

Agraria

AGRARIA VOL. 12, NUMERO 2; JULIO-DICIEMBRE DE 1996

ISSN 0186-8063



UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRRO
Buenavista, Saltillo., Coah., México
www.uaaan.mx

DIRECTORIO

RECTOR

Dr. Enrique Navarro Guerrero

SECRETARIO GENERAL

M.C. Rommel de la Garza Garza

DIRECTOR GENERAL ACADÉMICO

Dr. Oswaldo García Martínez

DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN

Dr. Alejandro Zárate Lupercio

SUBDIRECTOR DE PROGRAMACIÓN Y EVALUACIÓN

Biol. M.C. Andrés Rodríguez Gámez

SUBDIRECTOR DE OPERACIÓN DE PROYECTOS

Ing. Manuel A. Burciaga Vera

AGRARIA. REVISTA CIENTÍFICA UAAAN. VOL 12 NÚM. 2 JULIO DICIEMBRE 1996

AGRARIA: Es una revista científica creada para difundir los resultados de la investigación generados, preferentemente, por alumnos y maestros de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

COMITÉ EDITORIAL: Lic. Oscar Martínez Ramírez. Editores: Dr. Jorge Saúl Marroquín de la Fuente (Coordinador), M.C. Jesús García Camargo y Lic. Norma E. Sánchez García.

CENTÉOTL: Deidad de la agricultura, es una advocación de Chicomecóatl, diosa del maíz de los aztecas. La UAAAN en su afán de rescatar los valores culturales del pasado histórico de México, ha adoptado como logotipo de esta revista a Centéotl, como un símbolo que evoca y reafirma nuestras raíces culturales.

Agropapia

AGRARIA VOL. 12, NUMERO 2; JULIO-DICIEMBRE DE 1996

ISSN 0186-8063



UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRRO
Buenavista, Saltillo., Coah., México
www.uaaan.mx

CONTENIDO

CARACTERÍSTICAS DE UNA POBLACIÓN DE ALGODONERO PARA MEJORAMIENTO GENÉTICO EN LA COMARCA LAGUNERA, MÉXICO. Puente Manríquez, J. L., Espinosa Velázquez, J., Palomo Gil, A., Navarro Guerrero, E.	35
EFFECTO DEL ACOLCHADO PLÁSTICO EN LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL SUELO Y SU RELACIÓN CON EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MELÓN. Martínez Flores, R., Zermeño González, A., Munguía López, J. P.	56
EFICIENCIA RELATIVA DE DOS MÉTODOS DE ANÁLISIS DIALÉLICO EN TRIGO. Martínez Zambrano, G., Palacios Demetrio, P., Colin Rico, M.	76
EFFECTO DE DOSIS DE HIDROGEL EN EL RENDIMIENTO DEL TOMATE BAJO RIEGO. Rodríguez García, R., Jasso Cantú, D., Martínez, D.	85
EFFECTO DEL EXCESO DE HUMEDAD EN EL SUELO SOBRE EL POTENCIAL HÍDRICO Y RESISTENCIA ESTOMATALENTOMATE. Rodríguez García, R., Jasso Cantú, D., González Jiménez, A.	100
FORMACIÓN DE CALLO A PARTIR DE DISCOS DE TUBÉRCULO DE PAPA. Espinosa Zapata, C., Figueroa Maldonado, J. J., Escobedo Bocado, L., Reyes Valdés, M.	115
FUNCIÓN DE DESCARGA ECOSISTÉMICA POR EL HERBÍVORO. Tuexi Villarreal, S. A., Nava Coronel, R., Pérez Romero, L., López González, J. J.	136

**CARACTERÍSTICAS DE UNA POBLACIÓN DE ALGODONERO
PARA MEJORAMIENTO GENÉTICO EN LA COMARCA
LAGUNERA, MÉXICO**

**Characterization of an upland cotton foundation population for
breeding at the Comarca Lagunera, northern Mexico**

José Luis Puente Manríquez¹, José Espinoza Velázquez²,
Arturo Palomo Gil³, Enrique Navarro Guerrero²

¹Coordinación de Carreras Agronómicas, Departamento de Fitomejoramiento
UAAAN-UL, Torreón, Coah.

²Instituto Mexicano del Maíz " Dr. Mario E. Castro Gil", UAAAN. 25315
Buenavista, Saltillo, Coah.

³Campo de Investigaciones Agrícolas del Norte, Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales y Agropecuarias (CIAN-INIFAP),
Torreón, Coah., México.

RESUMEN

El cultivo del algodón *Gossypium hirsutum* L. en la Comarca Lagunera, se da en un contexto de limitantes agrícolas, entre las que destacan: escasez de agua, uso inadecuado del agua de riego, fertilización deficiente, excesivo combate químico de plagas y pobre expresión genética de las variedades comerciales en uso. Con el propósito de buscar soluciones a esta problemática, durante 1991 se derivó una población base cuyas características deseables son: alto rendimiento, resistencia a enfermedades y plagas, y alta calidad de fibra. Se tomaron como base F^2 segregantes de un diseño dialélico que conjugó seis variedades comerciales adaptadas a la región. De un bloque compacto de 105 parcelas con 20 plantas cada una, se seleccionaron fenotípicamente de 2 a 3 plantas por parcela, obteniendo un total de 250 genotipos, donde predominaron especímenes con ramas fructíferas cortas, cercanas al tallo principal, con arquitectura en forma de pino, hojas pequeñas y pigmentación roja. Se determinaron las características siguientes: longitud de fibra mediante el fibrógrafo, resistencia utilizando el estelómetro y la finura medida por el micronaire. Los resultados indican que la población bajo estudio presenta amplia variabilidad fenotípica para rendimiento y calidad de fibra con 74% de genotipos con fibra uniforme, de corta a media, que son las de mayor demanda en el mercado, 86% del total con resistencia de 86,000 a 96,000 lb in⁻², que satisface lo requerido por la industria textil y con 69% del total de los genotipos estudiados con índice micronaire, de 3.5 a 4.9, conocida como calidad "premium".

Palabras clave: *Gossypium hirsutum* L., población base, rendimiento, fibra, longitud, resistencia, finura.

ABSTRACT

In the Comarca Lagunera Northern Mexico, the cropping of upland cotton *Gossypium hirsutum* L. is carried out under such limiting factors as water shortage, inadequate water management, insufficient fertilization, inadequate pests and disease control and poor genetic expression of varieties now in use. To overcome these problems, a basic population for breeding including 250 genotypes, was founded during 1991; the genotypes came from the F₂ segregating crosses, initiated by combining six commercial varieties in a diallel fashion. The genotypes were chosen from 105 plots, 20 plants each, selecting 2 to 3 plants per plot, qualifying for high yield, short fruitful branches, pine tree type plants, shorter leaves, red pigmentation and high quality of fiber. The characterization of the foundation population through measures of yield (coarse cotton based on grams per plant), fibrograph lecture for fiber length, stelometer press for fiber strength and micronaire indication for fiber fineness, showed a wide phenotypic variability for yield and the most important quality characteristics, underlying 74% of genotypes with short to medium uniform fiber. Those traits are commonly demanded by industry, 86% with resistance level from 86000 to 96000 lb in⁻² which fulfilled the requirements of the textil industry and 69% of the total genotypes evaluated with a micronaire index ranged from 3.5 to 4.9 known as a premium quality.

Key words: *Gossypium hirsutum* L., foundation population, yield, fiber length, strength, fineness.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del algodón en la Comarca Lagunera (norte de México) se da en un contexto de limitantes agrícolas, entre las que destacan: escasez de agua, uso inadecuado del agua de riego, fertilización deficiente, excesivo combate de plagas y enfermedades, y pobre expresión genética de las variedades utilizadas en la región, significadas por rendimientos de algodón pluma que no superan 1.8 t ha

Con estudios realizados en el campo agrícola experimental de la Laguna (Quirarte *et al.*, 1975; Nava, 1980; Tovar, 1980) para solucionar la problemática anterior, se llegó a recomendar el sistema de siembra de alta densidad y tres riegos de auxilio en el que demostraron que la incidencia de enfermedad causada por *Verticillium dahliae* K. disminuyó aproximadamente en 28%, cuando se incrementó la población de plantas por hectárea y se disminuyó el número de riegos de auxilio con respecto al sistema tradicional, que es de 55,000 plantas por hectárea y cuatro riegos de auxilio. Además, las bellotas aceleraron su madurez, con lo cual se logró eludir el ataque de gusano rosado, debido a que éste “prefiere” bellotas tiernas, así como el ataque de gusano bellotero al final del ciclo. Se redujo también el ciclo del cultivo en 10 días y el rendimiento fue 10% más que el de la siembra de algodón en el sistema tradicional. Todo esto aunado al beneficio adicional del ahorro de una aplicación de insecticida.

Palomo (1983) explica que una estrategia a seguir en el control integrado de plagas del algodón consiste en utilizar variedades que posean

características genéticas de resistencia o tolerancia a las principales plagas en la región (*Heliothis zea*, *Heliothis virescens*, *Pectinophora gossypiella* y *Anthonomus grandis*). Entre las características que confieren cierto grado de resistencia a estas plagas se pueden mencionar: ausencia de nectarios extraflorales, lisura en las partes vegetativas de la planta (tallos, hojas y terminales), brácteas frego, plantas de color rojo y precocidad.

Con el propósito de aportar soluciones a esta problemática, se obtuvo durante 1991 una población base constituida por 105 genotipos (Puente y Palomo, 1992) que conjunta características tales como: altos rendimientos, precocidad, resistencia a enfermedades alta calidad de fibra, porte bajo y características morfológicas que le permitan a la planta evitar o disminuir la oviposición de insectos, el alojamiento o la alimentación. Los progenitores de la población base son producto, en su mayoría, de cruza trilineales, dobles y simples, lo cual les confiere una amplia variabilidad genética y características altamente deseables.

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar muestras de 250 genotipos en cuanto a sus propiedades estadísticas en las variables: rendimiento de algodón en hueso, longitud, resistencia y finura de la fibra de algodón.

MATERIALES Y MÉTODOS

La población base se generó a partir de seis progenitores, como sigue:

Cuadro 1. Material genético progenitor de la población base o fundadora

Progenitor	Características
Adjura	Color rojo, brácteas frego, lisura en partes vegetativas, ausencia de nectarios, tardía.
Cian precoz	Precoz, porte bajo, resistente a <i>Verticillium</i> , hoja pequeña.
Nazas 87	Compacta, alta resistencia a viruela.
Laguna 89	Semiprecoz, resistente a <i>Verticillium</i> , rendidora.
Cian 95	Semiprecoz, alta calidad de fibra.
1756-71-41-3-2	Porte bajo, compacta.

De los seis progenitores iniciales se obtuvo la primera recombinación mediante un cruzamiento dialélico (equivalente al diseño 4 de Griffing), con 15 cruza F_1 posibles; las F_1 autofecundadas no se consideraron, dado que el propósito del dialélico fue sólo la recombinación de progenitores.

La siembra de los progenitores se realizó en abril de 1990 en terrenos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón, Coah. (UAAAN-UL), en dos surcos de 4 m de longitud y distancia entre hileras de 0.90 m, y entre plantas de 0.40 m. La siembra fue espaciada con el propósito de que las plantas expresaran su potencial genético en el tipo de planta. Los cruzamientos se realizaron en un período de cinco semanas desde el 12 de junio al 14 de julio de 1990, por la mañana, de 8:00 a 10:00, período en el que existe la mayor cantidad de flores adecuadas. La polinización se realizó en forma manual emasculando las primeras flores (que presentan más alta probabilidad de amarre de cruza) en botones florales, cuyos pétalos aún están cerrados y el grano de polen está aún inmaduro (coloración no amarilla). Se emasculó la flor y se protegió el estilo y

estigma con un popote de 2.5 cm de largo, cerrado en el extremo superior. Minutos después se colocaron en el interior del popote de 6 a 10 anteras del progenitor masculino, logrando de esta forma la polinización manual. De cada cruce se logró un promedio de 80 % de bellotas amarradas, obteniéndose alrededor de 150 semillas F_1 de cada una de las 15 cruces posibles.

La segunda recombinación (segundo cruzamiento dialélico) se realizó durante 1991 en Tepalcingo, estado de Morelos, en el campo experimental "Dr. Mario E. Castro Gil" de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, sembrándose cada una de las 15 F_1 en 4 surcos de 4 m de longitud, con una distancia entre hileras de 0.90 m y entre plantas de 0.40 m.

Los cruzamientos se realizaron en cuatro semanas comprendidas del 15 de febrero al 15 de marzo de 1991, obteniéndose las 105 cruces posibles, descartándose las F_1 autofecundadas.

Para cada una de las 105 F_1 se realizaron 30 cruzamientos (repeticiones), con un promedio de 75% de amarre de bellotas mezclando las semillas de cada cruce respectiva.

La siembra del material resultante se llevó a cabo en el campo experimental de la UAAAN-UL en abril de 1992, en el que cada una de las 105 F_2 se sembraron en 2 surcos de 4 m de longitud con distancias iguales a las descritas con anterioridad; de estos materiales se seleccionaron 105 plantas, una de cada parcela F_2 , con ramas fructíferas cortas y hojas pequeñas, brácteas fregó y plantas de color

rojo en hojas, tallo y brácteas, libres de *Verticillium dahliae* K. y arquitectura de planta en forma de pino.

Cada una de las 105 plantas seleccionadas aportó 40 semillas, las cuales se mezclaron para sembrarse en el campo experimental de la UAAAN-UL el 25 de marzo de 1996, en 105 parcelas de 2 surcos de 3 m de longitud con una distancia entre hileras de 0.90 m y entre plantas de 0.30 m, con 40 semillas sembradas por parcela, 2 semillas por golpe de siembra, y aclarando a 20 plantas por parcela; de cada parcela se seleccionaron de 2 a 3 plantas dando un total de 250 genotipos con base en características de planta tales como: sanidad respecto a *Verticillium dahliae* K., ramas fructíferas cortas cercanas al tallo principal, sin ramificaciones laterales y hojas pequeñas, arquitectura de planta en forma de pino, con pigmentación roja en haz y envés de pedúnculo y tallo, las cuales fueron cosechadas individualmente. A cada planta se le determinó el rendimiento de algodón hueso (peso en gramos del total de capullos por planta) y las características de calidad de fibra (longitud, resistencia y finura), las cuales se realizaron en el laboratorio de fibras del Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Agrícola Experimental de la Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP).

Procedimientos para determinar la calidad de la fibra

Finura: es el grosor o diámetro de la fibra y el grado de madurez; se determinó mediante el aparato micronaire (Sheffield, Reg. U. S. Pat. off Daytonl, Ohio, U. S. A.), de acuerdo con la clasificación señalada en el Cuadro 2.

Longitud de fibra: se realizó con el fibrógrafo (430 Fibrograph Spinlab Knoxville, Zurich), aparato que mide electrónicamente la característica y se expresa usualmente en pulgadas y milímetros, de acuerdo con la carta de clasificación descrita en el Cuadro 3.

Resistencia del algodón: indica la fuerza que puede soportar una fibra antes de romperse y se determina utilizando el estelómetro (Stelometer model 154 M. Spinlab, Zurich, Switzerland). La característica se expresa en miles de libras por pulgada cuadrada de fibra, utilizando la clasificación del Cuadro 4.

Una planta seleccionada representa un genotipo (condición autógena de la especie), contándose con datos en 249 de los 250 previstos (una muestra fallida). En cada genotipo se practicaron las medidas de rendimiento y las tres características de calidad. Los estadísticos media y desviación estándar se calcularon para cada variable a partir de un conjunto de 249 datos. La información disponible sobre el tipo de acción génica que gobierna a las características de calidad, indica que es de naturaleza dominante (Verhalen y Murray, 1967; 1969; Quisenberry, 1975), aunque algunos investigadores la ubican como aditiva (Miller y Mariani, 1963; Omran *et al.*, 1974; Quisenberry, 1975; El-Feki *et al.*, 1995).

Cuadro 2. Finura de la fibra de algodón

Índice de Micronaire (lectura)	Clasificación
menor de 3.0	muy fina
de 3.0 a 3.9	fina
de 4.0 a 4.9	intermedia
de 5.0 a 5.9	gruesa
mayor de 6.0	muy gruesa

Cuadro 3. Longitud de fibra de algodón

Lectura del fibrógrafo	Pulgadas	Milímetros	Clasificación
95	31/32	24.1	corta
97	31/12	24.6	corta
98	1	24.9	corta
101	1	25.7	corta
102	1 1/32	25.9	intermedia
107	1 1/16	27.2	intermedia
110	1 3/32	27.9	intermedia
113	1 1/8	28.7	larga
116	1 5/32	29.5	larga
119	1 3/16	30.2	larga
122	1 7/32		larga
126	1 1/4	32	larga
129	1 9/32	32.8	larga
132	1 5/16	33.5	larga

Con el propósito de describir mejor el comportamiento de la distribución de frecuencias de las características bajo estudio, se corrieron pruebas de normalidad a través del procedimiento univariado del SAS (SAS Institute,1985); la opción normal genera una prueba estadística para la hipótesis nula acerca de que los datos son una muestra aleatoria de una distribución normal $PROB<W=$ prueba de Shapiro-Wilk o $PROB>D =$ Prueba de Kolmogorov. Se desecha la H_0 cuando el valor es < 0.10 , indicando que los datos no tienen una distribución normal.

Se aplicaron transformaciones a los datos muestrales: raíz cuadrada, angular (arco seno) y logarítmica con el propósito de corroborar si éstas resuelven la falta de normalidad de los datos.

Cuadro 4. Resistencia de la fibra de algodón

Resistencia (miles de lbs/pulgada cuadrada)	Clasificación
más de 95	muy fuertes
86 a 95	fuertes
76 a 85	medias
66 a 75	aceptables
menos de 65	débiles

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento. Las características estadísticas de los datos de esta variable se presentan en el Cuadro 5 (datos originales y transformados en logaritmos de base 10) y en la Fig. 1 (datos originales). En ésta, se puede apreciar que plantas con rendimiento de 49 a 72g representan el 10.5%; de 96 a 164 g el 67%; de 187 a 279 g el 20.5% y aquéllas con rendimiento de 301 a 407g representan sólo el 2% del total de plantas seleccionadas. Estos valores extremos influyeron en la distribución de los datos, provocando un sesgo a la derecha de la distribución de frecuencias, tal como se ubica a partir de la media con valor de 156.17, estadístico más común y usualmente la mejor medida de tendencia central. Esto se corrobora por el valor del momento m_4 (kurtosis de 2.41) de un valor positivo con respecto al coeficiente de kurtosis de una distribución normal; al realizar la prueba de normalidad en estos datos se rechazó la hipótesis nula ya que $\text{Prob} < W=0$, es decir la distribución no es normal.

Cuadro 5. Medidas descriptivas de 249 genotipos de algodónero a través de cuatro características de importancia económica

Estadístico	Rendimiento ¹ (g)		Longitud ² (mm)	Resistencia	Finura
	Orig.	Transf.			
Media	156.17	2.16	28.39	88.94	3.86
Desviación estándar	60.18	0.16	0.83	3.26	0.56
Coef. de variación	38.54	7.43	7.43	3.67	14.40
Error estándar de la media	3.81	0.01	0.05	0.20	0.03
Sezgo (Skewness)	1.26	-0.01	0.08	0.39	0.31
Kurtosis	2.41	7.43	0.71	0.12	0.28
W: Normal	0.92	0.98	0.98	0.96	0.97
Prob < W	0.00	0.52	0.21	0.00	0.00

¹ Rendimiento (algodón - hueso) en datos originales y de transformación logarítmica base 10.

² Longitud, resistencia y finura (de fibra) en datos originales.

La falta de normalidad de la variable rendimiento pudiera deberse a los diversos criterios de selección aplicados al escoger las plantas individuales, en el que se le dio mayor peso al tipo de arquitectura, dejándose a término secundario el peso total de bellotas. La arquitectura incluye forma de planta y tipo de ramas fructíferas; la planta l tipo pino tiene mayor probabilidad de captación de la radiación solar y la planta con ramas fructíferas cercanas al tallo principal, son indicadoras de mayor rendimiento. Perry *et al.*, (1983) encontraron que las tasas fotosintéticas brutas y netas fueron mayores en variedades con mayor carga fructífera, comparada con plantas similares con pocos frutos. Por otra parte, la mayor cantidad de fibra se cosecha de capullos de sitios de ramas fructíferas cercanos al tallo principal (Jenkins *et al.*, 1990; Kerby *et al.*, 1987).

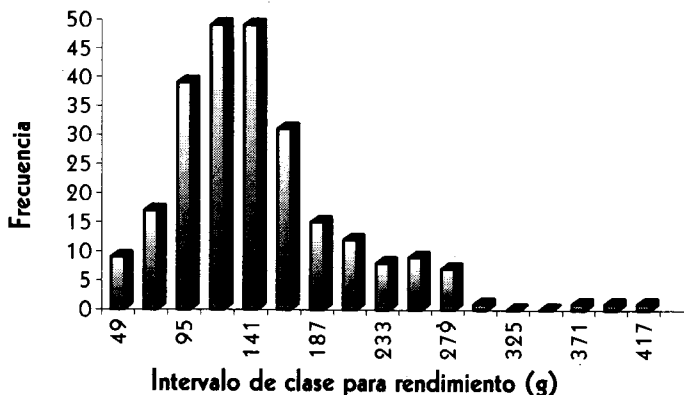


Fig. 1 Histograma de frecuencia para rendimiento de algodón de 249 genotipos seleccionados

Los estadísticos para rendimiento indican una gran dispersión de datos, facilitando la selección inicial de los genotipos, los cuales se representaron por: plantas con estructura en forma de pino y pigmentación roja, ramas fructíferas cortas más cercanas al tallo principal y de hoja pequeña, esto último con la finalidad de llegar a mayor número de plantas por unidad de superficie, lo que permitirá contar con una población mayor, más flores y mayores posibilidades de incrementar rendimientos y reducción del ciclo de cultivo.

Es común que se apliquen transformaciones a datos muestrales que resuelvan su falta de normalidad. Las más comunes son: raíz cuadrada, angular (arco seno) y logarítmica; en el caso de rendimiento, la transformación logarítmica fue la única que propició la normalidad de los datos. Como puede observarse en el Cuadro 5, el CV de los datos originales se ubica entre 20 y 80%, lo que permite

suponer, de acuerdo a los cánones estadísticos, que alguna transformación pudiera influir el comportamiento de los datos hacia normalidad.

