

ISSN 0186-8063



Agraria

Volumen 10 · Número 1 · Enero – Abril, 2013



Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
México

Agraria

Revista científica de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Volumen 10 · Número 1

Enero – Abril, 2013

Dr. Eladio Heriberto Cornejo Oviedo, **Rector**; Ing. Lorenzo Castro Gómez, **Secretario General**; Dr. Víctor Manuel Zamora Villa, **Director General Académico**; M. C. Alfredo Sánchez López, **Director de Investigación**; Dr. Alfredo de la Rosa Loera, **Subdirector de Programación y Evaluación**; M. C. José A. Nájera Castro, **Subdirector de Operación de Proyectos**. Dr. Armando Espinoza Banda, **Subdirector de Investigación** en la Unidad Laguna.

Comité Editorial

Miguel A. Capó Arteaga
Editor en Jefe

Jesús Valdés Reyna
Editor Ejecutivo

José Hugo Rancaño Arriola
Editor Asociado

Editores Técnicos

José L. Puente Manríquez
Fitomejoramiento, Unidad Laguna

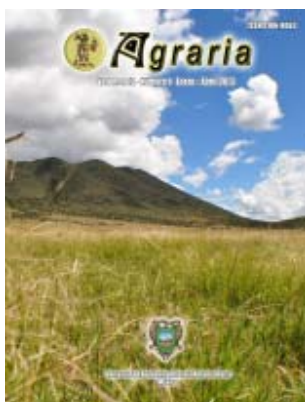
Raúl Rodríguez García
Riego y Drenaje

Jesús M. Fuentes Rodríguez
Producción Animal

Redacción Científica en Inglés
Erika Patricia Carrizales Ruiz

Diseño y Formación
Sandra de la Cruz González

Apoyo
Alma Rosa Ortiz Gámez



Portada: Condición y salud de pastizal en el rancho de demostración Los Ángeles, ubicado a 34 Km sobre la carretera Saltillo-Zacatecas en el sureste del estado de Coah., México. Fotografía: Sergio Sosa Jiménez.

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)*.

Dirección de Investigación. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Colonia Buenavista, 25315, Saltillo, Coah., México.
<http://www.uaaan.mx/agraria/>

Correo-e: agraria_ne@uaaan.mx

Tel (844) 411-02-00, Ext. 2404 · Fax 411-02-11



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.

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, agroindustria, biotecnología y socioeconómicas. Estos materiales pueden ser artículos científicos, notas de investigación o ensayos científicos. 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.

Contenido

Volumen 10

Enero – Abril, 2013

Número 1

Artículos	Págs.
<p>Aplicación de la Teoría Geoestadística en la Estimación de la Temperatura Media Anual en la Región Sureste del Estado de Coahuila, México ✱ Geostatistics Theory Application to Estimating the Average Annual Temperature in the Southeast Region of the State of Coahuila, Mexico Francisco Javier Sánchez-Aspeytia, Fernando Esquivel-Bocanegra, Félix de Jesús Sánchez-Pérez, Javier de Jesús Cortés-Bracho</p>	1
<p>Densidad de Población y Niveles de Fertilización en el Rendimiento y Propiedades Físicas del Grano en Semillas de Maíz Criollo ✱ Population Densities and Fertilization Levels on Yield and Physical Properties of Grain in Seeds of Maize Landrace José Noé Martínez Ramírez, Norma A. Ruiz Torres, Froylán Rincón Sánchez, Juan Manuel Martínez Reyna, Hilda Cecilia Burciaga Dávila</p>	9
<p>Capacidad de Germinación de Semillas y Vigor de Plántulas en Familias de Maíz Poliembriónico y de Alto Contenido de Aceite ✱ Seed Germination Capacity and Seedling Vigour, in Polyembryonic and High Oil Content Families of Maize Eneida Mora-Mata, María Alejandra Torres-Tapia, Víctor Manuel Zamora-Villa, José Espinoza-Velásquez, Federico Facio Parra</p>	19
<p>Comparación de los Métodos de Condición y Salud del Pastizal ✱ Comparison of Methods of Condition and Rangeland Health Rolando Hernández Arguello, Ricardo Vásquez Aldape, Ramiro López Trujillo</p>	27
<p>Incidencia y Severidad de <i>Phoradendron</i> spp., en la Sierra de Arteaga, Coah., México ✱ Incident and Severity of <i>Phoradendron</i> spp., in the Sierra de Arteaga, Coah., México María Guadalupe Cepeda Puente, Abiel Sánchez Arizpe, María Elizabeth Galindo Cepeda, Sergio René Sánchez Peña, Emilio Padrón Corral, José Luis García Franco y Beimar Ocaña Hernández</p>	37

Aplicación de la Teoría Geoestadística en la Estimación de la Temperatura Media Anual en la Región Sureste del Estado de Coahuila, México



Application of the Geostatistics Theory in the Estimation of the Average Annual Temperature in the Southeast Region of the State of Coahuila, Mexico

Francisco Javier Sánchez-Aspeytia^{1*}, Fernando Esquivel-Bocanegra¹, Félix de Jesús Sánchez-Pérez¹,
Javier de Jesús Cortés-Bracho²

¹Departamento de Estadística y Cálculo, ²Departamento de Riego y Drenaje, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Colonia Buenavista, 25315, Saltillo, Coah., México.
E-mail: dsaspeytia@gmail.com. (*Autor responsable).

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue desarrollar una metodología que permita la distribución espacial de la variable de temperatura media anual de la región sureste del estado de Coahuila, México y mostrar como la geoestadística es una herramienta imprescindible cuando se desea analizar los patrones de distribución espacial de las variables ecológicas y medioambientales a partir de muestreos en el área de interés. Se estudió la estimación de la temperatura media anual, a través de 21 estaciones climatológicas dependientes del Servicio Meteorológico Nacional durante el periodo 1971 a 2000. Se generó una base de datos que contiene las coordenadas en el sistema UTM de cada estación y su respectiva medición de la variable donde se obtuvo una media de los datos de 17.04 °C. Se utilizó el programa Geostatistics for the Environmental Sciences (GS+) para calcular los variogramas y posteriormente la interpolación Kriging. El GS+ generó varios tipos de modelos de variogramas experimentales y fueron ajustados a modelos teóricos, de los cuales el de mejor ajuste fue el modelo Gaussiano, demostrando con ello que la variable regionalizada analizada se distribuye espacialmente. Con este modelo se procedió a la interpolación Kriging en la cual se consideró una distancia o lag de 150 km y 16 vecinos para la estimación, así mismo se consideró a los puntos irregularmente espaciados tomando en cuenta las coordenadas cartesianas, la cual la media mediante el análisis geoestadístico fue de 17.03 °C. Posterior a la interpolación se realizó una prueba para comparar los valores observados con los estimados, y se encontró una correlación de 0.82 entre los datos.

ABSTRACT

The objective of this study was to develop a methodology for the spatial distribution of the variable of the average annual temperature of the southeast region of Coahuila, Mexico, and shows how geostatistics is an essential tool when you want to analyze the spatial distribution patterns of the ecological and environmental variables from sampling in the area of interest. The estimation of the average annual temperature was studied through 21 weather stations dependent of the National Weather Service during the period 1971-2000. It generated a database containing the coordinates in the UTM system of each station and its respective measurement of the variable which yielded an average of 17.04 °C. The program GS + (Geostatistics for the Environmental Sciences) was used to calculate the variograms and later the interpolation Kriging. The GS + generated several types of experimental variogram models which were fitted to theoretical models and the best-fit was Gaussian model showing thus that the analyzed regionalized variable is distributed spatially. With this model it was proceeded to the Kriging interpolation in which it was considered a distance or lag of 150 km and 16 neighbors for the estimation, so it was considered to irregularly spaced points taking into account the Cartesian coordinates which the average by Geostatistical analysis was 17.03 °C. After the interpolation, a test was performed to compare the observed values with estimated values which resulted in a correlation of 0.82 in the data.

Recibido: Abril, 2011.

Aceptado: Noviembre, 2012

El análisis de varianza entre la temperatura media anual observada y la estimada mostró una regresión lineal, con un 67 % de asociación lineal entre ambos. Para validar el modelo de variograma en la estimación se calcularon medidas de precisión, tales como: el error medio (EM) que mide el sesgo del estimador dando como resultado -0.009, la varianza de los errores o cuadrado medio del error (CME) que mide la precisión del estimador, fue de 1.534. Se plantearon pruebas de hipótesis para demostrar que los errores en la interpolación Kriging se distribuyen normalmente con media cero y varianza igual a uno.

Palabras clave: Geoestadística, correlación espacial, variograma, interpolación Kriging, validación.

By an analysis of variance between the average temperatures observed and estimated it was observed that there was a linear regression between them with 67 % of linear association between them. To validate the variogram model in the estimation precision measurements such as: the average error (MS) to measure the bias estimator, resulting -0,009, the variance of the errors or mean square error (MSE) which measures the accuracy of the estimator, we obtained a value of 1,534. Tests of hypotheses were proposed to show that the Kriging interpolation errors are normally distributed with zero mean and variance equal to one.

Key words: Geostatistics, spatial correlation, variograms, Kriging interpolation, validation.

INTRODUCCIÓN

La geoestadística es una rama de la estadística que trata fenómenos espaciales (Journel y Huijbregts, 1978). Su interés primordial es la estimación, predicción y simulación de dichos fenómenos (Myers, 1987). Esta herramienta ofrece una manera de describir la continuidad espacial, que es un rasgo distintivo esencial de muchos fenómenos naturales (Moral-García, 2004), y proporciona adaptaciones de las técnicas clásicas de regresión para tomar ventajas de esta continuidad (Isaaks y Srivastava, 1989). Una variable medida en el espacio de forma que presente una estructura de correlación, se dice que es una variable regionalizada. De manera más formal se puede definir como un proceso estocástico con dominio contenido en un espacio euclidiano d -dimensional R^d , $\{Z(x): x \in D \subset R^d\}$. Si $d = 2$, $Z(x)$ puede asociarse a una variable medida en un punto x del plano (Díaz-Francés, 1993). En términos prácticos $Z(x)$ puede verse como una medición de una variable aleatoria en un punto x de una región de estudio.

Cuando el objetivo es hacer predicciones, la geoestadística opera básicamente en dos etapas: la primera de ellas, para el desarrollo de un análisis geoestadístico, es la determinación de la dependencia espacial entre los datos medidos de una variable. Esta fase es también conocida como

análisis estructural. Para llevarla a cabo, con base en la información muestral, se usa el semivariograma. En la segunda etapa, se hace predicción en sitios de la región no muestreada, por medio de la técnica Kriging, la cual comprende un conjunto de métodos de predicción espacial que se fundamentan en la minimización del error cuadrático medio de predicción.

El krigeaje es una técnica de estimación que proporciona el mejor estimador lineal insesgado (MELI) y que además proporciona un error de estimación conocido como varianza de krigeaje que depende del modelo de variograma obtenido y de las localizaciones de los datos originales (Armstrong y Carignan, 1997; Journel y Huijbregts, 1978; David, 1977; Abasov *et al.*, 1990). Esto brinda la posibilidad de hacer análisis sobre la calidad de las estimaciones. Este es un proceso que calcula un promedio ponderado de las observaciones muestrales. Los pesos asignados a los valores muestrales son apropiadamente determinados por la estructura espacial de correlación establecida en la primera etapa y por la configuración de muestreo (Petitgas, 1996). Las mediciones de las características de interés en un estudio regionalizado tienen implícitamente asociadas las coordenadas de los sitios en donde estas fueron tomadas. En la aplicación de la geoestadística es de suma importancia, al igual que en otros procedimientos estadísticos, el análisis

gráfico. La identificación de valores extremos y su ubicación geográfica, la evaluación de la forma de la distribución y el cálculo de medidas de localización, variabilidad y correlación son muy importantes para establecer si algunos supuestos necesarios para la aplicación de la teoría geoestadística son válidos o para definir qué procedimiento de predicción es el más conveniente (Giraldo, 2002).

El objetivo de este trabajo fue desarrollar una metodología que permita la distribución espacial de la variable temperatura media anual de la región sureste del estado de Coahuila, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se aplicó la metodología de Kriging para realizar estimaciones del valor de la variable temperatura media anual de la región sureste del estado de Coahuila, México en estaciones climatológicas irregularmente espaciadas. Para este trabajo se seleccionaron los datos disponibles de temperatura media anual del período 1971 a 2000 de las estaciones climatológicas de la región sureste del estado de Coahuila, México, del Servicio Meteorológico Nacional -Comisión Nacional del Agua (Normales-Climatológicas). En el análisis estadístico se trata de caracterizar a la muestra, de forma tal que se obtenga la mayor información posible a partir de los datos que se disponen. Esta etapa es fundamental para que el análisis geoestadístico sea válido, puesto que el mismo está basado en la estimación y modelación de una función que refleja la correlación espacial de la propiedad que se estudia: el semivariograma. Para poder estimarla es necesario que la muestra cumpla una serie de requisitos, como son: que su distribución de probabilidad sea normal, que no exista tendencia, es decir que sea estacionaria al menos la media, que no se vea afectada por valores atípicos (*outliers*) tanto distribucionales como espaciales, que tenga una distribución espacial homogénea. Tomando en cuenta lo anteriormente planteado, de lo que se trata es de explorar las características de la muestra con el fin de modificar en la medida de lo posible aquellas que no satisfagan

los requisitos exigidos. Además, nos permite decidir cuál procedimiento sería más adecuado aplicar en la estimación espacial. Mediante el análisis se obtendrán los estadísticos básicos. Para llevar a cabo los análisis geoestadísticos y el cálculo de semivariogramas experimentales se dispuso del programa Geostatistics for the Environmental Sciences (GS+) versión 5.1 (Robertson, 2000). La base de datos disponible consta de las coordenadas UTM (latitud y longitud) de las 21 estaciones climatológicas de la región sureste del estado de Coahuila, México y de la temperatura media anual (Z).

La mitad del variograma $\hat{\gamma}(h)$, se conoce como la función de semivarianza y caracteriza las propiedades de dependencia espacial del proceso. Dada una realización del fenómeno, la función de semivarianza es estimada, por el método de momentos, a través del semivariograma experimental, que se calcula mediante:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i + h) - Z(x_i)]^2 \quad (1)$$

Donde $Z(x_i)$ es el valor de la variable en un sitio x , $Z(x_i+h)$ es otro valor muestral separado del anterior por una distancia h y $N(h)$ es el número de parejas que se encuentran separadas por dicha distancia. La función de semivarianza se calcula para varias distancias h .

Para la modelación del semivariograma existen un número reducido de modelos teóricos que pueden ser usados. Entre los modelos más conocidos se encuentran: el esférico, el gaussiano, el exponencial, el lineal con umbral y sin umbral. Estos modelos se caracterizan fundamentalmente por tres parámetros: el rango o radio de correlación espacial, el umbral (*sill*) y la varianza pepita (efecto *nugget*). Si no existe tendencia significativa de manera que se puede considerar que la variable es estacionaria de segundo orden o al menos que sea intrínseca, es decir, que las diferencias sean estacionarias de segundo orden, entonces se puede estimar la propiedad mediante kriging ordinario. Es el método más apropiado para situaciones medioambientales, este método asume que las

medias locales, no están necesariamente relacionadas lo más cercanamente a la media poblacional, por lo cual solo usa las muestras en la vecindad local para la estimación. Es calculado mediante la expresión:

$$\hat{Z}(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (2)$$

En donde los λ_i representan los pesos o ponderaciones de los valores originales. Dichos pesos se calculan en función de la distancia entre los puntos muestreados y el punto donde se va a hacer la correspondiente estimación. Estos son determinados con el fin de asegurar que el error medio para el modelo sea cero y además la varianza del error es minimizada (Schloeder *et al.*, 2001), lo cual ofrece una predicción no sesgada. Pese a ello y como menciona Benmostefa (2006), este método requiere de supuestos estadísticos muy fuertes, como que la hipótesis intrínseca de estacionaridad sea aceptada, lo cual raramente se observa en la naturaleza. La suma de los pesos debe ser igual a uno para que la esperanza del estimador sea igual a la esperanza de la variable.

Para la validación del modelo de semivariograma se realiza un análisis integral de los estadígrafos de los errores en la interpolación Kriging y se aplican de manera combinada los siguientes criterios:

- El error medio (EM) debe ser cercano a cero.

$$E M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\hat{Z}(x_i) - Z(x_i) \right] \cong 0 \quad (3)$$

- La varianza de los errores o cuadrado medio del error (CME) debe ser mínima.

$$C M E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\hat{Z}(x_i) - Z(x_i) \right]^2 \cong \text{mínima} \quad (4)$$

Se evaluará la metodología Kriging bajo la asunción de distribución normal de los errores e (x_i), una prueba "t" de Student puede ser realizada sobre el error medio, m, para probar la significancia de la asunción $m=0$. Para la varianza de los errores

es esperado que sea igual a 1, y una prueba de χ^2 puede ser realizada.

