La inoculación se realizó como aplicación tópica, con una suspensión líquida a una concentración de 10⁷. Se colocaron 200 gramos de arroz en bolsas de plástico, las cuales se esterilizaron por 15 minutos en una autoclave a 121° C (15 libras de presión). El arroz se inoculó con 15 mL de suspensión de conidias y se dejó incubar a 25° C, durante dos semanas. Se estableció un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Cada unidad experimental estuvo conformada por cinco surcos. Para las aplicaciones de los tratamientos se consideraron veinte plantas consecutivas en línea por surco. En la fase de pruebas de laboratorio se compararon los diferentes medios: pda, pda+antibiótico, huevo-agar, soya-agar, y se obtuvo como mejor resultado el medio de soya-agar, dado que fue en el único que se registró esporulación, mientras que en PDA sólo hubo crecimiento de micelio, en tanto que en los medio restantes no hubo crecimiento. Los resultados de campo en las pruebas de germinación de las cepas, previas a la aplicación, se obtuvieron los siguientes resultados: para n= 400 conidios, para NH03CT= 84% y para C3= 70% de germinación. En todos los tratamientos existieron diferencias altamente significativas para las variables mortalidad, micosados y daño en planta, por lo que se concluyó que las cepas utilizadas son una gran alternativa para el manejo de *Spodoptera Frugiperda*.

Palabras clave: entomopatógenos, *Nomuraea rileyi*, *Spodoptera frugiperda*, control biológico, maíz

ABSTRACT

Zea mays L. ssp *mays*, is distributed throughout the Mexican territory (Mera and Mapes, 2009), and is known as cultivated maize, corn is one of the most important crops in the world and agricultural species more diverse in Mexico. Entomopathogenic fungi, play an important role in biological pest control, due to its mode of action, ease of application and the ability to generate animal diseases under field conditions (Ignoffo, 1981; Alves, 1986). Laboratory tests and field tests were conducted. Different culture media for isolation of the fungus tested. Subsequently obtaining both pure and isolates the first procedure consisted of inoculating larvae 3rd instar obtained from a breeding stock laboratory. Inoculation was performed as topical application, with a liquid at a concentration of 10⁷ suspension were placed 200 grams of rice per bag, was sterilized in an autoclave at 121° C (15 pounds pressure) for 15 minutes in plastic bags, rice was inoculated with 15 ml of conidial suspension and allowed to incubate at 25° C for two weeks. a design randomized block with five treatments and four replications, each experimental unit consisted of four rows. For applications of treatments, 20 linear consecutive plants were considered furrow. In phase laboratory test was established, they were compared means pda, pda + antibiotic, egg-agar, soy-agar, obtaining as best result means agar-soybean, as was the only sporulation occurred while on PDA were only mycelial growth in the remaining half no growth. In the field results in the germination tests strains, prior to the application we obtained for n = 400 conidia was obtained for NH03CT = 84% and C3 = 70% of germination. In all treatment there were highly significant differences variables for mortality and damage fungi infested plant, concluding that the strains used are a great alternative for handling *Spodoptera frugiperda*.

Key words: entomopathogenic, *Nomuraea rileyi*, *Spodoptera frugiperda*, biological control, corn.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays*) L. ssp *mays*, se distribuye a lo largo del territorio mexicano (Mera y Mapes, 2009) y se le conoce como maíz cultivado. El maíz es uno de los cultivos más importantes del mundo y la especie agrícola más diversa en México. Se le cataloga como una especie central en la alimentación, sociedad, cultura y economía de México (Kato *et al.*, 2009). Uno de los factores más importantes que limitan la producción de maíz son las plagas, capaces de infestar el maíz en cualquier etapa de su desarrollo o en el almacén, y de atacar cualquier parte de la planta, a menudo con graves consecuencias (Ortega, 1987).

Este cultivo tiene diferentes plagas insectiles de la raíz, follaje y elote de importancia económica en el agroecosistema del maíz mexicano (Sifuentes, 1985; Ortega, 1987). En este grupo destaca el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (*Lepidoptera: Noctuidae*). Este insecto es una de las plagas más importantes del maíz en el continente americano. La distribución de esta plaga va desde el sur de Canadá hasta el norte de Argentina e incluye el Caribe, y se consideran la región Norte y centroamericana las más afectadas por esta plaga (Sena *et al.*, 2003; Casmuz *et al.*, 2010). En México es la plaga primaria de mayor importancia del maíz, ya que es muy voraz y dañina (Sena *et al.*, 2003); se localiza prácticamente en todas las regiones donde se cultiva esta planta, aunque sus daños son más severos en el trópico y subtropical (Ortega, 1987; Rodríguez y Marín, 2008; CIMMYT, 2015), ya que ocasiona pérdidas desde la etapa de plántula temprana hasta la pre-madurez (Ortega, 1987). Las infestaciones de esta plaga pueden causar daños severos que reducen el rendimiento en porcentajes superiores de hasta 30% (Herrera, 1979; García-Gutiérrez *et al.*, 2012), y en casos extremos la pérdida total del cultivo (Silva-Aguayo *et al.*, 2010).

Los hongos entomopatógenos juegan un papel muy importante en el control biológico de plagas debido a su forma de acción, su fácil aplicación y su capacidad de generar epizootias en condiciones de campo (Ignoffo, 1981; Alves, 1986). El hongo entomopatógeno *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson, descrito originalmente como *Botrytis rileyi* (Farlow) y más tarde como *Spicaria rileyi* (Farlow) Charles, lo redescubrió Kish *et al.* (1974), por lo que se transfirió al género *Nomuraea Maublanc*. Este dimorfismo, entomopatógeno asexual, a diferencia del *opor-*

tunista Metarhizium anisopliae (Metschin.) Sorokin y *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill tiene requisitos de crecimiento exigentes, posee un estrecho rango de huéspedes y no tiene una fase saprófita en el suelo. *N. rileyi* es reconocido como el factor de mortalidad en ciertas poblaciones de noctuidos. En algunos sistemas agrícolas subtropicales y templados, este entomopatógeno causa una mortalidad superior al 90% por lo que diezma las poblaciones de larvas. Hay más de treinta especies de lepidópteros que figuran como susceptibles a *N. rileyi* (Ignoffo, 1981, citado por Boucias, 2000).

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitios de aplicación

Para la evaluación de la efectividad de la mortalidad causada por las cepas NHO3CT Y C3 de *Nomuraea rileyi* contra larvas de *Spodoptera frugiperda*, se realizaron pruebas de laboratorio y de campo. Las pruebas de laboratorio se realizaron en las cámaras bioclimáticas del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Sitio de aplicación en campo

Las pruebas de campo se realizaron en la comunidad de Pesquería, Nuevo León, México, ubicada en la parte central del estado, en las coordenadas 25° 47' latitud Norte y 100° 3' longitud Oeste, a una altura media sobre el nivel del mar de 330 metros. Su clima se caracteriza por ser semicálido, subhúmedo y extremoso, con lluvias en invierno; presenta una precipitación anual de 500 mm.

Cepas a evaluar

Se utilizaron dos cepas: la NH03CT, que se obtuvo de la colección resguardada en el Departamento de Parasitología Agrícola de la UAAAN, colectada en el año 2004, y la C3, de la misma colección, que se obtuvo el 2014; ambas cepas fueron aisladas y purificadas y se mantuvieron en condiciones secas a una temperatura de 8° C en refrigeradores.

Evaluación en laboratorio

Se probaron distintos medios de cultivos para aislamiento del hongo. Posterior a la obtención de ambas cepas puras y aisladas, el primer procedimiento consistió en inocular larvas de tercer estadio que se obtuvieron de un pie de cría de laboratorio. La inoculación se realizó como aplicación tópica, con

una suspensión líquida a una concentración de 10^7 , en 150 larvas por cepa para así determinar la capacidad de virulencia de ambos aislados, y se realizó una evaluación diez días después de la aplicación. En total se inocularon 300 larvas. De nueva cuenta se aislaron ambas cepas de las larvas que previamente fueron inoculados en laboratorio, se purificaron y sembraron.

Producción de conidios

Se comenzó la producción de conidios en masa, primeramente multiplicando las cepas en cajas Petri con un medio de soya agar; se esperó un tiempo de 10 días con la finalidad de obtener conidiación de las cepas; a los 15 días posteriores de la multiplicación y obtención de los conidios, se inició la inoculación en medio arroz, que se llevó a cabo con grano entero de arroz, sin cascarilla, el cual se lavó con agua común durante 15 minutos para limpiar e hidratar, y se puso a escurrir 15 minutos para eliminar el exceso de agua.

Se colocaron 200 gramos de arroz por bolsa, mismos que se esterilizaron en una autoclave a 121°C (15 libras de presión) durante 15 minutos, en bolsas de plástico; el arroz se inoculó con 15 mL de suspensión de conidias y se dejó incubar a 25°C durante dos semanas. A cada tratamiento se le realizó una prueba de germinación para llevar a cabo la investigación en campo en 400 conidios.

Diseño experimental y aplicación en campo

Se estableció un diseño de bloques al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Cada unidad experimental estuvo conformada por cinco surcos. Para las aplicaciones de los tratamientos se consideraron veinte plantas consecutivas lineales por surco. Los tratamientos fueron: NH03CT, con aplicación en suspensión de conidios a una concentración de 10^8 ; NH03CT, con aplicación granular a una concentración de 10^8 ; C3, con aplicación en suspensión de conidios a una concentración de 10^8 ; C3, con aplicación granular a una concentración de 10^8 , y el testigo, para el caso de las suspensiones, las concentraciones fueron ajustadas a 10^8 mediante conteos bajo un microscopio, a 400 x, con la ayuda de una cámara de Neubauer. Las aplicaciones en forma de suspensión consistieron en aplicar directamente al cogollo 7 mL de suspensión/planta con un atomizador manual, mientras que en forma granular, la aplicación fue de 5 gr de arroz/planta con un medidor estándar.