Longitud de fibra. La longitud es una de las cualidades más importantes de la fibra, los estadísticos descriptivos de los datos (sólo originales) de esta variable se presentan en el Cuadro 5, su frecuencia en los intervalos de clase en la Fig. 2. Los datos de plantas seleccionadas determinan la distribución de los datos, infringiéndole un ligero sesgo a la derecha de la distribución de frecuencias, lo cual se aprecia al ubicar la media con valor de 28.39; esto es corroborado por el valor del momento m_4 (kurtosis) de 0.71 (Cuadro 5) de un valor positivo con respecto al coeficiente de kurtosis de una distribución normal, es decir los datos presentan una distribución normal!

La población que se caracterizó presenta valores económicos importantes en cuanto a la calidad de la fibra, significando que 74% de genotipos presentan longitud de fibra uniforme, de dimensiones clasificadas como “corta” a “media,” que son las de mayor demanda en el mercado.

Por otra parte, la población incluye 26% de genotipos de fibra larga que son buscadas para producir telas y prendas de vestir de alta calidad aunque con menos demanda en la industria.

El conocimiento de acción génica que gobierna a las variables de calidad, Verhalen y Murray (1967; 1969) indican que es dominante para la longitud fibra. Prado y Palomo (1975) reportan para esta característica el mismo tipo de acción génica. Sin embargo, en otros estudios Miller y Mariani (1963), Omran *et al.*,

(1974), Quisenberry (1975), El-Feki *et al.*, (1995) reportan que para la longitud de fibra predominó la varianza genética aditiva.

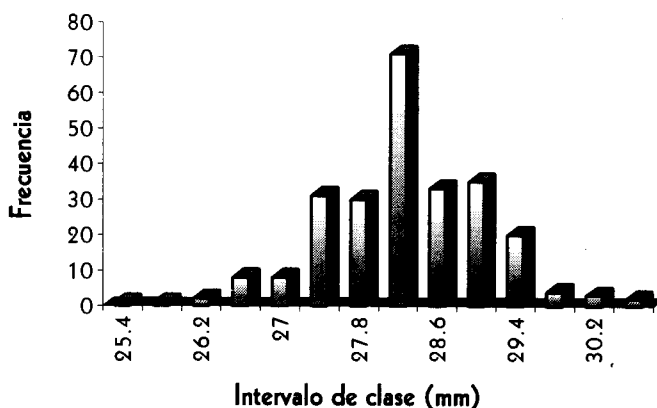


Fig. 2 Histograma de frecuencia para la característica longitud de fibra de 249 genotipos

Bajo este marco teórico se corrió la prueba de normalidad resultando que la Prob. $< W = 0.21$ (Cuadro 5) permite aceptar la hipótesis de normalidad en la distribución de los datos de longitud de fibra, lo cual pudiera ser un indicio de acción génica aditiva en la característica de la población integrada en este trabajo.

Resistencia. La resistencia es una característica muy importante para la industria textil debido a la cada vez más sofisticada maquinaria, cuyo principal componente es la velocidad de trabajo.

Las características estadísticas de los datos (sin transformar) de esta variable se presentan en el Cuadro 5 y cuya distribución de frecuencias se presenta en la Fig. 3.

Aquí puede observarse que 85% del total de los genotipos seleccionados (con base en la clasificación Cuadro 4) presentaron resistencia de 86,000 a 95,000 libras por pulgada cuadrada, lo cual satisface lo requerido por la industria textil que demanda fibras fuertes a muy fuertes.

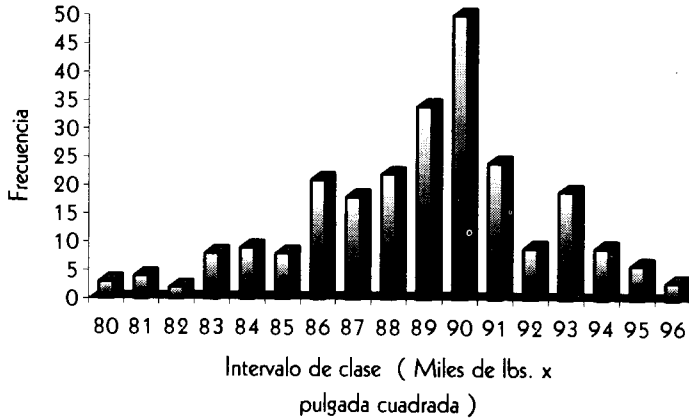


Fig. 3. Histograma de frecuencias resistencia de fibra en 249 genotipos seleccionados de algodón

La prueba de normalidad aplicada rechaza la hipótesis nula sobre distribución normal, indicando un sesgo a la izquierda y aplanamiento de la curva muy notoria. Ninguna de las transformaciones corrigió el caso anormal de esta variable.

Esta característica estadística tiene concordancia con el tipo de acción génica que Verhalen y Murray (1967; 1969) indican como dominante para la

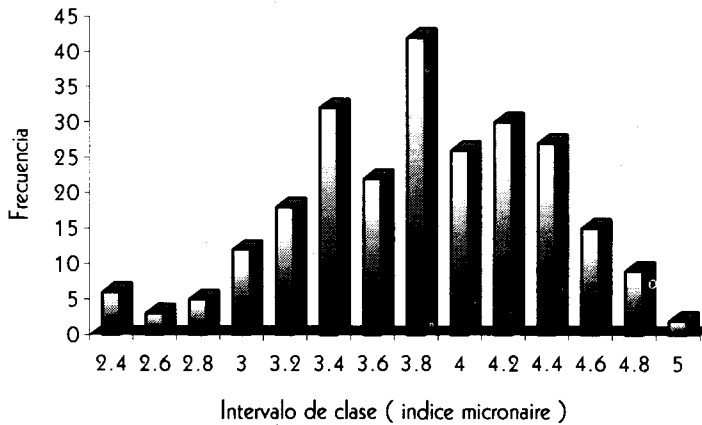


Fig. 4. Histograma de frecuencias finura en 249 genotipos seleccionados de algodónero

El valor del coeficiente de variación para estos datos viene a corroborar el caso de que si el CV es menor de 20 o superior de 80, será improbable que alguna de las transformaciones aplicadas pudiera ajustar los datos hacia una distribución normal.

CONCLUSIONES

Los 249 genotipos seleccionados presentaron una amplia variabilidad fenotípica para las características rendimiento en hueso y calidad de fibra (longitud, resistencia y finura) lo cual permite proyectar la viabilidad de generar nuevos materiales (variedades, híbridos) que superen a los actuales.

Las pruebas de normalidad en el conjunto de 249 genotipos indican que esta propiedad está presente en rendimiento (transformación logarítmica) y en longitud de fibra (mm); ninguna transformación aplicada a los datos de resistencia y finura de fibras presentaron indicios de normalidad, lo cual es concordante con el tipo de acción génica dominante que se ha encontrado para estas variables.

LITERATURA CITADA

- El-Feki, T. A., F. B. Abdel-Razik, M. A. M. Ghorab and G. M. L. Emam. 1995. Heterosis and combining ability in top crosses of cotton. Proceeding Beltwide. Cotton Production Research Conference: 588-590.
- Jenkins, J. N., J. C. McCarty and W. L. Parrot 1990. Effectiveness of fruiting sites in cotton Yield. *Crop Sci.* 30:365-369.
- Kerby, T. A., M. Keeley and S. Johnson 1987. Growth and development of acala cotton Bull. Calif. Agric. Exp. Stn. 1921.
- Miller, P. A and B. A. Mariani. 1963. Heterosis and combining ability in diallel crosses of upland cotton *Gossypium hirsutum* L. *Crop Sci* 3:441-444.
- Nava C., U. 1980. Combate de plagas en altas poblaciones de algodonoero Resúmenes día del algodonoero. CAELALA-CIAN--INIFAP. SARH. Torreón, Coahuila, México. pp: 15-20.

- Omran, A. O., A. E. El-ganayni and H. Galal. 1974. Heterosis and combining ability in crosses between *Gossypium hirsutum* and *Gossypium barbadense*. Proceeding Beltwide Cotton Production Research Conference pp: 192-209.
- Palomo G., A. 1983. Características genéticas de resistencia a plagas del algodón. Seminario Técnico Vol. 8 (8) CAELALA CIAN-INIFAP-SARH, Torreón, Coahuila, México.
- Palomo G., A. y R. Prado M. 1975. Estimación de parámetros genéticos y su uso en el mejoramiento genético del algodón. Seminario Técnico Vol. 2 (7) CAELALA CIAN-INIFAP-SARH. Torreón, Coahuila, México.
- Perry, S.W., D.R. Kreig and R.B. Hutmacher. 1983. Photosynthetic rate control in cotton. Photorespiration. *Plant Physiol.* 73: 662-665.
- Puente M., J. L. y A. Palomo G. 1992. Formación de una población base de algodón mediante cruzamientos dialélicos a partir de germoplasma de amplia base genética. p.p 473. XIV Congreso Nacional de Fitogenética, Sociedad Mexicana de Fitogenética, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 4 - 9 Octubre, 1992. (Resumen).
- Quirarte R., H. y J. A. Bordallo N. 1975. Efecto del número de riegos de auxilio, población de plantas y fertilización nitrogenada con combate químico de plagas sobre la fenología del algodón en San Pedro, Coah. p. 1308-1345. Informe de investigación Agrícola en la Comarca Lagunera. Instituto nacional de Investigaciones Agrícolas, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México.

- Quisenberry, J. E. 1977. Inheritance of plant height in cotton II. Diallel analyses of six semidwarf strains. *Crop Sci.* 17 (3):347-350.
- SAS Institute. 1985. SAS user's guide. Statistics. 5th ed. Sas Inst., Cary, NC.
- Snedecor, W. G. y G. W. Cochran. 1989. *Statistical Methods*, 8th edition, The Iowa State University Press. Ames, Iowa. U.S.A.
- Tovar H. S. 1980. Análisis económico del nuevo sistema de producción de algodón con altas poblaciones y tres riegos de auxilio. Resúmenes día del algodonoero. CAELALA-CIAN-SARH. pp. 21-25. Torreón, Coahuila, México.
- Verhalen, L. M. and J. C. Murray. 1967. A diallel analysis of several fiber property traits in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L) *Crop Sci.* 7:501-505.
- _____. 1969. A diallel analysis of several fiber property traits in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) *Ibid.* 9:311-315.

**EFECTO DEL ACOLCHADO PLÁSTICO EN LA TEMPERATURA
SUPERFICIAL DEL SUELO Y SU RELACIÓN CON EL
DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MELÓN**

**Plastic mulch effect on soil temperature and its relationships
to the growth and yield of muskmelon**

Rafael Martínez Flores¹ Alejandro Zermeño González², Juan P. Munguía López³

¹ Tesista MC Departamento de Riego y Drenaje. UAAAN.
Buenavista, Saltillo, Coah. CP 25315

² Departamento de Riego y Drenaje, UAAAN.

³ Centro de Investigación en Química Aplicada. Saltillo, Coahuila

RESUMEN

Se evaluó el efecto de cuatro películas plásticas en la temperatura del suelo y su relación con el desarrollo y rendimiento del cultivo de melón. Las películas plásticas evaluadas fueron: polietileno negro de 37.5 y 20 μm , polietileno transparente de 37.5 y 20 μm . Como testigo, se manejó un tratamiento sin acolchado plástico. El efecto se estudió bajo dos condiciones de humedad del suelo, 40 y 60 % de consumo de la humedad aprovechable. Para el análisis estadístico, se utilizó un diseño experimental de bloques al azar en parcelas divididas. La temperatura del suelo se midió a 25, 50 y 100 mm de profundidad, utilizando termopares de cobre-constantan. Las mediciones se realizaron a un intervalo de 10 segundos y promedios de 30 minutos. Los resultados de este estudio indicaron que el polietileno transparente de 20 y 37.5 μm induce las temperaturas promedio del suelo más altas en los dos contenidos de humedad, seguido por los polietilenos negros y los testigos. Para el 40 % de consumo de humedad del suelo, el mayor rendimiento de frutos (75.8 t ha⁻¹) se observó con el polietileno negro de 20 μm , siendo 98% mayor que el testigo, mientras que para el 60% de consumo de humedad del suelo, el mayor rendimiento de frutos (66.6 t ha⁻¹) se observó en el polietileno negro de 37.5 μm , siendo 84% mayor que el testigo al mismo contenido de humedad.

Palabras clave: melón, abatimiento, humedad del suelo, acolchado, plástico, polietileno, temperaturas del suelo, perfil del suelo. *Cucumis melo* L.

ABSTRACT

The effect of four different plastic films on the soil temperature and its relations hip to the growth and yield of muskmelon crop were evaluated. The plastic films studied were: black polyethylene of 37.5 and 20 μm , clear polyethylene of 37.5 and 20 μm . As a control, a treatment with no plastic film was included. The plastic films were evaluated at 40% and 60% of soil water availability. A randomized block with subdivided plots was adapted as the experimental design. The soil temperature was measured at soil depths of 25, 50 and 100 mm, using copper-constantan thermocouples. The measurements were scanned every 10 seconds and averaged every 30 minutes. The results of this study indicated that the average soil temperature at the three depths was higher under the clear polyethylene of 37.5 and 20 μm , followed by the black polyethylene and the controls. At the 40% of soil water availability, the highest fruit yield (75.88 t ha⁻¹) was observed under the black polyethylene of 20 μm , which was 98% higher than the control, while for the 60% of soil water availability, the highest fruit yield (66.61 t ha⁻¹) was observed under the black polyethylene of 37.5 μm , which was 84% higher than the control at the same soil water availability.

Key words: muskmelon, depletion, plastic mulch, soil temperature, soil profile, polyethylene, water availability, *Cucumis melo* L.

INTRODUCCIÓN

Por la gran demanda de mano de obra para el establecimiento, desarrollo y cosecha, así como por su valor tanto en los mercados nacionales como de exportación, el melón (*Cucumis melo* L.) es una de las hortalizas más importantes de México. Este cultivo se desarrolla en climas templados y es una planta que requiere grandes cantidades de agua para su desarrollo. En la región norte de México, su producción se ve afectada por los factores climáticos adversos de las zonas áridas como son las bajas temperaturas al amanecer y la escasez de agua que caracteriza a estas regiones.

El uso de los acolchados plásticos en la producción de hortalizas se ha incrementado considerablemente en los últimos años. Esto se debe a que con el uso de las cubiertas plásticas se induce una precocidad al cultivo, se incrementan los rendimientos, se mejora la calidad de la cosecha y se mejora la eficiencia del uso del agua. Estas ventajas se deben a que los acolchados plásticos reducen la incidencia de plagas y enfermedades, eliminan en gran proporción la incidencia de malezas, incrementan la temperatura del perfil superior del suelo donde se desarrollan las raíces, y se reduce considerablemente la evaporación de la superficie del suelo (Hopen, 1965; Lamont, 1993).

Los acolchados plásticos afectan principalmente el microclima de la superficie del suelo por su efecto en el balance de radiación y la eliminación de evaporación en la superficie. (Liakatas *et al.*, 1986; Tanner, 1974). Estos factores

afectan considerablemente la temperatura del perfil superior del suelo lo cual tiene efecto en el crecimiento y productividad de las plantas. Trabajos anteriores han demostrado que la precocidad, rendimiento y calidad de ciertos cultivos pueden ser aumentados sólo por las temperaturas y aspectos de humedad que proporcionan los acolchados plásticos (Bhella, 1988; Maiero *et al.*, 1987; Wien y Minotti., 1988).

La mayoría de las investigaciones realizadas hasta la fecha han medido la temperatura del suelo en forma discreta a intervalos de tiempo de una hora o mayores. Esto puede resultar en sesgos de consideración en las determinaciones de las temperaturas extremas o las temperaturas medias. Por consiguiente, se requieren más investigaciones para tener un mejor conocimiento del efecto de los acolchados plásticos en la temperatura del perfil superficial del suelo y su relación con el desarrollo y rendimiento de los cultivos. El objetivo de este estudio fue analizar el efecto de cuatro películas plásticas, de diferente espesor y color, en la temperatura del perfil superior del suelo bajo dos niveles de humedad y su relación con el desarrollo y rendimiento del cultivo de melón.

MATERIALES Y MÉTODOS

Establecimiento del experimento

La investigación se realizó en el campo agrícola experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), localizado al noreste de Saltillo, Coahuila, con coordenadas geográficas de 25° 27' de latitud norte y 101° 02' de

longitud oeste del Meridiano de Greenwich, con una altitud de 1610 m. Se estableció un lote experimental de una superficie de 2250 m² con riego por goteo. Se trazaron camas meloneras de 1.8 m de ancho por 8.0 m de largo.

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar en parcelas divididas con 10 tratamientos y cuatro repeticiones. Como factor A, se manejaron dos abatimientos de la humedad aprovechable del suelo (40 y 60%) a una profundidad de 40 cm. El factor B consistió en cuatro películas plásticas y el testigo. Las películas evaluadas fueron: 1) polietileno negro de 37.5 micras de espesor (PN de 37.5 µm); 2) polietileno negro de 20 micras de espesor (PN de 20 µm); 3) polietileno transparente de 37.5 micras de espesor (PT de 37.5 µm); 4) polietileno transparente de 20 micras de espesor (PT de 20 µm) y sin acolchado (testigo). Cada tratamiento en estudio consistió de tres camas meloneras.

Para la fertilización se utilizó la dosis 120-60-60 kg/ha de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente, utilizando como fuente de fertilizante urea y triple 17. Todo el fertilizante se aplicó en forma manual antes de la siembra. El sistema de riego utilizado consistió en cintas de riego de la marca T-Tape (modelo 508-20-250-2300 m), con goteros espaciados a 20 cm y un gasto de 250 lph por cada 100 metros de cinta. Las cintas de riego se colocaron por debajo del acolchado en el centro de las camas. El acolchado se realizó en forma manual antes de siembra. Éste se realizó cubriendo en forma total las camas para cubrir dos hileras de plantas sobre la cama. La siembra se realizó el 15 de mayo de 1996. La variedad utilizada fue el híbrido Cruiser F1 y se sembró sobre las camas a doble hilera con un marco de plantación de

60 cm entre hileras y 35 cm entre plantas, resultando en una población de 32,000 plantas por hectárea.

Equipo y toma de datos

Al punto medio de la cama central de cada tratamiento se enterró tubo de aluminio de 2 pulgadas de diámetro y 1.5 m de largo para el acceso de la sonda radioactiva del aspersor de neutrones (503 DR. Hydroprobe Moisture Dept Gauge, CPN), para llevar el control de los riegos a los dos abatimientos.

Para medir las temperaturas del suelo, en la parte Este del lote experimental, se establecieron 10 camas meloneras de 1.8 m x 5 m, en las que se distribuyeron los 10 tratamientos. Las condiciones de manejo fueron iguales a las del área experimental grande. Se midieron las temperaturas del suelo a 25, 50 y 100 mm de profundidad en cada tratamiento, usando 30 termopares de cobre-constantan. Los termopares se conectaron a un registrador modelo 21X (Campbell Scientific Inc.) y a un amplificador de 25 canales. El registrador se programó para tomar lecturas a una frecuencia de 10 segundos y hacer promedios de 30 minutos, las mediciones se realizaron en forma continua durante todo el ciclo de desarrollo del cultivo.

También se realizaron mediciones periódicas del crecimiento de la planta como: longitud de guías, materia seca e índice de área foliar, al final del ciclo del cultivo se obtuvo el rendimiento de frutos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las curvas de las temperaturas del suelo a 25, 50 y 100 mm de profundidad a los primeros 10 días después de siembra, medidos al 40 y 60 % de abatimiento de la humedad aprovechable, en los diferentes tratamientos, se muestran en las figuras 1 y 2. Para el 40% de consumo de la humedad del suelo (figura 1) los máximos valores de temperatura del suelo en las tres profundidades se observan bajo el PT de 37.5 μm , seguido por el PT de 20 μm , PN de 37.5 μm , PN de 20 μm y finalmente, el tratamiento sin acolchado. Para el 60% de consumo de la humedad del suelo (figura 2), las temperaturas máximas del suelo se observaron en el PT de 37.5 μm , seguido por el PT de 20 μm , PN de 37.5 μm , PN de 20 μm y finalmente el tratamiento sin acolchado plástico.

Nótese también que no se observan diferencias apreciables de temperaturas en los diferentes tratamientos entre el 40 y 60% de humedad del suelo, esto sugiere que esta diferencia en contenido de humedad no tiene un efecto apreciable en la temperatura del suelo.

Las fluctuaciones más altas de temperatura se registran a 25 mm de profundidad, esto significa que a esta profundidad se presentan las temperaturas mayor y menor del suelo. El rango de fluctuaciones disminuye con la profundidad, eso se observa en los dos contenidos de humedad.

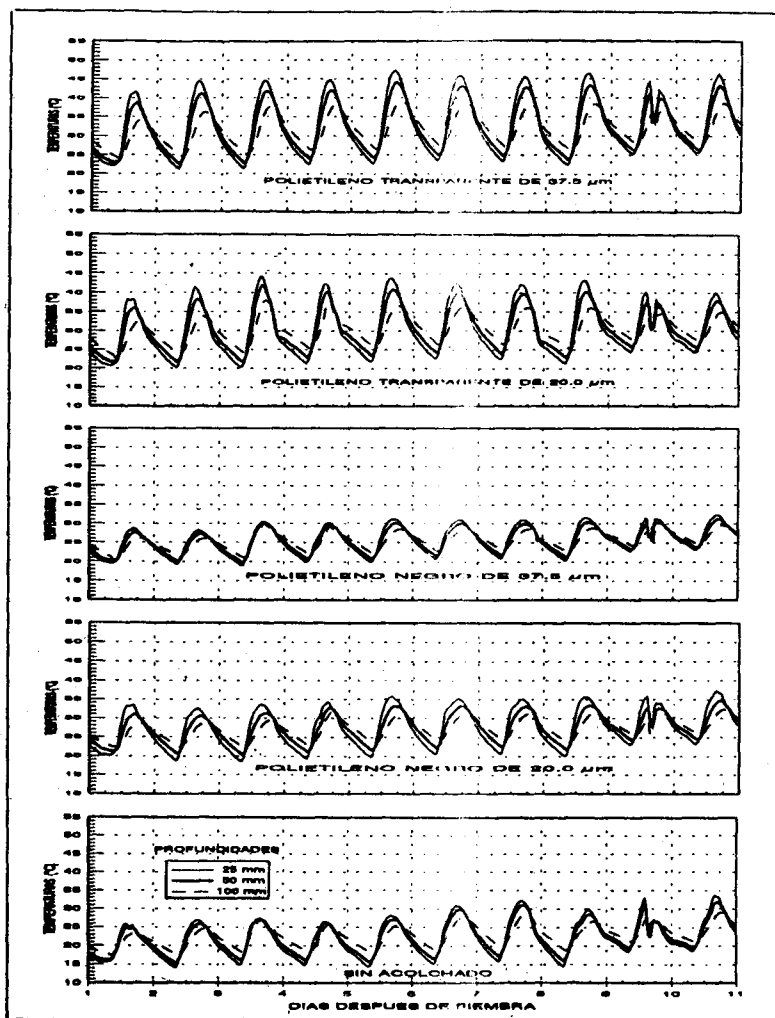


Fig. 1. Temperatura del suelo a 25, 50 y 100 mm de profundidad con diferentes películas plásticas a los primeros 10 días después de la siembra con riegos aplicados al 40% de consumo de la humedad aprovechable.