Con el modelo de semivariograma seleccionado se procedió a la interpolación Kriging, la cual requirió una distancia de 150 km y 16 vecinos involucrados.

Para la validación del modelo del semivariograma, se procuró satisfacer los diferentes criterios estadísticos debido a los errores en la interpolación Kriging los cuales fueron: el error medio debe ser cercano a cero; el cuadrado medio del error deberá ser mínimo. Se evaluó el método de Kriging mediante los errores y aplicando pruebas de hipótesis se demostró que éstos se distribuyen normal con media cero y varianza uno.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante el análisis estadístico univariado se obtuvieron los estadísticos básicos de la muestra de 21 estaciones climatológicas de la región sureste del Estado de Coahuila, México y la variable a evaluar fue la temperatura media anual. Estos estadísticos se obtuvieron mediante el programa STATISTICA versión 9 para Windows, donde el promedio de la temperatura media anual fue de 17.04 °C. Para la prueba de normalidad de los datos se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov, en la versión modificada de Lilliefors, el cual plantea la hipótesis nula de que los datos proceden de una población con distribución normal frente a una alternativa de que no es así. Se evaluó la prueba mediante el programa Statistica y se concluyó que los datos se distribuyen normalmente utilizando un nivel de significancia de $\alpha=0.05$

Para la identificación de valores atípicos (*outliers*) se utilizó la prueba de Grubbs. Esta prueba detecta los valores extremos de las distribuciones normales. Se evaluó la prueba y se concluyó que no existen valores atípicos utilizando un nivel de significancia de $\alpha=0.05$

Análisis Geoestadístico

Para la creación del semivariograma experimental, se generó una base de datos con el programa

Geostatistics for the Environmental Sciences (GS+) versión 5.1, la cual incluye:

- La coordenada X (longitud) en unidades UTM del área de estudio.
- La coordenada Y (latitud) en unidades UTM del área de estudio.
- La variable Z (temperatura media anual) del área de estudio.

Este semivariograma experimental se ajustará a modelos teóricos (Cuadro 1). Entre los modelos más conocidos se encuentran: el esférico, el exponencial, el lineal, lineal con umbral y el Gaussiano. Estos modelos se caracterizan fundamentalmente por tres parámetros: el rango o radio de correlación espacial, el umbral y la varianza pepita (*nugget*).

Cuadro 1. Parámetros geoestadísticos de los diferentes modelos teóricos de variogramas

Modelo	Nugget	Umbral	Rango	Rango Efectivo
Esférico	1.32	6.74	123.30	123.30
Exponencial	0.89	7.78	65.60	196.80
Lineal	2.23	6.87	113.86	113.86
Lineal con Umbral	2.26	9.52	179.80	179.80
Gaussiano	2.44	6.94	66.80	115.70

Interpretación

Efecto *nugget* = 2.44 km: generalmente el variograma no tiende a cero como lo hace la distancia h , el efecto *nugget* indica la discontinuidad del semivariograma para distancias que sean menores que la menor distancia que se da entre los puntos muestrales. Parte de esta discontinuidad puede también ser dividida en errores de medición o una pobre precisión analítica.

Umbral = 6.94 km: es el valor alcanzado por el variograma en el rango. El umbral de un variograma, puede ser denotado como la varianza de la muestra, $\text{Var } Z(x_i)$. Al cambiar el valor del umbral, no cambian los valores de las estimaciones, por lo que los mapas de estimaciones seguirán siendo los mismo, afecta a la variación de las estimaciones, un umbral más alto indica mayor variación en las estimaciones.

Rango = 66.8 km: es la distancia dentro de la cual, las muestras están correlacionadas

espacialmente, es decir es la distancia que determina la dependencia espacial entre las observaciones de la temperatura media anual. Un valor grande para el rango, significa un comportamiento más continuo.

Rango efectivo = 115.70 km es la distancia para la cual el semivariograma alcanza el 95 % del umbral.

Estimación espacial Kriging

Con el modelo de semivariograma seleccionado se procedió a la interpolación Kriging se consideró una distancia de 150 km y 16 vecinos para la estimación. Así mismo se consideró a las estaciones climatológicas irregularmente espaciadas tomando en cuenta las coordenadas cartesianas donde el promedio de la temperatura media anual fue de 17.03 °C.

Se realizó una regresión lineal simple de valores observados y valores estimados, el resultado se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Análisis de regresión lineal entre los valores observados y estimados de la temperatura media anual de la región sureste de Coahuila, México

Estadísticas de la Regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0.82036
Coeficiente de determinación R2	0.67300
R2 ajustado	0.65579
Error típico	1.26344
Observaciones	21

Análisis de Varianza para la Estimación

Hipótesis a contrastar:

H0 = No existe regresión lineal entre Z actual y Z estimada.

Ha = Si existe regresión lineal entre Z actual y Z estimada.

Cuadro 3. Análisis de varianza para la estimación de la temperatura media anual de la región sureste de Coahuila.

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Pr>F
Regresión	1	62.4218	62.4218	39.1043	5.2656E-06
Residuos	19	30.32.95	1.5962		
Total	20	92.7514			

Decisión:

Como el valor $F=39.104 > 5.265E-06$ se rechaza la hipótesis nula y se concluye que el valor actual de la temperatura media anual está influenciado, en forma lineal, por la temperatura media anual estimada con un nivel de confianza del 95 % (Cuadro 3). Además, la presencia lineal de la temperatura media anual estimada en el modelo de regresión lineal explica el 67 % de la variación total en los valores observados de la temperatura media anual (coeficiente de determinación r^2). Se tiene también una asociación lineal entre la temperatura media anual estimada y la observada del 82 % (coeficiente de correlación r). Lo que indica que existe una relación lineal entre las variables pues este valor a pesar de no estar muy lejos de cero, nos dice que existen otros factores que también

pudieran estar condicionando la temperatura media anual observada (Cuadro 2).

Validación del modelo del semivariograma

Se puede procurar satisfacer lo mejor posible los siguientes criterios estadísticos:

1).- El error medio mide el sesgo del estimador, y debe ser cercano a cero. De hecho, este criterio es secundario con respecto al modelamiento del semivariograma y la elección de la vecindad de Kriging pues los valores obtenidos por éste, son insesgados por construcción. Así, en la práctica, el error medio (EM) tenderá hacia cero.

$$E.M. = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\hat{Z}(x_i) - Z(x_i) \right] \cong 0$$

$$E.M. = \frac{-0.2}{21} = -0.009$$

2).- La varianza de los errores o cuadrado medio del error (CME), que mide la precisión del estimador, debe ser mínima.

$$C.M.E. = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\hat{Z}(x_i) - Z(x_i) \right]^2 \cong \text{mínima}$$

$$C.M.E. = \frac{32.21}{21} = 1.534$$

El análisis de regresión de valores observados y estimados de dicha variable presentó un coeficiente de determinación de $r^2=0.673$ y un coeficiente de correlación de $r=0.82$, lo cual indica una asociación lineal entre la temperatura media anual observada y la estimada.

CONCLUSIONES

La información analizada de la temperatura media anual de la región sureste del estado de Coahuila, México mostró un mejor ajuste a una distribución normal en coordenadas naturales; no se detectaron valores atípicos (*outliers*). El análisis geoestadístico realizado mediante el programa Geostatistics for the Environmental Sciences (GS+), creó diferentes semivariogramas experimentales los cuales fueron ajustados a modelos teóricos. El ajuste del tipo Gaussiano fue el mejor, demostrando con ello que los datos analizados se comportan como una variable regionalizada distribuida espacialmente. Del análisis estadístico y geoestadístico, se concluye que la media de la variable regionalizada es de 17 °C. Existe una asociación lineal entre la

temperatura media anual observada y la estimada. La geoestadística constituye una herramienta útil en el estudio de las distribuciones espaciales de las variables naturales, lo cual es esencial y recomendable cuando se deben tomar decisiones que afectan al medio ambiente.

LITERATURA CITADA

- Armstrong, M. 1984. Common problems seen in variograms. *Math. Geol.* 16(3): 305-313.
- Benmostefa, F.Z. 2006. Estimating soil contamination with Kriging interpolation method. *Am. J. Appl. Sci.* 3(6): 1894-1898.
- Díaz-Francés, E. 1993. Introducción a Conceptos Básicos de Geoestadística. Memorias Seminario Estadística y Medio Ambiente. Centro de Investigación en Matemáticas, CIMAT. Gto., México. 95 p.
- Giraldo, R. 2002. Introducción a la Geoestadística: Teoría y Aplicación. Departamento de Estadística, Universidad Nacional de Colombia. 97 p.
- Isaaks, E. and R. M. Srivastava. 1989. *An Introduction to Applied Geostatistics*. Oxford University Press, New York, NY, USA. 561 p.
- Journel, A.G. and Ch. J. Huijbregts. 1978. *Mining Geostatistics*. Academic Press, New York, NY, USA. 590 p.
- Moral-García, F.J. 2004. Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales. *Ecosistemas* 13 (1): 78-86.
- Myers, D.E. 1987. Optimization of sampling locations for variogram calculations. *Water Resour. Res.* 23(3): 283-293.
- Petitgas, P. 1996. Geostatistics and Their Applications to Fisheries Survey Data 5: 114-142. In: B.A. Megrey and E. Mosknes, (Eds.). *Computers and Fisheries Research*. Chapman-Hall, London, UK.
- Robertson, G.P. (2000): *GS+: Geostatistics for the environmental sciences*. Gamma Design Software, Plainwell, Michigan, USA.
- Schloeder, C.A., Zimmerman, N.E., Jacobs, M.J. 2001. Comparison of methods for interpolating soil properties using limited data. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65: 470-479.



Densidad de Población y Niveles de Fertilización en el Rendimiento y Propiedades Físicas del Grano en Semillas de Maíz Criollo



Population Density and Fertilization Levels in the Yield and Physical Properties of Grain in Seeds of Maize Landrace

José Noé Martínez Ramírez¹, Norma A. Ruiz Torres^{1*}, Froylán Rincón Sánchez², Juan Manuel Martínez Reyna², Hilda Cecilia Burciaga Dávila¹

¹Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas, ²Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro No. 1923, Buenavista. 25315, Saltillo, Coahuila, México. Tel. (844) 4110236. E-mail: nruiz@uaaan.mx. *Autor responsable.

RESUMEN

En las regiones rurales, la mayoría de los productores de maíz no utilizan insumos debido a su alto costo. Sin embargo, se pueden implementar prácticas agronómicas para aumentar su ingreso. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de densidades de población (40,000; 50,000 y 60,000 plantas ha⁻¹) y de las dosis de fertilización (00-00-00, 60-60-60 y 120-60-60 unidades de nitrógeno, fósforo y potasio [N-P-K]) sobre el rendimiento y propiedades físicas del grano. Se utilizó una población de maíz criollo mejorado denominado "JAGUAN". El experimento se estableció en el ejido El Mezquite, Galeana, N.L., bajo un esquema de producción de hembra y macho. Los resultados mostraron diferencias significativas para rendimiento ($p \leq 0.01$) en las dosis de fertilización y densidades de población. Se obtuvo el mayor rendimiento (7.32 t ha⁻¹), con la dosis de fertilización 120-60-60. La población de 60,000 plantas ha⁻¹ mostró el rendimiento más alto con 7.22 t ha⁻¹, mientras que la forma de producción no presentó diferencias significativas. El índice de flotación mostró diferencias ($p \leq 0.01$) para las dosis de fertilización y forma de producción, mientras que el peso volumétrico presentó diferencias ($p \leq 0.05$) solo para las dosis de fertilización. El mayor índice de flotación (29.33%) y el menor peso volumétrico (78.59 kg hL⁻¹), se obtuvieron con la dosis de 60-60-60. Con relación a la forma de producción, el maíz de los surcos hembra presentó mayor índice de flotación que el de los surcos macho con 25.44 %, lo cual indica que son granos duros y requieren de 40 min para su cocción. Se determinó que la variedad JAGUAN supera los estándares de calidad en la Norma Oficial Mexicana (NMX-FF-034/1-SCFI-2002), ya que presenta un índice de flotación menor de 40 % y más de 74 kg hL⁻¹ de peso hectolítrico.

Palabras clave: *Zea mays* L., fertilización, densidades, producción, rendimiento, propiedades físicas.

ABSTRACT

In rural areas, most of the producers do not use inputs due to the involved cost, however can recuperate their expenses using some agronomic practices and to increase their income. The objective was to assess population densities (40,000 50,000 and 60,000 plants ha⁻¹) and doses of fertilization (00-00-00, 60-60-60 and 120-60-60 nitrogen, phosphorus and potassium units [N-P-K]) on yield and physical properties (flotation index and volumetric weight). An improved maize landrace population denominated "JAGUAN" was used. The research was established in the ejido El Mezquite, Galeana N.L., under a production scheme of female and male. The results showed significant differences for yield ($p \leq 0.01$) in the fertilization doses and population densities, finding increased production with the dose of 120-60-60 (7.3179 t ha⁻¹). The population of 60,000 plants ha⁻¹ presented the highest yield with 7.219 t ha⁻¹, while the form of production did not presented significant differences. The flotation index showed significant differences ($p \leq 0.01$) for doses of fertilization and form of production. The volumetric weight was significant ($p \leq 0.05$) only for doses of fertilization. The highest flotation rate (29.333 %) and the lower volumetric weight (78.590 kg hL⁻¹), was obtained with the dose of 60-60-60. With regard to the form of production, female rows had higher flotation index than the simulated as male rows with 25.444 %, which indicates that they have hard grains and require 40 min to cook. It was determined that the variety JAGUAN exceeded the standards of quality of the Mexican official norm (NMX-FF-034/1-SCFI-2002), presenting floating rate lower than 40 % and more of 74 kg hL⁻¹ of volumetric weight.

Key words: *Zea mays* L., fertilization, densities, production, yield, physical properties.

Recibido: Abril, 2011.

Aceptado: Noviembre, 2012

INTRODUCCIÓN

México posee la mayor diversidad genética de maíz, lo cual se manifiesta en la variación de caracteres morfológicos vegetativos, así como de espiga, mazorca y grano, y en la composición química del grano. De las 436 razas reportadas en el continente americano, 50 se encuentran en México (Goodman y Brown, 1988).

Esta diversidad genética de maíz se consume en forma de tortillas, arepas, pinoles, atoles, tostadas, botanas, tamales y elotes, entre otros alimentos (Figueroa *et al.*, 2005). La elaboración de cada uno de esos productos requiere de granos con características de color, tamaño y dureza específica.

Un factor determinante de la diversidad genética es el manejo de los cultivos en los diferentes agroecosistemas y unidades de producción, en los que pueden variar las densidades de población, fechas de siembra, dosis y épocas de fertilización y riego que interaccionan fuertemente con el genotipo (Turrent *et al.*, 2005).

El maíz para la industria de la tortilla requiere grano suave, mientras que el maíz para elaborar botanas y para la industria harinera requiere un grano duro. Con granos de maíz duros, el índice de flotación será muy bajo o nulo; los granos suaves o muy suaves son los que presentan un mayor índice de flotación (Gaytán, 2004).

Para controlar la calidad comercial del grano de maíz blanco para la elaboración de tortillas y productos de maíz nixtamalizado, la Norma Mexicana (NMX-FF-034/1-SCFI, 2002) establece que el grano debe cumplir con las siguientes características: 1) peso hectolítrico superior a 74 kg hL⁻¹; 2) humedad de nixtamal entre 36 y 42 %; 3) índice de flotación máximo 40 %; 4) pericarpio remanente mayor a 2 %; 5) pérdida de sólidos máximo 5 %; 6) grano blanco con porcentaje de reflectancia > 70 %.

En 2008 en México se sembraron alrededor de 7.94 millones de hectáreas de maíz, con una producción promedio de 24.41 millones de toneladas, cifra que es insuficiente para la demanda nacional (33.32 millones de toneladas), por lo cual

se importaron más de 8.20 millones de toneladas de grano amarillo (Financiera Rural, 2009).

Una de las razones primordiales de la baja producción, es sin duda el uso de semillas criollas que se han ido degenerando con el paso del tiempo. Aunado a lo anterior, el 85 % de la superficie sembrada con maíz en México, se cultiva bajo condiciones de secano (SAGARPA-SIAP, 2007). Por otro lado, los agricultores rurales no utilizan tecnología apropiada como el uso de fertilizantes químicos y el manejo en las densidades de población así como el control de plagas, enfermedades y maleza.