Evaluación

Se realizó la evaluación el día 10 de septiembre, doce días después a la aplicación, las variables evaluadas fueron mortalidad de larvas, larvas micosadas y daño en planta posterior a la aplicación; se evaluó en una escala de 1-10, donde 1 es daño mínimo y 10 daño máximo, los datos obtenidos de campo se sometieron a un análisis de varianza y prueba de separación de medias por Tukey 0.05, utilizando el paquete estadístico SAS [SAS 1985].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados de laboratorio

En la fase de pruebas de laboratorio se compararon los medios: pda, pda+antibiotico, huevo-agar, soya-agar, y se obtuvo como mejor resultado el medio de soya-agar, dado que fue en el único que se dio esporulación, mientras que en PDA sólo se registró crecimiento de micelio, y en los medios restantes nada. Respecto al bioensayo, en el cual se tenía como objetivo obtener en laboratorio el nivel de mortalidad de las cepas de *Nomuraea rileyi* en larvas de *Spodoptera frugiperda*, se tuvieron los resultados mortandad siguientes: para la cepa NH03CT = 83.3%, para la C3 = 78.6 %, y para el testigo bajo condiciones controladas, 0%, lo cual indica que las cepas son viables para llevar a cabo el objetivo en campo. Luego de obtener estos datos, se realizó la recuperación de la cepa que se había inoculado previamente en las larvas.

Resultados de campo

Respecto a los resultados de campo en las pruebas de germinación de las cepas previas a la aplicación, se obtuvo lo siguiente: para n= 400 conidios, para NH03CT= 84% y para C3= 70% de germinación.

En el Cuadro 1 se puede observar, en el análisis de varianza relacionado con la mortalidad, que se obtuvo como resultado una $Pr > 0.0084$, lo cual indica que existe una diferencia altamente significativa. En el Cuadro 2 se puede observar que entre los cuatro tratamientos aplicados no existen diferencias significativas, y al comparar los tratamientos con el testigo, sí existen diferencias significativas, de las cuales la más importante se refiere a la cepa NH03CT (S), con una media de 43.92, en comparación con el testigo, que arrojó una media de 8.41.

En el Cuadro 3 se observa que, al someter los resultados para larvas infectadas a un análisis de varianza, existe una diferencia significativa de $Pr > 0.0074$. En

el Cuadro 4 se aprecia que no existen diferencias entre tratamientos, pero sí entre tratamiento contra el testigo, y que el tratamiento NH03TC (G) tuvo la mayor diferencia, con una media de 37.02, comparado con el testigo que fue de 0.00. En el Cuadro 5 se puede observar una diferencia significativa con un $Pr > f = 0.004$ para la variable daño en planta. En el Cuadro 6, los resultados de la prueba estandarizada de Tukey muestran una diferencia significativa entre el testigo y los tratamientos, de los cuales el más sobresaliente es NH03CT (S), con una media de 25.90 en comparación con el testigo, con una media de 30.46. Los tratamientos para daño no mostraron diferencia significativa entre ellos.

En su mayoría, las investigaciones realizadas con base al hongo entomopatogeno *Nomureae rileyi* se

desarrollaron en laboratorio y se sustentan en combinaciones con pesticidas (insecticidas y fungicidas) y sus efectos de compatibilidad. Estas investigaciones con químicos son importantes debido a que podemos llevar a cabo un manejo integrado de plagas.

Pavone (2010) reporta una compatibilidad en una proporción de 1/1000 con el fungicida vitavax (*Carboxín + captan*), y una compatibilidad en una proporción de 1/10 con karate (Lambda-cihalotrina). Ignoffo (1975) registra compatibilidad con lannate.

Bustillos y Posadas (1986) reportaron una mortalidad de 80% a 100% en larvas de *Spodoptera frugiperda* sobre larvas de tercer instar, y Bosa (2004) registró 95% de mortalidad en larvas de segundo y tercer instar, ambos en laboratorio

Cuadro 1. Análisis de varianza (ANOVA) para la variable independiente mortalidad entre tratamientos.

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-valor	Pr>F
CEPA	4	4385,361364	1096.340341	4.61	0.0084

Cuadro 2. Prueba de rango estandarizado de Tukey, pruebas de mortalidad, para la variable mortalidad.

Tukey	Agrupamiento	Media	N	Cepa
	A	43.922	5	NH03CT G
	A	41.309	5	NH03CT G
	A	41.154	5	C3G
	A	38.663	5	C3 S
	B	8.413	5	TESTIGO

Cuadro 3. Análisis de varianza (ANOVA) para la variable independiente infectados entre tratamientos.

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-valor	Pr>F
CEPA	4	3966.068104	991.517026	4.75	0.0074

Cuadro 4. Prueba de rango estandarizado de Tukey para la variable infectados.

Tukey	Agrupamiento	Media	N	Cepa
	A	37.025	5	NH03CT G
	A	29.269	5	C3 G
	BA	27.336	5	C3S
	BA	26.957	5	NH03CT S
	B	0.000	5	TESTIGO

Cuadro 5. Análisis de varianza (ANOVA) para la variable independiente daño entre tratamientos.

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-valor	Pr>F
CEPA	4	169.8887986	42.4721997	7.79	0.0004

Cuadro 6. Prueba de rango estandarizado de Tukey para la variable daño, Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey	Agrupamiento	Media	N	Cepa
	A	30.465	6	TESTIGO
	B	25.980	5	NH03CT S
	B	25.542	5	C3 S
	B	24.651	5	C3 G
	B	23.761	8	NH03CT G

CONCLUSIONES

En esta investigación se puede concluir que las cepas del hongo entomopatógeno *Nomuraea rileyi* mostraron efectividad en infección y mortalidad, por lo que se puede decir que para el control biológico contra larvas de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz en campo, son una gran alternativa, dado que

arrojó una media de mortalidad de 43.9% con la cepa NH03CT (S) y una de 37.0% para la cepa NH03CT (G) para infección, y diferencias significativas con el testigo, a la par con los datos recabados por otros autores; además mostró compatibilidad con pesticidas químicos, lo que hace del hongo entomopatógeno *N. rileyi* un candidato potencial para el control de *Spodoptera frugiperda*.

LITERATURA CITADA

- ANDREWS K. L., 1988. Latin american research on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Florida Entomologist* 71, 630-653.
- BOUCIAS, D. G., Schoborg, E. A., and Allen, G. E. 1982. The relative susceptibility of six noctuid species to infection by *Nomuraea rileyi* isolated from *Anticarsia gemmatalis*. *J. Invertebr. Pathol.* 39, 238-240.
- BOUCIAS, D., Stokes, C., Suazo, A. and Funderburk, J. 2000. AFLP Analysis of *Nomuraea rileyi* DNA. *Mycologia*, in press.
- BUSTILLO, A., Posada, F. 1986. Patogenicidad de un aislamiento de *Nomuraea rileyi* sobre larvas del cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda*. *Revista Colombiana de Entomología* 12 (1): 5-15.
- CASMUZ, A. M., L. Juárez, M. G. Socías, M. G. Murúa, S. Prieto, S. M. E. Willink y G. Gastaminza. Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Rev. Soc. Ee-dinantomol. Argent.* 2010, 69 (3-4), 209-231.
- CORREA, B. S., and Smith, J. G. 1975. *Nomuraea rileyi* attacking the velvetbean caterpillar, *Anticarsia gemmatalis* Hubner in Parana´. *Fla. Entomol.* 58, 280.
- FERRAZ, J. M. G., Patel, P. M., and Habib, M. E. M. 1991. Cross infection of *Nomuraea rileyi* isolated from *Spodoptera frugiperda* and *Anticarsia gemmatalis*. In "Abstracts of the 12th International Plant Protection Congress at Rio de Janeiro".
- HERRERA, A. J. Principales plagas del maíz. *Boletín Especial de la Dirección de Agricultura y Ganadería del Perú.* 1979.
- IGNOFFO, C. M. 1981. The fungus *Nomuraea rileyi* as a microbial insecticide, In "Microbial Control of Pests and Plant Diseases: 1970-1980" (H. D. Burges, Ed.), pp. 513-538. Academic Press, London.
- IGNOFFO, C. M., and Boucias, D. B. 1992. Relative activity of geographical isolates of *Nomuraea* bioassayed against the cabbage looper and velvetbean caterpillar. *J. Invertebr. Pathol.* 59, 215-217.
- IGNOFFO, C. M., Puttler, B., Hostetter, D. L., and Dickerson, W. A. 1976. Susceptibility of the cabbage looper, *Trichoplus ia ni*, and the velvetbean caterpillar, *Anticarsia gemmatalis*, to several isolates of the entomopathogenic fungus *Nomuraea rileyi*. *J. Invertebr. Pathol.* 28, 259-262.
- JOSLYN, D. J., and Boucias, D. G. 1981. Isozyme differentiation among three pathotypes of the entomogenous fungus *Nomuraea rileyi*. *Can. J. Microbiol.* 27, 364-366.
- KATO, T. A., C. Mapes, L. M. Mera, J. A. Serratos y R. A. Bye. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 2009. Pág.116.
- KISH, L. P., and Allen, G. E. 1978. The biology and ecology of *Nomuraea rileyi* and a program for predicting its incidence on *Anticarsia gemmatalis* in soybean. *Univ. Fla. Agric. Exp. Station. Tech. Bull.* 795, 1-58.
- KISH, L. P., Samson, R. A., and Allen, G. E. 1974. The genus *Nomuraea* Maublanc. *J. Invertebr. Pathol.* 24, 154-158.
- MERA, O. L. M. y S. C. Mapes. El Maíz. Aspectos Biológicos. En: Kato, T. A., C. Mapes, L. M. Mera, J. A. Serratos y R. A. Bye. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 2009. Pág. 116.
- MORROW, B. J., Boucias, D. G., and Heath, M. A. 1989. Loss of virulence in an isolate of an entomopathogenic fungus, *Nomuraea rileyi*, after serial in vitro passage. *J. Econ. Entomol.* 82, 404-497
- ORTEGA, A. C. Insectos nocivos del maíz: una guía para su identificación en el campo. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). México. 1987, p. 106.
- PAVONE, D., and Dorta, B., 2010. Efecto de agroquímicos sobre el desarrollo del hongo entomopatogeno *Nomuraea rileyi* y su virulencia sobre *Spodoptera frugiperda*. *Bioagro* 22 (2).
- PENDLAND, J. C., and Boucias, D. G. 1997. In vitro growth of the entomopathogenic hyphomycete *Nomuraea rileyi*. *Mycologia* 89, 66-71.
- RODRÍGUEZ, D. L. A y A. J. Marín. Insectos plaga y su control. pp. 29-46. En: Rodríguez M. R. y C. De León. El cultivo del maíz. Temas selectos 1. Colegio de Postgraduados. Mundi Prensa México, 2008. pp. 127.
- SENA D. G. JR., F. A. C. Pinto, D. M. Queiroz and P. A. Viana. Fall Armyworm Damaged Maize Plant Identification using Digital Images. *Biosystems Eng.* 2003, 85(4), 449-454.
- SIFUENTES, J. A. Plagas del maíz en México. INIFAP. Folleto técnico. Núm. 85. México D. F. 1985. Pág. 49.
- SILVA-AGUAYO, G., J. C. Rodríguez-Maciel, A. Lagunes-Tejeda, C. Landerl-Cázares, R. Alatorre-Rosas, A. M. Shelton and C. A. Blanco. Bioactivity of Boldo (*Peumus boldus* Molina) (Laurales: Monimiaceae) on *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) and *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae). *Southwest. Entomol.* 2010, 35(3), 215-231.
- TIGANO-MILANI, M. S., Faria, M. R., Lecuona, R. E., Sartori, M. R., Arima, E. Y., and Diaz, B. M. 1995b. Análise de patogenicidade e germinac, aõ do fungo *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson isolado no Distrito Federal. *Ann. Soc. Entomol. Brasil.* 24, 53-60
- TIGANO, M. S., and Aljanbi, S. 1999. RAPD analysis of *Nomuraea rileyi*. *J. Invertebr. Pathol.* 75, 240-242.