Las máximas temperaturas se presentan aproximadamente a las 15 hr de cada día (picos máximos), a esta hora, las temperaturas más altas ocurren a 25 mm de profundidad, con una temperatura menor a 50 mm; y finalmente, la más baja a 100 mm de profundidad. Esto indica que a estas horas, el flujo de calor es desde la superficie hacia el interior del suelo (almacenamiento de calor), mientras que las máximas depresiones ocurren aproximadamente a las 7 de la mañana de cada día. A esta hora se registra una inversión de temperatura, ya que la temperatura más alta ocurre a 100 mm y la más baja a 50 mm. Esto indica que el flujo de calor es desde el interior del suelo hacia la superficie (pérdida de calor). Este comportamiento se observa en los 5 tratamientos de los dos contenidos de humedad.

Para el período de tiempo de 40 a 50 días después de siembra (figuras 3 y 4) se detectó que las amplitudes de las curvas de temperaturas disminuyen considerablemente en las diferentes profundidades y películas plásticas. Esto se debe a que, para este tiempo, el cultivo ya ha cubierto la mayor parte de las camas meloneras y logra penetrar poca radiación hasta la superficie del suelo o películas plásticas. También se observó que las diferencias en amplitud entre las curvas de temperatura del suelo bajo las cubiertas plásticas y el tratamiento sin cubierta fueron mínimas para ambos contenidos de humedad del suelo y que las diferencias en temperatura entre las tres profundidades también se reducen considerablemente en todos los tratamientos en los dos contenidos de humedad.

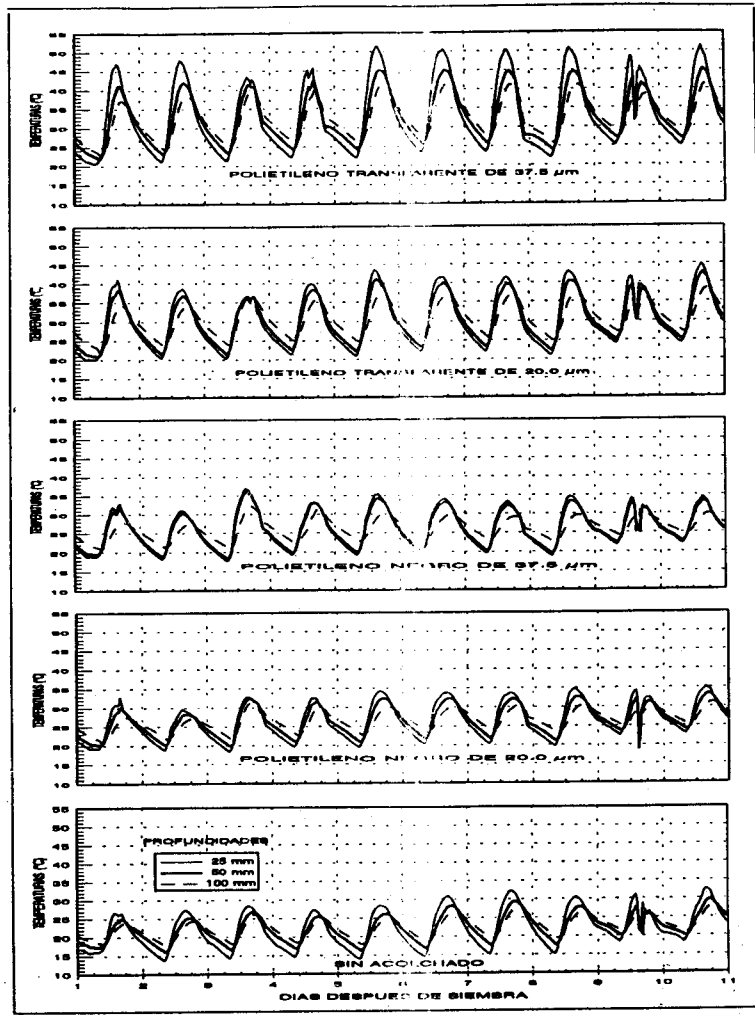


Fig. 2. Temperatura del suelo a 25, 50 y 100 mm de profundidad con diferentes películas plásticas a los primeros 10 días después de la siembra con riegos aplicados al 60% de consumo de la humedad aprovechable

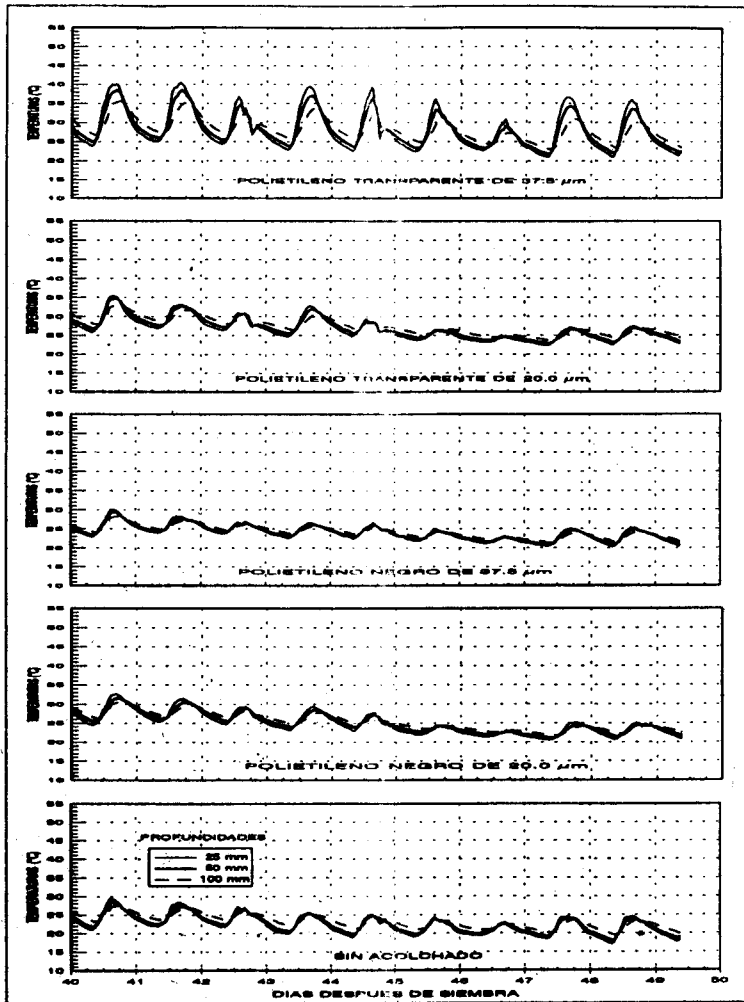


Fig. 3. Temperatura del suelo a 25, 50 y 100 mm de profundidad con diferentes películas plásticas de los 40-50 días después de la siembra con riegos aplicados al 40% de consumo de humedad aprovechable

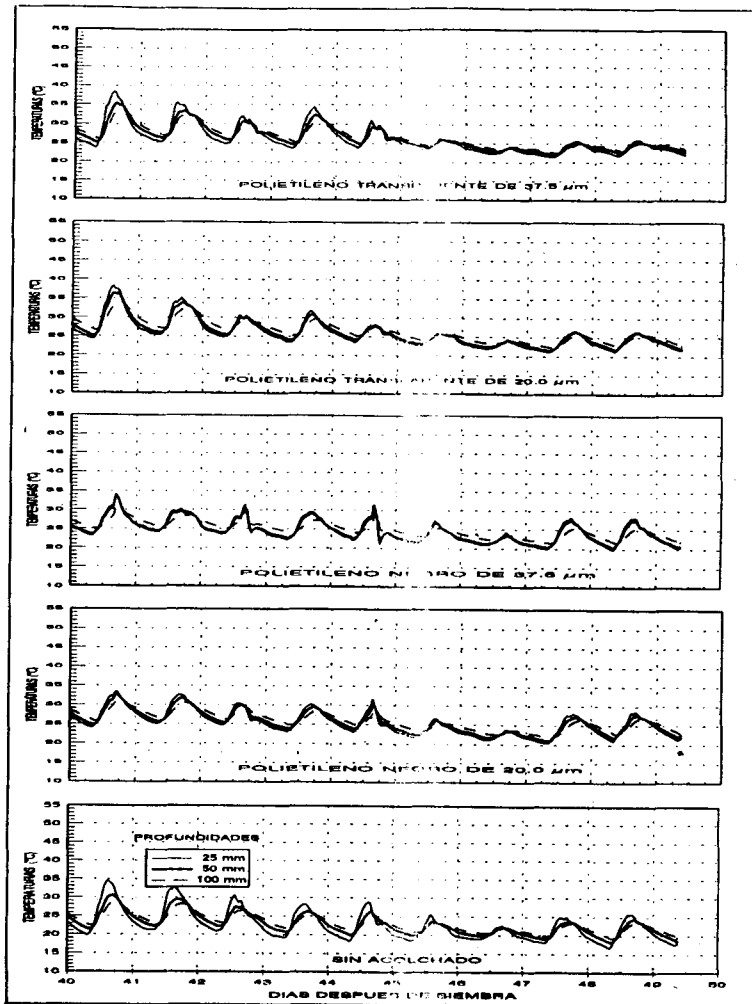


Fig. 4. Temperatura del suelo a 25, 50 y 100 mm de profundidad con diferentes películas plásticas de los 40-50 días después de la siembra con riegos aplicados al 60% de consumo de humedad aprovechable

El Cuadro 1 muestra los valores de la temperatura promedio del suelo y la desviación estándar en los primeros 10 días después de siembra, en las tres profundidades y las diferentes películas plásticas en los dos contenidos de humedad. Note que a 25 mm de profundidad la desviación estándar (S_x) es mayor en las diferentes películas plásticas para los dos contenidos de humedad. Asimismo, que la mayor S_x se registra al 60% de consumo de la humedad del suelo en el polietileno transparente de 37.5 μm . Por su parte, la S_x disminuye con profundidad en los diferentes tratamientos en los dos contenidos de humedad. Esto nuevamente indica que las máximas amplitudes de temperatura se observan cerca de la superficie. También se aprecian muy pequeñas diferencias en los valores de la temperatura media de las tres profundidades en las diferentes películas plásticas a los dos contenidos de humedad. Las temperaturas medias del suelo bajo las diferentes películas plásticas son mayores que las observadas en el tratamiento sin cubierta plástica. El PT de 37.5 μm (mayor espesor) induce una temperatura al suelo ligeramente mayor que el PT de 20 μm (menor espesor), mientras que el PN de 20 μm (menor espesor) induce una temperatura al suelo ligeramente mayor que el PN de 37.5 μm (mayor espesor).

Cuadro 1. Temperaturas medias del suelo y desviaciones estándar a 25, 50 y 100 mm de profundidad con diferentes películas plásticas en los primeros 10 días después de siembra, para riegos aplicados al 40 y 60 % de consumo de la humedad aprovechable del suelo.

TRATAMIENTOS	PROFUNDIDAD (mm)	Media.	40% Sx	60% Media	Sx
PT de 37.5 μm	25	32.63	7.56	33.32	9.01
	50	32.26	6.14	32.74	6.49
	100	31.64	3.97	32.46	4.48
PT de 20 μm	25	30.33	6.76	30.27	6.79
	50	30.36	5.39	30.31	5.75
	100	30.23	3.56	30.44	3.96
PN de 37.5 μm	25	25.58	3.56	26.17	4.96
	50	25.55	3.03	26.15	4.45
	100	25.51	2.22	26.08	2.60
PN de 20 μm	25	26.30	5.07	27.42	4.60
	50	26.37	3.78	27.34	3.65
	100	26.43	2.65	27.18	2.58
SIN ACOLCHADO	25	21.95	4.92	21.98	4.83
	50	22.17	4.12	22.19	3.40
	100	22.43	2.56	22.62	2.85

El Cuadro 2 muestra los mismos valores promedio de temperatura del suelo y desviación estándar para el intervalo de tiempo comprendido entre los 40 y 50 días después de siembra. Los valores de temperatura media y Sx son menores en este intervalo de tiempo. También se observa que los valores máximos de Sx se presentan a los 25 mm y que ésta decrece con profundidad en los diferentes tratamientos. Es importante notar que en este intervalo de tiempo, la temperatura media del suelo a 100 mm de profundidad es ligeramente mayor que la temperatura a profundidades

menores para la mayoría de los tratamientos en los dos contenidos de humedad. En este periodo de tiempo, el plástico transparente de mayor espesor induce al suelo una temperatura ligeramente mayor que el de menor espesor, mientras que el plástico negro de menor espesor induce una temperatura ligeramente mayor que el de mayor espesor. La temperatura media del perfil del suelo, bajo los tratamientos con películas plásticas, es mayor que el perfil de temperatura sin acolchado plástico.

Cuadro 2. Temperaturas medias del suelo y desviación estándar a 25, 50 y 100 mm de profundidad en diferentes películas plásticas de los 40 a 50 días después de siembra, para riegos aplicados al 40% y 60% de consumo de la humedad aprovechable del suelo.

TRATAMIENTOS	PROFUNDIDAD (mm)	40%		60%	
		Media	Sx	Media	Sx
PT de 37.5 μ m	25	28.26	5.19	26.10	3.61
	50	28.16	4.21	26.35	2.98
	100	28.23	2.94	26.62	2.68
PT de 20.0 μ m	25	25.76	3.42	26.58	2.91
	50	26.01	3.09	26.89	2.69
	100	26.49	2.62	27.39	2.31
PN de 37.5 μ m	25	23.93	2.03	24.54	2.85
	50	24.01	1.84	24.60	2.61
	100	24.23	1.58	25.02	1.43
PN de 20.0 μ m	25	24.82	2.88	25.36	2.98
	50	25.05	2.60	25.56	2.63
	100	25.36	2.34	25.89	1.19
SIN ACOLCHADO	25	22.21	2.63	22.60	3.73
	50	22.46	2.26	22.85	2.65
	100	23.12	1.86	23.14	2.14

Para evaluar el efecto del acolchado plástico en el desarrollo - rendimiento del cultivo se realizaron mediciones de índice de área foliar, materia seca y longitud de guías a diferentes tiempos después de siembra, además de evaluar el rendimiento de fruto total (Cuadro 3.) No se observaron diferencias significativas entre niveles de humedad del suelo en todas las variables evaluadas. Por el contrario, sí se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con películas plásticas y el tratamiento sin acolchado para todas las variables evaluadas. El mayor rendimiento de fruto, al 40% de consumo de la humedad del suelo, se observó en el polietileno negro de 20 μm con un valor de 75.87 t ha⁻¹, mientras que al 60% de consumo el rendimiento mayor se observó en el polietileno negro de 37.5 μm con un valor de 66.61 t ha⁻¹. La temperatura del suelo bajo las películas de polietileno negro de los dos espesores en los dos niveles de humedad del suelo se mantuvo entre 25 y 27 °C en los primeros 10 días después de siembra (Cuadro 1) y entre 24 y 26 °C en el intervalo de tiempo de 40 a 50 días después de siembra (Cuadro 2); estos rangos de temperatura son menores que los observados en las películas de polietileno transparente y mayores que los observados sin cubierta plástica. Estos resultados indican que las películas de polietileno negro proporcionan un rango adecuado de temperatura en el perfil superior del suelo que favorecen un mayor rendimiento del cultivo.

Cuadro 3. Datos de índice de área foliar (IAF), materia seca (MS), longitud de guías (LG) y rendimiento de fruto total del cultivo de melón.

TRATAMIENTOS	DÍAS 68 IAF	DESPUÉS DE 79 MS (gr)	SIEMBRA 80 LG (m)	RENDIMIENTO DE FRUTO (t ha ⁻¹)
40% de humedad				
PN de 37.5 μm	3.66	251.79	22.24	67.81
PN de 20.0 μm	4.68	192.96	24.6	75.88
PT de 37.5 μm	3.49	128.68	15.75	68.78
PT de 20.0 μm	4.99	228.55	19.23	65.37
Sin acolchado	2.28	106.96	9.69	38.29
60% de humedad				
PN de 37.5 μm	3.16	200.83	22.14	66.61
PN de 20.0 μm	3.35	158.83	22.56	53.66
PT de 37.5 μm	2.50	128.03	15.49	62.12
PT de 20.0 μm	3.70	188.94	17.47	56.37
Sin Acolchado	2.11	98.59	9.22	36.21
Significancia				
Abatimientos	NS	NS	NS	NS
Tratamientos	**	*	**	**

** . Altamente significativo al 1% de probabilidad

* . Significativo al 50 % de probabilidad

NS. No significativo

CONCLUSIONES

Se registraron mayores amplitudes de las curvas de temperatura al 60% de abatimiento de humedad del suelo. Las temperaturas del perfil del suelo analizado fueron mayores bajo las películas plásticas transparentes que bajo las películas de plástico negro. En las películas de polietileno transparentes se observó que a mayor

espesor de la película, mayor es la temperatura promedio del suelo. Sin embargo, en las películas de polietileno negro se advirtió lo contrario, ya que a mayor espesor menor fue la temperatura promedio del suelo.

No se percataron diferencias significativas en las variables del desarrollo y rendimiento entre los dos abatimientos de humedad del suelo; sin embargo, hubo diferencias significativas en estas mismas variables entre las películas plásticas y el tratamiento sin acolchado plástico. Para el 40% de consumo de la humedad el suelo, el rendimiento mayor se observó en la película de polietileno negro de 20 μm , mientras que para el 60% de consumo, el rendimiento mayor se observó en polietileno negro de 37.5 μm

LITERATURA CITADA

- Bhella, H. S. 1988. Tomato response to trickle irrigation and black polyethylene mulch. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113:543-546.
- Hopen, H. J. 1965. Effects of black and transparent polyethylene mulches on soil temperature, sweet corn growth and maturity in a cool growing season: Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 86:415-423.
- Lamont, W. J. 1993. Plastic mulches for the production of vegetable crops. Hort. Technology. Jan/Mar. 3(1). P. 35-38.

- Liakatas, A., Clark, J. A. and Monteith, J. L. 1986. Measurement of the heat balance under plastic mulches. Part I. Radiation balance and soil heat flux. *Agric. For. Meteorol.*, 36:227-239.
- Maiero, M., F. D. Schales and T. J. Ng. 1987. Genotype and plastic mulch effects on earliness, fruit, characteristics, and yield in muskmelon. *Hort. Sci.* 22(5):945-946.
- Tanner, C. B. 1974. Microclimatic modification: basic concepts. *Hort. Sci.* 9:555-560.
- Wien H. C. and P. L. Minotti. 1988. Increasing yield of tomatoes with plastic mulch and apex removal. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113:342-347.

EFICIENCIA RELATIVA DE DOS MÉTODOS DE ANÁLISIS DIALÉLICO EN TRIGO¹

Relative efficiency of two methods for diallel analysis in wheat

Gaspar Martínez Zambrano², Paulino Palacios Demetrio³, y Modesto Colín Rico⁴

^{2,4} Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro,
Buenavista, Saltillo, 25315, Coahuila, México

³ Estudiante pregraduado. Departamento de Fitomejoramiento. UAAAN
Buenavista, Saltillo, Coah. CP 25315

¹ Parte de la tesis profesional del segundo autor

² Autor responsable, correo electrónico: gmartin@uaaan.mx

RESUMEN

Con el objeto de comparar la precisión de dos métodos de análisis de cruzas dialélicas, a saber, Método II de Griffing incluyendo una vez cada progenitor (Método G56) e incluyéndolos n-1 veces (Método M68), se evaluaron cinco líneas uniformes de trigo panadero y sus 10 cruzas F_1 posibles. Los resultados mostraron que el método M68 tuvo consistentemente menor precisión experimental para todas las variables analizadas, en cambio el método G56 estimó valores de varianzas genéticas de mayor magnitud; sin embargo, ambos métodos asignaron valores genéticos relativos de ACG similarmente a los mismos materiales.

Palabras Clave: Trigo panadero, *Triticum aestivum*, cruzas dialélicas, varianza aditiva.

ABSTRACT

In order to compare two methods for analysing diallel crosses, namely: Griffing method II with F_1 's plus parents only once (Method G56), and Griffing method II with F_1 's plus n-1 times each parent (Method M68), five true breeding bread wheat lines and their 10 F_1 's possible crosses were evaluated. M68 method had consistently lower experimental precision for all the characters analyzed; on the other hand, G56 method estimated genetic variances of lower values. However, both methods assigned GCA relative effects likewise to the same entries.

Key words: Bread wheat, *Triticum aestivum*, diallel crosses, additive variance.

INTRODUCCIÓN

ZAMBRANO

El potencial de un progenitor para producir progenies de alto valor genético, de las cuales se deriven líneas de alto rendimiento y buen tipo agronómico, depende ante todo de su potencial genético y de su capacidad para transmitirlo a su descendencia. Este potencial debe ser apropiadamente evaluado, con el fin de hacer un plan eficiente de cruzamientos.

El análisis de cruzas dialélicas es un método muy popular entre los mejoradores de autógamias para estimar la aptitud combinatoria de las líneas potencialmente aprovechables como progenitores en sus planes de cruzamiento (Virmani y Edwards, 1983). Los conceptos de aptitud combinatoria general y específica fueron definidos por Sprague y Tatum (1942). Griffing (1956) desarrolló cuatro diferentes métodos experimentales para analizar las cruzas dialélicas entre n progenitores y posteriormente, Molina (1968) desarrolló una extensión del método II de Griffing para incluir $n-1$ veces cada progenitor por repetición, con la intención de incrementar la precisión experimental de la evaluación de campo (Escobar, 1970).

Por lo anterior, se realizó la presente investigación con el propósito de comparar los métodos II de Griffing (1956) y la extensión de Molina (1968), en cuanto a su precisión experimental y su eficiencia para asignar valores genéticos de ACG y ACE a los materiales evaluados, bajo la hipótesis de que la inclusión de los progenitores más de una vez en la evaluación de campo, no incrementa la

eficiencia experimental o la eficiencia para calificar genéticamente los progenitores usados en la producción de las cruzas dialélicas

MATERIALES Y MÉTODOS

El material de prueba fueron cinco líneas uniformes de trigo panadero (Cuadro 1), derivadas de familias F_2 masa proporcionadas por el CIMMYT a la UAAAN; así como sus 10 progenies F_1 posibles en un solo sentido entre ellas. Las progenies se evaluaron con sus progenitores a cada lado, de tal forma que estos se incluyeron, en cada repetición, tantas veces como participaron en los cruzamientos dialélicos (extensión de Molina, 1968); y con sus progenitores incluidos una vez por repetición (método II de Griffing, 1956). Ambos métodos serán referidos, en adelante, como método M68 y método G56, respectivamente.