Debido a que en el Noreste de México existe escasa información sobre la respuesta de los materiales criollos mejorados, a la aplicación de niveles de fertilización nitrogenada y densidades de población, se llevó a cabo el presente trabajo de investigación.

El objetivo de este estudio fue: determinar el efecto de dosis de fertilización nitrogenada y densidades de población en el rendimiento y en algunas propiedades físicas del grano, como índice de flotación y peso volumétrico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo se realizó en la localidad de El Mezquite, perteneciente al municipio de Galeana, N.L., ubicado a 24° 49' LN y a los 100° 05' LO, a una altitud de 1890 m; donde predominan suelos sedimentarios del periodo jurásico, la precipitación media anual es de 429.8 mm y las temperaturas máxima, media y mínima anual son 25.9, 15.8 y 4.3 °C, respectivamente. Datos climáticos (1971-2000) correspondientes al Servicio Meteorológico Nacional en el Cuije, Galeana, N.L.

La semilla utilizada se produjo en el ciclo PV 2008, la cual es una población criolla mejorada denominada JAGUAN, que se encontraba en el tercer ciclo de selección de mejoramiento.

Se realizaron prácticas culturales de barbecho, rastra y surcado. La distancia entre surcos fue de 0.92 m y cada uno midió 150 m de largo. La siembra se realizó con humedad y los riegos posteriores se

efectuaron conforme se presentaron las condiciones climáticas. Para el control de malezas se realizó una aplicación del herbicida pre emergente Primagram Gold.

El terreno se dividió en tres partes de 54 surcos cada una, para la distribución de los niveles de fertilización. La primera, se utilizó como testigo; en la segunda se aplicó una dosis de 60-60-60 al momento de la siembra y en la tercera una dosis de 120-60-60, la cual se distribuyó en dos etapas: 60-60-60 al momento de la siembra y 60-00-00 al primer cultivo. La primera aplicación de fertilizante se realizó con la fórmula triple-17; en la parte complementaria se aplicó urea. Se establecieron tres densidades de población (40, 50 y 60 mil plantas ha^{-1}). En todo el lote se establecieron surcos hembra (plantas desespigadas) y surcos macho (plantas normales) en proporción 4:2. Al final se establecieron en total 72 unidades experimentales en el lote de producción, las cuales se dividieron en 4 bloques. El trabajo de investigación se dividió en dos estudios.

Estudio I. Determinación del rendimiento

Se determinó el peso en campo (PC), con el peso de las mazorcas de cada unidad experimental en el momento de la cosecha. Posteriormente, se determinó la humedad del grano (H) al momento de la cosecha, con un aparato Dickey John modelo 462331247, a partir de una muestra aleatoria de granos de varias mazorcas de cada unidad experimental. Para la estimación del rendimiento se multiplicó el valor del peso seco por un factor de conversión, expresado en $t\ ha^{-1}$ al 15 % de humedad. Este valor fue multiplicado por 0.85 para obtener el rendimiento estimado de grano considerando un 85 % de desgrane. El peso seco (PS) fue estimado multiplicando el peso de campo por el porcentaje de grano seco.

$$PS = PC * \left(1 - \frac{H}{100}\right)$$

El factor de conversión (FC) se calculó de la siguiente forma: $FC = \frac{100}{85} * \frac{10000}{APU} / 1000$

Donde: APU = Área de parcela útil, la cual se determinó multiplicando la distancia entre surcos por la distancia entre plantas por el número de plantas por parcela; 100/85, coeficiente para obtener el rendimiento al 15 % de humedad; 1000, constante usada para calcular el rendimiento en $t\ ha^{-1}$; 10000, superficie de una hectárea en m^2 .

Estudio II. Propiedades físicas

Se llevó a cabo en el Laboratorio de Fisiología y Bioquímica del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).

Se recolectaron cinco mazorcas enteras y representativas de cada unidad experimental al momento de la cosecha, para determinar el contenido de humedad, peso volumétrico e índice de flotación. El contenido de humedad se obtuvo mediante el determinador Steinlite, en dos repeticiones por unidad experimental, las cuales se promediaron al final para obtener un solo dato, que sirvió para ajustar el peso volumétrico.

El peso volumétrico, se determinó en gramos por litro, mediante una balanza Ohaus, con dos repeticiones por unidad experimental, al final se realizó la conversión a kilogramos por hectolitro. Por último, se estimó el índice de flotación, mediante una solución de nitrato de sodio (300 mL) ajustada a $1.25\ g\ mL^{-1}$ (± 0.001) de densidad, determinada mediante un picnómetro, en la solución se introdujeron 100 granos limpios (libres de impurezas), separando los granos unos de otros, agitando la solución por medio de un agitador de vidrio, después de un minuto se contó el número de granos flotantes en la solución. El índice de flotación se calculó dividiendo el número de granos flotantes entre el total de granos y multiplicando por cien.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 3x3x2 (dosis de fertilización, densidades de población y forma de producción). Los datos se procesaron con el paquete estadístico SAS (2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN**Estudio I. Determinación del rendimiento**

El análisis de varianza mostró que los cuadrados medios fueron mayores en las dosis de fertilización y densidades de población (Cuadro 1), por lo cual se observaron diferencias significativas ($p \leq 0.01$) para ambas fuentes de variación.

Cuadro 1. Cuadrados medios y nivel de significancia en la variable de rendimiento.

Fuente de variación	GL	Rendimiento t ha ⁻¹
Fertilización (F)	2	23.002**
Densidades (D)	2	18.004**
F x D	4	1.745
Producción (P)	1	0.554
F x P	2	0.978
D x P	2	0.650
F x D x P	4	1.417
E.E	126	0.744
C.V.		13.097

** = Significativo al 0.01 de probabilidad.

Se observó que a mayor fertilización (120-60-60) se obtuvo mayor rendimiento (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de medias del rendimiento entre las dosis de fertilización.

Dosis de fertilización	Rendimiento t ha ⁻¹
00-00-00	5.9406 c
60-60-60	6.5066 b
120-60-60	7.3179 a
Media	6.5883
Tukey ($\alpha = 0.05$)	0.4177

Medias con letras diferentes dentro de cada columna no son estadísticamente iguales (Tukey 0.05)

Mendoza *et al.* (2006) aplicaron tres dosis de fertilización nitrogenada (00, 100 y 200 kg ha⁻¹) en maíz, y determinaron que la máxima productividad de grano se alcanzó con la dosis de nitrógeno más alta. Por otra parte, Cano *et al.* (2001), encontraron que la fertilización con 184

unidades de nitrógeno aplicada al maíz bajo condiciones de secano, permitió el mayor rendimiento (6.5 t ha⁻¹), en comparación con aplicaciones de 161 y 207 unidades. Se presentó una interacción entre el manejo agronómico y el genotipo, además del efecto del medio ambiente.

La densidad de población también juega un papel importante en el rendimiento, ya que la intercepción de luz está correlacionada con el rendimiento, aunque también hay ciertas variedades o híbridos que soportan altas

densidades. Como se puede apreciar en el Cuadro 3, la densidad de población más alta (60,000 plantas ha⁻¹) obtuvo el mayor rendimiento en comparación con las densidades más bajas.

Cuadro 3. Comparación de medias del rendimiento entre las densidades de población.

Dosis de fertilización	Rendimiento t ha⁻¹
P 40 mil plantas	5.9969 c
P 50 mil plantas	6.5483 b
P 60 mil plantas	7.2199 a
Media	6.5883
Tukey (á 0 0.05)	0.4177

Medias con letras diferentes dentro de cada columna no son estadísticamente iguales (Tukey 0.05)

Algunos estudios indican que el incremento de la densidad de población conduce a una disminución del uso eficiente de la radiación solar (fotosíntesis) (Purcell *et al.*, 2002), el cual puede afectar significativamente la producción y la calidad del grano del maíz.

De la Cruz *et al.* (2009) realizaron un estudio con nueve genotipos de maíz bajo tres densidades de población (44,289 53,200 y 66,500 plantas ha⁻¹), encontraron que el mayor rendimiento 4.25 t ha⁻¹ se presentó con en el mayor número de plantas. Por su parte, Cano *et al.* (2001) trabajaron con genotipos de maíz bajo diferentes densidades de población, los resultados no presentaron diferencias significativas para rendimiento, aunque se encontró el mayor rendimiento (6.29 t ha⁻¹) con 62,500 plantas ha⁻¹, mientras que el menor rendimiento lo presentó la densidad mayor (125,000 plantas ha⁻¹). Widdicombe y Thelen (2002) indican que el mayor rendimiento de maíz se tiene con densidades de 90,000 plantas ha⁻¹, aunque también destacó la interacción densidad por genotipo. Al igual que las dosis de fertilización, no hay un estándar en la densidad óptima para la

producción de maíz, ya que siempre hay efecto del manejo agronómico con el genotipo.

No se encontraron diferencias estadísticas para el rendimiento, debido a la forma de producción, aunque si se obtuvieron diferencias numéricas. Las plantas hembra (desespigadas) tuvieron un mayor rendimiento con 6.65 t ha⁻¹, superando con 1.86 % a las plantas macho. Lo anterior, puede deberse a que la energía destinada al desarrollo de la espiga, se desvió hacia el llenado del grano. Sin embargo, en campo, las dos formas de producción (hembra y macho) se establecieron con las mismas densidades de población y nutrición, esto posiblemente ayudó a tener un comportamiento similar, por ello es que no se observaron diferencias estadísticas.

Macchi *et al.* (2010) manejando la población de maíz denominada JAGUAN mediante el uso de estrategias de fitomejoramiento, encontraron diferencias ($p \leq 0.05$) en la primera generación y ($p \leq 0.01$) en la segunda, para la forma de producción en cuanto a rendimiento. La población macho en las dos generaciones fue superior con 5.53 y 6.30 t ha⁻¹, respectivamente.

Estudio II. Propiedades físicas

Las propiedades físicas de cualquier grano son muy importantes en la transformación de materia prima a productos industrializados, ya que éstas determinan el uso y la calidad que aportan al producto final.

Las propiedades físicas son influenciadas por las condiciones climáticas y el manejo agronómico durante el desarrollo del cultivo, al respecto,

Zepeda *et al.* (2007) mencionan que la nutrición modifica la estructura y composición del grano de maíz. Como se puede apreciar en el Cuadro 4, el análisis de varianza mostró diferencias significativas ($p \leq 0.01$) para el índice de flotación, debido a las dosis de fertilización y forma de producción, mientras que el peso volumétrico solo presentó diferencias ($p \leq 0.05$) entre dosis de fertilización.

Cuadro 4. Cuadrados medios y nivel de significancia en las propiedades físicas.

Fuente de variación	GL	Índice de flotación	Peso volumétrico
			kg hL-1
Fertilización (F)	2	2067.881**	1069.605*
Densidades (D)	2	749.715	134.265
F x D	4	749.423**	810.517*
Producción (P)	1	1736.11**	458.673
F x P	2	540.465*	82.556
D x P	2	67.798	44.828
F x D x P	4	461.465*	490.120
E.E	126	173.750	247.614
C.V.		59.991	1.989

*, ** = Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

El índice de flotación y el peso volumétrico de la interacción entre las dosis de fertilización y densidades de población presentó diferencias $p \leq 0.01$ y $p \leq 0.05$, respectivamente. El índice de flotación para la interacción entre las dosis de fertilización con la forma de producción, mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$), pero el peso volumétrico no. Resultado similar se encontró en la interacción entre fertilización, densidades y forma de producción para la misma variable. El análisis de varianza en general, mostró que la fertilización en el cultivo de maíz influye en la calidad física del grano.

Se observó que entre mayor es el índice de flotación menor es su peso volumétrico. En el Cuadro 5, se puede observar que donde no hay fertilización, se comportó de manera similar con la mayor fertilización (120-60-60), produciendo granos más duros y de mayor tiempo de cocción, sin embargo la fertilización intermedia (60-60-60) presentó la media mayor en granos flotantes (29.33 %) y el peso volumétrico más bajo. En general las dosis de fertilización presentaron granos con dureza dura y con un tiempo de cocción de 40 min.

Cuadro 5. Comparación de medias en las variables de propiedades físicas para dosis de fertilización.

Dosis de fertilización	Índice de flotación	Peso volumétrico kg hL ⁻¹
F 00-00-00	16.729 b	79.528 a
F 60-60-60	29.333 a	78.590 b
F120-60-60	19.854 b	79.148ab
Tukey (á = 0.05)	6.381	7.618

Medias con letras diferentes de cada columna no son estadísticamente iguales (Tukey 0.05)

Zepeda *et al.* (2007) trabajando con diez híbridos de maíz bajo dos dosis de fertilización nitrogenada (150 y 300 kg ha⁻¹) obtuvieron diferencias estadísticas ($p \leq 0.01$) entre las dosis para el índice de flotación, mientras que el peso volumétrico no presentó diferencias. La dosis baja en nitrógeno (150 kg) presentó el mayor índice de flotación (40.10 %), superado con 9.1 % a la dosis mayor (300 kg), además la dosis baja en nitrógeno presentó el mayor peso volumétrico (78.14 kg hL⁻¹), mientras que la dosis alta en nitrógeno obtuvo 78.00 kg hL⁻¹.

La densidad de población no tuvo una influencia sobre las propiedades físicas de la semilla, ya que no se presentaron diferencias estadísticas, pero sí diferencias numéricas. Se observó un mayor índice de flotación (23.33 %) y el mayor peso volumétrico (79.23 kg hL⁻¹) con la densidad mayor (60 mil plantas ha⁻¹).

En lo referente al índice de flotación Balbi *et al.* (2009) trabajando en Argentina, con dos híbridos de maíz flint utilizados para la industria cervecera bajo dos densidades de población (58 y 75 mil plantas ha⁻¹) observaron que el índice de flotación aumentó conforme aumentó la densidad de población. Por su parte, Cirilo (2003) utilizando 75 y 90 mil plantas ha⁻¹ encontró diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) para el índice de flotación

entre las poblaciones, teniendo los valores más elevados con la densidad mayor.

Virgen *et al.* (2010), estudiando siete cruza simples de maíz, progenitoras de híbridos comerciales bajo dos densidades de población (62 y 83 mil plantas ha⁻¹), no encontraron diferencias significativas entre las densidades de siembra para peso volumétrico, siendo la menor densidad la que presentó el mayor peso con 70.08 kg hL⁻¹. Gutiérrez *et al.* (2006) realizaron un estudio con cuatro variedades de maíz, bajo tres densidades de población (53,571 62,500 y 75,000 plantas ha⁻¹), no encontrando diferencias significativas para peso volumétrico, sin embargo la densidad menor presentó el mayor peso con 74.45 kg hL⁻¹.

En la forma de producción, se presentaron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre las plantas designadas como hembra y macho solo para el índice de flotación (Cuadro 6). Los surcos hembra tuvieron un índice de flotación de 25.44 % que corresponde a un grano con dureza dura y con un tiempo de cocción de 40 minutos, siendo superior a los surcos macho con un 27.3 %. En tanto que el comportamiento del peso volumétrico fue inverso al índice de flotación. Posiblemente no se encontraron diferencias significativas, ya que todas las plantas (hembra y macho) son genéticamente iguales y además tuvieron el mismo manejo agronómico.

Cuadro 6. Comparación de medias en las variables de propiedades físicas para la forma de producción.

Forma de producción	Índice de flotación	Peso volumétrico
		kg hL-1
Hembra	25.444 a	78.910
Macho	18.500 b	79.267
Media	21.972	79.089
Tukey	4.347	5.190

Media con letras diferentes dentro de cada columna no son estadísticamente iguales (Tukey 0.05)

CONCLUSIONES

Al incrementar la fertilización (120-60-60) y la densidad de plantas (60 mil plantas ha⁻¹) se obtuvieron los mayores rendimientos de la variedad JAGUAN. El índice de flotación en la variedad JAGUAN fue influenciado principalmente por la fertilización, sin embargo no hubo una tendencia favorable con el incremento de nutrientes. Por su parte, la forma de producción tuvo una tendencia, encontrando mayor número de granos flotantes en los surcos hembra que en los machos. El peso volumétrico fue influenciado únicamente por las dosis de fertilización. De acuerdo a la Norma Mexicana (NMX-FF-034/1-SCFI, 2002), la variedad JAGUAN puede ser destinada para la elaboración de botanas y para la industria harinera, debido a su dureza y a su tiempo de cocción (40 min).