Efecto de los días al parto sobre el comportamiento reproductivo de vacas Charolais, con época de empadre restringido

Effect of days to calving on reproductive performance of Charolais-cows, with restricted breeding season

Eleasib Cortés-Girón^{1*}, Roberto García-Elizondo¹, Ramiro López-Trujillo¹,
Fernando Ruiz-Zárate¹

¹Maestría en ciencias en zootecnia, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro, 1923. Buenavista, 25315, Saltillo, Coah. México. E-mail: giron_71@hotmail.com (*Autor responsable).

RESUMEN

Con el propósito de evaluar los efectos de los días al parto (DP) sobre las características reproductivas posparto de vacas Charolais con manejo en condiciones extensivas y pastoreo anual en agostaderos semiáridos del noreste de México, se compararon 1,209 registros de 351 vacas que parieron y destetaron becerros, los cuales se agruparon de acuerdo con los DP en tres grupos: G1 (< 310d), G2 (310-340d) y G3 (>340d). En el análisis de varianza se utilizó un diseño completamente al azar con diferente número de repeticiones (sas, 1989). El modelo incluyó los efectos de año del parto y DP las siguientes variables: días al empadre (DE), días a la preñez (DPR), días abiertos (DA), intervalo entre partos (IEP), así como la fecha del parto siguiente (FPS), además de la covariable edad de la vaca al parto (EV). Se encontró efecto significativo ($P < 0.01$) de los DP y EV sobre los DE y DPR. Las vacas con menos DP (G1) tuvieron 26 y 52 días más del parto al inicio del empadre y 18 y 36 días menos a la preñez que las vacas de los grupos G2 y G3, respectivamente. Se encontró una relación inversa ($P < 0.01$) entre los DP, DA e IEP. Así mismo, una relación directa con DE y DA. El 94, 83 y 56% de las vacas de los grupos G1, G2 y G3 volvieron a destetar becerro al año siguiente. Por lo anterior, se concluyó que las vacas con menos DP tienen mejor comportamiento reproductivo posparto y mayor producción de becerros al destete.

Palabras clave: características reproductivas, días al parto, días al empadre, días a la preñez, días abiertos, intervalo entre partos

ABSTRACT

In order to assess the effects of day delivery (PD) on the reproductive characteristics postpartum Charolais cows with management under extensive conditions and annual grazing in semiarid rangelands of northeastern Mexico, 1209 records of 351 cows that calved they were compared and weaned calf, which are grouped according to the DP into three groups, G1 (<310d), G2 (310-340d) and G3 (> 340d). It was used in a design completely random variance analysis with different number of repetitions (SAS, 1989). The model included the effects of year of birth and DP, on the days the breeding season (DE) days pregnancy (DPR), open days (DA), calving interval (IEP), and the date of the next delivery (FPS) and covariate age of cow at calving (EV). Significant ($P < 0.01$) of the DP and EV on the DE and DPR was found. Cows with less DP (G1) had 26 and 52 days of delivery at the beginning of the breeding season and 18 and 36 days less to pregnancy cows of the G2 and G3 groups, respectively. An inverse relationship ($P < 0.01$) between DP, DA and IEP was found. Also, a direct relationship with ED and DA. 94, 83 and 56% of cows G1, G2 and G3 groups returned to wean calf the following year. Therefore, it is concluded that cows with less DP have better reproductive performance and increased production of calves at weaning.

Key words: reproductive characteristics, days to calving, days to mating, pregnancy days, open days, calving interval

INTRODUCCIÓN

En México, la carne de bovino es el producto pecuario de mayor importancia económica, social y política, y la ganadería extensiva se practica en todas las regiones agroecológicas del país. Las unidades productoras que prevalecen en las zonas áridas y semiáridas del norte tienen como principal objetivo la producción de becerros al destete, cuyo destino es la exportación para su engorda en los corrales de los Estados Unidos de Norteamérica. Este sistema se caracteriza por su baja productividad, resultado de un inadecuado manejo del hato (Carpenter, 1998; Román *et al.*, 2012; Callejas *et al.*, 2014).

En el norte de México, lo común de los sistemas de cría de bovinos de carne es que estén establecidos en pastizales áridos y semiáridos con altas frecuencias de sequía, lo que reduce la disponibilidad de forrajes de buena calidad y merma la eficiencia reproductiva del hato (Flores *et al.*, 2006). Por lo anterior, mediante empadres restringidos algunos productores procuran hacer coincidir las fechas de parto con las épocas de mayor producción de forraje, lo que reduce el impacto nutricional negativo al que están expuestas las vacas en las épocas de sequía (Pérez, 2009).

La reproducción es la función biológica de mayor impacto económico en la producción de bovinos (Garnero *et al.*, 2001), de ahí que el ganadero se enfrente permanentemente a la disyuntiva sobre cuáles hembras o machos que nacieron en la propia unidad de producción debe dejar como reemplazo (Hidalgo, 2014). La baja fertilidad es uno de los factores limitantes de la baja eficiencia de los sistemas ganaderos (Galina y Arthur, 1989). El desempeño reproductivo es un determinante de la rentabilidad de una empresa ganadera por lo que, en consecuencia, los productores deben tomar en cuenta la selección de sus hembras de reemplazo para mejorar el desempeño reproductivo de sus hatos, por lo que deben mantener un intervalo entre partos que resulte en una producción óptima (Sánchez, 2010).

Como una medida para seleccionar a las mejores hembras reproductoras en un hato ganadero, en años recientes se han estudiado diferentes medidas con este propósito: edad al primer parto, fecha del parto, intervalo entre partos y días al parto (López *et al.*, 2014).

La mayoría de los estudios se han realizado bajo condiciones de manejo controlado, por lo que existe

poca información para las zonas áridas y semiáridas donde el manejo del hato se realiza en condiciones extensivas. Existen pocos estudios sobre el efecto de días al parto y el comportamiento reproductivo de vacas productoras de carne en el noreste de México y, por consiguiente, hay poca información que indique que las vacas de un mismo hato, con diferentes días al parto, tengan un comportamiento productivo y reproductivo distinto. Por lo anterior, el presente estudio pretendió evaluar el efecto de año de parto y grupo de DP sobre características reproductivas posparto en vacas Charolais, durante dos años de producción consecutivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron los registros de producción de vacas Charolais del rancho Los Ángeles de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, del año 1990 al 2000. El rancho se localiza en el noreste de México y al sureste del estado de Coahuila, a 48 km de la ciudad de Saltillo, entre las coordenadas 25° 06' 31" N y 100° 59' 18" O. Colinda con los ejidos Carneros, Tanque de Emergencia, San Miguel, La Hacienda, El Cercado y una parte con pequeños propietarios. La altitud varía de 2,100 msnm en los valles, hasta 2,400 en las partes altas de la sierra, con un promedio de 2,250 msnm (García y López, 1997). La temperatura media anual es de 13.4° C y el promedio de precipitación pluvial es de 335 mm anuales, con mayor ocurrencia (70%) entre los meses de junio a octubre (Conagua, 2006). De acuerdo con Medina (1972), la superficie del rancho es de 6,704 ha, de las cuales 35% se considera como sierra, 10% lomerío y 55% valle. Esta zona se considera semiárida, con un pastizal característico del Desierto Chihuahuense.

Los empadres se llevaron a cabo durante los meses de junio, julio y agosto, con una duración aproximada de 90 días, para lo cual se utilizó un toro de la raza Charolais por cada 20 a 30 vacas. La estrategia de aparear a las vacas en esta época fue con la finalidad de contar con suficiente forraje que permitiera a las vacas preñarse y destetar becerros más pesados. Las pariciones ocurrieron los meses de marzo, abril y mayo (durante la primavera), y el destete de los becerros en otoño, con edades promedio de siete meses.

Los animales se mantuvieron bajo condiciones de pastoreo extensivo en una superficie de 6,704 ha,

dividida en 20 potreros donde los animales se alimentaron con vegetación nativa durante el año. Los animales que permanecieron en el rancho se rotaron de un potrero a otro con una carga de 15 a 20 ha por unidad animal/año. El manejo de vacas y becerros fue similar en los distintos años.