La evaluación se realizó durante 1987 y 1988 en el Campo Experimental Navidad y en el Campo sede de la UAAAN, bajo condiciones de riego. La parcela experimental estuvo formada por dos surcos de 3 m de longitud, con plantas a una densidad de 100 k ha^{-1} , bajo un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones. Se tomaron mediciones del rendimiento de grano por planta (RG), longitud de espiga (LE), peso de mil granos (PMG), días a espigamiento (DE) y altura de planta (AP). Los análisis estadísticos se realizaron como lo indicaron Griffing (1956) y Escobar (1970), usando medias de entrada a través de experimentos y repeticiones.

Cuadro 1. Genealogía de las líneas uniformes usadas como progenitores para producir las cruas dialélicas.

Progenitor	Genealogía	Clave AN
1	Tzpp/HD866/3/Inia/20350//JsyG/4/PusHal//Cno/Nte66	AN-6-77
2	Inia/Cno"S"//Ca/3/BB#2 Resel	An-4-77
3	Tilumpton 363.3/Cha #2//Bjy"S"	An-103-79
4	Rsh/3/Mta/Ky//My58	AN-18-76
5	Cno"S"/Rq71"S"/4/Npp/3/Cno"S"//LR64/So	AN-107-77

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis dialélico (Cuadro 2) mediante el método G56 mostró diferencias estadísticamente importantes ($p < 0.05$) de la ACG para RG, PMG, DE y AP; y de ACE para DE únicamente. En cambio el método M68 detectó diferencias ($p < 0.05$) de la ACG para PMG, DE, y AP; y de ACE para LE, PMG, DE y AP. De este examen del análisis de la aptitud combinatoria, puede verse que G56 proporciona cuadrados medios de mayor magnitud que M68; sin embargo, este último reveló magnitudes mayores de los coeficientes de variación, lo cual puede interpretarse como un mayor grado de imprecisión experimental. Estos resultados están en contradicción con los de Escobar (1970), quién comparó ambos métodos de análisis y encontró que M68 fue más eficiente que G56.

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis dialélico en 10 progenies F_1 entre cinco líneas uniformes de trigo panadero.

FV	GL	RG	LE	PMG	DE	AP
G56						
ACG	4	18.900*	0.068	21.011*	90.300**	108.475**
ACE	10	9.732	0.089	9.067	127.624	33.776
Error	28	5.091	0.103	5.850	13.825	25.961
CV(ANVA)%		16.5	7.1	9.0	10.9	10.4
M68						
ACG	4	2.321	0.007	2.580**	11.089**	13.317**
ACE	10	1.954	0.036**	1.880**	22.855**	7.520*
Error	58	30.127	0.011	0.086	1.369	3.229
CV(ANVA)%		20.5	10.3	9.7	11.9	13.4

*, ** significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente

La estimación de las varianzas genéticas (Cuadro 3) reveló que G56 asignó mayor preponderancia de la varianza aditiva ($\sigma^2 = \sigma^2$) para AP y PMG y de la varianza no aditiva ($\sigma^2 = \sigma^2$) para DE y RG. El caracter LE mostró estimaciones negativas en ambos componentes de varianza genética. En tanto, M68 dio mayor papel de la $\sigma^2 = \sigma^2$ sólo para RG y de la $\sigma^2 = \sigma^2$ para los caracteres restantes.

Cuadro 3. Componentes de varianza genética en progenies F_1 entre cinco líneas uniformes de trigo panadero.

Variable	G56		M68	
	$\sigma^2 = \sigma^2$	$\sigma^2 = \sigma^2$	$\sigma^2 = \sigma^2$	$\sigma^2 = \sigma^2$
DE	-10.664	113.799	-0.412	7.162
AP	21.342	7.815	0.204	1.430
LE	-0.006	-0.014	-0.001	0.008
RE	2.620	4.641	0.012	-9.391
PMG	3.412	3.217	0.024	0.598

De acuerdo con lo publicado en la literatura científica, el rendimiento de grano en trigo es un carácter en el cual la $\sigma^2 = \sigma$ juega el más importante papel (Brown *et al.*, 1966; Escobar, 1970; Paroda y Joshi, 1970; Salamanca, 1975; Virmani y Edwards, 1983; Nass y Jui, 1985) lo que apoyaría los resultados del método M68; sin embargo, Kronstad y Foote (1964) y Gyawali *et al.*, (1968) entre otros investigadores, han encontrado a la $\sigma^2 = \sigma$ con el papel más preponderante, en apoyo de los resultados de G56.

En cuanto al potencial genético de los progenitores, que puede ser estimado por sus efectos de ACG, se encontró que ambos métodos los clasifican de igual manera, en cuanto a los valores absolutos de los efectos de ACG (Cuadro 4); sin embargo, M68 fue menos efectiva que G56 para encontrar estos efectos estadísticamente diferentes de cero ($p < 0.05$).

Cuadro 4. Efectos de ACG de cinco progenitores de trigo panadero, estimados en sus diez progenies dialélicas F_1 posibles.

Progenitor	DE	AP	LE	PMG	RG
G56					
1	5.166**	2.532	0.052	-0.635	-0.698
2	1.732	-1.626	-0.648	-2.066*	-0.886
3	-0.520	2.703	0.016	1.457	0.651
4	-2.349	2.617	-0.013	2.134*	2.547**
5	-4.020**	-6.226**	0.093	-0.950	-1.622*
Ee(gi)	1.257	1.722	0.108	0.818	0.763
M68					
1	0.634	0.311	0.006	-0.078	-0.085
2	0.212	-0.200	-0.018	-0.246*	-0.109
3	-0.064	0.332	0.002	0.179	0.080
4	-0.288	0.321	-0.002	0.262*	0.313
5	-0.494	0.764	0.011	-0.117	-0.199
Ee(gi)	0.396	0.607	0.035	0.099	1.856

¹ Ee(gi) = error estándar de los efectos de ACG

CONCLUSIONES

El método de Molina, donde se incluyen n-1 veces cada progenitor por repetición, no mejoró la precisión experimental, en comparación con el método de Griffing en el cual se incluye cada progenitor una vez por repetición.

Los métodos evaluados son similares al asignar valores genéticos relativos de ACG a los mismos progenitores.

El método de Griffing estimó valores, en general, mayores de las varianzas aditiva y no aditiva.

LITERATURA CITADA

- Brown, C. M., R. C. Weibel, and R. D. Seif. 1966. Heterosis and combining ability in common winter wheat. *Crop Sci.* 6: 382-383.
- Escobar P., R. 1970. Una extensión del diseño dialélico incluyendo n-1 veces cada progenitor y su aplicación en trigo. Tesis M. C., Centro de Genética, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- Griffing, B. 1956. Concepts of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. Biol. Sci.* 9:463-493.
- Gyawali, K. K., C. O. Qualset, and W. T. Yamazaki. 1968. Estimates of heterosis and combining ability in winter wheat. *Crop Sci.* 8: 322-324.

- Kronstad, W. E., and W. H. Foote. 1964. General and specific combining ability estimates in winter wheat. *Crop Sci.* 4: 616-619.
- Molina G., J. D. 1968. Generation means components and their relationship with epistatic effect in diallel crosses involving selected partial inbred lines of maize. Ph. D. Thesis, North Carolina State Univ., Raleigh, NC.
- Nass, H. G., and P. Y. Jui. 1985. Combining ability of harvest index and grain yield in spring wheat. *Cer. Res. Comm.* 13:19-25.
- Paroda, R. S., and A. B. Joshi. 1970. Genetics architecture of yield and components of yield in wheat (*T. aestivum* L). *Indian J. Genet.* 30:298-304.
- Salamanca B., J. J. 1975. Estimación de parámetros genéticos, heterosis y depresión por endogamia mediante cruza dialélicas F_1 y generaciones avanzadas para diez caracteres de trigo (*T. aestivum* L). Tesis M. C., Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.
- Sprague, G. F., and A. Tatum. 1942. General and specific combining ability in single crosses of corn. *J. Amer. Soc. Agron.* 43: 923-932.
- Virmani, S. S., and L. B. Edwards. 1983. Currents status and future prospects for breeding hybrid rice and wheat. *Adv. Agron.* 36: 145-214.

**EFFECTO DE DOSIS DE HIDROGEL
EN EL RENDIMIENTO DE TOMATE BAJO RIEGO**

**Effect of hidrogel on tomato production under three
regimes of irrigation**

Raúl Rodríguez García¹, Diana Jasso Cantú² y David Martínez³

¹. Departamento de Riego y Drenaje. Div. de Ingeniería.
UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 25315

² Departamento de Fitomejoramiento. Div. de Agronomía.
UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 25315

³ Tesista MC Depto. de Riego y Drenaje. Div. de Ingeniería.
UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 25315

RESUMEN

La investigación evalúa la influencia de mezclas de hidrogel-sustrato en el mejoramiento de retención de humedad y el efecto de esta propiedad en el rendimiento de tomate irrigado a tres intervalos de riego (1, 2 y 3 días). Las dosis de hidrogel estudiadas fueron 0 (testigo) 2, 4, 6 y 8 kg por m³ de sustrato. En laboratorio se determinó la máxima capacidad de retención de agua y la porosidad.

El experimento se estableció en invernadero bajo un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas con tres repeticiones, donde el factor A fueron los intervalos de riego y el factor B las dosis de hidrogel. La combinación de ambos factores originó 15 tratamientos dando un total de 45 unidades experimentales, la unidad experimental se formó de tres macetas conteniendo una planta de tomate cada una. Los resultados de la evaluación de las propiedades físicas mostraron que mediante la adición de hidrogel, los mayores incrementos en contenido de humedad a capacidad de recipiente y porosidad, fueron para la mayor dosis de hidrogel (8 kg m⁻³), alcanzándose incrementos en humedad de 9.89 por ciento base volumen. La porosidad se mejoró con una relación de 0.94 por ciento por kg m⁻³ de hidrogel incorporado. Respecto al rendimiento total de tomate se encontró diferencia altamente significativa entre intervalos de riego, no así entre las dosis de hidrogel ni para la interacción intervalo-dosis. Los rendimientos promedio de tomate en kg por planta para los tres tratamientos de riego fueron: 4.43 para riego diario, 3.03 para riego cada dos días y 2.51 para riego cada tres días.

Palabras clave: Sustrato, hidrogel, retención de humedad, porosidad, tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill.

ABSTRACT

The research was made with the purpose of evaluating the influence of the hidrogel-substrate mixtures, in the improving of the humidity retention and the effect of its properties on the tomato yield in three intervals of irrigation (1, 2 and 3 days). The hidrogel doses were: 0 (control), 2, 4, 6, and 8 kg per m³ of substrate. In the laboratory humidity retention of the mixture and analysis of porosity were carried out.

The experiment was performed under a complete randomized factorial desing and three replications, factor "A" was the irrigation intervals and factor "B" was the hidrogel doses, the combination of both done fifteen treatments, with 45 experimental units; results of evaluation of the physical propierties showed that the major doses of hidrogel, causes the higher increasings in the humidity contents in the pot capacity, reaching an increasing´s humidity of 9.89 percentage in volume bases. Concerning the porosity this characteristic was improved in 0.94 percentage per kg of hidrogel incorporated. Regarding the total fruit yield, a significant difference was observed between irrigation intervals, however, no significant difference was observed for the amount of hidrogel applied and for interaction between irrigation intervals and amount of hidrogel applied. Average tomato yield (kg per plant) results in the irrigation treatments were: 4.43 for daily; 3.03 every second day and 2.51 every three days.

Key words: Sustrate, hidrogel, humidity retention, porosity, tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill.

INTRODUCCIÓN

Los hidrogeles son polímeros sintéticos, de alto peso molecular que absorben el agua, los cuales difieren entre sí por: el monómero específico que constituye el bloque o molécula; la capacidad de retener agua por gramo de material (20 a 400 veces su peso); el tamaño de la partícula; su durabilidad y costo (Johnson y Veltkamp, 1985). La composición química de estos polímeros hidrofílicos incluye: acrilamida vía entrecruzada, poliacrilatos de sodio, almidones y copolímeros de acrilato (Tess and Poehlein, 1985).

Al comienzo de la utilización de los polímeros, las recomendaciones fueron desarrolladas para cultivos en invernadero, para incrementar la capacidad de retención del agua en las mezclas de sustratos usados en la producción de cultivos florales y en los semilleros o almácigos (Bearce y McCollum, 1977; Foster y Keever, 1990). Además del incremento de la retención de humedad otros beneficios se han logrado detectar con la incorporación de estos productos: incremento en la porosidad; incremento en la reserva de nutrientes y reducción en la compactación del suelo; el mejoramiento de las propiedades del suelo favorece el desarrollo de los cultivos (Gras, 1985; Bugbee y Frink, 1986; Cook and Nelson, 1986). El campo de aplicación de estos productos es amplio ya que pueden utilizarse en cultivos que se desarrollan en recipientes en invernaderos o en cultivos a campo abierto ya sean hortalizas, frutales u ornamentales.

Cook y Nelson (1986) aplicaron a la superficie del suelo en campo y en invernadero un polímero en forma granular y en solución, con la finalidad de

evitar la formación de costra y promover la emergencia de plántulas de maíz y alfalfa. La emergencia de plántulas de alfalfa se incrementó en un 100% y en maíz en un 75% con respecto al testigo, al aportar la mayor dosis de hidrogel (90 kg ha^{-1}) en solución. Con el hidrogel suministrado en forma granular no hubo diferencias con respecto al testigo.

En otras experiencias, la aplicación de dosis excesivas de hidrogel provocó una disminución significativa en la emergencia de plántulas de maíz dulce y cupea (Baxter y Waters, 1986) e indujo disminución significativa en el desarrollo de plantas de crisantemo (Wang, 1989), atribuyéndose estos comportamientos a la disminución del espacio de aire por el incremento de la retención de agua por el hidrogel.

El Sayed *et al.* (1991) comprobaron que los hidrogeles pueden ser utilizados como acondicionador del suelo para mejorar la tolerancia de cultivos hortícolas que se desarrollaron en sustratos en condición salina.

Wallace y Colette (1984) reportan que incorporando hidrogel en la proporción de 8 kg m^{-3} de suelo, incrementó el crecimiento de los tallos de tomate a un tamaño mayor con irrigación alterna que con subirrigación.

Pryor (1988) reporta que el aumento en la capacidad de retención del agua en el suelo con adición de polímeros, es dependiente del tipo de suelo así como del nivel de materia orgánica encontrada en el mismo. Estudios en campo, en California, indican que el uso de hidrogel en una dosis de 7 kg m^{-3} redujo el

tiempo a madurez del cultivo, incrementó la producción en 30 por ciento y aumentó la concentración de sólidos solubles en la fruta.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la incorporación de dosis de hidrogel en un sustrato sobre el rendimiento de tomate regado en tres intervalos, bajo la premisa de que al aumentar la dosis de hidrogel se incrementa la disponibilidad de agua para el cultivo y el intervalo de riego puede aumentarse sin afectar el rendimiento de tomate.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Unidad Saltillo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en laboratorio e invernadero. Los tratamientos evaluados fueron dosis de: 0 (testigo), 2, 4, 6 y 8 kg de hidrogel por m³ de sustrato, el cual fue compuesto de tierra vegetal, Horti-Pérl (perlita) y Peat Moss al 33 por ciento en volumen de cada uno. El hidrogel utilizado es conocido con el nombre comercial de Agrosoke, el cual es un polímero aniónico que presenta, según el fabricante, las siguientes características: forma granular, absorbe agua hasta 40 veces su peso, no es degradable física o químicamente, no es tóxico, tiene pH neutro y es compatible con todo tipo de agroquímicos.

Análisis de los parámetros físicos

En el laboratorio se determinó la capacidad de recipiente y porosidad, por el método de Wallace y Colette (1984) y se describe a continuación.

Se colocaron 500 gramos de cada mezcla de hidrogel-sustrato en recipientes de lámina sellados en la parte inferior para evitar el drenaje, el sustrato estaba completamente seco. Primero se colocaron las 2/3 partes del sustrato, después se incorporó el hidrogel en forma granular y posteriormente se cubrió con el resto del sustrato. La mezcla ocupó un volumen de 850 cm³, que representó el volumen total de sustrato (VTS), cada dosis se repitió por triplicado. Posteriormente, cada muestra se humedeció lentamente hasta alcanzar la saturación, después se dejó reposar durante 48 horas. El volumen de agua requerido para saturar fue equivalente al volumen total de poros (VTP).

Después del período se drenó y midió el exceso de agua, que representó el volumen de aire a la máxima retención de agua (VA). El máximo contenido de humedad después del drenaje se define capacidad de recipiente (CR), que es equivalente a capacidad de campo.

La capacidad de recipiente (CR) y porosidad (P); se calcularon mediante la siguiente fórmula:

$$CR = (VTP - VA) / VTS * 100$$

$$P = (VTP / VTS) * 100$$

Experimento en invernadero

Para evaluar el efecto del hidrogel en la producción de tomate (var. Hayslip), la investigación se llevó a cabo en invernadero del 20 de mayo al 20 de octubre de 1995. El diseño experimental utilizado fue en bloques al azar con arreglo en parcelas divididas. El factor A o parcela grande consistió en los intervalos de riego (diario, cada dos y tres días). El factor B o parcela chica fueron las mezclas de hidrogel-sustrato (0, 2, 4, 6 y 8 kg m⁻³). La combinación de ambos factores originó 15 tratamientos estableciéndose en tres repeticiones dando un total de 45 unidades experimentales. La unidad experimental se formó de tres macetas de 10 litros conteniendo una planta de tomate cada una de ellas.

Los riegos fueron en forma manual, la cantidad de agua aplicada se midió con una probeta, provocando drenaje para asegurar la máxima retención de humedad. El consumo de agua durante el intervalo de riego se obtuvo por diferencia entre el agua aplicada y drenada. Se evaluó el efecto de las dosis de hidrogel e intervalos de riego en el rendimiento de tomate realizándose 14 cortes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de los parámetros físicos

En el Cuadro 1 se presentan los valores de humedad a capacidad de recipiente (% vol) y el incremento en el agua retenida debido al aumento de

hidrogel (% vol cm³). La mayor retención fue de 76.89 por ciento volumen para la dosis de 8 kg m³, existiendo una diferencia de 9.89 unidades porcentuales con respecto al testigo, siendo equivalente a 84.06 cm³ de agua.

Cuadro 1. Contenido de humedad a capacidad de recipiente (CR) e incremento en la retención de humedad debido al hidrogel o retención real.

Dosis de hidrogel en kg m ⁻³	0	2	4	6	8
C.R. (% vol)	67.00	69.48	71.95	74.42	76.89
Incremento (% vol)	0	2.48	4.95	7.42	9.89
Incremento (cm ³)	0	21.08	42.07	63.07	84.06

Los beneficios del hidrogel son incrementar la retención de humedad como se citó anteriormente (Gras, 1985; Bugbee y Frink, 1986; Cook y Nelson, 1986) en el caso del producto utilizado en esta investigación tuvo una menor capacidad de retener agua que lo especificado por el fabricante. En la Figura 1 se presenta la relación entre la retención teórica y real (cm³) debido al hidrogel para las cuatro dosis, considerando un volumen de 850 cm³ de mezcla hidrogel-sustrato. Si la retención real hubiera sido igual a la teórica, los valores estarían ubicados junto a la bisectriz (1:1), pero en este caso los valores están colocados a un nivel inferior que indica que el hidrogel retuvo un tercio del valor teórico.

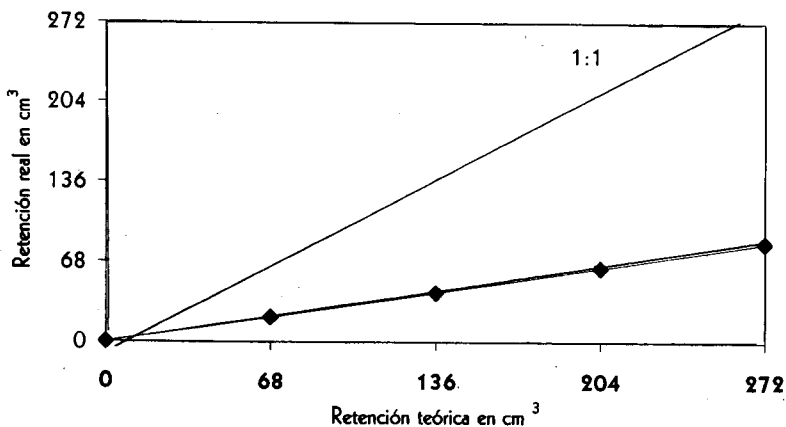


Fig. 1. Relación entre la retención de agua teórica y real por el uso de hidrogel

La Figura 2 muestra que el hidrogel provoca aumento en la porosidad de 0.94 unidad porcentual por cada unidad de dosis. También, que entre el testigo y la mayor dosis hubo un incremento de 7.53 unidades porcentuales.

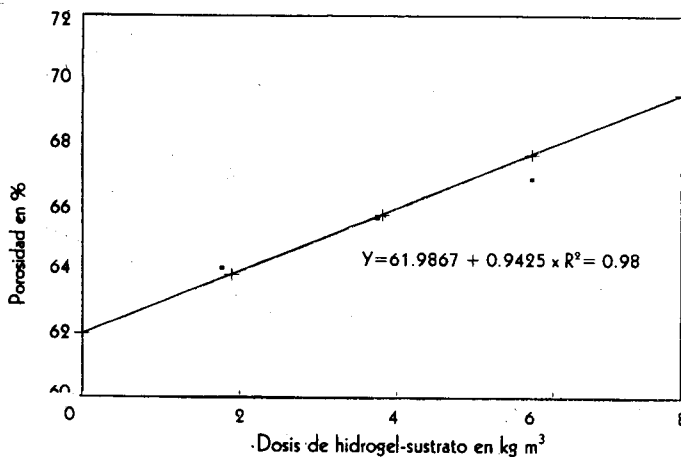


Figura 2. Comportamiento de la porosidad en las dosis hidrogel-sustrato evaluadas a capacidad de recipiente

Al incorporar hidrogel a un suelo debe de provocar no solamente el incremento en el volumen de humedad, sino también aumento en el volumen de poros que sea en magnitud igual o cercano al incremento en humedad, para que no disminuya el volumen de aire manteniendo en el sustrato una condición favorable para el cultivo (Cook y Nelson, 1986, Henderson y Hensley, 1986). En caso de que el incremento de porosidad sea muy inferior al de humedad, pueden presentarse condiciones desfavorables para las plantas como lo citan Baxter and Waters (1986) y Wang (1989); en esta investigación, el incremento en porosidad fue cercano al de retención de agua, aunque la magnitud fue menor debido a la baja capacidad de retención del hidrogel.