LITERATURA CITADA

- Balbi, C., O., Valentinuz, J., Prause, A. Cirilo. 2009. Resumen del Maíz Colorado Flint: Prácticas de Manejo y Calidad para Industria Cervecera. Comunicaciones científicas y tecnológicas 2009. Facultad de Ciencia Agrarias. Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes, Argentina. CA-024. En línea: <http://www.unne.edu.ar/investigacion/com2009/CA024.pdf>. (20 Marzo 2011).
- Cano, O., O., H. Tosquy, M. Sierra y F. A. Rodríguez. 2001. Fertilización y densidad de población en genotipos de maíz cultivados bajo condiciones de temporal. *Agronomía Mesoamericana* 12(2): 199-203.
- Cirilo, A., G. 2003. El manejo del cultivo y la calidad comercial de maíz colorado duro. Grupo Ecofisiología y Agrometeorología. Departamento de Producción Agrícola y Gestión Ambiental. INTA EEA Pergamino. Actualización Técnica. Maíz, Girasol y Sorgo. Serie Extensión No. 44. pp. 17-23
- De la Cruz, L., E., H. Córdova O., M. A. Estrada B., J. D. Mendoza P., A. Gómez V. y N. P. Brito, M. 2009. Rendimiento de grano de genotipos de maíz sembrados bajo tres densidades de población. *Universidad y Ciencia. Trópico Húmedo*. 25 (1): 93-98.
- Figuroa, C., J. D., S. R. Mauricio, S. Taba, E. Morales, A. Mendoza, M. Gaytán, F. Rincón S., M. L. Reyes and J. J. Véles. 2005. Kernel characteristics and tortilla making quality of maize accessions from Mexico, the Caribbean, and South and Central America. *In: Latin American Maize Germplasm Conservation: Regeneration, in situ Conservation, Core Subsets, and Prebreeding*. S. Taba (ed). Proc. Workshop held at CIMMYT, April 7-10, 2003. México, D.F. CIMMYT. pp. 51-57.
- Financiera Rural. 2009. Monografía del maíz grano. Dirección general adjunta de planeación Estratégica y Análisis Sectorial. En línea: <http://www.financiarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Ma%C3%ADz.pdf>. (Febrero del 2011).
- Gaytán, M., M. 2004. Evaluación y validación de métodos para la clasificación de calidad alimentaria en maíces criollos. Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, Coah., México. 144 p.
- Goodman, M., M. and L. W. Brown. 1988. Races of corn. *In: G F Sprague, J. W. Dudley (eds). Corn and corn improvement*. ASA Monograph 18. ASA, Madison, Wisconsin. pp. 33-79.
- Gutiérrez, R., F., A. Laguna, C., R. Serrato, C. e I. Valencia, B. 2006. Respuesta de cuatro variedades de maíz (*Zea mays* L.) en tres densidades de población y cuatro métodos de labranza. Centro de Investigación y Estudios

- Avanzados en Fitomejoramiento (CIEAF). Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Agrícola, año 33, No. 3: 9-15.
- Macchi, L., G., F. Rincón S., N. A. Ruiz T. y F. Castillo G. 2010. Selección y mantenimiento de poblaciones. Una perspectiva para la conservación *in situ* de la diversidad genética del maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 33 (4): 43 – 47.
- Mendoza, E., M., C. Mosqueda V., J. A. Rangel L., A. López B., S. A. Rodríguez H., L. Latournerie M. y E. Moreno M. 2006. Densidad de población y fertilización nitrogenada en la clorofila, materia seca y rendimiento de maíz normal y QPM. *Agric. Téc. Méx.* 32 (1): 89-99.
- Norma Mexicana para Maíces Destinados al Proceso de Nixtamalización, (NMX-FF-034/1-SCFI-2002). Productos alimenticios no industrializados para consumo humano, cereales-maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizado. Especificaciones y Métodos de prueba. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Dirección General de Normas. México, D. F. 18 p.
- Purcell, I., C., A. Ball R., D. Reaper J. and D. Vories E. 2002. Radiation use efficiency and biomass production in soybean at different plant population densities. *Crop Sci.* 42:172-177.
- SAS Institute. 2004. SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 5121 p.
- SAGARPA-SIAP. 2007. Situación Actual y Perspectivas del Maíz en México 1996-2012. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México. 131 p.
- Turrent, F., A., R. J. Laird, J. I. Cortes F. and A. Barrios A. 2005. Revisiting agroecosystem productivity: II. Validity for adapting technology to maize in Mexico. *Agrociencia* 39: 149-159.
- Virgen, V., J., J. L. Arellano V., I. Rojas M., M. A. Ávila P. y G. F. Gutiérrez H. 2010. Producción de semilla de cruza simples de híbridos de maíz en Tlaxcala, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 33 (4): 107 - 110.
- Widdicombe, W. D. and K. D. Thelen. 2002. Row width and plant density effects on corn grain production in the northern Corn Belt. *Agron. J.* 94:1020-1023.
- Zepeda, B., R., A. Carballo C., A. Muñoz O., J. A. Mejía C., B. Figueroa S. y F. V. González C. 2007. Fertilización nitrogenada y características físicas, estructurales y calidad de nixtamal-tortilla del grano de híbridos de maíz. *Agricultura Técnica en México* 33 (1): 17-24.



Capacidad de Germinación de Semillas y Vigor de Plántulas en Familias de Maíz Poliembriónico y de Alto Contenido de Aceite



Seed Germination Capacity and Seedling Vigor of Seedlings in Polyembryonic Corn Families and High Oil Content

Eneida Mora-Mata¹, María Alejandra Torres-Tapia², Víctor Manuel Zamora-Villa³, José Espinoza-Velásquez⁴,
Federico Facio Parra²

¹Maestría en Tecnología de Granos y Semillas, ²Centro de Capacitación de Tecnología de Granos y Semillas, ³Departamento de Fitomejoramiento, ⁴Instituto Mexicano del Maíz. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Colonia Buenavista, 25315, Saltillo, Coah., México. E-mail: angelillo-ene06@hotmail.com (*Autor responsable).

RESUMEN

La poliembriónía en semillas de maíz, es una característica natural que se puede utilizar en el diseño de estrategias de mejoramiento genético. Además del potencial de rendimiento de grano se puede seleccionar por su valor nutritivo (contenido de aceite y calidad de proteína). El objetivo de este estudio fue comparar 23 genotipos de maíz, con características poliembriónicas y de alto contenido de grasa, y dos variedades comerciales en condiciones de laboratorio. Las variables evaluadas fueron: a) capacidad de germinación: plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA), semillas sin germinar (SSG), porcentaje de poliembriónía (PE) y b) vigor: longitud media de plúmula (LMP), longitud media de radícula (LMR) y peso seco (PS). Todas las variables se evaluaron después de someter la semilla a un envejecimiento acelerado (EA). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones por genotipo. La prueba de comparación de medias se realizó con DMS y los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS versión 9.0. Los genotipos 1, 2, 8, 9, 22, 23 y 25 presentaron el 100 % de PN en su capacidad de germinación, mientras que los genotipos 11, 12 y 22 mostraron un vigor de 100 %. Los genotipos 19 y 6 presentaron la menor cantidad de PA, mientras que los genotipos 1, 3, 5, 6 y 16, mostraron el menor número de SSG; en la misma prueba de vigor, el genotipo 7 mostró un PE del 54.7 %. El genotipo 19 alcanzó la mayor LMP (15.1 cm); la mayor LMR se observó en los genotipos 10, 7 y 23 con 18.3, 19.32 y 19.7 cm, respectivamente. Los

ABSTRACT

Polyembryony in maize, is a natural feature that can be used in the design of breeding strategies, as well as grain yield potential can be selected for its nutritional value (oil content and protein quality). The aim of this study was to compare 23 genotypes of maize, with polyembryonic characteristics and high fat content and two commercial varieties, under laboratory conditions. The variables evaluated were: a) germinate capacity: normal seedlings (NS), abnormal seedlings (AS) ungerminated seeds (UGS), percentage of polyembryony (PE) and b) vigor: average length of plumule (ALP), average length radicle (ALR) and dry weight (DW). All variables were evaluated after subjecting the seeds to accelerated aging (AA). A completely randomized design with three replicates per genotype was used. The mean comparison test was performed with DMS and the data were analyzed with the SAS statistical package version 9.0. The genotypes 1, 2, 8, 9, 22, 23 and 25 showed 100 % of NP in their germinate capacity, whereas the genotypes 11, 12 and 22 showed a vigor of 100 %. Genotypes 19 and 6 had the lowest amount of AP, while the genotypes 1, 3, 5, 6 and 16, showed the least number of UGS; in the same test vigor, the genotype 7 reached a percentage of PE of 54.7 %. The genotype 19 reached the highest ALP (15.1 cm), and the highest ALR was observed in genotypes 23, 7 and 10, with 19.7, 19.32 and

Recibido: Abril, 2011.

Aceptado: Octubre, 2012

genotipos 8 y 21 acumularon el mayor peso seco, con 141.3 y 199.9 mg por plántula, presentando mayor calidad. Se concluye que los genotipos 3, 6, 9, 11, 12, 13 y 22 presentan la mayor calidad de germinación y los genotipos 4, 5, 10, 14 y 17 el mayor porcentaje de PE antes y después del EA. Los genotipos 7 y 9 mostraron mayor calidad fisiológica después del EA.

Palabras clave: *Zea mays*, calidad fisiológica de semilla, poliembriónía

INTRODUCCIÓN

La producción de granos básicos constituye una parte esencial de la agricultura en México, donde el maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo de mayor importancia económica y social, debido a que forma parte de la dieta de la mayoría de los mexicanos (Reyes, 1990). El maíz es una de las plantas domesticadas más importantes; su origen y evolución han sido un misterio, pues en la actualidad es un cultivo altamente evolucionado, sin que se conozcan sus formas intermedias (Austrias, 2004).

En México, el maíz se utiliza principalmente como alimento, ya sea de uso pecuario o humano. Sin embargo, en los últimos años se ha incrementado su aplicación en procesos industriales, lo que ha generado la necesidad de contar con maíces especializados, de acuerdo al uso que se pretenda; lo que obliga a los mejoradores a trabajar para satisfacer nichos de mercado cada vez más especializados.

Con los maíces especializados se provee a la población de un alimento enriquecido con grasa, proteínas e incluso vitaminas, que puede ayudar a combatir la desnutrición humana presente en países en vías de desarrollo. Una de las mejores alternativas para dar mayor utilidad a este cereal, es mejorar su calidad de grano (Lamkey y Lee, 2006).

El principal componente del grano de maíz es el almidón (que es la forma en que los cereales almacenan energía) con un contenido de hasta el 72 ó 73 % del peso del grano. Con respecto a la cantidad total de almidón en la semilla, el endospermo aporta en promedio 87 %; además,

18.3 cm, respectively. The genotypes 8 and 21 had the highest dry weight, with 199.9 and 141.3 mg per seedling, with superior quality. In conclusion, the genotype 3, 6, 9, 11, 12, 13 and 22 have the highest germination quality and genotypes 4, 5, 10, 14 and 17 the highest percentage of PE before and after the AA. The genotypes 7 and 9 showed more physiological quality after AA.

Key words: *Zea mays*, seed physiological quality, polyembryony

contiene diversos tipos de proteínas: albúminas, globulinas, prolaminas, y gluteínas, así como cantidades menores de aceites, cenizas y azúcares (FAO, 1993).

Por orden de importancia, después del almidón, las proteínas constituyen el siguiente componente químico del grano. En las variedades comunes, el contenido de proteínas puede oscilar entre el 8 y el 11 % del peso del grano, y en su mayor parte se encuentran en el endospermo.

La proteína de maíz, es de bajo valor nutricional cuando se compara con la proteína de origen animal. Esta deficiencia es el resultado de un desbalance de aminoácidos y de un bajo contenido proteico (Azevedo *et al.*, 2006). En el maíz, la mayor cantidad de proteína se encuentra en el endospermo (75 a 85 %), y es deficiente en dos aminoácidos esenciales: lisina y triptófano (Huang *et al.*, 2004).

El aceite de embrión tiene 2.5 veces más energía por unidad de peso que el almidón del endospermo, con base en peso seco, por lo que al incrementar el contenido de aceite se incrementa la eficiencia energética del grano oleico (Watson y Freeman, 1975).

Se han estudiado ampliamente las características físicas, químicas, evolutivas y moleculares del maíz, y, mediante selección recurrente, se han desarrollado nuevas líneas de poblaciones con diferentes características, una de las cuales ha sido a favor de la poliembriónía (Espinoza *et al.*, 1998).

Los programas de mejoramiento genético dirigen la selección hacia los individuos cuyos genes expresen idealmente alguna característica de interés. La condición gemelar o de poliembriónía (PE) en semillas de maíz es una característica natural que

puede utilizarse como vía alterna en el diseño de estrategias genotécnicas, pues además del potencial de rendimiento de grano se puede seleccionar por su valor nutritivo, *i. e.*, cantidad de aceite y calidad de proteína (Espinoza *et al.*, 1998).

La poliembrionía en maíz es un fenómeno poco estudiado, es la capacidad de la semilla para generar de dos y hasta siete plantas por semilla, donde esta característica puede ser utilizada en los aspectos de rendimiento, valor nutritivo de la semilla y/o grano, su calidad en aminoácidos, aceites, su capacidad de germinación mediante pruebas de laboratorio.

Por ello, el objetivo de este estudio fue comparar la calidad fisiológica de semillas en genotipos de maíz con características de poliembrionía, alto contenido de aceite con materiales comerciales mediante pruebas de germinación y vigor, bajo la hipótesis de que al menos uno de los genotipos obtendrá una mayor calidad fisiológica en su capacidad de germinación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Genotipos de maíz

Se evaluaron 25 genotipos de maíz no convencionales con diferentes porcentajes de poliembrionía (PE) y contenido de aceite en su germoplasma, identificados los materiales de la siguiente manera: 1=G; 2=GG; 3=GGG; 4=ExG; 5=DxG; 6=ExEG; 7=DxDG; 8=ExDG; 9=DxEG; 10=D; 11=F; 12=FF; 13=FFF; 14=ExF; 15=DxF; 16=DxEF; 17=DxDF; 18=ExDF; 19=ExEF; 20=E; 21=C; 22=CxE; 23=ExC; 24=AN-447 y 25=VAN-210, los testigos fueron dos materiales convencionales: el híbrido comercial AN-447 y la variedad VAN-210, los cuales fueron producidos y cosechados en el ciclo PV-2008 en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en la localidad de Buenavista, Saltillo, Coah., México.

Origen de los genotipos

Las familias resultaron del cruzamiento entre D y E, directa y recíproca ($D \times E = F$ y $E \times D = G$) las filiales de cada una de ellas (F_2 y F_3) y un sistema de retrocruzamiento (RC_1 y RC_2) hacia ambos progenitores en forma directa y recíproca que permitió generar dosis de germoplasma que combinan PE y alto contenido de aceite (AA) con distancias de 12.5 %, en el rango de 0 a 100 % de germoplasma PE.

Calidad fisiológica

Se evaluó la calidad fisiológica para cada uno de los materiales, mediante la capacidad de germinación y el vigor; conforme a las reglas internacionales de la ISTA (2009). Para ello se colocaron 25 semillas sobre papel germinador previamente humedecido, se cubrieron con otro igual y se formaron rollos de papel. Se prepararon tres repeticiones por cada material, se llevaron a una cámara germinadora marca Biotronette Mark II de alta capacidad a una temperatura de 25 ± 1 °C, con 8 h de luz (lux 15) y 16 h de oscuridad durante 7 d.

Variables evaluadas

Al final del periodo se evaluaron las variables: plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA), semillas sin germinar (SSG) y porcentaje de poliembrionía (PE), conforme a AOSA (1992). Se determinó el vigor mediante la evaluación de plántula y un estrés con envejecimiento acelerado (EA), donde en la primera se realizó con: longitud media de plúmula (LMP) descrito por Perry (1987), y longitud media de radícula (LMR); así como la tasa de crecimiento de plántula (Peso seco, PS), donde se consideraron de las PN resultantes la capacidad de germinación, donde en LMP y LMR se midió su longitud, utilizando una cinta métrica,

expresando los resultados en centímetros; mientras que para PS, la raíz y plúmula de cada plántula de cada rollo, se colocaron en bolsas de papel perforadas, y se llevaron a una estufa a 75 ± 1 °C durante 24 h.