Los becerros no se castraron ni suplementaron. Las vacas que no se preñaron y las que no destetaron un becerro, se eliminaron del hato en forma sistemática. A lo largo del año, los animales tuvieron acceso a un suplemento mineral a base de sal, fósforo y minerales traza; por otro lado, las vacas recibieron un suministro intramuscular de vitaminas A, D y E durante los meses de invierno. En esta misma época, pero sólo en algunos años, recibieron un suplemento proteico a base de cama de pollo con 24% de proteína cruda, a razón de 1 kg por animal durante 60 a 90 días.

Se compararon 1,209 registros de 351 vacas Charolais que parieron y destetaron becerro en dos años consecutivos (actual y siguiente), de 1990 a 2000. La edad promedio de las vacas fue de 5.6 ± 2.2 años, con un rango de 3 a 12 años.

De las vacas se registraron los siguientes datos: edad al parto, número de parto, fecha de inicio del empadre y fecha del parto. Con esta información se calcularon los días al parto (DP: número de días del inicio del empadre al parto), al empadre (DE: número de días del parto al inicio del empadre), a la preñez (DPR: número de días del inicio del empadre a la preñez), abiertos (DA: número de días del parto a la preñez), intervalo entre partos (IEP: número de días entre partos en años consecutivos), y proporción de vacas que destetaron becerro.

Para propósitos de análisis, los registros de las vacas fueron agrupados de acuerdo con los DP de cada vaca en tres grupos (G1: menos de 310, G2: entre 310 y 340, y G3: mayores de 340). Los promedios reales de fecha del parto (día del año en que ocurrió el parto) y días al parto fueron 82, 111, 137 y 296, 324 y 350, respectivamente.

Para el análisis de varianza se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con un arreglo factorial de tratamientos 11 x 3 (año del parto y grupo de DP), los cuales tuvieron diferente número de repeticiones. El modelo incluyó los efectos de año, días al parto y la interacción simple sobre los días al empadre, días a la preñez, días abiertos, intervalo entre partos, así como la fecha y día del parto y los días para el parto siguiente, además de la covariable de la edad de la vaca al parto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de año del parto sobre el comportamiento reproductivo

Al analizar el efecto de año del parto sobre el comportamiento reproductivo de las vacas, se encontró un efecto significativo ($P < 0.05$) sobre DE, DPR, DA, IEP, DP, días al parto siguiente (DPS), fecha del parto siguiente (FPS) y proporción de vacas que volvieron a destetar becerro. Los resultados y la discusión de esta fuente de variación se omiten por ser un lugar común y por la gran diversidad de factores de manejo y climáticos que participan en su manifestación. Su inclusión en el modelo fue con el propósito de reducir la magnitud del error experimental.

Efecto de días al parto sobre características reproductivas posparto

Días al empadre

Se encontró un efecto significativo ($P < 0.01$) de los DP y la covariable EV sobre los DE de las vacas. Los valores promedio estimados por mínimos cuadrados y ajustados por la covariable EV se muestran en el Cuadro 1. Las vacas con menos de 310 DP (G1) tuvieron en promedio 67 DE. Lo anterior indica que parieron al inicio de la época de partos. Estas vacas tuvieron 26 y 52 días más del parto al inicio del empadre que las vacas pertenecientes a los grupos 2 y 3, respectivamente.

Estos resultados concuerdan con los reportados por Hernández *et al.* (2001) y Funston *et al.* (2015), quienes mencionan que para que las vacas tengan un intervalo entre partos de 12 meses, las vacas deben restablecer su actividad ovárica cíclica entre 65 a 85 días después del parto.

Días a la preñez

Se encontró efecto significativo ($P < 0.01$) de los DP sobre los DPR (Cuadro 1). Se observó que al incrementar los DP, los DPR aumentan de 26 a 62. Las vacas con menos de 310 DP (G1) se preñaron 18 y 36 días antes que las de los grupos 2 y 3, respectivamente. DPR es una característica reproductiva con la que se puede evaluar el comportamiento reproductivo de los hatos en el siguiente año. Las vacas del G1 se preñaron más pronto, y tuvieron menor FPS y días al empadre siguiente.

Pérez *et al.* (2011) mencionan que días a la preñez (número de días del inicio del empadre a la preñez) es un parámetro reproductivo de gran importancia, ya que permite evaluar el comportamiento reproduc-

tivo de las vacas en el siguiente año. Las vacas que se preñan más temprano en la época de empadres, paren en los primeros días de la época de partos del año siguiente y se vuelven a preñar al inicio del periodo de apareamiento.

Las vacas que paren durante los primeros 21 días tienen un mayor periodo de recuperación de su actividad reproductiva posparto y, consecuentemente, un mejor desempeño reproductivo posterior. Las altas frecuencias de partos durante los primeros 42 días de la época de partos aseguran altas tasas de preñez (Reinher, 2007).

Días abiertos

Los DP y la covariable EV tuvieron un efecto significativo ($P < 0.01$) sobre los DA de vacas con época de apareamiento controlado y corta duración (Cuadro 1). Las vacas del G1 que parieron al inicio de la época de partos tuvieron mayores DA que aquellas que parie-

ron posteriormente. Lo anterior debido a que aunque se preñaron al inicio (día 26) de la época de apareamientos, tuvieron un intervalo mayor entre el parto y el inicio del empadre (día 67).

Guerra *et al.* (2009) mencionan que DA es un rasgo que se mide con anterioridad al intervalo entre partos, y dado que se registra repetidamente en la vida del animal, es importante conocer las relaciones genéticas de este carácter entre los diferentes partos.

Intervalo entre partos

Se encontró que los DP y la covariable EV tuvieron efecto significativo ($P < 0.05$) sobre el IEP (Cuadro 1). Se observó una relación inversa entre IEP y los DP (Figura 1) y las variables DPR, DPS y FPS, y directa con DE y DA. Las vacas con menos de 310 DP (G1) tuvieron un IEP más prolongado (8 y 15 d) que las de los grupos G2 y G3, respectivamente. Lo anterior se atribuye a la mayor duración de DE (67 d promedio).

Cuadro 1. Valores promedio estimados por mínimos cuadrados para características reproductivas de vacas Charolais con diferente número de días al parto.

Características	Días de parto			EE ¹
	G1 (<310d) n=450	G2 (310-430d) n=540	G3 (>34) n=255	
Días al empadre	67 ^a	41 ^b	15 ^c	0.43
Días a la preñez	26 ^a	44 ^b	62 ^c	0.83
Días abiertos (DA,d)	93 ^a	85 ^b	77 ^c	0.83
Intervalo entre partos (d)	380 ^a	372 ^b	365 ^c	0.83
Fecha del parto siguiente (d)	97 ^a	117 ^b	134 ^c	0.85
Días al parto siguiente (DPS)	313 ^a	330 ^b	348 ^c	0.83

G: Categoría de días al parto

¹Error estándar promedio

^{abc} Promedios con literales diferentes en una misma hilera son estadísticamente diferentes ($P < 0.01$)

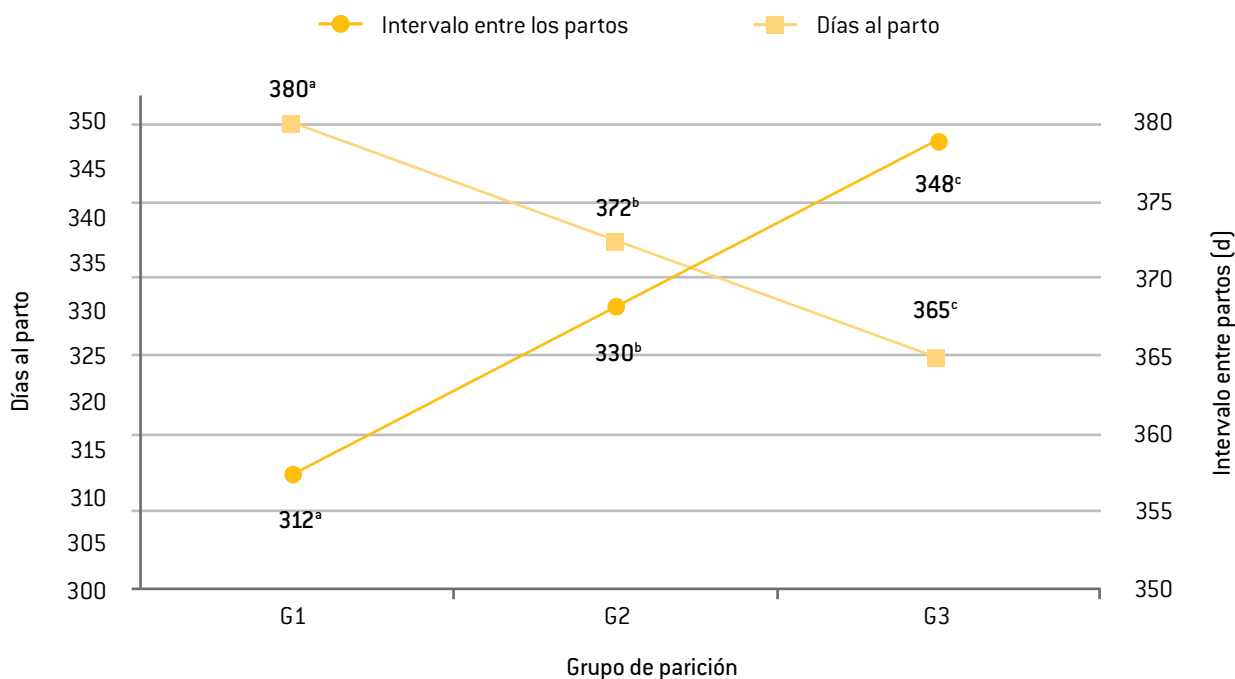


Figura 1. Relación entre días al parto e intervalo entre partos de vacas Charolais.

El IEP promedio para todos los grupos de parición fue de 374 ± 16 d.