Experimento en invernadero

Consumo de agua Pryor (1988) encontró que la utilización de hidrogel reduce el consumo de agua; en esta investigación no se encontró diferencia significativa entre las dosis (Figura 3), debido a que la retención real del hidrogel fue menor que la teórica. El consumo de agua estuvo determinada por la periodicidad del riego, el riego diario fue estadísticamente superior que el riego cada dos días, el que a la vez fue mayor significativamente que el riego cada tercer día. Este resultado indica que el estrés hídrico se incrementó a medida que aumentó el intervalo de riego.

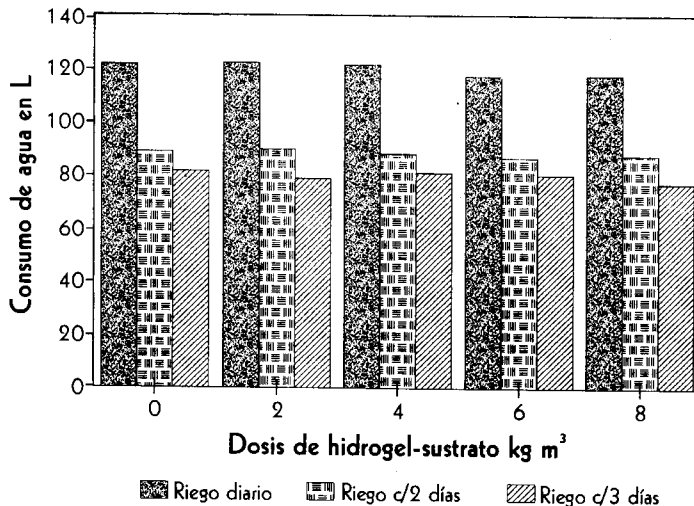


Figura 3. Consumo total de agua en la evaluación de tres intervalos de riego y cinco dosis de hidrogel-sustrato

Rendimiento total de tomate

En el rendimiento de tomate se encontró diferencia altamente significativa entre intervalos de riego, no así entre las dosis de hidrogel ni para la interacción intervalo-dosis. En la Figura 4 se presenta el rendimiento en kg por planta en los diferentes tratamientos. En el tratamiento de riego diario, el rendimiento medio fue de 4.43, para el riego cada dos días fue de 3.03 y para el riego aplicado cada tres días el rendimiento medio fue de 2.51.

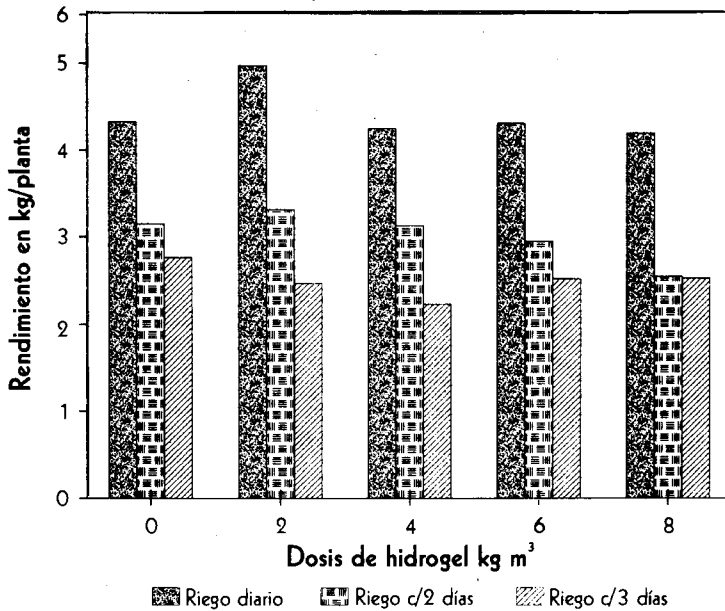


Figura 4. Rendimiento total de tomate en cinco dosis de hidrogel-sustrato y tres intervalos de riego

CONCLUSIONES

1. Incorporando Agrosoke al sustrato, aumenta la máxima capacidad de retener agua o capacidad de recipiente, aunque la retención de agua fue un tercio de la especificada por el fabricante.
2. La incorporación de hidrogel ocasiona que aumente el volumen de poros o porosidad del sustrato pero en una magnitud menor que la retención de agua.
3. La menor capacidad de retener agua por el hidrogel influyó en que no se encontraran diferencias significativas entre dosis en el consumo de agua y rendimiento de tomate.

4. El consumo de agua y rendimiento de tomate fueron influidos por la periodicidad del riego. Al aumentar el intervalo de riego las plantas estuvieron sometidas a mayor nivel de estrés hídrico. El mayor consumo de agua y rendimiento se obtuvo con el tratamiento de riego diario.

LITERATURA CITADA

- Baxter, L. y L. Waters, Jr. 1986. Effect of a hydrophilic polymer seed coating on the field performance of sweet corn and cowpea. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111:31-34.
- Bearce, B. C. y R. W. McCollum. 1977. A comparison of peat lite and non-composted hardwood bark mixes for use in pot and bedding plant production and the effects of a new hydrogel soil amendment on their performance. *Flor. Rew.* 10:21-24.
- Bugbee, G. J. y C. R. Frink. 1986. Aeration of potting media and plant growth. *Soil Science.* 141(6):438-441.
- Cook, F. C. y S. D. Nelson. 1986. Effect of polyacrylamide on seeding emergence in crust-forming soils. *Soil Science.* 141(5):328-333.
- El Sayed, H; R.C. Kirkwood, y N.B. Graham. 1991. The effect of a hydrogel polymer on the growth of the certain horticultural crops under saline conditions. *Journal of Experimental Botany.* 42 (240):891-899.

- Foster, W. J. y G. J. Keever. 1990. Effects of hydrogel on wilting and moisture stress of bedding plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 105(4):511-513.
- Gras, R. 1985. Propriétés physiques des substrats. Les cultures hors sol. Les ATP de L'INRA, No. 2 Editor Denise Blanc. pp 79-84.
- Henderson, J. C. y D. L. Hensley. 1986. Efficacy of a hydrophilic gel as a transplant aid. *Hort. Sci.* 21(4):991-992.
- Johnson, M. S. y C. J. Veltkamp. 1985. Structure and functioning of waterstoring agricultural polyacrylamides. *J. Sci. Food Agr.* 36:789-793.
- Pryor, A. 1988. Pretty poly. *California Farmer*. Oct. (10):12.
- Tess, R. W. y G. W. Poehlein. 1985. Applied polymer science ACS. Symp. Ser. 285. Amer. Chem. Soc; Washington, D.C.
- Wallace, G. P. and C. J. Colette. 1984. Effects of hydrogel incorporation in peat lite on tomato. Growth and water relations. *Soil Sci. Plant. Anal.* 15(7):799-810.
- Wang, Y. T. 1989. Medium and hydrogel affect production and wilting of tropical ornamental plants. *Hort Science.* 24(6):941-944.

**EFECTO DEL EXCESO DE HUMEDAD EN EL SUELO
SOBRE EL POTENCIAL HÍDRICO Y RESISTENCIA
ESTOMATAL EN TOMATE**

**Soil waterlogged in soil effect on hydric potential
and stomatal resistance in tomato**

Raúl Rodríguez García¹, Diana Jasso Cantú², y Alberto González Jiménez³

¹Departamento de Riego y Drenaje, Div. de Ingeniería. UAAAN
Buenavista, Saltillo, Coahuila. CP 25315

²Departamento de Fitomejoramiento, Div. de Agronomía. UAAAN

³Tesista M.C. Depto. de Riego y Drenaje, Div. de Ingeniería. UAAAN

**EFECTO DEL EXCESO DE HUMEDAD EN EL SUELO
SOBRE EL POTENCIAL HÍDRICO Y RESISTENCIA
ESTOMATAL EN TOMATE**

**Soil waterlogged in soil effect on hydric potential
and stomatal resistance in tomato**

Raúl Rodríguez García¹, Diana Jasso Cantú², y Alberto González Jiménez³

¹Departamento de Riego y Drenaje, Div. de Ingeniería. UAAAN
Buenavista, Saltillo, Coahuila. CP 25315

²Departamento de Fitomejoramiento, Div. de Agronomía. UAAAN

³Tesista M.C. Depto. de Riego y Drenaje, Div. de Ingeniería. UAAAN

RESUMEN

Existen regiones en las que el desarrollo del cultivo del tomate se enfrenta a excesos de humedad que causan cambios fisiológicos y químicos en la planta.

La presente investigación evaluó 25 tratamientos de duración de exceso de humedad (estrés de saturación), en plantas de tomate en invernadero, durante la etapa de floración-fructificación, con el objetivo de cuantificar los cambios de potencial hídrico (Ψ_h) y resistencia estomatal (Γ_e).

Al incrementarse el período con exceso de humedad, el contenido de oxígeno en la solución del suelo disminuyó; a una duración de 24 horas el oxígeno se redujo en un 93.2%; el Ψ_h en la hoja disminuyó 0.11 Mpa y la Γ_e aumentó 12.6 s cm⁻¹ respecto a las plantas sin estrés de saturación. A las 72 horas con exceso de humedad el oxígeno se agotó, provocando el cierre estomatal ($\Gamma_e = 80$ s cm⁻¹).

Palabras clave: *Lycopersicon esculentum* Mill, exceso de humedad, deficiencia de oxígeno, potencial hídrico, resistencia estomatal.

ABSTRACT

There are regions in which tomato crop has waterlogging periods that cause physiological and chemical changes in the plant.

In the present research 25 waterlogging treatments were evaluated under greenhouse conditions. The objective of this experiment

was to quantify physiological changes in water potential (Ψ_h) and, stomatal resistance (Γ_e) in tomato plants under stress from flowering to fructification periods.

When waterlogged increased, the oxygen in the soil solution decreased, in a period of 24 hours the oxygen was reduced in 93.2%; the Ψ_h in the leaf decreased 0.11 Mpa and the Γ_e increased 12.6 s cm^{-1} in relation to non stressed plants. In 72 hours in waterlogged conditions the oxygen was consumed completely causing the stomatal closing.

Key words: *Lycopersicon esculentum* Mill. soil waterlogged, deficiency of oxygen, stomatal resistance, hydric potential.

INTRODUCCIÓN

En el oriente de San Luis Potosí y norte de Veracruz, se siembra una superficie de 1,500 a 2,000 hectáreas con el cultivo de tomate, durante el ciclo agrícola primavera-verano. En esta región el cultivo es sometido a condiciones de exceso de humedad en el suelo, debido a precipitaciones fuertes y frecuentes o que ocurren después de los riegos, ligadas con suelos arcillosos de baja conductividad hidráulica, causando daños al cultivo que en algunas ocasiones provoca pérdida total.

Cuando aumenta el contenido de agua en el suelo, ésta desplaza el aire de los poros. Si el espacio de poros es ocupado totalmente por agua, en pocas horas de iniciado el exceso de humedad el suelo queda prácticamente

libre de oxígeno (condición anaeróbica), debido a: la pérdida hacia la atmósfera; a que la difusión del oxígeno en el agua es muy lenta o casi nula (10,000 veces menor que en el aire); y, a que los microorganismos y raíces consumen el oxígeno presente en el agua. La condición anaeróbica del suelo ocasiona daño o muerte de raíces y consecuentemente de las plantas (Ponnamperuma, 1984; Trought y Drew, 1980).

La respuesta fisiológica de las plantas bajo exceso de humedad en el suelo, se considera similar al estrés que sufren las plantas debido a la sequía (Bradford y Hsiao, 1982). El daño en las raíces ocasiona que disminuya o se interrumpa la absorción de agua, las hojas se deshidratan por la transpiración ocasionando disminución del potencial hídrico y aumento de la resistencia estomatal. Las hojas presentan síntomas de marchitamiento durante el día y la noche, debido a que la planta tiene problemas para hidratarse por la disminución o interrupción del paso de agua (Singh et al., 1991; Lakitan *et al.*, 1992).

El etileno es un regulador de crecimiento en las plantas, el cual tiene como efecto característico, en interacción con otras hormonas, provocar la caída de hojas, flores y frutos (Rojas y Ramírez, 1987). La condición anaeróbica del suelo promueve la síntesis de etileno y por consecuencia la caída de hojas, flores y frutos (Bradford y Yang, 1981).

Este trabajo de investigación se estableció con la finalidad de conocer cómo influye la duración del exceso de humedad en el suelo en

algunos procesos fisiológicos del cultivo, para en un futuro establecer técnicas alternativas de solución.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), bajo condiciones de invernadero. El cultivo se desarrolló durante los meses de febrero a agosto de 1996.

Los tratamientos evaluados se formaron con dos factores; el factor A correspondió a dos niveles: con y sin exceso de humedad en el suelo (con y sin estrés de saturación); y el factor B, fue la duración en horas con y sin exceso de humedad. Se evaluaron 26 niveles que se presentan en el cuadro 1, los períodos coincidieron durante el día y correspondieron a 5 días de mediciones.

Cuadro 1. Niveles de los factores en estudio

Factor	Nivel	Descripción
A. humedad	A1	Con exceso
	A2	Sin exceso
B. duración	B1... B26	0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24,
En horas		28, 30, 32, 34, 48, 50, 52, 54, 56, 58, 72, 96, 98, 100, 102, 104,, 106, 120.

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial y tres repeticiones, la unidad experimental fue una planta. Las plantas de tomate (variedad Río Grande) utilizadas en este experimento fueron trasplantadas cuando tenían 40 días de edad (ocho de abril). Se colocó una planta por maceta, que contenía cinco kilogramos de suelo de la región, de textura de migajón y pH de 5.6. Posteriormente, durante 70 días, las plantas se fertilizaron vía foliar una vez por semana y regadas cuando los tensiómetros instalados en las macetas registraron entre 25 y 30 centibares.

Se aplicaron los tratamientos en la etapa fenológica de floración-fructificación. La saturación del suelo se logró aportando agua en las macetas hasta que se observó una lámina de 2 cm sobre la superficie, evitando su drenaje. Cuando se alcanzó el período preestablecido se tomaron muestras de agua de las macetas con exceso de humedad para medir el contenido de oxígeno; posteriormente, se drenaron. También se midió el potencial hídrico y la resistencia estomatal en los dos tratamientos de humedad.

Oxígeno disuelto en el agua del suelo durante el estrés (O_2DA)

Al final de cada período se tomó una muestra de agua en las macetas con exceso de humedad, la cual se llevó al laboratorio. La medición del contenido de oxígeno se realizó en un espectrofotómetro LAMBDA 3-B Perkin Elmer, utilizando el método de Indigo Carmín con un reactivo específico AccuVac.

Potencial hídrico (Ψ_h)

La medición del potencial hídrico en las hojas de las plantas de tomate, se realizó con la cámara de Scholander marca Soil Moisture Equipment Corp., para lo cual se muestrearon hojas ubicadas entre el tercero y cuarto nudos.

Resistencia estomatal (Γ_e)

Estas mediciones se realizaron utilizando un porómetro de estado estable marca Li-Cor, modelo LI-1600 y siempre se efectuaron en las hojas del tercero y cuarto nudos. Las lecturas se tomaron simultánea y alternadamente entre tratamientos con y sin exceso de humedad, en las hojas situadas en la misma posición. El tiempo de mediciones dentro del lote no superó los 15 minutos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Oxígeno disuelto en el agua del suelo durante el estrés

En la figura 1 se observa que en las primeras 24 horas existió una caída vertiginosa en el contenido de oxígeno, de $800 \mu\text{g L}^{-1}$ descendió hasta menos de $100 \mu\text{g L}^{-1}$, después de este tiempo la pendiente fue menor; a las 56 horas, la cantidad de oxígeno en el agua del suelo (O_2DA) fue de $4.17 \mu\text{g L}^{-1}$, y

al cumplir las 72 horas bajo condiciones de estrés ya no existe oxígeno en la solución del suelo (condición anaeróbica).

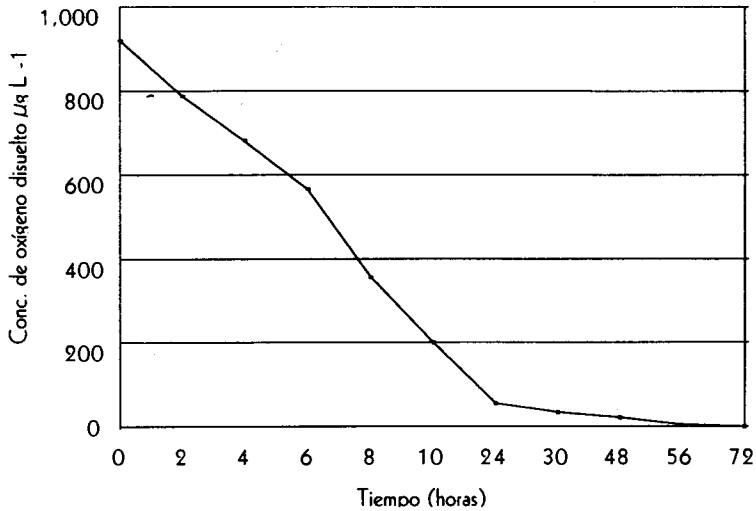


Figura 1. Comportamiento de la concentración de oxígeno disuelto en el agua del suelo durante 72 horas

Potencial hídrico en las hojas de las plantas

Para las variables de potencial hídrico y resistencia estomatal, el análisis de varianza (Cuadro 2) reportó significancia (al nivel del 1%), para nivel de humedad en el suelo (factor A), y el período (factor B), así como para la interacción. Los coeficientes de variación oscilaron de 3.82 a 5.3%, por lo que se puede decir que los resultados son confiables.

Cuadro 2. Cuadrados medios de los análisis de varianza (ANVA) para las variables de resistencia estomatal y potencial hídrico.

Fuente	G.L.	Resistencia estomatal	Potencial hídrico
Modelo	51	74502.596**	31.878935**
Factor A	1	1242206.526**	245.333333**
Factor B	25	168049.623**	42.9632477**
A*B	25	166160.513**	16.8783333**
Error	104	25.96	0.04349
C.V.		5.3	3.82

*, ** significativo al 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad respectivamente

El potencial hídrico en las hojas (Ψ_h) de las plantas bajo exceso de humedad, después de dos horas, fue inferior que las plantas sin exceso de agua o testigo (figura 2); durante 72 horas el Ψ_h de las plantas con estrés tuvieron en promedio un valor menor en 0.11 MPa que el testigo. Cuando las plantas duraron 98 y 104 horas bajo estrés, el Ψ_h se redujo 0.8 y 1.2 MPa respecto al testigo, la planta se encontraba totalmente flácida y las hojas comenzaron a secarse. Esto concuerda con los estudios de varios autores: Singh, *et al.* (1991); Lakitan, *et al.* (1992); Sánchez-Blanco, *et al.* (1994), pero difieren de los de Jackson y Kowalewska (1983) y Jackson, *et al.* (1978), que reportaron aumento del Ψ_h , y explicaron que se debe al cierre de los estomas.

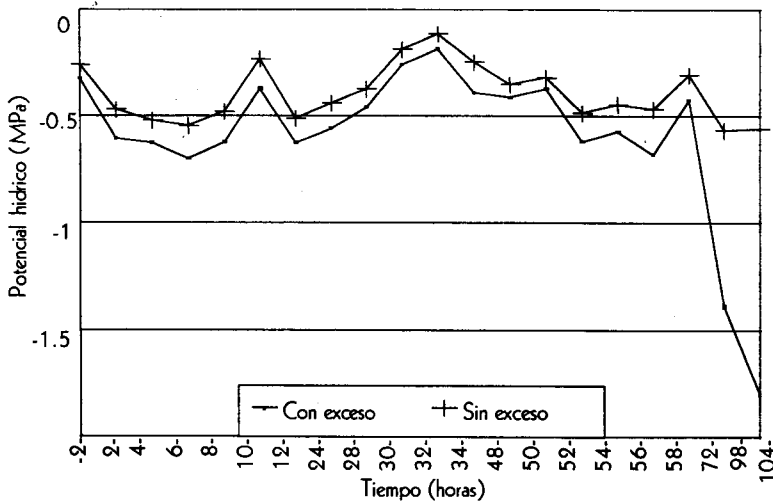


Figura 2. Comportamiento del potencial hídrico en la planta durante 104 horas de exceso de humedad

Entre las variables de concentración de oxígeno disuelto en el suelo y del potencial hídrico, existe una correlación positiva de 68 %. Por lo que se puede atribuir a que la disminución de O₂DA provocó asimismo la disminución del potencial hídrico. Con bajas concentraciones de oxígeno en el suelo se suspende el suministro de agua desde el medio edáfico a la planta, debido a que la raíz se vuelve impermeable al paso del agua como lo citan Singh, et al. (1991).

Resistencia estomatal

En la figura 3, se observa que la resistencia estomatal (Γ_e) de las hojas después de dos horas con exceso de humedad, fue ligeramente superior al testigo, a las 26 horas la diferencia se acentuó, las plantas con estrés alcanzaron 16.2 s cm^{-1} , mientras que el testigo presentó un valor de 3.62 s cm como se puede apreciar, existió un aumento significativo de la Γ_e debido a que los estomas en las plantas bajo estrés estaban más cerrados.

Después de las 72 horas con exceso de humedad, la Γ_e alcanzó un valor de 82.83 s cm^{-1} demasiado elevado y a las 104 horas el estoma se cerró totalmente ya que el aparato registró un valor infinito (no se presenta en la figura 3). La respuesta de la planta bajo el estrés de exceso de humedad en el suelo, fue cerrar los estomas. Esta respuesta ha sido ampliamente investigada (Sojka, *et al.*, 1975; Kozłowski y Pallardy, 1979; Musgrave, 1994; Lakitan, *et al.*, 1992; Jackson y Kowalewska, 1983).