El peso seco se calculó en mg por plántula, mientras que la prueba de envejecimiento acelerado se efectuó de acuerdo a la AOSA (1992); se evaluaron 75 semillas por material, se sometieron a una temperatura de 42 ± 0.5 °C por 96 h en una cámara de envejecimiento acelerado con una humedad relativa de 90 %; las semillas envejecidas se evaluaron mediante la prueba de capacidad de germinación y vigor anteriormente descritas. Se utilizaron tres repeticiones de 25 semillas por material y se realizó un conteo final a los 7 d, determinando PN, PA, SSG y PE, el vigor se determinó con la evaluación de plántulas

normales resultantes del EA mediante LMP, LMR y PS.

Se utilizó un diseño completamente al azar con 25 tratamientos y tres repeticiones por material y se realizó una prueba de comparación de medias de las diferentes variables, utilizando la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) a 0.5 de probabilidad. Los resultados se analizaron con el paquete SAS versión 9.0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Germinación

El análisis de varianza mostró que en la prueba de capacidad de germinación para PN y PA existieron diferencias ($p \leq 0.01$) entre los genotipos estudiados.

Cuadro 1. Comparación de medias para las variables evaluadas a familias de maíz con diferentes porcentajes de germoplasma de poliembrionía y materiales comerciales (Abril, 2009).

Identificación	Genotipos	PN	PA	SSG	PE
1	G	100 a	0.0 d	0.0 c	0.0 c
2	GG	100 a	0.0 d	0.0 c	0.0 c
3	GGG	97.3 a	2.7 d	0.0 c	0.0 c
4	EXG	97.3 a	0.0 d	2.7 abc	10.7 abc
5	DXG	94.7 a	0.0 d	5.3 a	21.3 a
6	EXEG	94.7 a	4.0 d	1.3 bc	5.3bc
7	DXDG	90.7 ab	9.3bcd	0.0 c	0.0 c
8	EXDG	100 a	0.0 d	0.0 c	0.0 c
9	DXEG	100 a	0.0 d	0.0 c	0.0 c
10	D	62.7d	33.3 a	4.0 ab	16.0 ab
11	F	94.7 a	4.0 d	1.3 bc	5.3 bc
12	FF	94.7 a	5.3 d	0.0 c	0.0 c
13	FFF	97.3 a	2.7 d	0.0 c	0.0 c
14	EXF	86.7 abc	10.7 bcd	2.7 abc	10.7 abc
15	DXF	78.7 cb	20.0 abc	1.3 bc	5.3bc
16	DXEF	90.7 ab	8.0 cd	1.3 bc	5.3 bc
17	DXDF	76.0 cd	22.7 ab	1.3 bc	5.3 bc
18	EXDF	98.7 a	1.3 d	0.0 c	0.0 c
19	EXEF	98.7 a	1.3 d	0.0 c	0.0 c
20	E	96.0 a	4.0 d	0.0 c	0.0 c
21	C	98.7 a	1.3 d	0.0 c	0.0 c
22	CXE	100 a	0.0 d	0.0 c	0.0 c
23	EXC	100 a	0.0 d	0.0 c	0.0 c
24	AN-447	88.0 abc	8.0 cd	4.0 ab	0.0 c
25	VAN-210	100 a	0.0 d	0.0 c	0.0 c

PN=Plántulas Normales, PA=Plántulas Anormales, SSG=Semillas Sin Germinar, PE=Poliembrionía

La comparación de medias para PN, mostró la diferencia generada entre los genotipos en todos los materiales. Se consideró que los genotipos con mayor calidad fisiológica fueron aquellos que mostraron del 86.7 al 100 % de PN, esto debido a que son las cruces de los genotipos 1 y 11 (genotipos braquítica de alta poliembrionía y el tuxpeño de alto contenido de aceite). La combinación de estos presentó mayor cantidad de PN, con excepción de 10, 15 y 17, quienes presentaron del 62.7 al 78.7 % de PN, valores que no cumplen con la norma establecida para su comercialización. El porcentaje de germinación mínimo es del 85 %, la baja calidad fisiológica de estos materiales se debe a diversos factores como: herencia, origen de la semilla, las condiciones durante el crecimiento, así como las condiciones post-maduración y pre-cosecha, cosecha o posiblemente las condiciones de almacenamiento, como lo menciona Besnier (1989).

El mayor porcentaje de PA, se observó en los genotipos 10, 17 y 15; confirmando que son materiales de baja calidad fisiológica por tener porcentajes elevados de anomalías (20 a 30 %), mientras que el resto de los genotipos se consideraron de alta calidad fisiológica, destacando a los genotipos 1, 2, 8, 9, 22, 23 y 25 que no presentaron PA.

Los genotipos 4, 5, 10, 14 y 24 tuvieron el mayor número de SSG (5.3 a 2.7 %), mientras que los genotipos 6, 11, 15, 16 y 17 obtuvieron solo un 1.3 %, aunque esto no afectan en gran manera a la calidad de la semilla, se debe considerar que posiblemente se deba a que en algunas de sus etapas generativas pudo haber sido dañada (Thomson, 1979).

El resto de los genotipos no presentaron SSG, evaluando los de alta calidad fisiológica; posiblemente otra de las razones que expliquen estos resultados en las variables (PA y SSG) se deba a las condiciones climáticas en las que se produjo la semilla, ya que pueden afectar directamente a la semilla, presentando porcentajes de SSG, ya que se considera que puede existir daño de la semilla en el campo, por demora de la cosecha, efecto de heladas

en lotes de madurez tardía y otros factores que en su mayoría se deben a las condiciones ambientales; tales como nubosidad, niebla, lluvia persistente, temperatura, todos los elementos de difícil control.

Los genotipos 4, 5, 10 y 14 obtuvieron una PE de 21.3 a 10.7 %, y se comportaron como se esperaba, ya que provienen de materiales con características poliembriónicas, conteniendo del 25 al 75 % de su germoplasma poliembriónico; a diferencia de la población braquítica de alta poliembrionía (10), de la cual se esperaba una tendencia más alta; sin embargo solo obtuvo un 16 % de PE. Por otra parte, los genotipos 6, 11, 15, 16 y 17 presentaron poca PE (5.3 %).

Los genotipos 17, 16, 15 y 11 mostraron PE del 87.5, 62.5, 75 y 50 % respectivamente, por lo que se esperaban resultados similares a los del primer grupo; sin embargo en la prueba de capacidad de germinación resultaron con poca PE, tal vez influidas por la combinación de cruzamientos para llegar a la dosis de germoplasma PE.

Pruebas de Vigor

La LMR y el PS mostraron diferencias ($p \leq 0.01$), y la LMP diferencias ($p \leq 0.05$); indicando que los genotipos tuvieron respuestas diferentes en vigor.

Longitud media de plúmula. Los genotipos 1, 7, 11, 12, 13, 14, 16, 18, 19 y 20 alcanzaron una LMP de 11 a 12 cm, lo que se considera de alto vigor, ya que de acuerdo con Perry (1987), el vigor más alto, está dado por una LMP de 13 cm; sin embargo los materiales híbridos pudieron rebasar este valor. Los genotipos 21 y 8 fueron los que presentaron menor LMP con 8.2 cm y 7.6 cm, respectivamente; por lo que fueron los de menor calidad en esta variable.

Longitud media de radícula. Los genotipos 3, 4, 5, 13 y 23 mostraron la mayor LMR (18.1 a 20.4 cm); y los genotipos 17, 10 y 7 la menor LMR con 14.9, 14.5 y 13.9 cm, respectivamente.

Peso seco. Los genotipos 1, 3, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 17, 20, 23, 24 y 25 alcanzaron el mayor PS

con 108.02 a 137.7 mg por plántula, algunos genotipos mostraron mayor peso seco debido a que tienen cierta poliembrionía, llegando a mostrar doble o triple plúmula. Los materiales con menor PS fueron los genotipos 6 y 13 con 86.14 y 69.9 mg por plántula, respectivamente.

Envejecimiento Acelerado

Los resultados del análisis de varianza mostraron que todas las variables tuvieron diferencias altamente significativas, indicando que la respuesta entre los materiales estudiados fue diferente en cada uno de ellos.

Los genotipos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 22, 23, 24, y 25 obtuvieron la mayor cantidad de PN (100 al 82.7 %), estos genotipos fueron los mismos que obtuvieron alto porcentaje de germinación en la prueba anterior al envejecimiento, confirmando que fueron los de mayor calidad fisiológica, coincidiendo con Perreti (1994), quien menciona que la calidad está dada por el alto número de plántulas normales en una prueba tanto de germinación como de vigor. Los genotipos 18 y 21 mostraron la menor cantidad de PN (70.7 % y 52 %).

Los genotipos 10, 18, 20 y 21 presentaron la mayor cantidad de PA (13.3 a 44 %), lo cual indica que al ser sometidos a estrés por el ambiente, se afecta su calidad. Ramírez (2010), menciona la posibilidad de que se necesiten más días para su desarrollo. Esto se observó con frecuencia en los genotipos PE que requirieron de dos a cuatro días más para germinar que las semillas no-PE.

Los genotipos que contienen tanto poliembrionía como altos contenidos de aceite, disminuyen su germinación al ser sometidos a un estrés de EA, ya que presentan mayor número de PA, posiblemente esto se deba, a que el metabolismo de la semilla se ve afectado por la elevada temperatura (42 °C) y por el tiempo de exposición de la prueba, presentando desnaturalización de proteínas en el caso de los genotipos poliembriónicos y oxidación de los aceites en el maíz Tuxpeño, lo que provoca el aumento de anomalías, a diferencia de los

genotipos 16 y 24, quienes en ambas pruebas (germinación y envejecimiento acelerado) presentaron la misma tendencia.

Los genotipos 2, 7, 15, 17, 18, 19, 20 y 21 presentaron el mayor porcentaje de SSG (4 a 9.3 %), indicando su baja calidad. Serrano (2009) menciona que hay un efecto negativo de las condiciones climáticas, aunado a las características hereditarias de los genotipos, los mejores materiales fueron: 1, 3, 4, 5, 9, 10, 14, 16, 23, 24, y 25 quienes mostraron de 1.3 a 2.7 % de SSG en EA teniendo alto vigor. Sobresalieron los genotipos 5, 14, 10, 16, y 24, por comportarse de forma similar tanto en la germinación como en la prueba de estrés; de esta forma se puede decir que el genotipo 10 mostró baja calidad en germinación y otras variables, pero mantuvo buena calidad fisiológica expresada en SSG.

Los genotipos 7, 5 y 9 mostraron la mayor PE con 54.7, 33.3 y 29.3 % respectivamente, estos valores fueron mayores a los que presentaron en la prueba de germinación normal. El maíz braquítico de alta PE (genotipo 10) mostró el 22.7 %, los genotipos 2, 3 y 17 presentaron del 13.3 a 17.3 %, cabe mencionar, que éstos en germinación inicial no presentaron PE, el resto de los genotipos presentaron bajos porcentajes de PE.

El análisis de varianza para LMP en EA y LMR en EA, mostró que para ambas variables se encontraron diferencias ($p \leq 0.05$); y para PS en EA, diferencias ($p \leq 0.01$), demostrando que los genotipos tuvieron una respuesta de vigor diferente.

El genotipo 19 presentó la mayor LMP (15.1 cm) en EA, con gran diferencia con el resto de los genotipos, el estrés al cual fue expuesto no afectó su vigor. El resto de los genotipos se comportaron estadísticamente igual entre sí, con valores entre 9.9 y 11.9 cm.

Los materiales 1, 7, 10, 23, y 25 mostraron la mayor LMR en EA con 17.6 a 19.7 cm. Los genotipos 2 y 8 presentaron la menor LMR con 13.5 y 13.3 cm cada uno, después de ser sometidos a un EA.

El genotipo normal de alta poliembrionía (21) presentó el PS más alto en EA con 199.9 mg por plántula, sobresaliendo del resto del grupo, le siguieron los genotipos 2, 3, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 16,

17, 18, 22 y 24, con 101.2 a 141.3 mg por plántula. Se observó que las cruzas que contienen germoplasma de poliembrionía hacen que sus dos a más plúmulas generen mayor materia seca. El genotipo 24 destacó por ser un híbrido que compite en rendimiento, lo que se reflejó en el peso seco; los genotipos 13 y 15 mostraron bajo peso (82.7 y 87.5 mg por plántula) por lo que se consideraron de baja calidad.

CONCLUSIONES

Los genotipos de maíz presentan diferentes porcentajes de poliembrionía y alto contenido de aceite. En la prueba de capacidad de germinación los genotipos 3, 6, 9, 11, 12, 13 y 22 muestran la más alta calidad fisiológica antes y después del envejecimiento acelerado; sobresale el genotipo 22 con mayor porcentaje de plántulas normales y por no presentar plantas anormales, ni semillas sin germinar. Los materiales con alto porcentaje de poliembrionía son los mejores debido a que presentan más de una plúmula, dando como resultado un alto peso seco. La prueba de envejecimiento acelerado afecta seriamente a los genotipos que contienen alto porcentaje de poliembrionía y altos contenidos de aceite, lo que afecta la germinación al presentar mayor número de plántulas anormales, por lo que es probable que requieran más días para su desarrollo. La longitud media de plúmula, longitud media de radícula y número de semilla sin germinar antes y después del envejecimiento no se vieron afectados drásticamente. Los genotipos 4, 5, 10, 14 y 17 presentan mayor poliembrionía en la capacidad de germinación antes y después de un envejecimiento. Los genotipos 7 y 9 presentan el más alto porcentaje en la prueba de envejecimiento acelerado, conservan sus características genéticas y no son afectados al ser sometidos a estrés.

LITERATURA CITADA

- Association of Official Seed Analysts (AOSA). 1992. Seed Vigour Testing Handbook. Contribution No. 32 to the Handbook of Seed Testing. USA. 6: 1-126.
- Austrias, M.A. 2004. Maíz de Alimento Sagrado a Negocio del Hombre. Ed. Acción ecológica. Quito Ecuador. 111 p.
- Azevedo, R.A., Lancien, M., Lea P.J. 2006. The aspartic acid metabolic pathway, an exciting and essential pathway in plants. *Amino Acids* 30: 143-162.
- Besnier, F.R. 1989. Semillas: Biología y Tecnología (2a ed.) Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 637 p.
- Espinoza V., J., Vega S., M.C. Navarro, E., Burciaga, G.A. 1998. Poliembrionía en maíces de porte normal y enano. *Agron. Mesoam.* 9(2): 83-88.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 1993. Informes de Organizaciones Internacionales sobre sus Políticas, Programas y Actividades en Relación con la Diversidad Biológica Agrícola. Parte II: Centros Internacionales de Investigación Agrícola del Grupo Consultivo sobre Investigación Agrícola Internacional. México. p 13. FAO: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/014/aj556s.pdf>
- Huang, S., Whitney, R.A., Zhou, Q., Kathleen, P.M., Dale, A.V., Jan, A., Alan, L.K., Luethy, M.H. 2004. Contenido de lisina y triptófano en genotipos de maíz de alta calidad proteica y normal. *Universidad y Ciencia* 22(2): 153-161.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2009. International Rules for Seed Testing. *Seed Sci. Technol.* 13(2): 322.
- Lamkey, K.R. and Lee, M. 2006. Plant Breeding: The Arnel R. Hallauer International Symposium. 1ra ed. Ed. Blackwell Publishing. Australia. pp. 18, 19, 335-337.
- Perretti, A. 1994. Manual para el Análisis de Semillas. INTA. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 281 p.
- Perry, D.A. 1987. Introduction; Methodology and Application of Vigour tests; Seedling Growth and Seedling Evaluation Tests; Topographical Tetrazolium Tests. The International Seed Testing Association. Handbook of Vigour Tests Methods. 2a ed., Fiala, ISTA, Zürich, Switzerland. 72 p.
- Ramírez M., L.E. 2010. Calidad de semilla en cereales producidos bajo tres densidades de siembra. Tesis, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo. Coah., México pp 43,54.
- Reyes, C.P. 1990. El Maíz y su Cultivo. 1a ed. AGT Editor. México. 640 pp.
- Serrano, P.B. 2009. Calidad fisiológica de semilla en líneas endogámicas recombinantes de sorgo (*Sorghum bicolor* L.). Tesis, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. pp. 34, 39, 44.
- Thomson, J.R. 1979. An Introduction to Seed Technology. Thomson Litho Ltd. Great Britain. p. 1-15.
- Watson, S.A., J.E. Freeman. 1975. Breeding corn for increased oil corn tent. *In: Proc. 30th Annual Corn and Sorghum Res. Conf. Chicago, IL. 4-5 Dec. 2005.* H.D. Lodem, D. Wilkinson (Eds.). Am. Seed Trade Assoc., Washington, DC. USA. 30: 251-275.