Bourdon y Brinks (1983) realizaron un estudio con vacas Angus Rojo, Angus y Hereford para comparar la fecha del parto e IEP como medidas de eficiencia reproductiva, y encontraron que las vacas que parieron al inicio de la temporada de partos quedaron gestantes al inicio de la temporada de empadre y, por lo tanto, parieron al inicio de la temporada de nacimientos y tuvieron más DE y, consecuentemente, los DA y el IEP partos se prolongaron.

Frazier *et al.* (1999) reportan que con empadre restringido, el promedio de IEP para vacas de la raza Angus fue 370 días. Bischoff *et al.* (2012) mencionan que para mantener un IEP anual, las hembras deben ser manejadas de tal manera que el intervalo parto concepción sea de 80-85 d.

Con los resultados anteriores, se puede concluir que las vacas con menos DP (G1), tuvieron mejor desempeño reproductivo posparto, ya que se pre-

ñaron en los primeros días en la época de empadre, parieron al inicio de la época de partos siguiente y volvieron a tener menor número de días al parto que las vacas de los grupos G2 y G3.

Aunque las vacas con menos DP tuvieron más DA, y por lo tanto mayor IEP, la proporción de becerros destetados al año siguiente de las vacas con menos de 340 días al parto es superior al 80%. Destaca el caso de las vacas del G1 (<310d), ya que el porcentaje que destetó becerros nuevamente fue del 94%.

Proporción de vacas que volvieron a destetar becerro

Los porcentajes de becerros destetados para los diferentes grupos de DP se muestran en la Figura 2. Como se puede observar, al incrementar los DP (G1 a G3), el porcentaje de becerros destetados al año siguiente disminuye significativamente (94 a 56).

Por lo anterior, los DP deben ser tomados en cuenta por los productores a la hora de seleccionar las vacas que se deben conservar en sus hatos.

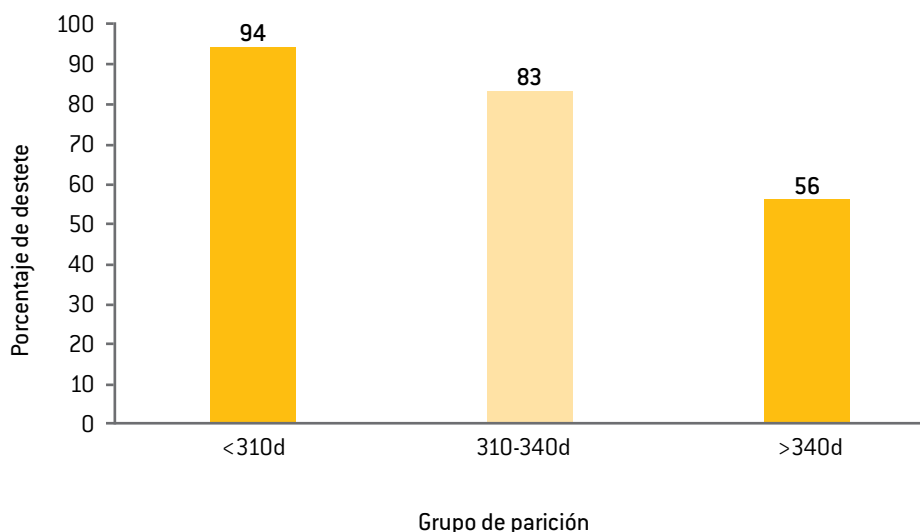


Figura 2. Proporción de vacas con diferentes días al parto que destetaron becerro al año siguiente.

CONCLUSIONES

Tomando en cuenta las condiciones en las que se llevó a cabo el presente estudio, se concluye que cuando se tiene una época de apareamientos restringida, las vacas con menos DP tienen mejor comportamiento reproductivo posparto y destetan mayor porcentaje de becerros al año siguiente.

Aunque las vacas con más de 340 DP tuvieron menor número de DA y, por lo tanto, IEP que las vacas con menor DP, en éstas el porcentaje de becerros destetados al año siguiente fue mucho menor.

LITERATURA CITADA

- BISCHOFF, K., Mercadante V., Cliff L. G. 2012. Management of postpartum anestrus in beef cows. Edis. Ifas Extension. Disponible en: http://edis.ifas.ufl.edu/topic_beef_cattle_reproduction; consultado el 9 de julio de 2015.
- BOURDON, R. M., Brinks, J. S., 1983. Calving date versus calving interval as a reproductive measure in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 57:1412-1417.
- CALLEJAS-JUÁREZ N., H. Aranda-Gutiérrez, S. Rebollar-Rebollar, M. L. de la Fuente-Martínez. 2014. Situación Económica de la Producción de Carne en el Estado de Chihuahua, México. *Agronomía Mesoamericana*. 25 (1): 133-139.
- CARPENTER, B. B. 1998. Beef cattle reproduction in the south Texas region de Tamaulipas Biotic Province. En: *Memorias Taller de ganadería de bovinos de carne del noreste de México y sur de Texas*. Unidad Académica Multidisciplinaria Agronomía y Ciencias. UAT. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. pp. 145-152.
- CONAGUA. 2006. Comisión Nacional del Agua. Saltillo, Coahuila, México.
- FLORES, O. M. A., Eduardo Pérez Eguia, Andrés Quezada Casasola, Dennis M. Hallford. 2006. Respuesta Reproductiva y Productiva del Ganado de Carne al Destete Precoz. Centro de Investigación Regional Norte Centro Campo Experimental Zacatecas (INIFAP). Folleto N° 10. 57 p.
- FRAZIER, E. L., Sprott, L. R., Sanders, J. O., Dahm, P. F., Crouch, J. R., Turner, J. W. 1999. Sire Marbling Score Expected Progeny Difference and Weaning Weight Maternal Expected Progeny Difference Associations with Age at First Calving and Calving Interval in Angus Beef Cattle. *J. Anim. Sci.* 77: 1322-1328.
- FUNSTON, R., Geary, T., Koegh, F., City, M. 2015. Re-em-padre de vaquillas de primer parto: Archivos del productor de ganado de carne. Sección de Reproducción: CL413-S. Disponible en: <http://beefcattle.ans.oregonstate.edu/documents/413S.pdf>; consultado 09 de Julio de 2015.
- GALINA, C. S. y Arthur, G. H. 1989. Review of cattle reproduction in the tropic Part. 2. Parturition and calving interval. *Animal Breeding Abstracts*. 57 (8): 9-16.

- GARCÍA, E. R., y R. López T. 1997. Programa de manejo en el rancho “Los Ángeles”. Monografía histórica (1930-1995). UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 38 p.
- GARNERO, del V. A., R J Gunski, E B Schwengber y R B Lôbo. 2001. Comparación entre criterios de selección para características de crecimiento correlacionados con edad al primer parto en la raza Nelore. *Livestock Research for Rural Development* 13 (2).
- GUERRA, I. D., Espinoza, V. J. L., Palacios, E. A., Gonzáles, P. D., Rodríguez, A. F., Gullen, T. A., 2009. Componente de (co)varianza de los días abiertos en bovinos Santa Gertrudis. *Téc. Pec. Méx.* 47 (2): 145-155.
- HERNÁNDEZ, P. P., Sánchez, C., Gallegos, S. J. 2001. Anestro posparto y alternativas de manejo del amamantamiento en vacas de doble propósito en trópico. *Invest. Agrop.: Prod. Sanid. Anim.* 16 (2).
- HIDALGO, M. J. A., 2014, Asociación Genética de Fertilidad Real con Características Reproductivas y de Crecimiento en bovinos.
- LÓPEZ, H. C. 2014. Efecto de días para el parto sobre el comportamiento productivo de vacas productoras de carne con empadre controlado. Tesis de licenciatura. UAAAN. 30 p.
- MEDINA, T., J. G. 1972. Contribución al estudio ecológico y control del perrito de la pradera mexicana (*Cynomys mexicanus Merriam*) en el rancho demostrativo “Los Ángeles” propiedad de la Escuela Superior de agricultura “Antonio Narro” de la Universidad de Coah., México. 109 p.
- REINHER, C. 2007. Periodos de paricao e tasa de prenhez em vacas de corte. Tesis maestro en ciencias. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul. 84 p.
- ROMÁN, P. H., Aguilera S. R., Patraca F. A. 2012. Producción y comercialización de ganado y carne de bovino en el Estado de Veracruz. Comité Nacional del Sistema Producto Bovinos de Carne. H. Veracruz, Ver. Noviembre, 2012.
- SAS. 1989. SAS/Stat. User’s Guide (Release 6.12). SAS inst. Inc. Cary, NC. U.S.A.
- SÁNCHEZ, S. A. 2010. Parámetros reproductivos de bovinos en regiones tropicales de México. Monografía. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Veracruzana. 55 p.
- PÉREZ, T. D. 2009. Efecto de la fecha de parto sobre características productivas y reproductivas de vacas charoláis. Tesis maestro en ciencias. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 73 p.
- PÉREZ, T. D., García, E. R., López, T. R., Fuentes, R. J. M., Ruiz, Z. F. 2011. Efecto de la fecha de parto sobre características productivas y reproductivas de vacas Charolais. *Revista Agraria Nueva Época.* Año VIII. 8 (2). Buenavista, Saltillo, Coah. México.

Promotores físicos y químicos en la eliminación de latencia en zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.)

Physical and Chemical promoters in removing latency in Buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.)

Miguel Ángel Velázquez-López^{*1}, Leila Minea Vásquez-Siller¹

¹Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Granos y Semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315. Email: miguel_vel4@hotmail.com [*Autor de correspondencia].