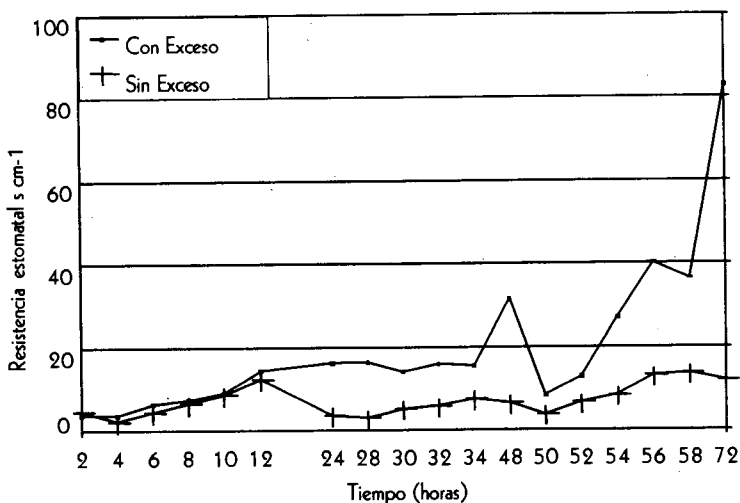


Figura 3. Comportamiento de la resistencia estómatal durante 72 horas con y sin exceso de humedad.

Al efectuar un análisis de correlación entre las variables de potencial hídrico y resistencia estómatal se presentó una correlación negativa del 91 %, lo que explica que mientras el Ψ_h disminuyó, la resistencia estómatal aumentó. Por lo que se puede señalar que la deficiencia de oxígeno en el suelo, después de someter las plantas al estrés por exceso de humedad, fue un factor para que el potencial hídrico disminuyera y este último provocara el cierre de los estomas. Estos cambios físicos en la planta debido al estrés, concuerdan con los reportados por varios investigadores (Jackson y Kowalewska, 1983; Huang, et al., 1994; Musgrave, 1994).

Las plantas sometidas a un período de 24 horas bajo las condiciones de exceso de humedad, lograron recuperarse ya que llegaron a cosecha; sin embargo, para períodos superiores el daño a la planta fue irreversible (las plantas murieron). El daño visual fue una marchitez debida a una deshidratación ocasionada por la disminución de la concentración de oxígeno, que provocó cesara la absorción de agua por las raíces.

CONCLUSIONES

1. El exceso de humedad en el suelo durante 24 horas provocó una disminución de 93.2 % del oxígeno presente en el agua del suelo, y con una duración de 72 horas no existe oxígeno en el agua del suelo.
2. El abatimiento de oxígeno en el agua del suelo causó disminución del potencial hídrico y este último provocó un aumento de la resistencia estomatal.
3. Las plantas con un período de estrés hasta por 24 horas lograron recuperarse, mientras que para períodos mayores sufren daños irreversibles.

LITERATURA CITADA

- Bradford, K. J. and Yang, S. F. 1981. Physiological responses of plants to waterlogging. Hort Sci. 16(1):3-8.
- Bradford, K. J. and T. C., Hsiao. 1982. Stomatal behavior and water relations of waterlogged tomato plants. Plant Physiol. 70:1508-1513.
- Huang, B., J. W., Johnson, D. S., NeSmithand and D. C., Bridges. 1994. Root and shoot growth of wheat genotypes in response to hypoxia and subsequent resumption of aeration. Crop Sci. 34:1538-1544.
- Jackson, M. B., K., Gales, D. J., Joan Campbell. 1978. Effect of waterlogged soil conditions on the production of ethylene and on water relationships in tomato plants. J. Exp. Botany. 34(142):493-506.
- Jackson, M. B. and A. K. B., Kowalewska. 1983. Positive and negative messages from roots induce foliar desiccation and stomatal closure in flooded pea plants. J. Exp. Botany. 34(142):493-506.
- Kozlowski, T. T. and S. G., Pallardy. 1979. Stomatal responses of *Fraxinus pennsylvanica* seedlings during and after flooding. Physiol. Plants. 46:155-158.
- Lakitan, B., D. W., Wolfeand and R. W., Zobel. 1992. Flooding affects snap bean yield and genotypic variation in leaf gas exchange and root growth response. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117(5):711-716.
- Musgrave, M. E. 1994. Waterlogging effects on yield and photosynthesis in eight winter wheat cultivars. Crop Sci. 34:1314-1318.

- Ponnamperuma, F. N. 1984. Effects of flooding on soils. In Kozlowski, T. T. (Ed.) *Physiological Ecology, a Series of Monographs, Texts and Treatises*. Department of Forestry, University Wisconsin. Madison, Wisconsin. Academic Press.
- Rojas, G. M. y H., Ramírez. 1987. Control hormonal del desarrollo de las plantas, *Fisiología - Tecnología - Experimentación*. Ed. Limusa, México. pp-33-34.
- Sánchez-Blanco, M. J., J. J., Alarcón, J., Planes and A. Torrecillas. 1994. Differential flood stress resistance of two almond cultivars based on survival, growth and water relations as stress indicators. *J. of Hort. Sci.* 69(5):947-953.
- Singh, B. P., K. A, Tucker, J.D. Sutton and H.L. Bhardwaj. 1991. Flooding reduces gas exchange and growth in snap bean. *Hort. Sci.* 26(4):372-373.
- Sojka, R.E., L. H. Stolzyand and M. R. Kaufmann. 1975. Wheat growth related to rhizosphere temperature and oxygen levels. *Agron. J.* 67(5):591-596.
- Trought, M. C. T. and M. C. Drew. 1980. The development of waterlogging damage in wheat seedlings. (*Triticum aestivum* L.) I. Shoot and root growth in relation to changes in the concentrations of dissolved gases and solutes in the soil solution. *Plant and Soil*, 54:77-94.

FORMACIÓN DE CALLO A PARTIR DE DISCOS DE TUBÉRCULO DE PAPA

Callus formation from potato tuber disks

Carlos Espinosa Zapata¹, J. Jesús Figueroa Maldonado²,
Leticia Escobedo Bocardo³, M. Humberto Reyes Valdés³.

¹Campo Experimental Valle del Guadiana, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Apdo. P. 186. Durango, Dgo. México.

²Depto. de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coah. México. C.P. 25315

³Depto. de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coah. México. C.P. 25315

RESUMEN

Cuando en un sistema de cultivo de tejidos *in vitro* el explante se lleva a la desdiferenciación, se generan callos. Bajo esta condición puede ocurrir una serie de cambios genéticos dentro de las células que conforman a los callos, denominándose a esto variación somaclonal. Tal variación resulta muy atractiva para el mejoramiento genético, pues hace factible la selección *in vitro* de características superiores a los cultivares originales.

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar los medios nutritivos más adecuados para la formación de callos de diferentes genotipos de papa. Se partió de discos de tubérculo de los cultivares de papa Alpha, Norteña, Mondial y Clon AN-1; estos se sembraron en frascos de Gerber® que contenían los medios nutritivos: Engvild (1973), Murashige & Skoog (1962), Stantz & Steward (1959-B) y Lam (1975). Los explantes ya sembrados se colocaron en el cuarto de incubación a temperatura de 25°C y obscuridad por un período de 6 semanas. Después se evaluaron las siguientes características cuantitativas: peso fresco del callo, peso seco del callo y diferencia entre peso fresco y peso seco del callo. Las características cualitativas evaluadas fueron consistencia y color del callo.

Los resultados indican que se logró la inducción de callo con los cuatro medios nutritivos utilizados para los cuatro cultivares de papa, de los cuales sobresalió el Clon AN-1. En cuanto a los medios nutritivos, el de Engvild (1973) —conformado por sales inorgánicas de M/S (1962), vitaminas N & N, glicina, ANA y cinetina— produjo los mejores callos en cada uno de los genotipos probados. Finalmente, los discos de tubérculo

del Clon AN-1 que crecieron en el medio nutritivo de Engvild (1973) generaron los callos con mayor peso fresco y seco, así como de mejor consistencia y color.

Palabras clave: *Solanum tuberosum*, callo, peso fresco, peso seco, cultivares, medios de cultivo.

ABSTRACT

In vitro tissue culture systems that drive explants to undifferentiation produce the so-called callus. Under these conditions diverse genetic changes can occur in the cells, thus leading to somaclonal variation. Such variation is highly attractive to breeding programs since it makes possible in vitro selection of superior characteristics, as compared to the original cultivars.

The objective of this research was to determine the best culture media for callus generation in different potato genotypes. The starting materials were tuber disks from the cultivars Alpha, Norteña, Mondial and Clon AN-1; these were cultured in Gerber® bottles with the media Engvild (1973), Murashige & Skoog (1962), Stantz & Steward (1959-B), and Lam (1975). The explants in culture media were located in an incubation room at 25°C and darkness during six weeks. Afterwards, the following quantitative variables were evaluated: callus fresh weight, callus dry weight, and difference between fresh and dry callus weight. The recorded qualitative variables were callus consistency and color. The results

indicate that callus induction was successful with the four media and the four cultivars; among these the Clon AN-1 was outstanding. Medium Engvild (1973) —integrated by inorganic salts of M/S (1962), vitamins N & N, glycine, NAA, and kinetin— gave the best callus in all cultivars. Finally, the tuber disks of Clon AN-1 cultured in Engvild (1973) medium gave the callus with best fresh and dry weight, as well as with best consistency and color.

Key words: *Solanum tuberosum*, callus, fresh weight, dry weight, cultivars, culture media.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de tejidos es una de las ramas de la biotecnología que se debe aprovechar para elevar la productividad agrícola, ya sea incorporándola en los programas de mejoramiento genético o en la producción in vitro de cultivares sanos de alta calidad. Dentro del cultivo de tejidos, la generación de callos representa una de las formas por medio de la cual se pueden lograr beneficios a corto plazo, ya que es posible obtener plantas libres de virus, tolerantes a enfermedades, a herbicidas, a salinidad elevada o a sequía, así como para la obtención de metabolitos secundarios (Robert, 1985).

En mejoramiento genético, el cultivo de callos puede ser utilizado para aprovechar la variación somaclonal, ya que cuando las células vegetales se cultivan a partir de una fase callosa desorganizada, las plantas que se regeneran

pueden exhibir varios caracteres fenotípicos o bioquímicos distintos a los del material parental original (Lyndsey y Jones, 1989).

Con relación a lo anterior, Pieryk (1990) señala que para iniciar la formación de callos de un explante se recomienda el suministro de reguladores exógenos. Las exigencias de reguladores exógenos, dependen en gran medida del genotipo y de su contenido de reguladores endógenos. Estas necesidades en principio pueden ser solo auxinas, solo citocininas o auxinas y citocininas.

Según Devlin (1980), las auxinas en altas concentraciones suprimen la morfogénesis y dan por resultado la rápida proliferación de células tipo callo. En general, las auxinas son los reguladores de crecimiento más usados en la iniciación y mantenimiento del cultivo de callo, en concentraciones que generalmente oscilan de 0.1 a 10 mg/l. Con relación a esto, Po-jen y Ching-yeh (1985) reportan que para formación de callo en papa, el 2,4-D (2 mg/l) solo o combinado con AIA (3.2 mg/l) y cinetina (1.0 mg/l) fueron eficientes para inducir callo.

Por su parte, Aloni (1980) señala que los efectos sinérgicos de los reguladores de crecimiento pueden ser modificados por otros factores, como son los constituyentes del medio (azúcar, vitaminas, aminoácidos, etc.) y las condiciones físicas (iluminación, consistencia del medio etc.), aunque siempre se manifiesta como factor dominante el balance de los reguladores de crecimiento.

Quraishi *et al.* (1987) señalan que la iniciación de calogénesis con subsecuente organogénesis *in vitro* de varios explantes depende mucho de la

fisiología del tubérculo semilla, ya que la fisiología del tubérculo de papa acondicionada determina el grado de calogénesis, por lo que juegan un papel importante la edad y la temperatura de conservación.

El crecimiento de los callos relativamente indiferenciados puede cuantificarse de distintas maneras, pero normalmente se expresa como incremento del peso fresco, del peso seco o del número de células en un intervalo de tiempo (Lindsey y Jones, 1989).

Dodds y Roberts (1990) señalan que la medida de peso seco de un callo proporciona un aceptable estimador de la actividad biosintética de un cultivo; además en pesos frescos abajo de 500 mg la relación entre peso fresco y peso seco es aproximadamente lineal.

Por lo que respecta a variables de tipo cualitativo, Lindsey y Jones (1989) mencionan que en condiciones nutritivas y hormonales adecuadas, la morfología del callo puede describirse como friable o compacta. Al respecto, Barba (1994) señala que los callos varían según la apariencia externa, textura y composición celular, indicando que algunos callos son masas celulares compactas y duras, con células íntimamente unidas, mientras otras forman tejidos esponjosos con una gran cantidad de espacios intercelulares que varían en coloración, aún los derivados de la misma especie.

El objetivo del presente estudio fue determinar el medio nutritivo más adecuado en el cual cada uno de los cuatro cultivares utilizados forme callo con

características de friabilidad, y poder así desarrollar trabajos posteriores para aprovechar la variación somaclonal que pueda presentarse.

MATERIALES Y MÉTODOS

Análisis de laboratorio

Para la realización de este estudio se utilizaron tubérculos de papa de los cultivares Alpha, Norteña, Clon AN-1 y Mondial. Estos cultivares variaron en su período de almacenamiento, peso y consistencia al momento de ser sembrados en los diversos medios nutritivos. Los tubérculos de la variedad Alpha fueron almacenados por dos meses, tuvieron un peso promedio de 100 g y su consistencia fue buena; la variedad Norteña se almacenó por dos años, pesó 56 g y tuvo buena consistencia; la variedad AN-1 tuvo cinco meses de almacenamiento, pesó 121 g y su consistencia fue buena; finalmente, la variedad Mondial tuvo un período de almacenamiento de dos años, pesó 50 g y su consistencia fue media. Todos estos materiales tuvieron buena sanidad y se conservaron a temperatura ambiente en un almacén acondicionado para este fin. Los medios de cultivo que se evaluaron para la formación de callo fueron:

- M-1 Engvild (1973) M&N
- M-2 Murashige & Skoog (1982)
- M-3 Stantz & Steward (1959-B)
- M-4 Lam (1975)

La formulación de los medios fue tomada de George *et al.* (1987) y se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Composición de los medios de cultivo utilizados para la inducción de callo (mg/l) (De George *et al.*, 1987)

Constituyentes	M1 (Engvild, 1973)	M2 Murashige & Skoog (1962)	M3 (Stantz & Steward, 1959)	M4 (Lam, 1975)
<u>Macronutrientes</u>				
KNO ₃	1900	1900	80	1900
NH ₃ NO ₃	1650	1650		1650
CaCl ₂ .2H ₂ O	440	440		440
MgSO ₄ .7H ₂ O	370	370	360	370
Ca (NO ₃) ₂ . 4H ₂ O	170	170		170
KCL			65	
NaH ₂ SO ₄ .2H ₂ O			61.5	
Na ₂ SO ₄			200	
<u>Micronutrientes</u>				
MnSO ₄ .4H ₂ O	22.3	22.3	6.648	22.3
ZnSO ₄ .7H ₂ O	8.6	8.6	2.672	8.6
H ₃ BO ₃	6.2	6.2	1.5	6.2
KI	0.83	0.83	0.75	0.83
CuSO ₄ 5H ₂ O	0.025	0.025		0.025
Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	0.25	0.25		0.25
CoCl ₂ . 6H ₂ O	0.025	0.025		0.025
FeSO ₄ 7H ₂ O	27.85	27.85		27.85
Na ₂ EDTA.2H ₂ O	37.25	37.25		37.25
Fe ₂ (SO ₄) ₃			2.5	
<u>Vitaminas</u>				
Myoinositol	100.0	100.0		100.0
Tiamina HCL	0.5	0.1	0.1	0.5
Ac. Nicotínico	5.0	0.5	0.5	5.0
Piridoxina HCL	0.5	0.5	0.1	0.5
Biotamina	0.05			0.05
Ac. Folico	0.5			0.5

Reguladores de crecimiento

2,4-D		2.0	6.0	3.0
Acido Naftalenacético	8.0			
Cinetina	0.5			
Agua de Coco		10 %	10 %	
<u>Aminoácidos</u>				
Glicina	2	2	3	
Proteína Hidrolizada			500	1000
SACAROSA	30000	30000	20000	30000
AGAR	7000	8000	8000	9000
pH	5.8	5.7	5.6	5.8

Los medios de cultivo se prepararon con agua desionizada, el pH se ajustó con NaOH y HCL al 1 y 0.1 N y se esterilizaron a una temperatura de 121 a 125 °C por espacio de 18 minutos.

Para la desinfección del material vegetativo los tubérculos utilizados fueron lavados con agua corriente y detergente comercial; posteriormente, se procedió a la desinfección en la campana de flujo laminar, para lo cual fueron colocados en alcohol al 70% por espacio de 30 segundos; se dejaron secar por 15 minutos y posteriormente, se colocaron en hipoclorito de sodio al 5% más dos gotas de Tween 20[®] por un espacio de 10 minutos y finalmente, se enjuagaron en agua estéril en tres ocasiones. Una vez desinfectado el material vegetativo y en condiciones de asepsia se procedió a eliminar la cutícula de los tubérculos con un bisturí; a continuación, se extrajeron cilindros de tejido con un sacabocados de 6 mm de diámetro, (eliminando 5 mm de los extremos del cilindro); después se hicieron cortes de discos de tubérculo de aproximadamente 3 mm de espesor.

Cada uno de los discos fue colocado en una caja de Petri con papel filtro estéril para eliminar el exceso de agua y finalmente se colocaron tres discos en cada frasco tipo Gerber® con 25 ml de medio nutritivo. Una vez hecha la siembra, los frascos se colocaron en el cuarto de incubación a una temperatura de 25°C por un espacio de seis semanas y en condiciones de oscuridad.

Variables Evaluadas

Se evaluaron las variables de tipo cuantitativo y de tipo cualitativo mencionadas por Lindsey y Jones (1989) y las señaladas por Pierik (1990), que son las siguientes: peso fresco de callo (p f c), peso seco de callo (p s c), diferencia peso fresco de callo – peso seco de callo (p f c - p s c), color, tamaño y consistencia. La evaluación de estas variables se hizo a las seis semanas de la siembra, para lo cual se extrajeron los callos y se pesaron en una balanza analítica con aproximación a diezmilésimas de gramo. El peso fresco de los callos se expresó en gramos (g) y se determinó inmediatamente después de extraer los callos del frasco donde fueron colocados con el medio de cultivo, cuidando de no incluir medio nutritivo. Para evaluar el peso seco, los callos se colocaron en una estufa a temperatura de 70°C por espacio de 72 horas, utilizando para ello la balanza analítica.

Además de variables de tipo cuantitativo, se realizó la evaluación de variables de tipo cualitativo que también son importantes en la formación de los callos. Tales variables son: color, consistencia y tamaño. Para la variable color, se

clasificaron desde callos de color blanco hasta callos de color café, pasando por cristalino y gris. Para consistencia, solamente se consideraron callos de dos tipos: suave y dura. Finalmente, para tamaño se utilizó una escala arbitraria de chico a muy grande.

Análisis Estadístico

Para este estudio se utilizó el diseño de completamente al azar con arreglo factorial y cinco repeticiones, donde el factor A correspondió a los cultivares y el factor B a los medios de cultivo.

El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \delta_{ijk}$$

Con: $i = 1, \dots, 4$ (cultivares)

$j = 1, \dots, 4$ (medios de cultivo)

$k = 1, \dots, 5$ (repeticiones)

Donde: Y_{ijk} = Variable aleatoria observable del i -ésimo cultivar con el j -ésimo medio de cultivo en la k -ésima repetición.

μ = Media general

α_i = Efecto del i -ésimo cultivar

β_j = Efecto del j -ésimo medio de cultivo

$\alpha\beta_{ij}$ = Efecto de la interacción del i -ésimo cultivar en el j -ésimo, medio de cultivo

δ_{ijk} = Error experimental

Para la realización del análisis estadístico se consideró como una repetición el peso promedio de los tres callos formados en cada frasco. Las medias de los tratamientos fueron comparadas con la prueba de Tukey ($P < 0.01$) y los cálculos se realizaron con el programa Mstat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aunque se logró producir callo en los cuatro cultivares y con los cuatro medios nutritivos evaluados, los callos variaron en cuanto a sus características cuantitativas y cualitativas.

Cuadro 2. Análisis de varianza para formación de callo de cultivares de papa en los medios de cultivo probados

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios		
		Peso fresco de callo	Peso seco de callo	Diferencia pfc-psc
Factor A	3	11.077**	0.022**	10.124**
Factor B	3	8.978**	0.021**	8.161**
Interacción A x B	9	1.402**	0.001 NS	1.340**
Error	64	0.145	0.001	0.129
Total	79			
C. V.		27.09%	21.35%	28.08%

* significativo con $\alpha = 0.05$

** significativo con $\alpha = 0.01$

En el Cuadro 2 se presenta el análisis de varianza para las diferentes variables de tipo cuantitativo, donde se detectan diferencias altamente

significativas para todas las variables evaluadas. Sólo en el caso de peso seco, la interacción no reporta diferencia estadística. Los resultados indican que el comportamiento promedio de los medios de cultivo varió de un medio a otro; asimismo, se detecta que algunos cultivares tuvieron una mejor respuesta en ciertos medios nutritivos.

Cuadro 3. Prueba de Tukey para: peso fresco de callo, peso seco de callo y diferencia entre peso fresco y peso seco de callo de cuatro cultivares de papa

Cultivares	Peso fresco promedio de callo (g)	Peso seco promedio de callo (g)	Diferencia promedio pfc-psc (g)
AN-1	2.413 A	0.170 A	2.242 A
Norteña	1.485 B	0.119 AB	1.366 B
Alpha	1.012 BC	0.113 AB	0.899 BC
Mondial	0.708 C	0.092 B	0.616 C

Cantidades con la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha = 0.01$)

En el Cuadro 3 se presenta la prueba de Tukey ($\alpha=0.01$) para las diferentes variables evaluadas. En dicho cuadro se observa que en cuanto a peso fresco promedio de los callos y diferencia promedio (p f c - p s c), el cultivar AN-1 es estadísticamente superior al resto de los cultivares, le sigue el cultivar Norteña que es estadísticamente igual a Alpha pero superior al cultivar Mondial.

Por lo que respecta a peso seco de callo, se puede observar que el cultivar AN-1 es superior en forma numérica al resto de los cultivares, aunque en el aspecto estadístico es igual a Norteña y Alpha.

La diferente respuesta de los genotipos en los diversos medios de cultivo se relaciona con lo reportado por Pieryk (1990), quien menciona que las exigencias de reguladores exógenos dependen en gran medida del genotipo y de su contenido de reguladores endógenos; además Quraishi *et al.* (1987), señalan que la fisiología del tubérculo de papa acondicionada determina el grado de calogénesis, y que la edad y temperatura de conservación juegan un papel muy importante; por lo tanto, la superioridad del cultivar AN-1 puede deberse al cultivar mismo y a la condición fisiológica del explante al momento de la siembra, pues los tubérculos utilizados como fuente de explante de este cultivar tuvieron un período de almacenamiento de cinco meses. Esto tal vez permitió que la proporción de los reguladores endógenos combinara de mejor manera con los reguladores exógenos incluidos en los medios nutritivos que en el resto de los cultivares, en los cuales, para el caso de Alpha, el período de almacenamiento fue corto (dos meses) y en los otros dos cultivares fue muy largo.