Comparación de los Métodos de Condición y Salud del Pastizal



Comparison of Methods of Condition and Rangeland Health

Rolando Hernández Arguello^{1*}, Ricardo Vásquez Aldape¹, Ramiro López Trujillo²

¹Departamento de Recursos Naturales Renovables, ²Departamento de Nutrición y Alimentos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Colonia Buenavista, 25315, Saltillo, Coah., México. E-mail: rola_hernandez@hotmail.com (*Autor responsable).

RESUMEN

Se comparó el sustento teórico de los métodos de condición y salud de pastizal para establecer sus diferencias, y se realizaron evaluaciones de campo para validar la eficiencia comparativa de los mismos. Se aplicó el método para evaluar condición de pastizal propuesto por Dyksterhuis, utilizado como método tradicional por COTECOCA y el método para la evaluación de la salud del pastizal propuesto actualmente. La parte práctica del presente trabajo se realizó en el Rancho Demostrativo Los Ángeles, ubicado a 48 km al sur de la ciudad de Saltillo, Coah., México. Mediante la revisión bibliográfica se encontró; que el método para determinar la condición del pastizal, utiliza la terminología de sucesión y clímax, teoría presentada por Clements, y la teoría del equilibrio. El método de salud de pastizal se enfoca a evaluaciones cualitativas y muy poco cuantitativas; se sustenta mediante la terminología estados discretos, transiciones, múltiples estados estables, umbrales ecológicos, y la teoría del no equilibrio: por lo tanto en la validación práctica se observó que los indicadores propuestos en este método para determinar la salud del pastizal son muy subjetivos y poco claros en sus descripciones. Se llegó a establecer que el método para determinar condición sigue siendo un método cuantitativo que permite detectar cambios en los componentes del sitio (vegetación y suelo, principalmente) con mayor precisión dentro de observaciones efectuadas en el corto plazo (entre estaciones del año), en el mediano plazo (de año a año) y en el largo plazo (entre ciclos de lluvia). Por otro lado, el concepto de condición, se admite como un concepto en pleno funcionamiento probado y de amplia aceptación para evaluar el estado en que se encuentran desarrollándose los procesos básicos del ecosistema pastizal.

Palabras clave: condición, salud, comparación, vegetación, teoría.

Recibido: Mayo, 2011.

Aceptado: Octubre, 2012

ABSTRACT

We compared the theoretical methods of rangeland health condition to establish their differences and field evaluations to validate the comparative efficiency of them. The method for evaluating range condition proposed by Dyksterhuis used as COTECOCA traditional method and the method for assessing rangeland health currently proposed. The practical part of this work was done in the Demonstration Rancho Los Angeles, located 48 km south of the city of Saltillo, Coah., Mexico. According to the literature reviewed, it was found that the method for determining range condition uses the terminology of succession and climax theory presented by Clements and equilibrium theory. The rangeland health approach focuses on qualitative assessments and very little on quantitative ones; terminology is supported by discrete states, transitions, multiple stable states, ecological thresholds, and the theory of non-equilibrium: thus in practice validation it was noted that the indicators proposed in this method to determine rangeland health are very subjective and vague in their descriptions. It was established that the method for determining condition remains a quantitative method to detect changes in the components of the site (vegetation and soil, mainly) with higher precision in observations made in the short term (between seasons) in the medium term (from year to year) and long term (between cycles of rain). On the other hand, the concept of status is recognized as a fully operational concept tested and widely accepted for assessing the state in which they are developing the basic processes of rangeland ecosystem.

Keywords: condition, health, comparison, vegetation, theory.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales del mundo resultan de vital importancia por su gran extensión y porque son el hábitat y la principal fuente de alimento para el ganado y la fauna silvestre, de tal manera que se convierten en el cimiento de la producción de carne (Stoddart *et al.*, 1975; Holechek *et al.*, 1989; Cantú, 1984). Se estima que dichos animales cubren la mayoría de sus requerimientos alimenticios a través del proceso de herbivoría (Holechek *et al.*, 1989). La creciente demanda de productos pecuarios ha propiciado el consecuente incremento en el número de animales por unidad de área, lo que ha provocado una intensificación en el uso de los pastizales. Lo anterior, ha conducido muy frecuentemente a exceder la capacidad de carga, entendida esta como “el número máximo de animales que se puede sostener en un área dada por un tiempo específico, sin inducir una tendencia decreciente en la estabilidad del suelo, en la producción y calidad de forraje” (Stoddart *et al.*, 1975; Holechek *et al.*, 1989; Scarnecchia, 1990).

Para prevenir o corregir tales impactos, se han implementado métodos de evaluación para determinar el grado y dirección de los cambios que resultan en el suelo y las plantas de pastizal, derivados de tratamientos o programas de manejo específicos. Desde el año 1949 hasta la fecha, se ha aplicado el método de condición del pastizal (Sampson, 1919; Dyksterhuis, 1949, 1958) para determinar los efectos del apacentamiento en la composición botánica del pastizal. Algunos autores admiten a la condición y a la salud del pastizal como conceptos equivalentes. Entre estos se pueden citar algunos como Aguirre y Huss (1987), COTECOCA (1970) y Gastó (1993).

Por lo anterior, el método para determinar la condición del pastizal se considera, en el presente trabajo, como el método tradicional aplicado tanto en investigación como a nivel de manejo. Sin embargo, recientemente se ha desarrollado un nuevo método de evaluación denominado salud de pastizal, cuyos proponentes consideran debe suplir al método de condición, ya que señalan deficiencias y falta de confiabilidad (NRC, 1994; Pellant *et al.*,

2000; Pellant *et al.*, 2005). Donde la NRC (1994); Pyke *et al.* (2002); y Pellant *et al.* (2005) definen salud del pastizal como el grado con el cual la integridad del suelo, vegetación, agua y aire, así como los procesos ecológicos del ecosistema pastizal, son equilibrados y sostenidos (NRC, 1994).

A pesar de contar con descripciones detalladas de los métodos antes señalados, así como de resultados pertinentes a cada método (West *et al.*, 1994; Friedel *et al.*, 2000; NRC, 1994; Briske *et al.*, 2005), no se han realizado comparaciones de los marcos de referencia teóricos, ni se han realizado comparaciones formales de aplicación de los mismos. En consecuencia, se requieren elaboraciones teóricas, investigaciones documentales que permitan revisar los planteamientos teóricos efectuados. Para los fines anteriores, se han establecido los siguientes objetivos: mediante investigación documental, hacer una comparación de los fundamentos de los métodos para determinar condición y salud de pastizal; validar la eficiencia práctica de cada método en cuanto al grado de precisión, rapidez y uso de recursos para determinar salud y condición de pastizal. La hipótesis es que en la comparación teórica, el método para determinar salud de pastizal no es más válido que el método de condición.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el Rancho de Demostración Los Ángeles, ubicado a 48 km al sur de la ciudad de Saltillo a 34 km sobre la carretera Saltillo-Zacatecas. Las coordenadas geográficas entre las que se encuentra el rancho son 25° 04' 12" N y 100° 58' 07" O; la altitud varía de 2100 m, teniendo una superficie total de 6, 184 ha. Divididas en 20 potreros.

Método de condición del pastizal

Se efectuó definiendo el área donde se situó la evaluación. Se realizó un muestreo de 10 transectos a pasos dobles de 100 m en cuadros de

40x10x40x10 y 10 cortes de producción de forraje separándolas en deseables, menos deseables e indeseables, se realizó el listado de la vegetación presente en el lugar (composición botánica), clasificación de las especies de plantas presentes en el pastizal, determinación de la erosión de suelo, y determinando el porcentaje de vegetación clímax presente en cada sitio. Para la evaluación de las variables seleccionadas según COTECOCA (1967), Stoddart y Smith (1955), se utilizaron los métodos siguientes: transecto a pasos modificado y corte en parcela para estimar producción de forraje.

La estimación de la producción de forraje en materia seca se utilizó el método de corte (Van Dyne *et al.*, 1966), consiste en hacer un círculo de 56 cm de diámetro, cortando con tijeras metálicas el forraje que cae dentro del círculo. Las muestras obtenidas se deshidrataron en una estufa de aire forzado, a una temperatura de 60 °C durante tres días, y luego se pesaron en una báscula electrónica para determinar el peso del forraje en base a materia seca. La carga animal se determinó de acuerdo al promedio de producción de forraje por hectárea por año, en este caso se utilizó el de 50 %.

Método de salud del pastizal

Se realizó la identificación del área de muestreo, verificación del suelo y la identificación del sitio ecológico, se hizo mediante una visita del área en estudio.

Se evaluaron tres atributos del ecosistema suelo, estabilidad del sitio, función hidrológica e integridad biótica, utilizando 17 indicadores. Con el fin de disponer de un método para localizar aleatoriamente sobre el terreno los puntos donde se llenarían las hojas de campo para determinar la salud del sitio, se aplicó el método conocido como transecto a pasos modificado. Pellant *et al.* (2000) y Pellant *et al.* (2005) no señalan nada respecto a esta práctica. Dicho método es planteado para algunas regiones ecológicas de México por González y Johnson (1967).

Se aplicó dicho transecto como parte de los métodos para determinar la salud del sitio del pastizal. Para determinar la salud del pastizal se

evaluó la cobertura herbácea, la cobertura de arbustos y la cobertura arbórea, así como la materia orgánica observada sobre la superficie del suelo y la proporción de suelo desnudo, arena, grava y piedra presente en el estrato herbáceo de cada uno de los sitios. Se utilizó la línea definida por cada transecto para realizar un recorrido al final del cual se tomaron los datos en forma cualitativa con respecto a los 17 indicadores.

Asimismo, a lo largo de la línea definida por cada transecto se realizó la toma de muestras de suelo para determinar en laboratorio la estabilidad del mismo. A lo largo de cada uno de los 10 transectos de 100 pasos dobles, se tomaron 18 unidades-muestra de suelo por cada transecto, acumulando un total de 180 unidades-muestra de suelo para cada sitio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos tanto de los muestreos de vegetación como de suelo se presentan, con referencia a condición del pastizal, en primer lugar, y en segundo lugar, para salud del pastizal, de la manera siguiente:

Condición del pastizal

Los datos referentes a la cobertura vegetal, producción de forraje y los atributos del suelo evaluados por medio de la aplicación del transecto a pasos modificado en los sitios localizados en el pastizal mediano abierto y el matorral crasirosulifolio espinoso. Se ha requerido el apoyo de un método específico para conducir el levantamiento de información referente a condición y a salud del pastizal.

Cobertura

Para establecer las clases de especies que integran la cobertura vegetal observada en el sitio del pastizal mediano abierto en función de su respuesta al apacentamiento (deseables, menos deseables e indeseables) se consultó la lista de especies presentada por COTECOCA (1979) para

el estado de Coahuila, en el Sitio Cb 42, correspondiente a la localidad del Rancho Demostrativo Los Ángeles, las especies, con sus categorías y datos correspondientes a la cobertura

absoluta registrada en cada transecto se concentran en el Cuadro 1. Asimismo, se presentan las coberturas absolutas y relativas totales de cada categoría.

Cuadro 1. Cobertura del sitio del pastizal mediano abierto.

Categoría de	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Cobertura (%)	
											Absoluta	Relativa
Especies Deseables												
<i>Bouteloua gracilis</i>	6	12	28	38	32	40	34	42	20	20		
<i>Leptochloa dubia</i>	2	2										
<i>Panicum hallii</i>									4		2	
<i>Bouteloua curtipendula</i>								2				
Total	6	12	28	40	38	40	36	42	22	20	28.40	41.39
Menos Deseables												
<i>Sporobolus Pyramidatus</i>					2							
Total	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0.29
Indeseables												
Total	62	48	40	36	32	30	30	36	46	40	40.00	58.20
Suelo	32	40	30	24	30	30	34	22	32	40	31.40	
Total Sumatoria	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

T = Transecto de 100 pasos dobles

La suma de los datos de cobertura relativa total de las especies deseables (41.39) y las menos deseables (0.29) que resultó de 41.68, al ser comparada con los rangos de cobertura establecidos por Dyksterhuis (1949), para las categorías de especies, permitió determinar que este sitio se encuentra en condición regular. La mayoría de las referencias bibliográficas consultadas señalan que los cambios en las categorías de especies son resultado del apacentamiento. Sin embargo, es necesario considerar que los cambios pueden ser inducidos también por el sub apacentamiento, o por el no-

apacentamiento, como lo señalan algunos autores (Friedel *et al.*, 2000).

Producción de forraje y determinación de coeficiente de agostadero

Los resultados de la determinación de la cantidad de forraje aportada por las especies deseables y menos deseables, en kilogramos de materia seca (MS) disponible al momento del muestreo en el sitio del Pastizal Mediano Abierto, se presentan en el Cuadro 2 para el primer sitio.

Cuadro 2. Producción de forraje. Sitio del pastizal mediano abierto.

Punto de muestreo	Deseables	Menos deseables	Total
1	0.016	0.023	0.039
2	0.019	0.091	0.11
3	0.028	0.056	0.084
4	0.008	0.026	0.034
5	0	0.029	0.029
6	0.025	0.016	0.041
7	0	0.024	0.024
8	0	0.012	0.012
9	0.024	0.015	0.039
10	0.022	0.018	0.04
Total	0.142	0.31	0.452
x	0.042	0.031	0.0452

El instrumento de muestreo correspondió a un círculo de 1 m de diámetro y 0.78 m² de superficie. La cantidad de materia seca por metro cuadrado se determinó con los cálculos siguientes:

$$X = \frac{(0.452 \text{ Kg})(m^2)}{0.78 \text{ m}^2}$$

$$X = 0.0579 \text{ Kg}$$

$$X = \frac{(10,000 \text{ m}^2)(0.579 \text{ Kg})}{m^2}$$

$$X = 579 \text{ kg MS ha}^{-1}$$

Si se acepta que el consumo de materia seca por día de una unidad animal (bovino) es de 13.5 kg, equivalente al 3 % del peso vivo de una vaca de 450 kg, en 365 días consumirá 4927.5 kg MS por año. Si el sitio del pastizal mediano abierto bajo estudio produce 579 kg MS ha⁻¹ y se permite un índice de utilización o consumo del 50 % de la materia seca encontrada, serán 289.5 kg los que serán removidos -por consumo- de dicho sitio. Si se desea expresar el “coeficiente de agostadero” para tal sitio, se requerirán 17.02 ha para mantener una unidad animal en el año.

$$(579)(0.50) = 289.5 \text{ kg MS ha}^{-1}$$

(13.5)(365) = 4,927 kg MS requeridos para alimentar una unidad animal en un año.

Por lo tanto

$$\frac{(4,927)}{289.5} = 17.02 \text{ ha/UA/año}$$

Por existir discrepancias en cuanto al índice de consumo de una unidad animal, se estima conveniente definir el tamaño de la raza de ganado bovino en aprovechamiento. Se estima que una raza “grande” tiene mayores exigencias de alimentación que propicia asignarle un índice de consumo mayor, en comparación con una raza mediana o pequeña. Asimismo, la condición o la salud del pastizal es otro factor a considerar, para intentar asignar una carga animal más o menos “conservadora” al pastizal del rancho bajo estudio. Asignar un índice de consumo del 2 % en lugar del 3 %, implicaría asignar una carga animal un 33 % más alta, aproximadamente al pastizal del rancho bajo estudio.

Determinación de clases de erosión del suelo

Según el método presentado por Stoddart y Smith (1955) para determinar las clases referentes al estado de erosión del suelo, como evaluación complementaria para determinar la condición del pastizal, se observó que el sitio bajo estudio se encuentra en clase 1, que se describe que no hay

pérdida de suelo por erosión; no hay evidencia de erosión acelerada, la capa superficial del suelo intacta, bien dispersa la acumulación de materia orgánica de años pasados, vestigios de materia orgánica vieja.

Salud de pastizal

De los 17 indicadores cuya evaluación cualitativa se propone como parte del método para determinar la salud de un sitio de pastizal, solamente 11 se

lograron entender y por consecuencia evaluar en ambos sitios bajo estudio.

Pastizal mediano abierto

En cuanto a este sitio, los valores asignados en campo para cada uno de los 11 indicadores, ordenados en función de las cinco categorías establecidas para determinar el estado de salud del pastizal (extremo, moderado a extremo, moderado, ligero a moderado y nulo a ligero), se concentran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Resumen de valores de los indicadores de salud del sitio de pastizal mediano abierto, mediante tres atributos.