RESUMEN

Las semillas del zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) poseen características físicas y fisiológicas que hacen difícil su germinación debido a que presentan estructuras que impiden el contacto entre la cariópside y el agua, además de que generan sustancias químicas conocidas como compuestos fenólicos, metabolitos secundarios que limitan su germinación. Esta investigación se llevó a cabo para determinar un método que rompa la latencia de la semilla de zacate Buffel, y para evaluar su respuesta fisiológica con la aplicación de ácido giberélico (AG3) y temperaturas alternas, y con su combinación. El estudio se realizó en el laboratorio del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas. El efecto de estos tratamientos se estimó mediante un ensayo de germinación a través de las variables: plántulas normales, plántulas anormales y semillas sin germinar; también se evaluó el vigor de las semillas a través de las variables: longitud media de plúmula, longitud media de radícula e índice de velocidad de germinación. Los mejores resultados se obtuvieron en las variables plántulas normales con 31%, al aplicar AG3 a una concentración de 750 ppm, y menor porcentaje de semillas sin germinar con 68%; se obtuvo, además, un índice de velocidad de germinación de 0.921, el cual fue el mejor. En cuanto a la variable longitud media de plúmula, se obtuvo mejor desarrollo al aplicar temperaturas alternas más AG3, a una concentración de 750 ppm, con una longitud de 7.050 cm, en contraste con el testigo sin tratamiento, que tuvo una longitud de 3.925 cm para las variables plántulas anormales y longitud media de radícula. Los resultados demuestran que no hubo diferencias significativas entre tratamientos. El ácido giberélico a una concentración de 750 ppm promovió la germinación en menor tiempo, en un periodo de 28 días y eliminó la latencia, pero al combinarlo con temperaturas alternas a 4° C durante 8 horas y a 35° C durante 16 horas, se tuvo mayor longitud de plúmula.

Palabras clave: ácido giberélico, temperaturas alternas, germinación, vigor.

ABSTRACT

The seeds of Buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) have physical and physiological characteristics that make germination difficult because they have structures that prevent contact between the caryopsis and water, and these structures generate chemicals known as phenolics, secondary metabolites. They are limiting germination. He conducted the research with the purpose of determining a method to break dormancy seed Buffel and evaluate the physiological response to this, using the application of gibberellic acid (GA3), alternating temperatures and in combination. The study was conducted in the laboratory of the Center for Training and Development of Seed Technology. They investigated the effect of such treatments which were estimated by a germination test through the variables: normal seedlings, abnormal seedlings and seeds without germinating; the seed vigor through the variables average length of plumule, radicle average length, and index of germination rate was also estimated. The best results were obtained by applying AG3 at a concentration of 750 ppm in the variables with 31% normal seedlings and lower percentage of seeds germinated with 68% without also obtaining an index 0.921 germination rate being the best. As for the variable average length of plumule better development it is obtained by applying alternating temperatures AG3 at a concentration of 750 ppm with a length of 7.050 cm, in contrast to the untreated control that had a length of 3.925 cm, for the variables abnormal seedlings and average length of radicle the results show no significant differences between treatments. Gibberellic acid at a concentration of 750 ppm promoted germination in less time in a 28 days period eliminating latency, but when combined with alternating temperatures at 4° C for 8 hours and 35° C for 16 hours, longest had to of plumule.

Keywords: gibberellic acid, alternating temperatures, germination, vigor.

INTRODUCCIÓN

El zacate Buffel, originario de África, se introdujo a México en 1954. Esta planta posee resistencia a sequías prolongadas y es tolerante al pastoreo, por lo que se utiliza para generar pastizales para pastoreo de ganado bovino (Ayerza, 1981).

En la actualidad no se conoce con exactitud la superficie total sembrada con este zacate Buffel en México; sin embargo, se estima que existe una superficie de cuatro millones de hectáreas establecidas, en su mayoría de un solo genotipo: el T-4464 o Buffel común, principalmente en los estados de Sonora, Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Sinaloa y Yucatán (Alcalá, 1995). Butler (1985), citado por Palma *et al.* (2000), indican que la semilla del zacate Buffel posee características físicas y fisiológicas que hacen difícil su germinación, debido a que presenta estructuras que rodean a la cariósida: glumas, lema, palea y aristas, las cuales funcionan como aislantes, lo que impide el contacto entre la cariósida y el agua. Además, estas estructuras generan sustancias químicas conocidas como compuestos fenólicos, particularmente las antocianinas, metabolitos secundarios que inhiben la germinación de la semilla cuando está recién cosechada para protegerla de ambientes de escasa precipitación (Jiménez *et al.*, 2005).

Por otra parte, los inhibidores potenciales de la germinación son solubles al agua por lo que, al mezclarse con la humedad del suelo, tienden a perder su efecto inhibitor; sin embargo, existen otras especies que son altamente brozosas y, en consecuencia, tienen gran cantidad no sólo de fenoles, sino también de impurezas que disminuyen la calidad de semilla de un lote. Estas características físicas y fisiológicas traen como consecuencia un mecanismo de la planta denominado latencia (Jiménez *et al.*, 2005).

La latencia se manifiesta en semillas recién cosechadas del zacate Buffel, que al sembrarlas dan como resultado establecimientos pobres en población de plántulas, lo que ocasiona problemas comerciales debido a la baja germinación. Cabe señalar que la latencia en las semillas del zacate Buffel se caracteriza por ser un mecanismo ampliamente difundido en la naturaleza y que, aparentemente, surgió como un acto de sobrevivencia de la especie para permitirle mantenerse en determinadas condiciones ambientales como la sequía; sin embargo, la latencia de las semillas de zacate Buffel se puede eliminar a través de factores físicos, químicos y mecánicos, la aplicación de temperaturas alternas y biorreguladores (Mérola y Días, 2012).

Este trabajo de investigación se llevó a cabo con el objetivo de determinar un método efectivo para romper la latencia de la semilla de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo de investigación se desarrolló en el laboratorio del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) ubicado en la sede de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Las evaluaciones se realizaron con el propósito de obtener resultados de la respuesta fisiológica del zacate Buffel respecto a su capacidad de germinación y vigor, para lo cual se aplicaron ácido giberélico y temperaturas alternas, para lo cual se implementaron los tratamientos que se indican en el Cuadro 1. La semilla que se utilizó en el experimento: (*Cenchrus ciliaris* L.), se obtuvo en forma artesanal de una sola cosecha, en el 2014.

Las semillas para cada tratamiento se cultivaron en cajas Petri con papel filtro humedecido; se utilizaron 100 semillas por tratamiento, que se distribuyeron en cuatro repeticiones de 25 semillas. Una vez establecidos los tratamientos, las cajas Petri fueron colocadas en una cámara germinadora, a una temperatura constante de $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. El efecto de los tratamientos seleccionados en las semillas de zacate Buffel se estimó mediante un ensayo de germinación o germinación estándar, a través de las siguientes variables: plántulas normales, plántulas anormales y semillas sin germinar. También se estimó el vigor de las semillas a través de las variables: longitud media de plúmula, longitud media de radícula e índice de velocidad de germinación.

Capacidad de Germinación

La germinación de las semillas se evaluó en el laboratorio mediante un ensayo de germinación por un periodo de 28 días, de acuerdo a las reglas de la International Seed Testing Association (ISTA), para determinar plántulas normales, plántulas anormales y semillas sin germinar.

Para determinar las plántulas normales, se realizó el conteo de las plántulas de cada tratamiento y se consideraron aquellas que contenían sus estructuras esenciales como sistema radicular y plúmula intacta bien desarrollada; los datos que se obtuvieron se transformaron a porcentajes.

Cuadro 1. Selección de tratamientos para romper la latencia en zacate Buffel utilizando promotores físicos y químicos.

Tratamiento	Descripción
T1	Testigo sin aplicación, únicamente imbibición en agua destilada durante 10 minutos.
T2	Semillas sometidas a temperaturas alternas: a 4°C durante 8 horas y enseguida sometidas a 35°C durante 16 horas, y posteriormente embebidas en agua destilada durante 10 minutos.
T3	Semillas sometidas a temperaturas alternas: a 4°C durante 8 horas y enseguida sometidas a 35°C durante 16 horas, y posteriormente embebidas con ácido giberélico, a una concentración de 500 ppm durante 10 minutos.
T4	Semillas sometidas a temperaturas alternas: a 4°C durante 8 horas y enseguida sometidas a 35°C durante 16 horas, y posteriormente embebidas con ácido giberélico, a una concentración de 750 ppm durante 10 minutos.
T5	Semillas embebidas con ácido giberélico a una concentración de 500 ppm durante 10 minutos
T6	Semillas embebidas con ácido giberélico a una concentración de 750 ppm durante 10 minutos

Para determinar las plántulas anormales, se realizaron conteos de las plántulas de cada tratamiento y se consideraron aquellas que tenían alguna deficiencia en el desarrollo de sus estructuras esenciales que les impidió su desarrollo normal; los datos que se obtuvieron se transformaron a porcentajes.

Respecto a las semillas sin germinar, se realizaron conteos de cada tratamiento y se consideraron aquellas semillas que no tuvieron desarrollo de ninguna de las estructuras esenciales; los datos que se obtuvieron se transformaron a porcentajes.

Vigor

El vigor se determinó mediante las variables: longitud media de plúmula, longitud media de radícula e índice de velocidad de germinación.

En relación a la variable de longitud media de plúmula, a los veintiocho días después de la siembra se tomaron plántulas normales: cinco plántulas al azar de las cuatro repeticiones de cada tratamiento, las cuales se midieron con una regla.

Para evaluar la variable longitud media de radícula, a los veintiocho días después de la siembra se tomaron cinco plántulas normales al azar de las cuatro repeticiones de cada tratamiento, de las cuales se midió la longitud de la raíz con una regla.