Cuadro 4. Prueba de Tukey para peso fresco de callo (p f c.), peso seco de callo (p s c.) y p f c – p s c en diferentes medios de cultivo

Cultivares	Peso fresco promedio (g)	Peso seco promedio (g)	Diferencia p f c – p s c
M1	2.365 A	0.168 A	2.197 A
M2	1.237 B	0.107 B	1.130 B
M3	1.212 B	0.127 AB	1.085 B
M4	0.805 B	0.093 B	0.712 B

Cantidades con la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha = 0.01$)

En el Cuadro 4 se presentan los resultados de la prueba de Tukey para promedios de peso fresco, peso seco y diferencia entre peso fresco y peso seco de los callos que crecieron en los medios nutritivos usados. El medio M1 (Engvild, 1973) fue el que generó los callos con mayores pesos, tanto fresco y seco, así como el que dio la diferencia entre p f y p s más grande. El resto de los medios fueron similares entre sí y diferentes estadísticamente al M1.

De los cuatro medios nutritivos utilizados, al parecer, el M1 incluyó la proporción más adecuada de auxinas y citocininas: 8 mg de ANA y 0.5 mg de cinetina; el contenido de ANA en este medio nutritivo corresponde a la más alta concentración de auxina, además de contar con la acción de la citocinina. Lo anterior se apega a lo afirmado por Po-jen y Ching-yeh (1985), quienes mencionan que para la inducción de callo se requiere de una alta concentración de auxina y una citocinina, aunque esta última en baja concentración; también coincide con Devlin (1980), quien señala que la inducción y proliferación de callo requiere la adición de auxinas al medio. Esto teniendo en cuenta que la producción de callo está íntimamente relacionada con la concentración y tipo de auxinas, ya que las auxinas en altas concentraciones suprimen la morfogénesis y dan por resultado la rápida proliferación de células tipo callo en concentraciones que generalmente oscilan entre 0.1 y 10 mg/l.

Cuadro 5. Prueba de Tukey para el peso promedio de callo para las combinaciones cultivar-medio nutritivo

Tratamiento	Peso fresco Promedio (g)	Peso seco Promedio (g)	Diferencia p f c – p s c (g)
AN-1-M1	4.284 A	0.230 A	4.053 A
Norteña-M1	2.461 B	0.169 A B C	2.292 B
AN-1-M2	2.223 B C	0.182 A B	2.041 B
AN-1-M4	2.052 B C D	0.144 B C D E	1.908 B C
Norteña-M4	1.585 B C D E	0.106 C D E	1.480 B C D
Alpha-M1	1.485 C D E F	0.153 B C D	1.131 C D E
Alpha-M2	1.255 D E F G	0.126 B C D E	1.129 C D E
Mondial-M1	1.229 D E F G	0.118 B C D E	1.111 C D E
AN-1-M3	1.092 E F G	0.125 B C D E	0.967 D E
Norteña-M3	1.069 E F G	0.101 C D E	0.969 D E
Norteña-M2	0.824 E F G	0.103 C D E	0.722 D E
Alpha-M4	0.769 E F G	0.096 D E	0.673 D E
Mondial-M2	0.545 G	0.097 D E	0.448 E
Alpha-M3	0.540 G	0.075 E	0.465 E
Mondial-M4	0.540 G	0.081 D E	0.465 E
Mondial-M4	0.519 G	0.072 E	0.447 E

Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha = 0.01$)

En cuanto a la combinación cultivar - medio de cultivo (Cuadro 5), la prueba de Tukey detectó que para las variables peso fresco de callo y diferencia entre peso fresco de callo y peso seco de callo, la combinación del cultivar AN-1 con M1 fue estadísticamente superior al resto de los tratamientos; le siguen las combinaciones Norteña x M1, AN-1 x M2, AN-1 x M4 y Norteña x M4, las cuales fueron similares entre sí. El cultivar Alpha respondió igual en los medios M1, M2 y M4, mientras que el comportamiento del cultivar Mondial fue el mismo en los cuatro medios de cultivo, aunque el mayor peso fresco de callo se logró en M1.

También se puede observar que el comportamiento de los tratamientos

superiores mantiene casi el mismo orden tanto en peso fresco de callo como de peso seco, lo cual coincide con lo expresado por Dodds y Robert (1990), en el sentido de que la relación de peso fresco y peso seco es aproximadamente lineal.

De acuerdo con lo anterior, los cuatro cultivares respondieron mejor en M1, pero fue en la combinación AN-1-M1 donde se logró el mayor peso fresco de callo, mayor peso seco de callo, y mayor diferencia $p f - p s$, indicando con ello que tanto el genotipo como la combinación de reguladores endógenos y exógenos de auxinas/citocininas lograron producir los mayores pesos de callo. Lo anterior coincide en cierta forma con lo reportado por Devlin (1980), ya que señala que las auxinas en altas concentraciones suprimen la morfogénesis y dan como resultado la rápida proliferación de células tipo callo, y que aunque la adición de auxina es suficiente para la formación de callo, debe agregarse cinetina al medio, aunque en bajas concentraciones, para apoyar la proliferación de callos sanos.

Cuadro 6. Variables evaluadas en los diferentes tratamientos

Tratamientos	P. fresco(g)	P. seco (g)	p f-p s (g)	Color	Tamaño	Consistencia
Alpha-M1	1.485	0.153	1.131	Blanco	Grande	Suave
Alpha-M2	1.234	0.127	1.107	Cristalino	Grande	Suave
Alpha-M3	0.540	0.075	0.465	Café	Chico	Dura
Alpha-M4	0.769	0.096	0.673	Cristalino	Chico	Suave
Norteña-M1	2.461	0.169	2.292	Cristalino	Grande	Suave
Norteña-M2	0.824	0.103	0.722	Cristalino	Mediano	Suave
Norteña-M3	1.609	0.101	0.969	Cristalino	Chico	Suave
Norteña-M4	1.585	0.106	1.480	Cristalino	Mediano	Suave
AN-1-M1	4.284	0.230	4.053	Cristalino	Muy grande	Suave
AN-1-M2	2.223	0.182	2.041	Cristalino	Grande	Suave
AN-1-M3	1.092	0.125	0.966	Café	Chico	Dura

AN-1-M4	2.052	0.144	1.908	Cristalino	Mediano	Suave
Mondial-M1	1.229	0.118	1.111	Blanco	Grande	Suave
Mondial-M2	0.545	0.096	0.403	Cristalino	Chico	Dura
Mondial-M3	0.519	0.071	0.579	Café	Chico	Dura
Mondial-M4	0.539	0.081	0.457	Cristalino	Chico	Suave

En el Cuadro 6 se presenta el total de variables evaluadas. En dicho cuadro se aprecia que el tratamiento AN-1-M1 reúne las características que debe poseer un callo friable como son color cristalino, consistencia suave y buen tamaño; lo cual se refleja en el peso fresco y el peso seco. Los cuatro cultivares evaluados respondieron mejor al medio M1, ya que en este medio presentaron el mayor tamaño y las características de un callo friable. Con excepción del cultivar Norteña, el resto de los cultivares presentó una consistencia dura en M3; en la mayoría de los casos esta característica se observa asociada con el tamaño chico y el color café, excepto en el tratamiento Mondial-M2 cuya coloración es gris.

La diferencia de peso fresco de callo - peso seco de callo está dada por la cantidad de agua acumulada en el callo fresco. En el Cuadro 6 se puede observar que los cuatro tratamientos considerados como callos de consistencia dura (Alpha-M3, AN-1-M3, Mondial-M2 y Mondial-M3), se encuentran entre los siete tratamientos con las menores diferencias ($p_{fc} - p_{sc}$), pudiéndose inferir que los callos que acumularon menor cantidad de agua fueron poco friables.

De acuerdo con la descripción que Lindsey y Jones (1989) hacen para un callo friable, la mayoría de los cultivares en los diversos medios, poseen estas

características (suaves y de coloración cristalina), excepto los cultivares AN-1 y Alpha cuando crecieron en M3 y Mondial cuando creció en M2 y M3.

La respuesta diferencial de los cultivares en los diferentes medios de cultivo se debe a las características genéticas de cada uno de ellos, y a la condición fisiológica de la fuente del explante. Como se mencionó, el tiempo de almacenamiento de los tubérculos de los diversos cultivares fue muy variable, además de los nutrientes contenidos en los medios de cultivo, especialmente la concentración de reguladores de crecimiento.

Como se aprecia en el Cuadro 6, el medio nutritivo M1, que incluyó una auxina y una citocinina (ANA y Cinetina), fue el que produjo los mejores callos, considerando tanto las características cuantitativas como cualitativas. El resto de los medios incluyeron sólo una auxina (2,4-D), en diferente concentración.

CONCLUSIONES

Aunque se logró inducir la formación de callo en los cuatro cultivares utilizados, cultivares Alpha, Norteña, Mondial y Clon AN-1, fue este último el que produjo los callos de mayor peso y con mejores características de friabilidad; de aquí que se considera un buen cultivar para formación de callo en papa. Sin embargo, no debe descartarse el efecto del estado fisiológico del explante.

El medio Engvild resultó ser el más adecuado para formar callos, especialmente en combinación con el Clon AN-1. La causa principal de esta superioridad parece ser la presencia de cinetina como regulador de crecimiento.

LITERATURA CITADA

- Aloni, R. 1980. Role of auxin and sucrose in the differentiation of sieve and tracheary elements in plant tissue cultures. *Planta*. 150:255-263.
- Barba, A. A. 1994. Cultivo de callos. In: Cultivo de tejidos vegetales (pp. 93-97). Hurtado, M. D. y Ma. E. Merino M. (Eds). Trillas, México, D. F.
- Devlin, R. M. 1980. Fisiología vegetal. Omega. Barcelona, España.
- Dodds, J. H. and L. W. Roberts. 1990. Experiments in plant tissue culture. Cambridge University Press, Crambridge, U. S. A.
- George, E. F., D. J. M. Puttock and H. J. George. 1987. Plant culture media. Formulations and uses. Exegetics Limited. England.
- Lindsey, K. y M. G. K. Jones. 1989. Biotecnología vegetal agrícola. Acribia, S. A., Zaragoza, España.
- Pierik, R. L. M. 1990. Cultivo *in vitro* de plantas superiores. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid España.
- Po-jen, W. and H. Ching-yeh. 1985. Callus culture (pp. 512-518). In: Potato physiology. Li, P. H. (Ed). Academic Press.

- Quraishi, A., I. John., L. Rossignol and R. Nozeran. 1987. Effect of the origin of explant on callus initiation and differentiation in potato (pp. 243-255). In: Biotechnology in agriculture and forestry. Bajaj, Y. P. S. (Ed). Springer-Verlag, Germany.
- Robert, M. L. 1985. El potencial del cultivo *in vitro* de células vegetales en el mejoramiento genético de las plantas (pp. 89-97). En: El cultivo de tejidos vegetales en México. Robert, M. L. (Ed). Conacyt, México.

FUNCIÓN DE DESCARGA ECOSISTÉMICA POR EL HERBÍVORO

Function of an ecosystemic discharge by herbivores

Sergio Antonio Tuexi Villarreal¹, Roberto Nava Coronel²,
Luis Pérez Romero², Juan José López González².

¹E-mail: stuexi@tamps1.telmex.net.com.mx

² Departamento de Recursos Naturales Renovables.
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, C.P. 25315

RESUMEN

Se determinó una función matemática para representar las descargas ecosistémicas de *Sporobolus airoides*, *Flourensia cernua*, *Atriplex canescens* y *Medicago sativa*. Para cuantificar la fitomasa ofrecida, se usaron técnicas compatibles con la forma de la planta. Los tiempos de muestreo se determinaron de acuerdo con las observaciones practicadas sobre el consumo efectuado por el herbívoro. Se utilizaron diferentes cargas animales para las descargas ecosistémicas y se expresaron en t hr ha⁻¹ acumuladas.

Las curvas obtenidas describen una función exponencial de la forma $Y = ae^{-bx}$; ajustando los datos obtenidos en el campo, se determinó una función general de descarga de la fitomasa por el herbívoro.

Palabras clave: Función de descarga, *Sporobolus airoides*, *Flourensia cernua*, *Atriplex canescens* y *Medicago sativa*.

ABSTRACT

A mathematical function to represent ecosystemic discharge of *Sporobolus airoides*, *Flourensia cernua*, *Atriplex canescens* and *Medicago sativa* for goat livestock was developed. In order to quantify the offered phytomass, compatible techniques were carried out according to the plant form. The sampling timing was determined according to the phytomass intake by the herbivore. Several stocking densities were used to undertake the ecosystemic discharge, expressed in t hr ha⁻¹ of accumulated totals. The obtained curves of the different ecosystemic discharges describe an

exponential function of the form $Y = ae^{-bx}$. A herbivore phytomass discharge general function was determined by adjusting field data.

Key Words: Discharge function, *Sporobolus airoides*, *Flourensia cernua*, *Atriplex canescens*, *Medicago sativa*.

INTRODUCCIÓN

Para lograr una mejor comprensión de la utilización del recurso natural a través del tiempo es necesario tratarlo con rigorismo, por medio del empleo de símbolos matemáticos y de ecuaciones. Los primeros proporcionan una representación precisa y útil para describir las estructuras de sistemas ecológicos complejos. Las segundas, formalizan enunciados acerca de cómo se interrelacionan los componentes del ecosistema al actuar recíprocamente. Este proceso matemático consiste en traducir conceptos físicos y biológicos de cualquier sistema ecológico en un conjunto de relaciones matemáticas de naturaleza más abstracta que la del fenómeno (Odum, 1971).

De establecerse una buena utilización de los recursos naturales de las zonas áridas del norte de México, podemos obtener una acentuada eficiencia de canalización energética desde el ecosistema hasta el hombre. El grado de utilización por la zoocenosis, es uno de los principales aspectos que afectan su recuperación, principalmente a través de la intensidad y frecuencia de los esquilmos relacionados, sin lugar a dudas, con las condiciones climáticas. Por ello, es importante la determinación de funciones matemáticas que representen las

descargas ecosistémicas para predecir el comportamiento de los fenómenos, la utilización, forraje remanente y la adecuación de la pradera para determinado tipo de animal en cada arquitectura fitocenósica.

El objetivo principal del presente trabajo fue determinar una función matemática, que permita predecir la tasa de descarga de un ecosistema pratense por el herbívoro.

MATERIALES Y MÉTODOS

El tamaño de la parcela y la carga animal, se determinaron pensando en establecer la relación existente entre el tiempo de permanencia de la zoomasa y la fitomasa remanente, utilizando así la pradera en un período breve. Se logra determinar la fitomasa remanente cuando la función de descarga se hace asintótica.

Para cuantificar la materia seca ofrecida en cada uno de los tiempos de muestreo, determinados de acuerdo con las observaciones de consumo, se emplearon técnicas compatibles con la forma de la planta, y las muestras se secaron en el horno a 65° C durante 48 horas; posteriormente, se transformaron a unidades de superficie.

Para efectuar las descargas ecosistémicas se utilizaron cabras criollas, que estuvieron en ayuno la noche anterior a cada experimento. Durante el tiempo que duró el experimento, las cabras recibieron agua *ad libitum*; asimismo, se

pesaron al inicio y al final y se llevaron a pasar la noche en los corrales destinados para ello.

La zoomasa utilizada en cada uno de los tiempos acumulados de muestreo se calculó multiplicando el peso total inicial por la unidad de superficie por el tiempo de pastoreo/mil (Kothmann, 1974). El consumo se determinó mediante la diferencia existente de lo ofrecido menos lo rechazado.

Descripción del área de estudio

Sporobolus airoides Torr.

Se realizó en un área de 450m² (15m x 30m) adjunta al Campo Experimental "Noria de Guadalupe", ubicado en el ejido del mismo nombre municipio de Concepción del Oro, Zacatecas, y perteneciente a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, la cual fue circulada para facilitar el estudio. Tuvo una duración de 10 días comprendidos del 18 al 28 de julio de 1981.

La disponibilidad de la materia seca se determinó previamente a la utilización por el ganado caprino, aplicándose el método del cuadrante (1m²).

La toma de muestras se ejecutó por seis veces consecutivas, al azar, por cada uno de los tiempos determinados en función del grado de utilización observado, a decir, t0, t1, t2, t3, t4 y t5, dando la superficie total muestreada áreas de 5m² por tiempo y un total de 30 m². La fitomasa se cosechó al nivel del suelo, embolsándose para su secado en el horno a 65° C durante 48 hr. Para efectuar la

descarga ecosistémica se utilizaron 20 cabras criollas con un peso promedio de 44.15 kg.

Flourensia cernua D.C.

Para este estudio, se seleccionó un área de 270m² (15m x 18m), ubicada en la parte baja del Campo Experimental "Noria de Guadalupe", que se dejó libre de plantas indeseables, encontrándose una densidad de 280 plantas de hojase. Tuvo una duración de siete días, comprendidos entre el 7 y el 14 de agosto de 1981.

Por tratarse de un arbusto cuya forma corresponde aproximadamente a una semiesfera, se eligió una metodología compatible con su forma para la determinación de la fitomasa ofrecida, en función de la intensidad de utilización. Se escogieron 40 plantas que se marcaron en grupos de 10 por tiempo, para un total de cuatro, a decir: t0, t1, t2, t3.

Las plantas se arrancaron al nivel del suelo por cada uno de los tiempos correspondientes. Para determinar la cantidad de materia seca ofrecida, los valores calculados por las 10 plantas se transformaron en poblaciones, multiplicándose este peso por el número total de plantas en el lote, y éstas a su vez en unidades de superficie, restándose a cada tiempo las 10 plantas que sirvieron de muestra en forma acumulativa. Para efectuar la descarga ecosistémica se utilizó una densidad animal de 19 cabras criollas con un peso promedio de 43.15 kg.

Atriplex canescens (Pursh) Nut.

El ecosistema de *Atriplex canescens* se localizó en la parte baja del Campo Experimental "Noria de Guadalupe". Se circuló un área total de 450 m² (15m x 30m), que se dejó libre de malezas, con la finalidad de dejar sólo *Atriplex canescens*; se encontró una densidad de 128 plantas. La duración del período experimental fue de siete días comprendidos del 20 al 26 de septiembre de 1981. La metodología empleada para evaluar la fitomasa ofrecida, en función de la intensidad de utilización, fue compatible con su forma, que corresponde a una semiesfera formada por un tronco central que se ramifica radialmente desde su base en todas direcciones, escogiéndose 20 plantas al azar, de las cuales se identificaron cinco por tiempo, a decir t₀, t₁, t₂, y t₃.

Las plantas fueron extraídas del área experimental en su tiempo correspondiente. Para determinar la fitomasa ofrecida en cada tiempo, los valores calculados por grupo de plantas se transformaron en poblaciones, multiplicando el peso de las plantas muestreadas por el número total de plantas (123) en los 450m². Posteriormente, se convirtieron en unidades de superficie, restándole las cinco plantas que fueron extraídas en los tiempos subsecuentes al t₀, con la finalidad de obtener valores más aproximados a la realidad. Para efectuar la descarga ecosistémica se utilizó una densidad animal de 10 cabras, con un peso promedio de 43.5 kg.

Medicago sativa L.

Este ensayo se llevó a cabo en una región aldeaña, al norte de la ciudad de Saltillo, Coahuila, debido principalmente a que ahí se encontró el agroecosistema de *Medicago sativa* favorable a nuestros planes, con una duración de cuatro días comprendidos en el período del 11 al 14 de diciembre de 1981.

El área experimental fue de 24m² (6m x 4m) y se circuló con tela borreguera para facilitar el estudio. La disponibilidad de la materia seca se calculó previamente a la utilización por el ganado en cada uno de los tiempos, a decir: t0, t1, t2, t3 y t4. Los muestreos se hicieron utilizando un cuadro de 0.25m² de área, arrojado al azar por cuatro veces consecutivas, superficie donde se cosechó la fitomasa de alfalfa a nivel del suelo. Para la realización de la descarga ecosistémica se utilizó una densidad animal de nueve cabras criollas con un peso promedio de 40.5 kg.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN*Sporobolus airoides* Torr.

Los resultados de las mediciones de descarga total de *Sporobolus airoides* indican que la descarga de la fitomasa por caprinos se ajusta a una función exponencial, correspondiéndole la ecuación $Y = 4942.4^{-0.2174x}$. Se parte de una disponibilidad inicial de 3537.00 kg MS ha⁻¹, con una intensidad de cosecha

equivalente a $98.11 \text{ ton hr ha}^{-1}$, en un tiempo de 5 horas totales acumuladas de pastoreo. La fitomasa total ofrecida se reduce a $3432.7 \text{ kg/MS/ha}^{-1}$ determinándose un consumo del orden de $104.3 \text{ kg/MS/ha}^{-1}$.

La descarga de la fitomasa en pie continúa ajustándose a una función exponencial y tiende a hacerse asintótica con un valor de $1396.40 \text{ kg/MS/ha}^{-1}$. Las tasas de cambio de las descargas son variadas, dependiendo del tiempo de apacentamiento de los caprinos (Figura 1).

La descarga de la fitomasa por el herbívoro corresponde a la ecuación $Q = (3537 - 1396.40) e^{-kt} + 1396.4$, datos sustituidos en la ecuación general de descarga.

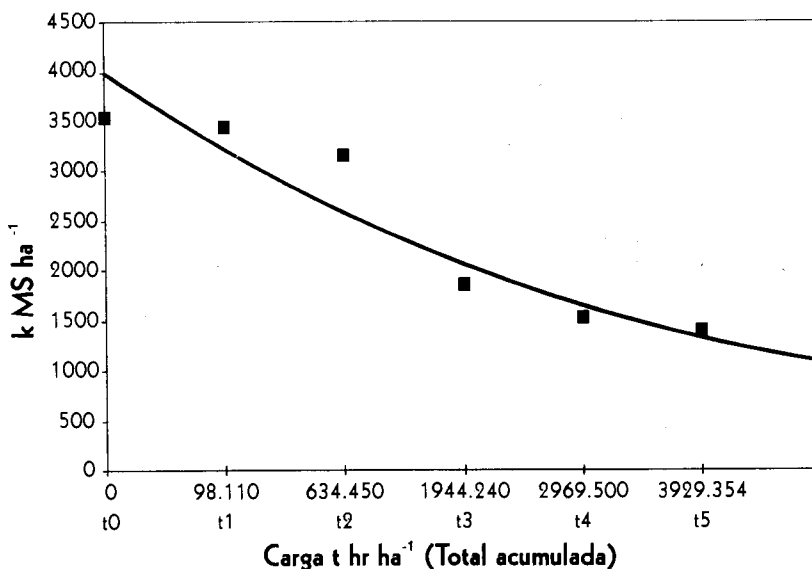


Fig. 1. Curva ajustada por el procedimiento NLIN del sistema SAS del ecosistema *Sporobolus airoides*.