Atributos de Salud del pastizal	Extrema	Moderada a Extrema	Moderada	Ligera a Moderada	Nula a Ligera
Estabilidad del sitio (indicadores 1-6, 8, 9, 11)		4	6	14	43
Función hidrológica (indicadores 1-5, 7-11)		4	6	16	42
Integridad de la Comunidad Biótica (indicadores 8-9 y 11, 16)		4	6	2	13
Categorías de salud del sitio	Pobre	Marginal	Adecuada	Buena	No alterada

La versión teórica original del método no ofreció la claridad suficiente para integrar las observaciones de campo y lograr clasificar a cada atributo de manera clara y contundente. En el presente trabajo resultó necesario modificar el esquema de ordenamiento de datos mediante la asignación de números que reflejaran la suma de observaciones efectuadas de cada indicador en todos los puntos de muestreo.

La categoría nula a ligera concentra 43 observaciones correspondientes al atributo estabilidad del sitio, 42 observaciones para la función hidrológica y 13 para la integridad de la comunidad biótica, respectivamente. Estos tres

valores permiten interpretar que el impacto del apacentamiento (como ejemplo más frecuente) en los tres atributos anteriores es, en el momento de la evaluación, nula a ligera.

Asimismo, al intentar clasificar la salud del sitio en atención a los valores de los atributos antes señalados, el sitio de pastizal mediano abierto se encuentra en estado no alterado. El método, por sí mismo, no establece la forma de interpretar los números de observaciones de cada atributo con la tabla existente para categorizar la salud del sitio. En el presente trabajo se tomó de esta última la escala de categorización de salud del sitio y se anexó a la tabla de clasificación de cada atributo, en la

parte de abajo. De esta manera, en una sola tabla se podrá clasificar a cada atributo y, la suma de los valores de estos permitirá, a su vez, clasificar finalmente la salud del sitio. Sin embargo, se estima que surgirán complicaciones cuando se desee categorizar la salud del sitio, pero los valores (números mayores) de cada atributo se encuentran dispersos en las cinco diferentes categorías.

Estabilidad del suelo

Este es un atributo por medio del cual se establece la capacidad del suelo para limitar la redistribución y pérdida de los recursos del suelo

(nutrientes –minerales-, materia orgánica, etc.) por el viento y agua (Pellant *et al.*, 2000). Se mide considerando el tiempo de desintegración de los agregados del suelo que se incorporan en una muestra.

Pastizal mediano abierto

En cuanto a la estabilidad del suelo del pastizal mediano abierto se efectuaron lecturas de tiempos de desintegración de los agregados del suelo, expresadas en segundos. De 180 unidades-muestra, 136 que corresponden al 75.55 % del total de dichas lecturas, suelo clase 3 (Cuadro 4).

Cuadro 4. Número de lecturas de tiempo de desintegración de los agregados del suelo para determinar su estabilidad en el pastizal mediano abierto, según Pellant *et al.* (2000).

Clases	Criterios para clasificar la estabilidad del suelo	No. de lecturas	Porcentaje
0	Suelo demasiado inestable. La integridad estructural se pierde inmediatamente al sumergir la muestra.	0	0
1	50 % de la integridad estructural se pierde dentro de los 5 segundos posteriores a la inserción de la muestra en el agua.	0	0.00
2	50 % de la integridad estructural se pierde entre 5 y 30 segundos después de la inserción en el agua.	36	20.00
3	50 % de la integridad estructural se pierde entre 30 y 300 segundos después de la inserción o menos del 10 % permanece en el tamiz después de 5 ciclos de inmersión.	136	75.55*
4	10-25 % del suelo permanece en el tamiz después de 5 ciclos de inmersión en el agua.	2	1.11
5	25-75 % del suelo permanece en el tamiz después de 5 ciclos de inmersión en el agua.	1	0.55
6	75-100 % del suelo permanece en el tamiz después de 5 ciclos de inmersión en el agua.	5	2.77
	Total	180	100.00

(*) Valor que se considera para determinar la estabilidad (relativa) del suelo. Cobertura vegetal de los sitios bajo estudio

Pastizal mediano abierto

En el Cuadro 5 se concentran los resultados de cobertura absoluta total de las plantas (formas de

vida) presentes en el pastizal mediano abierto. Lo anterior se presenta atendiendo los criterios propuestos por Pellant *et al.* (2000) y Pellant *et al.* (2005).

Cuadro 5. Cobertura vegetal y características del suelo del sitio de pastizal mediano abierto.

Formas de vida	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	Cobertura Absoluta (%)
I. Zarcates											
Anuales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Nativas perennes	62	66	50	40	52	36	38	24	62	58	48.80
Exóticas o invasoras											
Perennes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Total											48.80
II. Hierbas											
Anuales	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.20
Perennes	2	2	4	0	0	6	2	2	2	2	2.20
Total											2.40
III. Arbustos											
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
IV. Árboles											
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
V. Suculentas											
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
VI. Mantillo (en contacto con la superficie del suelo)											
	4	6	10	14	12	12	26	6	2	2	9.40
VII. Piedra/grava											
	0	4	6	10	16	10	6	40	20	16	12.80
VIII. Suelo desnudo											
	32	20	30	36	20	36	28	28	14	22	26.60
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100 %

CONCLUSIÓN

El método para determinar condición del pastizal sigue siendo un método cuantitativo que permite detectar cambios en los componentes del sitio (vegetación y suelo, principalmente) con mayor precisión en el corto plazo (entre estaciones del año), en el mediano plazo (de año a año) y en el largo plazo (entre ciclos de lluvia, de 10-12 años), bajo las condiciones áridas y semiáridas del norte de México. Al reconocer una situación indeseable en la composición de las comunidades de plantas, el manejador del pastizal, puede responder de diferentes maneras (reducción o redistribución de los animales en apacentamiento, etc.), y por lo tanto inducir el retorno de las comunidades de plantas deseables. Para detectar tales situaciones en los diferentes plazos, el método para determinar condición parece ser el más recomendable.

LITERATURA CITADA

- Aguirre, V.E.L., y D.L. Huss. 1987. Fundamentos de manejo de pastizales. Instituto Tecnológico y Estudios Superiores de Monterrey, Monterrey, N. L., México. pp.223
- Briske, D.D., S.D. Fuhlendorf, and F.E. Smeins. 2005. State-and- transition model, thresholds, and rangeland health: A synthesis of ecological concepts and perspectives. *Range. Ecol. Manage.*58:1-10.
- Cantú B., J.E. 1984. Manejo de Pastizales Revisión Bibliográfica. Departamento de Producción Animal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. Torreón, Coah. México. pp. 213.
- Comisión Técnico Consultivo para la Determinación de los Coeficientes de Agostaderos (COTECOCA). 1967. Metodología para determinar tipos vegetativos, sitios y productividad de sitios. Publicación No. 8. México, D.F. 63p.
- Dyksterhuis, E.J. 1949. Condition and management of rangeland based on quantitative ecology. *J. Range Manage.* 2(3): 104-115.
- Dyksterhuis, E.J. 1958. Ecological principles in range evaluation. *Botanical Review* 24:253-272.
- Friedel, M.H., W.A. Laycock and G.N. Bastin. 2000. Assessing Rangeland Condition and Trend. CAB International. Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research. pp. 227-262.
- Gastó, J., F. Cosio y D. Panario. 1993. Clasificación de Ecorregiones y Determinación de Sitio y Condición. Manual de aplicación a municipios y predios rurales. Red de Pastizales Andinos. Santiago- Chile. pp. 254.
- González, M.H. y D. Johnson. 1967. Muestreo de vegetación por el método de transecto a pasos modificado. 500 en 1000. *In: Metodología para determinar tipos vegetativos, sitios y productividad de sitios.* (COTECOCA). 1967. Metodología para determinar tipos vegetativos, sitios y productividad de sitios. Publicación No. 8. México, D.F. pp. 63.
- Holechek, J.L., R.D. Pieper, and C.H. Herbel. 1989. Range Management Principles and Practices. Prentice-Hall Inc., Upper Saddle River, NJ. USA. 501 p
- National Research Council (NRC). 1994. Rangeland health: new methods to classify, inventory, and monitor rangelands. National Academy Press, Washington DC. USA. National Research Council. 180 p.
- Pellant, M., P. Shaver, D.A. Pyke, and J.E. Herrick. 2000. Interpreting indicators of rangeland health, version 3. Technical Reference 1734-6, Denver, Colorado. 119p.
- Pellant, M., P. Shaver, D.A. Pyke, and J.E. Herrick. 2005. Interpreting indicators of rangeland health, version 4. Technical Reference 1734-6, USDI, BLM, National Sci. and Tech. Center, Denver, Colorado. 55 p.
- Sampson, A.W. 1919. Plant succession in relation to range management. United States Department of Agriculture. Bulletin No. 2791. Washington.
- Scarnecchia, 1990. Concepts of carrying capacity and substitution ratios: a systems viewpoint. *J. Range Manage.* 43(6): 553-555.
- Stoddart, L.A., A.D. Smith, and T.W. Box. 1975. Range Management. 3a. ed. McGraw-Hill Book Company. NY, USA. 531p.
- Stoddart, L.A., and A.D. Smith. 1955. Range management. Editorial McGraw-Hill Book Company. NY, USA. 433p.
- Van Dyne, G. M., W.G. Bogel and H.G. Fisher. 1966. Influence of small plot size and shape on range herbage production estimates. *Ecology* 44(4): 746-756.
- West, N.E., K. McDaniel, E.L. Smith, P.T. Tueller, and S. Leonard. 1994. Monitoring and interpreting ecological integrity on arid and semi-arid lands of the Western United States. New Mexico Range Improvement Task Force Rep. 37. New Mexico State Univ. Las Cruces.



Incidencia y Severidad de *Phoradendron* spp., en la Sierra de Arteaga, Coah., México



Incident and Severity of *Phoradendron* spp., in the Sierra de Arteaga, Coah., México

María Guadalupe Cepeda Puente*, Abiel Sánchez Arizpe, María Elizabeth Galindo Cepeda, Sergio René Sánchez Peña, Emilio Padrón Corral, José Luis García Franco y Beimar Ocaña Hernández

Departamento de Parasitología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro No. 1923, Colonia Buenavista, 25315, Saltillo, Coah., México. E-mail: cepeda.mc@gmail.com. (*Autor responsable).

RESUMEN

Se realizaron muestreos para cada uno de los cañones de la Sierra de Arteaga: Jamé, Los Lirios, Los Chorros, Huachichil y Carbonera, en el estado de Coahuila en el noreste de México. Se ubicaron tres rodales con seis sitios de muestreo (0.3 ha) en cada uno. Se determinó incidencia y severidad del muérdago, posteriormente se colectó material para la identificación de especies. Se identificaron cuatro especies del género *Phoradendron*: *Phoradendron densum* Torr, *Phoradendron tomentosum* Engelm., *Phoradendron lanceolatum* Engelm. y *Phoradendron hawksworthii* Wiens, atacando a tres géneros de hospederos, *Quercus*, *Juniperus* y *Cupressus*. La incidencia de *Phoradendron* fue del 42 % en los Lirios y 47 % en Jamé. La especie de mayor incidencia, tanto en Jamé (32.04 %) como en Los Lirios (24.94 %), fue *P. tomentosum*. Huachichil presentó también alta incidencia de ésta especie de muérdago (37 %) a diferencia de Carbonera con tan solo 9 %. Los Chorros tuvo la mayor incidencia (71 %) de *P. densum* registrada en los muestreos en la Sierra de Arteaga, por lo tanto, ésta especie es de mayor importancia por presentar incidencia y severidad alta en todos los cañones. *P. lanceolatum* mantuvo incidencias bajas, ubicándose principalmente en áreas con vegetación densa, solo en la parte este y centro de Los Lirios.

Palabras clave: Muérdago, *Phoradendron*, incidencia, severidad.

ABSTRACT

Samples were taken for each of the canyons of the Sierra de Arteaga: Jame, Los Lirios, Los Chorros, Huachichil and Carbonera, in the state of Coahuila in northeastern Mexico. Three stands were located six sampling sites (0.3 ha) in each. Mistletoe incidence and severity was determined, subsequently, material for species identification was collected. We identified four species of the genus *Phoradendron*: *Phoradendron densum* Torr, *Phoradendron tomentosum* Engelm., *Phoradendron lanceolatum* Engelm., and *Phoradendron hawksworthii* Wiens, attacking three kinds of hosts, *Quercus*, *Juniperus* and *Cupressus*. *Phoradendron* incidence was 42 % in Los Lirios and 47 % in Jame. The species with the highest incidence in both Jamé (32.04 %) and Los Lirios (24.94 %) was *P. tomentosum*. Huachichil also presented high incidence of this kind of mistletoe (37 %) unlike Carbonera with only 9 %. Los Chorros had the highest incidence (71 %) of *P. densum* recorded in surveys in the Sierra de Arteaga, therefore, this species has more importance due to it presents high incidence and severity in all canyons. *P. lanceolatum* incidents remained low, being located mainly in areas with dense vegetation, only in the eastern and central part of the Los Lirios.

Key words: Mistletoe, *Phoradendron*, incidence, severity.

Recibido: Junio, 2011.

Aceptado: Octubre, 2012

INTRODUCCIÓN

México es uno de los países más diversos en bosques de pino-encino, cuenta con 55 especies de pinos, de los cuales el 85 % son endémicos (Villers *et al.*, 1998). Sin embargo, las plantas parásitas representan el tercer agente de destrucción de sus bosques de clima templado frío (Plascencia *et al.*, 2007). Las especies del género *Psittacanthus*, *Phoradendron* y *Arceuthobium* causan los impactos económicos y ecológicos más grandes en el país (Hawksworth, 1980 y Gails *et al.*, 2002).

El muérdago (*Viscum album* L.) representa un peligro para la persistencia de los bosques del estado de Coahuila, en el norte de México, motivo por el cual la conservación y protección de la biodiversidad de estos ecosistemas es importante a nivel nacional. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (SEMARNAT) reportó en 2008 que del total de la superficie nacional muestreada para la detección de problemas parasitológicos, el muérdago ocupa el 3.7 % del área afectada, siendo este problema mayor que los defoliadores (2 %), descortezadores (2 %) y barrenadores (0.6 %). En Coahuila, los muérdagos se encontraron afectando el 23.16 % del total de la superficie muestreada para este mismo año.

En el informe nacional para la Tercera Sesión del Foro de las Naciones Unidas sobre los bosques, Sanidad Forestal (2003) publicó que la superficie forestal afectada por muérdagos asciende a 1.8 millones de hectáreas. Del total del recurso forestal afectado, casi el 37 % correspondió a especies de muérdagos, seguido por los insectos descortezadores con un 27 %, el restante 36 % agrupa afectaciones por defoliadores, barrenadores y otros agentes.

La Sierra de Arteaga es un bosque integrado por especies ecológicamente importantes para el Estado de Coahuila en México. Representa una fuente de ingresos económicos para los habitantes de la localidad, además de ser un lugar turístico y recreativo.

Debido a la importancia que el muérdago representa en las pérdidas de los bosques en México y en otros países, el presente trabajo tuvo como objetivos identificar las especies de muérdago

presentes en la Sierra de Arteaga, Coah., y determinar la incidencia y severidad de esta planta parásita.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron muestreos independientes para cada uno de los cañones de la Sierra de Arteaga: Jamé, Los Lirios, Los Chorros, Huachichil y Carbonera. Con la ayuda de fotografías aéreas, se ubicaron tres rodales, distribuidos uno al este, otro al centro y el último al oeste. Dentro de cada rodal se establecieron seis sitios de muestreo, utilizando el método con parcela (Muller-Dombois y ElleMBERG, 1974).

Las parcelas fueron cuadradas con un área de 500 m², su establecimiento en campo se realizó considerando la vegetación susceptible.

Para el muestreo y toma de datos se consideró: género del hospedero, presencia de muérdago (incidencia), especie de muérdago (Kuijt, 2003; Marroquin, 1976; Rzedowski, 2006), grado de infestación (severidad) y observaciones.

La estimación de la severidad de la infección de los árboles dañados, se hizo mediante el sistema de evaluación de 4 clases recomendada en el manual de tratamientos fitosanitarios elaborado por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) en 2005. Se delimita la copa del árbol y se considera el volumen de esta como el 100 %; posteriormente, se cuenta el número y distribución de los muérdagos en la copa y se le asigna un valor numérico de acuerdo al volumen que ocupa en la misma (Figura 1). Este valor puede variar de 0 % (sano) hasta más del 90 %, y de acuerdo a éste, se asigna el nivel de grado de infección (Cuadro 1).