El índice de velocidad de germinación se determinó con conteos de semillas germinadas al cuarto, séptimo, décimo y decimocuarto día. Una semilla

se consideró como germinada cuando presentó una longitud de plúmula o radícula de 3 mm, para lo cual se utilizó la siguiente ecuación:

$$IVG = \sum (D_i - D_j) / i$$

IVE = Índice de velocidad de germinación

D_i = Número de semillas germinadas en el día i

D_j = Número de semillas germinadas en el conteo anterior al día i

i = Número de días al momento del conteo desde la siembra

Análisis Estadístico

Para analizar la información obtenida de las variables estudiadas, se utilizó un diseño completamente al azar a través de un análisis de varianza (ANOVA); la comparación medias se realizó mediante la prueba de diferencias de media de Tukey (5%) del programa estadístico Statistical Analysis System (SAS), versión 9.0. A continuación se presenta el modelo estadístico que se utilizó para realizar el análisis de varianza (ANOVA):

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Y_{ij} = valor observado

μ = efecto de la media general

T_i = efecto del i -ésimo tratamiento

ϵ_{ij} = error experimental

$i = 1, 2, \dots, n$ tratamientos

$J = 1, 2, \dots, n$ repeticiones

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza y comparación de medias de los parámetros evaluados en el ensayo de germinación (Cuadro 2), demostraron que las variables plántulas normales y semillas sin germinar arrojaron diferencias altamente significativas entre los tratamientos $P= 0.0095$ y $P= 0.0038$, respectivamente, donde el mejor tratamiento corresponde a la aplicación de ácido giberélico a una concentración de 750 ppm con un porcentaje de plántulas

normales de 31% y con menor porcentaje de plántulas normales, resultó el testigo con un porcentaje de 13% (Figura 1). Para la variable plántulas anormales, los resultados demuestran que no hubo diferencias significativas entre tratamientos. Considerando los resultados previamente descritos, éstos son concordantes con la variable semillas sin germinar, ya que el menor porcentaje de semillas sin germinar de 68%, se obtuvo con la aplicación de ácido giberélico a una concentración de 750 ppm, mientras que el porcentaje mayor de semillas sin germinar de 86% corresponde al testigo.

Cuadro 2. Comparación de Medias de las variables evaluadas en los tratamientos de laboratorio para capacidad de germinación.

Tratamientos	% Plántulas normales		% Semillas sin germinar	
AG3 750 ppm	31	A	68	C
TA + AG3 500 ppm	30	AB	69	BC
TA+AG3 750 ppm	29	AB	69	BC
TA	25	AB	75	ABC
AG3 500 ppm	16	AB	84	AB
T S/A	13	B	86	A

Tukey 5%. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes. T S/A= testigo sin aplicación, TA= temperaturas alternas, TA+AG3 500 ppm= temperaturas alternas más ácido giberélico 500 ppm, TA+AG3 750 ppm= temperaturas alternas más ácido giberélico 750 ppm, AG3 500 ppm= ácido giberélico 500 ppm, AG3 750 ppm= ácido giberélico 750 ppm.

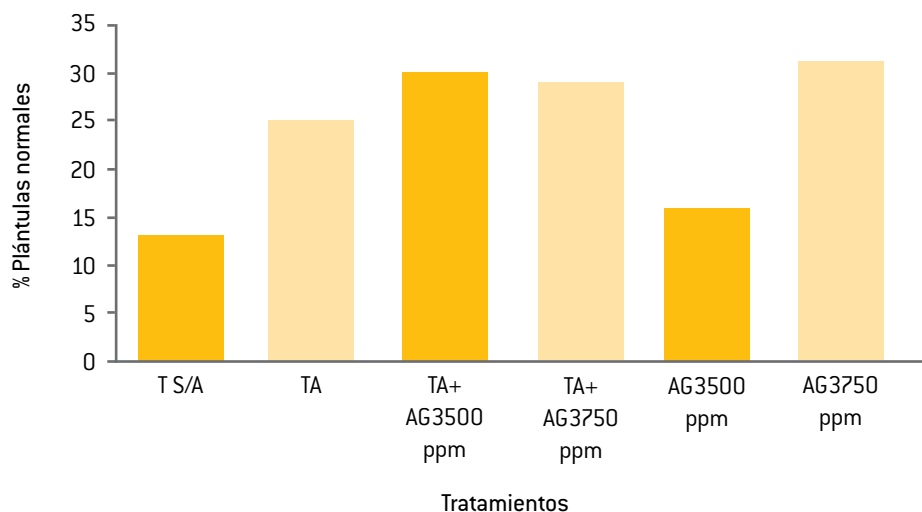


Figura 1. Medias generales de la variable plántulas normales en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas en laboratorio.

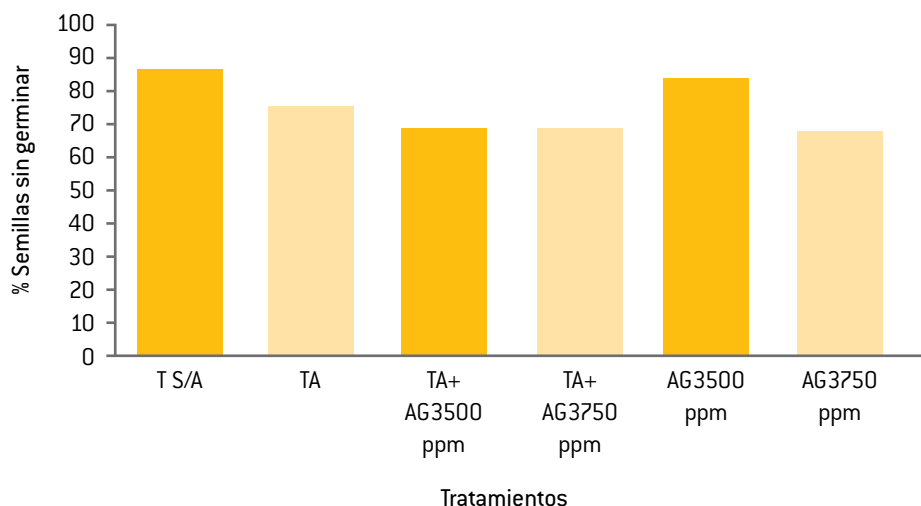


Figura 2. Medias generales de la variable semillas sin germinar en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas en laboratorio.

Estos resultados demuestran que el ácido giberélico a 750 ppm rompe la latencia de las semillas y aumenta el porcentaje de plántulas normales, capaces de desarrollarse en condiciones ambientales adecuadas, y disminuye el porcentaje de semillas sin germinar, lo cual se debe a que las giberelinas son los promotores de la iniciación enzimática en el proceso de germinación, mientras que en el tratamiento testigo al que sólo se le aplicó agua, tuvo mayor porcentaje de semillas sin germinar. Los resultados obtenidos concuerdan con las observaciones obtenidas por Le Page (1990), los cuales indicaron que las giberelinas son esenciales para los tratamientos de germinación y eliminación de latencia, ya que pueden inducir la síntesis o un cambio en su comportamiento, o en la insensibilidad de los tejidos permitiendo así la germinación de las semillas. Por su parte, Osborne (1995), citado por Merola y Díaz (2012), mencionan que las giberelinas provocan cambios a nivel genético que estimulan, a su vez, la síntesis enzimática en las células.

En cuanto a las variables evaluadas de la prueba de vigor en el análisis de varianza y comparación de medias (Cuadro 3), longitud media de plúmula e índice de velocidad de germinación, indicaron diferencias significativas entre los tratamientos $P=0.0484$ y $P=0.0584$, respectivamente: el tratamiento con aplicación de temperaturas alternas en combinación con ácido giberélico, a una concentración de 750 ppm, fue el mejor con un desarrollo de plúmula de 7.050 cm, mientras que el de menor desarrollo de plúmula

fue el testigo con una longitud de 3.925 cm (Figura 3). Para la variable longitud media de radícula, los resultados indicaron que no hubo diferencia significativa ($P=0.0917$) entre los tratamientos. Respecto a la variable índice de velocidad de germinación, se observan mejores resultados con aplicación únicamente de ácido giberélico a una concentración de 750 ppm, con un índice de velocidad de 0.921, y el testigo con un índice de velocidad de germinación de 0.117 (Figura 4).

Con estos resultados se reafirmó que el ácido giberélico a 750 ppm induce la germinación de las semillas de zacate Buffel en un periodo menor de tiempo, pero además, al combinarlo con un tratamiento físico como temperaturas alternas, mejora el desarrollo de estructuras esenciales como la longitud de plúmula, que acelera el metabolismo fotosintético al potenciar el vigor de las semillas, aspecto que indica Hernández (2010), citado por Merola y Díaz (2012), quienes a su vez señalan que las semillas pueden tener dos o más mecanismos de latencia, por lo cual se deben utilizar tratamientos combinados, como distintas combinaciones de temperaturas, solución de nitrato de potasio, ácido giberélico, entre otros. Por otra parte, Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia (1987), citados por Otegui *et al.* (2005), mencionan que la alternancia de temperatura mejora el balance y la interacción de las hormonas con las enzimas, pues al parecer las semillas que responden a la alternancia de temperaturas presentan mecanismos enzimáticos que funcionan en diferentes temperaturas. Merola y

Cuadro 3. Comparación de Medias de las variables evaluadas en los tratamientos de laboratorio para vigor.

Tratamientos	Longitud media de plúmula cm		Índice de velocidad de germinación	
TA+AG3 750 ppm	7.050	A	0.539	AB
TA+AG3 500 ppm	5.750	AB	0.437	AB
TA	5.050	AB	0.633	AB
AG3 750 ppm	5.050	AB	0.921	A
AG3 500 ppm	5.025	AB	0.421	AB
T S/A	3.925	B	0.117	B

Tukey 5%. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes. T S/A= testigo, TA= temperaturas alternas, TA+AG3 500 ppm= temperaturas alternas más ácido giberélico 500 ppm, TA+AG3 750 ppm= temperaturas alternas más ácido giberélico 750 ppm, AG3 500 ppm= ácido giberélico 500 ppm, AG3 750 ppm= ácido giberélico 750 ppm.