Flourensia cernua D. C.

Los resultados de las mediciones de descarga total de *Flourensia cernua* indican que la descarga de la fitomasa por caprinos se ajusta a una función exponencial, correspondiéndole la ecuación $Y = 10099^{-0.319x}$ e, partiendo de una disponibilidad inicial de 7865.510 kg MS ha⁻¹ con una intensidad de cosecha equivalente a 2221.330 t hr ha⁻¹, en un tiempo de 73.20 horas totales acumuladas de pastoreo. La fitomasa total ofrecida se reduce a 5090.40 kg de MS ha⁻¹ determinándose un consumo del orden de 2775.11 kg MS ha⁻¹.

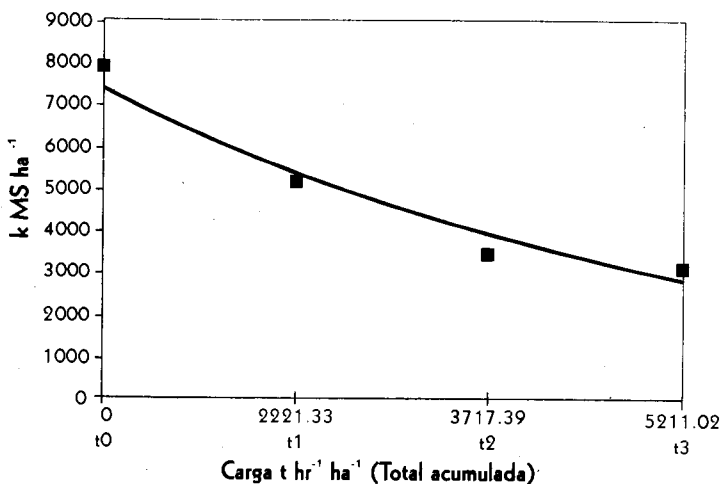


Fig. 2. Curva ajustada por el procedimiento de NLIN del sistema SAS del ecosistema *Flourensia cernua* D. C.

La descarga de la fitomasa en pie continúa ajustándose a una función exponencial y tiende a hacerse asintótica con un valor de 3117.785 kg de MS/ha⁻¹. Las tasas de cambio de la descarga son variadas dependiendo del tiempo de apacentamiento de los caprinos (Figura 2). La descarga de la fitomasa por el herbívoro corresponde a la ecuación general de descarga.

$$Q = (7865.51 - 3117.78) e^{-0.0006140431 \cdot 2221.330} + 3117.785$$

Atriplex canescens (Pursh) Nut.

Los resultados de las mediciones de descarga total de *Atriplex canescens* indican que la descarga de la fitomasa por caprinos se ajusta a una función exponencial, correspondiéndole la ecuación $Y = 2393.9 e^{-0.0159x}$. Se parte de una disponibilidad inicial de 2356.51 kg de MS ha⁻¹ con una intensidad de cosecha equivalente a 327.22 t hr ha⁻¹ totales acumuladas, en un tiempo de 34.05 horas totales acumuladas de pastoreo. La fitomasa total ofrecida se reduce a 2314.64 kg de MS ha⁻¹ determinándose un consumo del orden de 41.87 kg de MS ha⁻¹.

La descarga de la fitomasa en pie, continúa ajustándose a una función exponencial y tiende a hacerse asintótica con un valor de 2242.88 de MS ha⁻¹. Las tasas de cambio de la descarga son variadas dependiendo del tiempo de apacentamiento de los caprinos (Figura 3). La descarga de la fitomasa por el herbívoro corresponde a la ecuación general de descarga $Q = (2356.51 - 2242.88) e^{-0.0012764805 \cdot 327.22} + 2242.88$.

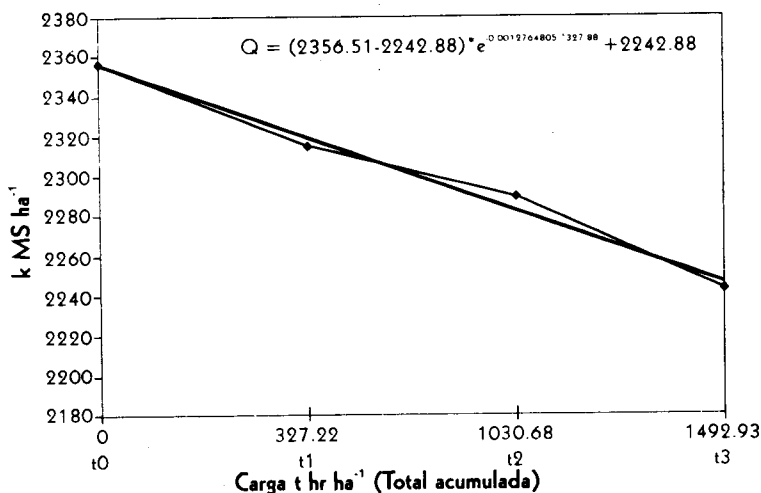


Fig. 3. Curva ajustada por el procedimiento de NLIN del sistema SAS del ecosistema *Atriplex canescens* (Pursh) Nut.

Medicago sativa L..

Los resultados de las mediciones de descarga total de *Medicago sativa* indican que la descarga de la fitomasa por caprinos se ajusta a una función exponencial, correspondiéndole la ecuación $Y = 2012^{0.1677x} e$. Se parte de una disponibilidad inicial de 1770.0 kg de MS ha⁻¹ con una intensidad de cosecha equivalente a 946.290 t hr ha⁻¹ totales acumuladas, en un tiempo de 6:30 horas totales acumuladas de pastoreo. La fitomasa total ofrecida se reduce a 1539.0 kg de MS ha⁻¹ determinándose un consumo de 231.0 kg de MS ha⁻¹.

La descarga de la fitomasa en pie, continúa ajustándose a una función exponencial y tiende a hacerse asintótica con un valor de 841.00 kg de MS ha⁻¹.

Las tasas de cambio de las descargas son variadas, dependiendo del tiempo de apacentamiento de los caprinos (Figura 4).

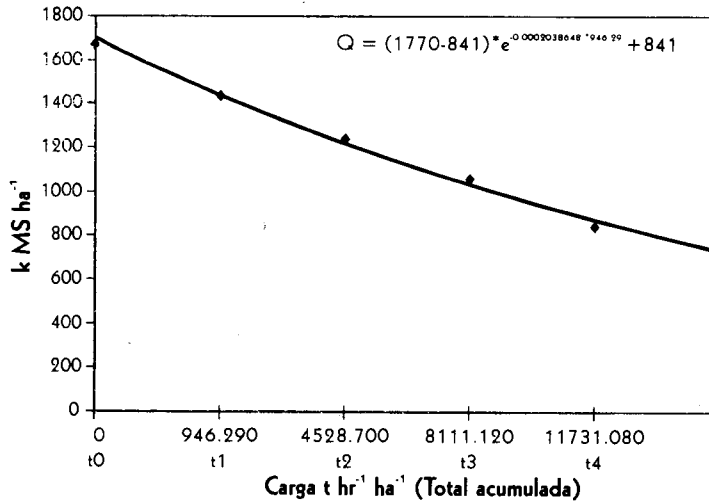


Fig. 4. Curva ajustada por el procedimiento de NLIN del sistema SAS del ecosistema *Medicago sativa*

La descarga de la fitomasa por el herbívoro corresponde a la ecuación general de descarga $Q = (1770.0-841.0) e^{-0.0002038648 \cdot 1940.99} + 841.00$

Los resultados obtenidos en las descargas ecosistémicas de la gramínea, la leguminosa y arbustivas, indican que la disponibilidad de la materia seca disminuye a medida que el tiempo de utilización aumenta (Gastó y Olivares, 1979). Asimismo, se puede observar que la capacidad de cosecha del animal varía de acuerdo con la disponibilidad y densidad de carga del forraje ofrecido en las praderas.

Durante el proceso de descarga de la gramínea y la leguminosa por el ganado caprino, se puede observar que preferentemente fueron consumidas las hojas verdes y tallos jóvenes, dejando como remanente los tallos maduros debido, principalmente, a la falta de palatabilidad y alto contenido de fibra, coincidiendo con los resultados obtenidos por Moyeda *et al.* (1979); Karnezos *et al.* (1988); se advierte un consumo del 60% en gramíneas y un 39% en arbustivas. En cuanto a la descarga ecosistémica de la leguminosa el consumo de materia seca fue de un 47.5% en virtud de que el forraje en las primeras horas de pastoreo fue pisoteado debido a las características vegetativas de la planta, dificultando así su consumo por caprinos; así mencionamos los trabajos realizados por Gastó (1982), que dice: “las características de la descarga de la fitocenosis, al ser sometida a la acción de un ‘cosechador’ deben ser armónicas con el sistema y con los requerimientos del mismo”; de igual manera, otro de los factores que determinaron el consumo de materia seca fue la palatabilidad de las forrajeras (Cook 1954).

Las curvas obtenidas en las descargas ecosistémicas de las comunidades bajo estudio, a decir: *Sporobolus airoides*, *Flourensia cernua*, *Atriplex canescens* y *Medicago sativa*, describen una función exponencial (Gastó y Olivares, 1979; Chen y Wang, 1988; Sampedro y Horacio, 1989; Shlyachkova 1990; Hyer, *et al*, 1991; Defosse y Bertiller, 1991; Foltyn y Zednickova, 1992). Las curvas se caracterizan por una progresión geométrica (descendente) de los valores de una de las variables, mientras que la otra se manifiesta en una progresión aritmética, correspondiéndole la forma general de la ecuación exponencial $Y = ae^{bx}$

(Springer *et al*, 1972a; 1972b; Allendeorfer y Oakley, 1973; Churchill, 1990; Márquez, 1991; Miller, 1992; Stein, 1992).

Suponiendo que el cambio neto producido en el sistema corresponde a la carga menos la descarga (Olson, 1963, Noy-Meir, 1975), planteamos el problema de esta forma y de acuerdo con la ley de la conservación de la energía se tiene:

$$Vq/Vt = Vq/Vt - Vq/Vv.$$

Esta ecuación señala que los cambios en la carga (Vq/Vt) son una consecuencia de los cambios producidos por la cosecha al aumentar la intensidad de pastoreo (Vq/Vv). Ahora bien, si consideramos un sistema cuya tasa de carga (Vq/Vt) está cercana a cero, el cambio neto producido en él se debe a la descarga; además, la descarga es una variable dependiente de la carga presente. El sistema considerado incluye los parámetros siguientes (Figura 5), en donde:

Q = Carga total presente al momento de iniciar el proceso de descarga.

C = Carga presente no cosechable.

K = Tasa intrínseca de descarga.

V = Intensidad de pastoreo

Estos parámetros pueden ser considerados como constantes para un sistema y tiempo dado. La variable independiente Q corresponde a la carga presente en un instante dado y se expresa en kilogramos por hectárea de materia seca. La variable dependiente V representa unidades de intensidad de pastoreo (zoomasa*tiempo) /Unidad de superficie, expresándolo usualmente en $t \text{ hr ha}^{-1}$ (Cuadro 1).

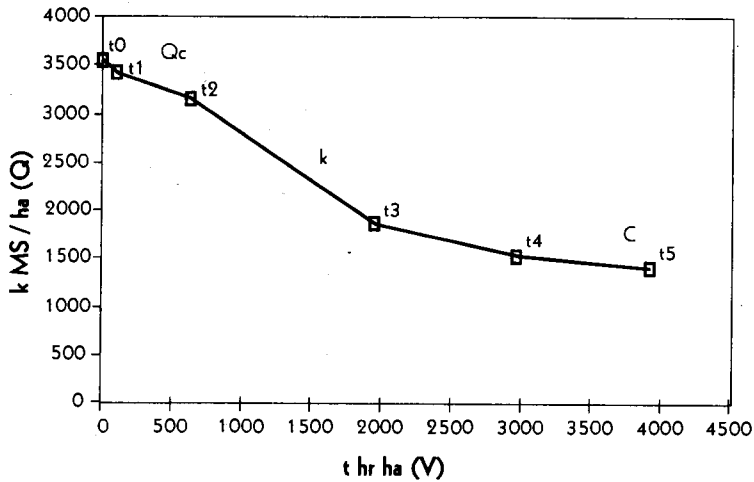


Fig. 5. Parámetros considerados para la determinación de la ecuación general de descarga de la pradera por el herbívoro

Se considera que las variaciones en la carga se deben a la cosecha, siendo esta última proporcional a la cantidad de carga presente Q menos la carga no disponible C , proporcional a la tasa intrínseca de descarga K ; por consiguiente:

$$dQ/dV = -K(Q - C).$$

Resolviendo esta ecuación diferencial tenemos:

$$Q = (Q_0 - C) e^{-kV} + C.$$

Algunos autores han ajustado curvas de descarga de la pradera a esta ecuación, haciendo pastorear praderas de secano con alta densidad animal (Gastó y Olivares, 1979; González, 1979).

Aplicando este modelo matemático a las curvas de descargas obtenidas en los ecosistemas bajo estudio, podemos calcular la tasa intrínseca de descarga por programación NLIN-SAS; así para *Sporobolus airoides* $k = .0006812157$ (Figura 1); para *Flourensia cernua* $k = .0006140431$ (Figura 2); para el *Atriplex canescens* $k = .0012764805$ (Figura 3); y para *Medicago sativa* $k = .0002038648$ (Figura 4).

Los parámetros calculados para la obtención de estas curvas se pueden observar en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Parámetros calculados para las curvas de descargas de la materia seca de los ecosistemas bajo estudio

Ecosistema	Disponibilidad inicial (kg MS ha ⁻¹) Q ₀	Tasa intrínseca de descarga K	Potencial mínimo cosechable (kg MS ha ⁻¹) C
<i>Sporobolus airoides</i>	3537.00	.0006812157	1396.40
<i>Flourensia cernua</i>	7865.51	.0006140431	3117.78
<i>Atriplex canescens</i>	2356.51	.0012764805	2242.88
<i>Medicago sativa</i>	1770.00	.0002038648	841.00

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en las mediciones de las descargas totales de la gramínea, la leguminosa y arbustos indican que la cosecha de la fitomasa por el herbívoro se ajusta a una función exponencial dada por la ecuación:

$$Q = (Q_0 - C) e^{-kv} + C^{-kv}$$

Donde: Q = Cantidad de carga presente expresada en kilogramos de materia seca.

C = Carga remanente que no puede ser cosechada por el animal.

k = Tasa intrínseca de descarga.

v = Intensidad de pastoreo expresada en t hr ha⁻¹.

Conociendo los parámetros de la ecuación general de descarga de la pradera por el herbívoro es posible predecir la carga presente en el ecosistema con una determinada intensidad de pastoreo.

Cada arquitectura fitocenósica, presenta una tasa intrínseca de descarga y un comportamiento determinado por la estructura de la planta y la intensidad de utilización.

LITERATURA CITADA

- Allendoerfer, C. B., C. O., Oakley. 1973. Fundamentos de Matemáticas Universitarias. Tercera Edición. Libros McGraw-Hill. 19 pp.
- Chen, J. L., Q., Wang. 1988. A Theoretical analysis of the potential productivity of ryegrass under grazing. *Journal of Theoretical-Biology*. 133:371-383.
- Churchill, R. V. 1990. Complex Variables and Applications. Fifth Edition. McGraw-Hill International Editions. Mathematics series. Singapur. 15-17 pp.
- Cook, C. W. 1954. Common use of summer range by sheep and cattle. *J. Range Management* 7:10-13.
- Defosse, G. E., M. B. Bertiller. 1991. Comparison of four methods of grassland productivity assessment based on *Festuca pallelescens* phytomass data. *J. Range Management*. 44:199-203.

- Foltyn, I., I., Zednickova. 1992. Mathematical model of form optimization. Zemedelska Ekonomika UVT12 (CSFR). Vol. 38:11-12.
- Gastó, G. J. M. 1982. Dinámica de la descarga de la pastura y su arquitectura. En Memorias de una reunión de trabajo celebrada en Cali, Colombia. pp. 81-106.
- Gastó, G., J. M., y E. A. Olivares. 1979. Análisis cuantitativo de la arquitectura de *Artiplex repanda* Phil. Ciencia e Investigación Agraria 6:105-113.
- González, B. C., 1979. Función de descarga ecosistémica. Aplicación al proceso de cosecha de la pradera por el ganado. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía. Universidad Católica de Chile, Santiago. 59 p.
- Hyer, J., J. N. Otlejen, M. L. Galyean. 1991. Development of a model to predict forage intake by grazing cattle. J. Anim. Sci. 69:827-835.
- Karnezos, T. P., N. M., Tanton, D. I., Bransby. 1988. A Mathematical model used to describe animal performance on Kikuyu and Coast cross II pastures. J. Grassland. Society of Southern Africa. 5:38-41.
- Kothmann, M. M. 1974. Range terms glossary committee. A Glossary of terms used in range management. Society for Range Management 2nd Ed, Denver, Colorado, 1-36 p.
- Márquez, C. M. 1991. Probabilidad y Estadística para ciencias químico-biológicas. Editorial McGraw-Hill; México. 456-463.
- Miller, I., J. E., Freund, R., Johnson. 1992. Probabilidad y estadística para ingeniería. IV Edición. Ed. Prentice-Hall Hispano Americano; México. 352 pp.
- Moyeda, A., J. Gutiérrez, R. Nava, M. Mellado. 1979. Intensidad de pastoreo y producción de leche caprina en la zona árida del Norte de Zacatecas.

- Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Monografía Técnico Científica 5 (5):328-393. Saltillo, Coahuila, México.
- Noy-Meir, I. 1975. Stability of grazing system. An application of predator-prey graphs. *Journal Ecology* 63:459-481.
- Odum, E. P. 1971. *Ecología*. Tercera Edición. Editorial Interamericana. México. 307 p.
- Olson, J. S. 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology* 44:322-331.
- Sampedro, F., D. Horacio. 1989. Desarrollo de un modelo matemático para la planificación del manejo y utilización de pasturas. Tesis de Postgrado. Fac. de Agronomía. Universidad Católica de Chile, Santiago. 95 pp.
- Shlyachkova, A. A. 1990. Mathematical model for calculating the regimes of the use of pastures. *Rastitel'nye resursy (Russian Federation)* V. 26 (4):473-480.
- Springer, C. H., R. Herlihy, I. R., Beggs. 1972 a. Métodos avanzados y modelos. Serie de Matemáticas para la Dirección de Negocio. Centro Regional de Ayuda Técnica. México/Buenos Aires. 15 pp.
- Springer, C. H., R. Herlihy, I. R., Beggs. 1972 b. Matemáticas básicas. Serie de matemáticas para la dirección de negocios. Centro Regional de Ayuda Técnica. México/Buenos Aires. 171-183 p.
- Stein, S. K. 1992. *Cálculo y geometría analítica*. Tercera Edición. Editorial McGraw-Hill. 69 pp. México.

Agradecimientos

La Revista Agraria patentiza su reconocimiento a los siguientes investigadores, por haber fungido como revisores y árbitros para el Volumen 12 (números 1 y 2).

Enrique Aranda Herrera

Eutimio Cuéllar

Rolando Cavazos Cadena

José Ángel de la Cruz Campa

Claudio Godoy Ávila

Ángel Gutiérrez

Josué Leos Martínez

Ricardo López Aguillón

Fidel Márquez Sánchez

Urbano Nava Camberos

José de Jesús Nívar Cháidez

Norma E. Sánchez García

Elías Treviño Ramírez

Ricardo Valdés Silva

Jesús Martínez

José Espinoza Velásquez

Rita Favret Tondato

Héctor Franco López

Jesús García Camargo

Emiliano Gutiérrez del Río

Enrique Jurado Ibarra

Alfonso Martínez Muñoz

Óscar Martínez Ramírez

Fermín Montes Cavazos

Marisela Pando Moreno

Humberto Reyes Valdés

Luis O. Tejada

Jesús Valdés Reyna

Alejandro Zermeño González

Esta publicación se elaboró en el Área de Diseño Gráfico
del Departamento Editorial y Servicios de Apoyo
y se terminó de imprimir en el mes de mayo del año 2001.
Fuentes: Garamond LightCondensed, AGaramond Bold, Geometr231 BT.
Papel en interiores: couché brillante de 66 kg; portada: mármol de 140 kg.
Se publica dos veces al año, con un tiraje de 1000 ejemplares.

Diseño y formato: Norma Patricia Mejorado Vargas
Corrección de estilo: Lic. Norma E. Sánchez G.
Imprenta: UAAAN



CONTENIDO

CARACTERÍSTICAS DE UNA POBLACIÓN DE ALGODONERO PARA MEJORAMIENTO GENÉTICO EN LA COMARCA LAGUNERA, MÉXICO. Puente Manríquez, J. L., Espinosa Velázquez, J., Palomo Gil, A., Navarro Guerrero, E.	35
EFFECTO DEL ACOLCHADO PLÁSTICO EN LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL SUELO Y SU RELACIÓN CON EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE MELÓN. Martínez Flores, R., Zermeño González, A., Munguía López, J. P.	56
EFICIENCIA RELATIVA DE DOS MÉTODOS DE ANÁLISIS DIALÉLICO EN TRIGO. Martínez Zambrano, G., Palacios Demetrio, P., Colin Rico, M.	76
EFFECTO DE DOSIS DE HIDROGEL EN EL RENDIMIENTO DEL TOMATE BAJO RIEGO. Rodríguez García, R., Jasso Cantú, D., Martínez, D.	85
EFFECTO DEL EXCESO DE HUMEDAD EN EL SUELO SOBRE EL POTENCIAL HÍDRICO Y RESISTENCIA ESTOMATALENTOMATE. Rodríguez García, R., Jasso Cantú, D., González Jiménez, A.	100
FORMACIÓN DE CALLO A PARTIR DE DISCOS DE TUBÉRCULO DE PAPA. Espinosa Zapata, C., Figueroa Maldonado, J. J., Escobedo Bocardo, L., Reyes Valdés, M.	115
FUNCIÓN DE DESCARGA ECOSISTÉMICA POR EL HERBÍVORO. Tuexi Villarreal, S. A., Nava Coronel, R., Pérez Romero, L., López González, J. J.	136