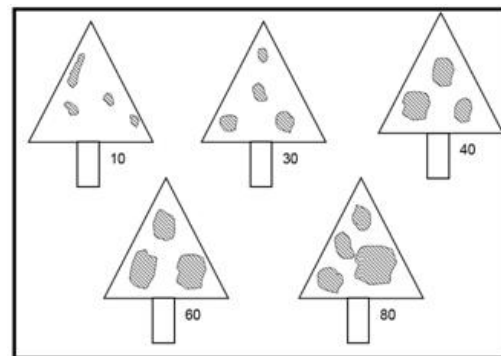


Figura 1. Representación esquemática de varios porcentajes de infección, el área sombreada simboliza el ataque del muérdago verdadero.

Cuadro 1. Volumen infectado de la copa en el sistema de 4 clases y grados de infección.

Grado de infección Daño Volumen infectado de la copa (%)

0	Sano	0
1	Leve	1-30
2	Medio	31-60
3	Fuerte	61-90

Para determinar la influencia del rodal sobre la incidencia de las especies y la relevancia de las especies en cada área, se utilizó un arreglo factorial AxB en un diseño completamente al azar, con análisis mediante la prueba estadística de comparación de medias de DMS. Para determinar la influencia del rodal sobre la severidad presentada por cada especie y establecer que especie presenta mayor severidad sobre sus hospederos, se utilizó un análisis estadístico no paramétrico mediante un análisis por rangos, en un diseño completamente al azar con arreglo factorial AxB usando una extensión de la prueba Kruskal y Wallis, y comparación múltiple entre medias de rangos de forma independiente para cada factor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron cuatro especies del género *Phoradendron*: A) *Phoradendron densum* Torr, *Phoradendron tomentosum* (DC.) Engelm; B) *Phoradendron lanceolatum* Engelm y D) *Phoradendron hawksworthii* Wiens, las cuales se muestran en la Figura 2, atacando a tres especies de hospederos: *Quercus*, *Juniperus* y *Cupressus*.

En Los Lirios y Jamé se encontraron las cuatro especies de muérdago antes mencionadas, mientras que en Los Chorros, Huachichil y Carbonera, no se encontró a *P. lanceolatum*. No se consideró *P. hawksworthii* Wiens para el análisis de incidencia y

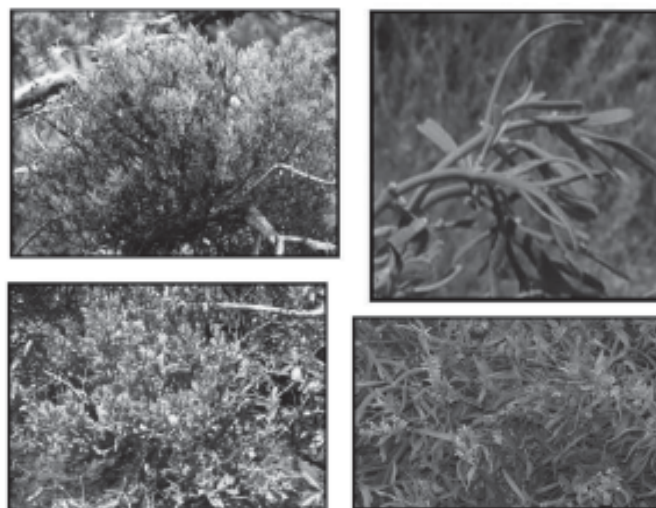


Figura 2. Especies del género *Phoradendron*, identificadas en la Sierra de Arteaga, en el estado de Coahuila, México: A) *Phoradendron densum* Torr (*P. pauciflorum* Torr., *P. saltillense* Trel., *P. bolleanum* (Seem.) Eichl.); B) *Phoradendron tomentosum* (DC.) Engelm; C) *Phoradendron lanceolatum* Engelm y D) *Phoradendron hawksworthii* Wiens, atacando a tres especies de hospederos: *Quercus*, *Juniperus* y *Cupressus*.

severidad, puesto que su incidencia es muy baja, insuficiente para los análisis estadísticos. La incidencia del género *Phoradendron* fue del 42 % en los Lirios y 47 % en Jamé. En Los Lirios, como se observa en el Cuadro 2, la especie *P. tomentosum* presentó una incidencia promedio de 24.94 %, superior a las especies *P. densum* y *P. lanceolatum*, que tuvieron incidencias inferiores al 14 %. Respecto a la severidad, *P. tomentosum* presentó una severidad de 1.0333, superior a *P. densum* y *P. lanceolatum*, que presentaron severidades de 0.5628 y 0.5544 respectivamente (Cuadro 2). La incidencia en Jamé, fue significativamente mayor en *P. tomentosum*, que tuvo una media en todo el cañón de 32.04 %, como se muestra en el Cuadro 2, siendo casi el doble que *P. densum* con 17.66 %. En Jamé la severidad fue superior en *P. tomentosum*, dos veces más que en *P. densum*, como se puede ver en el Cuadro 3; la especie *P. lanceolatum* no mostró daños.

Cuadro 2. Comparación múltiple entre medias de especies en Los Lirios y Jamé, en la variable de respuesta incidencia, con un 99 % de confianza.

Especie	Los Lirios	Jamé
<i>Phoradendron tomentosum</i>	24.9450 A	32.0461 A
<i>Phoradendron densum</i>	13.5372 B	17.6622 B
<i>Phoradendron lanceolatum</i>	5.6017 B	0.0000 C

Cuadro 3. Comparación múltiple entre medias de rangos de especies en Los Lirios y Jamé en la variable de respuesta severidad con un 99 % de confianza.

Especie	Los Lirios	Jamé
<i>Phoradendron tomentosum</i>	1.0333 A	1.0300 A
<i>Phoradendron densum</i>	0.5628 B	0.5017 B
<i>Phoradendron lanceolatum</i>	0.5544 B	0.0 C

En el Cuadro 4, se hace una comparación de la incidencia en Los Chorros, Huachichil y Carbonera, donde se muestra que *P. densum* siendo la única especie presente en Los Chorros, tuvo la incidencia más alta (71 %), a diferencia de Huachichil, cuya especie de mayor incidencia fue *P. tomentosum* (37 %) y Carbonera con 9 % con *P. densum*. Se observó una diferencia altamente significativa entre el cañón

de Los Chorros con respecto a los demás. En lo que respecta a la severidad (Cuadro 5), *P. densum* (1.4) fue el más agresivo con 1.38 de severidad en Los Chorros, con una diferencia altamente significativa con respecto a los demás cañones. Así mismo, *P. tomentosum* (1.3) presentó mayor severidad en Huachichil con una diferencia altamente significativa con respecto al resto de los cañones.

Cuadro 4. Comparación múltiple entre medias de especies en Los Chorros, Huachichil y Carbonera, en la variable de respuesta incidencia, con un 99 % de confianza.

Especie	Los Chorros	Huachichil	Carbonera
<i>Phoradendron densum</i>	70.9333465 A	1.4162077	B 8.5138679 B
<i>Phoradendron lanceolatum</i>	0.0 B	36.7563384 A	0.05319149B

Cuadro 5. Comparación múltiple entre medias de especies de muérdagos en Los Chorros, Huachichil y Carbonera, localidades de la Sierra de Arteaga, en Coah., México, en la variable de respuesta severidad, con un 99 % de confianza.

Especie	Los Chorros	Huachichil	Carbonera
<i>Phoradendron densum</i>	1.3799603 A	0.625 AB	1 B
<i>Phoradendron lanceolatum</i>	0.0 B	1.3367695 A	0.333333B

Las especies de muérdago son más abundantes en las partes con mayor perturbación de cada zona de muestreo. Es común la presencia de estas especies en hospederos que crecen a orillas de los caminos o senderos; es posible que esto se deba a que las plantas hospederas, en esos sitios, son más

susceptibles al ataque de las parásitas y son más accesibles para las aves que dispersan las especies de muérdago, por lo que aseguran su crecimiento. En el Cuadro 6 se enlistan las especies de muérdagos con sus hospederos y las localidades donde se encuentran.

Cuadro 6. Especies de muérdagos y sus hospederos en varias localidades de la Sierra de Arteaga, Coah., México.

Espece de Muérdago	Hospedero	Localidad
<i>Phoradendron densum</i> Torr (<i>P. pauciflorum</i> Torr., <i>P. saltillense</i> Trel.)	<i>Juniperus saltillensis</i> M. T. <i>Juniperus erythrocarpa</i> Cory <i>Junipersu flaccida</i> Schlecht	Los Lirios, Jamé Los Chorros, Huachichil y Carbonera
<i>Phoradendron hawksworthii</i> Wiens	<i>Cupressus benthamii</i> Endl	Los Lirios, Jamé y Huachichil
<i>Phoradendron tomentosum</i> (DC.) Engelm. (<i>P. greggii</i> Trel)	<i>Quercus striatula</i> Trel. <i>Quercus saltillensis</i> Trel. <i>Quercus greggii</i> (DC.) Trel.	Los Lirios, Jamé y Huachichil
<i>Phoradendron lanceolatum</i> Engelm.	<i>Quercus striatula</i> Trel. <i>Quercus saltillensis</i> Trel. <i>Quercus greggii</i> (DC) Trel.	Los Lirios

Se reporta a *Phoradendron hawksworthii* Wiens en la Sierra de Arteaga, Coah., hospedando a *Cupressus*, contrario a Villarreal (2001) y Zavaleta (2008), que únicamente reportan a *Phoradendron densum* Torr, *Phoradendron* y *P. lanceolatum* para el municipio de Arteaga, Coah.

La especie de mayor incidencia, tanto en Jamé como en Los Lirios, fue *P. tomentosum*, con mayor presencia en las áreas este y centro de los cañones en las que los encinos son parte importante del bosque, manteniéndose con incidencias altas en Huachichil, pero muy bajas en Los Chorros y Carbonera; *P. densum*, en Los Chorros, presentó la incidencia más alta (71 %) registrada en los muestreos en la Sierra de Arteaga, siendo ésta la especie de mayor importancia por presentar incidencia y severidad alta en todos los cañones. *P. lanceolatum* mantuvo incidencias bajas, ubicándose principalmente en áreas con vegetación densa, solo

en la parte este y centro de Los Lirios. Esta variabilidad depende principalmente de la ubicación del área, y de la presencia de vegetación susceptible (Solís y Gómez, 2005).

Se considera una relación directa entre el porcentaje de incidencia y el grado de severidad puesto que las áreas con severidad alta, propician una mayor dispersión y la infección de la mayoría en los árboles cercanos. Esta situación se presentó en Los Chorros donde se encontró mayor incidencia (71%) de *P. densum*, la severidad fue de 1.4, cuyo hospedero fue *Juniperus*, el género más abundante en esa región. Lo mismo sucedió en Huachichil, siendo este cañón el más afectado por *P. tomentosum*, por ser el encino la especie predominante en la vegetación de este cañón.

El muérdago representa un problema de importancia para el bosque de Arteaga, por lo cual es necesario elaborar estrategias de control,

principalmente para áreas forestales, es necesario continuar con la investigación en la búsqueda y formulación de agentes de control biológico para mitigar las infestaciones y daños causados por esta planta parásita, ya que existen patógenos con potencial de agentes de biocontrol.

CONCLUSIONES

Se reporta a la especie *Phoradendron hawksworthii* parasitando a *Cupressus benthamii* en Los Lirios, Jamé y Huachichil, municipio de Arteaga, Coah., México. La incidencia del género *Phoradendron* es del 42 % en los Lirios y 47 % en Jamé, donde *Phoradendron tomentosum* fue la especie que presentó mayor incidencia y severidad. Por lo contrario, *Phoradendron lanceolatum* se observó solamente en Los Lirios y muestra la menor incidencia (5.6 %) y severidad (0.55). *Phoradendron densum* es el parásito más importante de la región puesto que presenta la mayor incidencia (71 % en Los Chorros) y severidad, además de ser la única especie presente en todas las áreas de muestreo.

LITERATURA CITADA

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2005. Tratamientos contra plantas parasitas. Evaluación y Tratamiento para Muérdago Verdadero (*Psittacanthus*). Manual de Tratamientos Fitosanitarios. México D.F. 78 p.

Geils, Brian W.; Cibrián Tovar, Jose; Moody, Benjamin, tech. coords. 2002. Mistletoes of North American Conifers. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-98. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 123 p.

Hawksworth, F.G., 1977. The 6-class dwarf mistletoe rating system. Gen. Tech. Rep. GTR-RM-48. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, CO, 7 p.

Hawksworth, F, G. 1980. Los Muérdagos enanos (*Arceuthobium*) y su importancia en la silvicultura de México. Memoria 1 simposio Nacional sobre Parasitología Forestal, Uruapan, Mich. Ed. Sec. Mex. De Entomología.

Kuijt, J. 2003. Monograph of *Phoradendron* (Viscaceae). The American Society of Plant Taxonomists. Systematic Botany Monographs, Vol. 66.

Marroquin, J. S. 1976. Vegetación y florística del noreste de México. I. Aspectos sinecológicos en Coahuila. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. 36: 69-101.

Plascencia, G, A.; I., López, P.; y M. Malangón A.; 2007. Validación del uso de Hongos Patogénicos para el Control del Muérdago enano *Arceuthobium* sp. en el Estado de Michoacán. XIV Simposio Nacional de Parasitología Forestal. Aguascalientes, México. Ed. Litográfico Central, S. A. de C. V. Edición. 2008 Ciudad. México D. F. Pp. 184-189.

Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 504 pp.

Sanidad Forestal, 2003. Informe Nacional para la Tercera Sesión del Foro de las Naciones Unidas sobre los Bosques. Dirección General para Temas Globales, México, D.F. 16 p.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (SEMARNAT). 2009. Superficie forestal afectada por plagas y enfermedades forestales. México, D.F.

Solís García, V. y Gómez Sánchez, M. 2005. Inventario de las especies de muérdagos en la zona Sur del Estado de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales, Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma de Querétaro.

Villarreal, J. Á. 2001. Listados florísticos de México. XXIII Flora de Coahuila. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 137 p.

Villers R. L.; L. García v.; J. López, B. 1998. Investigaciones geográficas. Evaluación de los bosques templados en México: una aplicación en el parque nacional Nevado de Toluca. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. P 7.

Zavaleta, Y. 2008. Identificación, incidencia y severidad del muérdago en el Cañón de los Lirios de la Sierra de Arteaga, Coahuila. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah., México. 51 p.



Agraria

VOLUMEN 10, NÚMERO 1

ENERO- ABRIL, 2013

Esta edición consta de 500 ejemplares

Impreso en Digital Color, en el mes de mayo de 2013,
en Saltillo, Coah., México.

Arteaga Norte 225 Zona Centro, 25000, Saltillo, Coah., México

Tel.: 4-81-58-42 y 4-43-97-31

Contenido

Volumen 10

Enero – Abril, 2013

Número 1

Artículos	Págs.
Aplicación de la Teoría Geoestadística en la Estimación de la Temperatura Media Anual en la Región Sureste del Estado de Coahuila, México ✱ Geostatistics Theory Application to Estimating the Average Annual Temperature in the Southeast Region of the State of Coahuila, Mexico Francisco Javier Sánchez-Aspeytia , Fernando Esquivel-Bocanegra , Félix de Jesús Sánchez-Pérez , Javier de Jesús Cortés-Bracho	1
Densidad de Población y Niveles de Fertilización en el Rendimiento y Propiedades Físicas del Grano en Semillas de Maíz Criollo ✱ Population Densities and Fertilization Levels on Yield and Physical Properties of Grain in Seeds of Maize Landrace José Noé Martínez Ramírez , Norma A. Ruiz Torres , Froylán Rincón Sánchez , Juan Manuel Martínez Reyna , Hilda Cecilia Burciaga Dávila	9
Capacidad de Germinación de Semillas y Vigor de Plántulas en Familias de Maíz Poliembriónico y de Alto Contenido de Aceite ✱ Seed Germination Capacity and Seedling Vigour, in Polyembryonic and High Oil Content Families of Maize Eneida Mora-Mata , María Alejandra Torres-Tapia , Víctor Manuel Zamora-Villa , José Espinoza-Velásquez , Federico Facio Parra	19
Comparación de los Métodos de Condición y Salud del Pastizal ✱ Comparison of Methods of Condition and Rangeland Health Rolando Hernández Arguello , Ricardo Vásquez Aldape , Ramiro López Trujillo	27
Incidencia y Severidad de <i>Phoradendron</i> spp., en la Sierra de Arteaga, Coah., México ✱ Incident and Severity of <i>Phoradendron</i> spp., in the Sierra de Arteaga, Coah., México María Guadalupe Cepeda Puente , Abiel Sánchez Arizpe , María Elizabeth Galindo Cepeda , Sergio René Sánchez Peña , Emilio Padrón Corral , José Luis García Franco y Beimar Ocaña Hernández	37