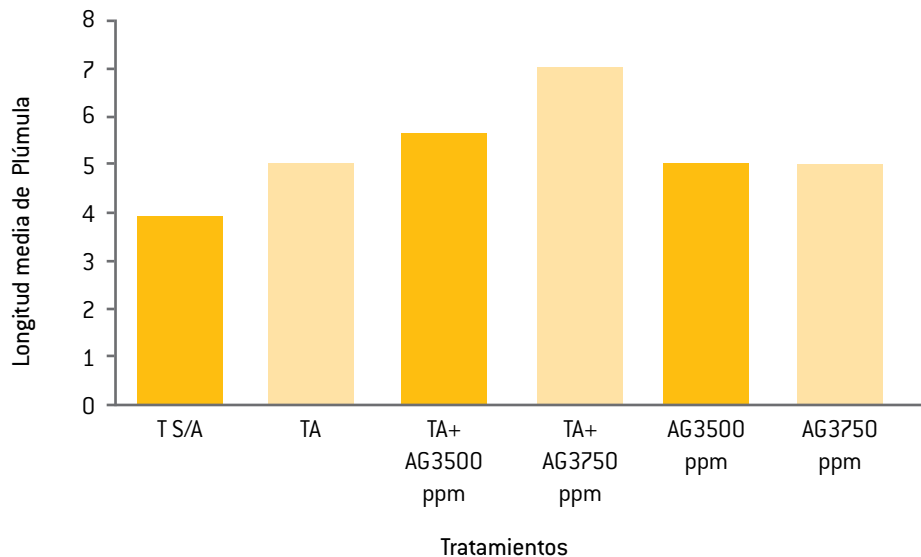


Figura 3. Medias generales de la variable longitud media de plúmula en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas en laboratorio.

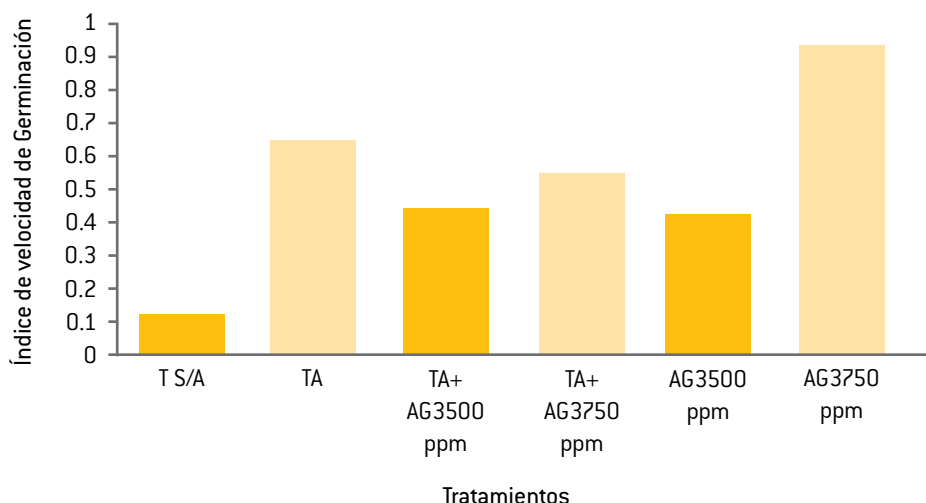


Figura 4. Medias generales de la variable índice de velocidad de germinación en zacate Buffel con aplicación de ácido giberélico y temperaturas alternas en laboratorio.

Díaz (2012) indican también que las semillas sembradas inmediatamente después de la recolección deben tratarse con temperaturas alternas (3-30° C) durante 24 horas, con lo que se logra incrementar la germinación de las semillas en 9%.

CONCLUSIONES

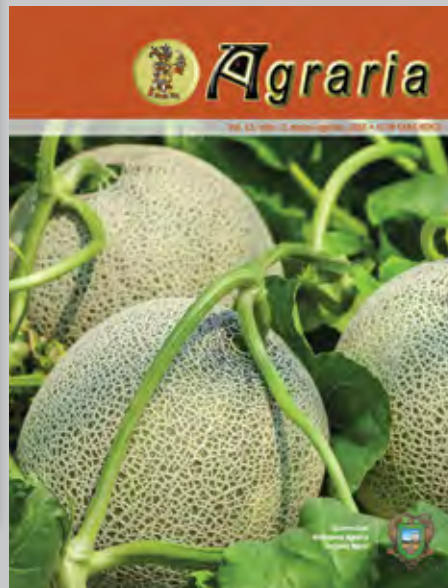
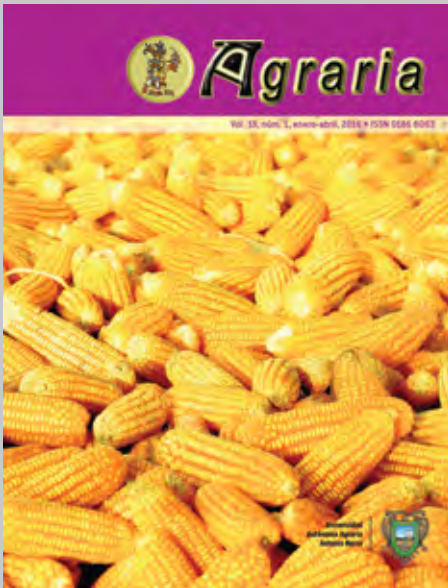
El tratamiento que más destacó en el rompimiento de la latencia fue ácido giberélico a una concentración de 750 ppm, y el que indujo mayor vigor en las semillas de zacate Buffel fue en el que se aplicaron temperaturas alternas más ácido giberélico, lo que aumentó el desarrollo de la plúmula.

El ácido giberélico a una concentración de 750 ppm promueve la germinación en un menor periodo de tiempo, lo que acorta o elimina la latencia de las semillas, pero al combinarlo con temperaturas alternas se logra, además, efecto positivo en las variables de vigor.

LITERATURA CITADA

- ALCALÁ, G. C. 1995. Origen geográfico y características biológicas. en: Guía práctica para el establecimiento, manejo y utilización del zacate Buffel. Patronato del Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Sonora, A. C. (Patrocipes). Sonora, México. <http://www.patrocipes.org.mx/publicaciones/pastizales/P95009.php>.
- AYERZA, R. 1981. El buffelgrass: Utilidad y manejo de una promisoriosa gramínea. Editorial Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires, Argentina. 139 p.
- JIMÉNEZ, G.C., Maciel, P.L. H., De Alba, A.A. y Gonzales, C.F. 2005. Siembra de zacate Buffel. Campo Experimental Pabellón. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Instituto Nacional de Investigación Forestales Agrícolas y Pecuarias. Folletos para productores. Núm. 37, p. 3.
- LE PAGE, D. M. T. 1990. Role des gibberellines et de l'acide abscissique dans la germination et la dormance des semences: pour une approche dynamique. *Seed science and technology*, 18(2), 345-356.
- MÉROLA, R. y Días, S. 2012. Métodos, técnicas y tratamientos para inhibir dormancia en semillas de plantas forrajeras. Trabajo final curso de post-grado: Producción de semillas de plantas forrajeras. Universidad de la Empresa Facultad de Ciencias Agrarias. Montevideo Uruguay. <http://www.pasturasdeamerica.com/articulos-interes/notas-tecnicas/inhibir-dormancia-semillas-plantas-forrajeras/inhibir-dormancia-semillas-plantas-forrajeras.pdf>.
- OTEGUI, M.B., Pérez, M. A. y de Souza, M. M. 2005. Efecto de la temperatura y la luz en la germinación de semillas de *Paspalum guenoarum*. *Revista Brasileira de Sementes*, 27(1), 190-194.
- PALMA, R. M. P., Molina, M. J. C., López, H. A. 2000. Condiciones de almacenamiento y germinación de semillas de *Cenchrus ciliaris* L. Y *Andropogon gayanus* Kunth. *Agrociencia*. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. pp. 41-48.

PUBLICACIONES 2016



Agraria está indizada, desde 2006, en Latindex (Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal); en la base de datos PERIÓDICA [de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, México D. F.]; y en 2007 fue incluida en la base de datos del Centro Internacional de Investigación Científica (CIRS).



**Universidad
Autónoma Agraria
Antonio Narro**

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Dirección de Investigación. Calzada Antonio Narro 1923, Col. Buenavista, C.P. 25315,

Saltillo, Coah., México

E-mail: agraria_ne@uaaan.mx

Tel. +52 (844) 411 02 12 y 411 02 80, ext. 2003. Fax +52 (844) 411 02 11



- 1** Simulación del crecimiento y rendimiento de trigo (*triticum turgidum* L.) Júpare c2001 con el modelo CERES-trigo
Simulation of growth and yield of wheat (*triticum turgidum* L.) Jupare c2001 with model CERES - wheat
Raúl Rodríguez-García, Verónica Cortez-Maldonado, Diana Jasso-Cantú,
Fidel Maximiano Peña-Ramos, Alejandro Zermeño-González

- 15** Hongos nematófagos del género *Arthrobotrys* spp., en el control de *Meloidogyne incognita* bajo condiciones *in vitro*
Nematophagus fungi *Arthrobotrys* spp., against *Meloidogyne incognita* under *in vitro* conditions
Diego Alejandro Treviño-Cueto, Melchor Cepeda-Siller, Francisco Daniel Hernández-Castillo,
Sergio René Sánchez-Peña

- 21** Aplicación en campo de dos cepas de *Nomuraea rileyi* (Farlow), contra larvas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) en maíz, en Pesquería, Nuevo León, México
Field application of two strains of *Nomuraea rileyi* (Farlow) against larvae of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) in corn, in Pesquería, Nuevo León, México
Diego Camacho-Ponce, Sergio Sánchez-Peña

- 27** Efecto de los días al parto sobre el comportamiento reproductivo de vacas Charolais, con época de empadre restringido
Effect of days to calving on reproductive performance of Charolais-cows, with restricted breeding season
Elesib Cortés-Girón, Roberto García-Elizondo, Ramiro López-Trujillo, Fernando Ruiz-Zárate

- 35** Promotores físicos y químicos en la eliminación de latencia en zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.)
Physical and Chemical promoters in removing latency in Buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.)
Miguel Ángel Velázquez-López, Leila Minea Vásquez-Siller

Agraria es una publicación cuatrimestral de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, creada para difundir resultados de investigación nacionales e internacionales, originales e inéditos, escritos en español e inglés, sobre temas relacionados con las ciencias agrícolas, pecuarias y forestales, incluyendo las áreas de ingeniería, agro industria, biotecnología y socioeconómicas. Estos materiales pueden ser artículos científicos, notas de investigación o ensayos científico. Los materiales que se envíen para su publicación deberán ceñirse a las normas editoriales y estarán sujetos a estricta revisión por pares, como requisito previo a su publicación.