ITEA (1999), Vol. 95V N.° 2, 136-148

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO PARA DECIDIR LA SIEMBRA EN AGRICULTURA DE ZONAS ÁRIDAS

J. Dimas López-Mtz.*
J. Guerrero Alvarado**

* Maestro-Investigador de la División de Estudios de Postgrado
Facultad de Agricultura y Zootecnia
Universidad Juárez del Edo. de Durango
Apartado Postal 142
CP 35000. Gómez Palacio, Dgo. México
e-mail joshua@teleinfo.com.mx.

** Alumno graduado de la División de Estudios de Postgrado
Facultad de Agricultura y Zootecnia
Universidad Juárez del Edo. de Durango
México. Apartado Postal 142
CP 35000. Gómez Palacio, Dgo.

México

RESUMEN

La agricultura de zonas áridas tiene como limitante la lluvia, sin embargo en estas áreas se considera que el agua almacenada en el suelo a disposición de las plantas es un mejor parámetro que la lluvia para usarse como indicador del éxito o fracaso del cultivo. Tomando en cuenta lo anterior el objetivo del trabajo fue: desarrollar un modelo estadístico basado en el contenido de agua en el suelo que permita tomar la decisión de sembrar. Un experimento fue establecido durante el verano de 1995 y 1996 en el Ejido Fco. Villa, Dgo. México. En cada ciclo de cultivo se usaron dos genotipos de maíz (Blanco Hualahuises y H-412) y se evaluó el contenido de humedad en el suelo al inicio de la siembra y el rendimiento de grano por parcela. Para el análisis se emplearon tablas de contingencia de 2*2 para relacionar contenido de humedad a la siembra y rendimiento de grano para los dos genotipos, además de la metodología de interacción de X^2 para estimar el contenido de agua que defina la siembra. Los resultados mostraron que para el área, los rangos de contenido de humedad en el suelo para decidir la siembra deben de ser de 6,5-7,8 cm para Blanco Hualahuises y 6,5-8,3 cm para H-412 en 1995; y de 6,5-7,8 cm para Blanco Hualahuises en 1996. Se concluye que la metodología de interacción de X^2 es una buena herramienta para identificar rangos de humedad inicial en el suelo, permitiendo estos valores tomar la decisión de sembrar.

Palabras clave: Modelo estadístico, Genotipos, Interacción de X^2.

SUMMARY
SOIL WATER AMOUNT TO DECIDE THE PLANTING TIME IN DRY LAND AGRICULTURE

Precipitation is the most important problem under dry land condition agriculture. However, soil water amount is a better parameter to decide the hydric stress level in crops. The main objective of this study was to determine a statistical model to decide if planting or not under dry land condition. This model used soil water amount condition as the must important parameter. Two experiments were established in the summer of 1995 and 1996, respectively at the ejido Fco. Villa, Durango, México. Two corn genotypes (Blanco Hualahuises and H-412) were used and the soil water amounts were measured since the beginning of the experiment in each plot. Also, grain yields were weighed for statistical analysis, wich consisted on using 2*2 contingency tables and X^2 interaction to estimate soil water amount for planting . The results indicated that the range optimum soil water amount for planting varies from 6.5 to 7.8 cm, for Blanco Hualahuises and 6.5 to 8.3 cm for H-412 in 1995 ; and 6.5 to 7.8 cm for Blanco Hualahuises in 1996. As main conclusion is that the X^2 interaction is a good tool to determine soil water ranges at the beginning of corn planting. Thus, farmer can decide if planting or not.

Key words: Statistical model, Genotypes, X^2 interaction.

Introducción

La producción de cultivos en las zonas áridas a nivel mundial es función de la expresión de los factores que se presentan en forma natural en el ambiente y de la distribución del clima en tiempo y espacio. De tal manera que para lograr un aprovechamiento integral de los recursos y disminuir riesgos en la producción es necesario desarrollar metodologías que integren los factores suelo, clima, planta y sus interacciones que ayuden a la toma de decisiones en este tipo de agricultura (HERNÁNDEZ *et al.*, 1993).

La agricultura en estas áreas tiene como limitante la precipitación pluvial, tanto en cantidad como en distribución. Sin embargo, la lluvia no siempre es el mejor parámetro para utilizarse en la caracterización de una región en cuanto a la disponibilidad de agua para las plantas. NIX y FITZPATRICK (1969); GOOS *et al.*, (1984); y VILLALPANDO (1985), consideran que el agua almacenada en el suelo a disposición de las plantas es un mejor parámetro que la lluvia para usarse como elemento de predicción del éxito o fracaso del cultivo. Por lo tanto se puede emplear como una herramienta en la toma de decisiones. En consideración a lo anterior, el objetivo del estudio fue desarrollar un modelo estadístico basado en el contenido de agua almacenada en el suelo que permita tomar la decisión de sembrar.

Material y métodos

El experimento se estableció en el Ejido Fco. Villa, Mpio. de Cd. Lerdo Dgo. México (Comarca Lagunera) en el km 10 de la carretera Torreón-Nazareno. Geográficamente se encuentra en los 20(40'40" N y 103(21'00" W y a una altitud de 1,110

msnm (figura 1). Se localiza dentro de la Región hidrológica n.º 36 en donde los cultivos predominantes son maíz (47,7 %) y frijol (35 %) ocupando en conjunto el 82,7 % de la superficie cultivada dentro del área de secano (VOISIN y ORONA, 1993).

Características climáticas

Según la clasificación de Köppen modificada por GARCÍA (1973), el clima es árido con precipitaciones escasas todo el año y media anual de 240 mm. El periodo de lluvias comprende los meses de mayo a septiembre, lapso durante el cual se presenta el 70 % de la precipitación. La temperatura media anual es de 20,7 ºC. Sin embargo, en la zona durante la estación de primavera y verano(mayo, junio, julio y agosto) la temperatura llega hasta los 45ºC, ocasionando estrés hídrico en los cultivos con los consiguientes problemas en la producción agrícola.

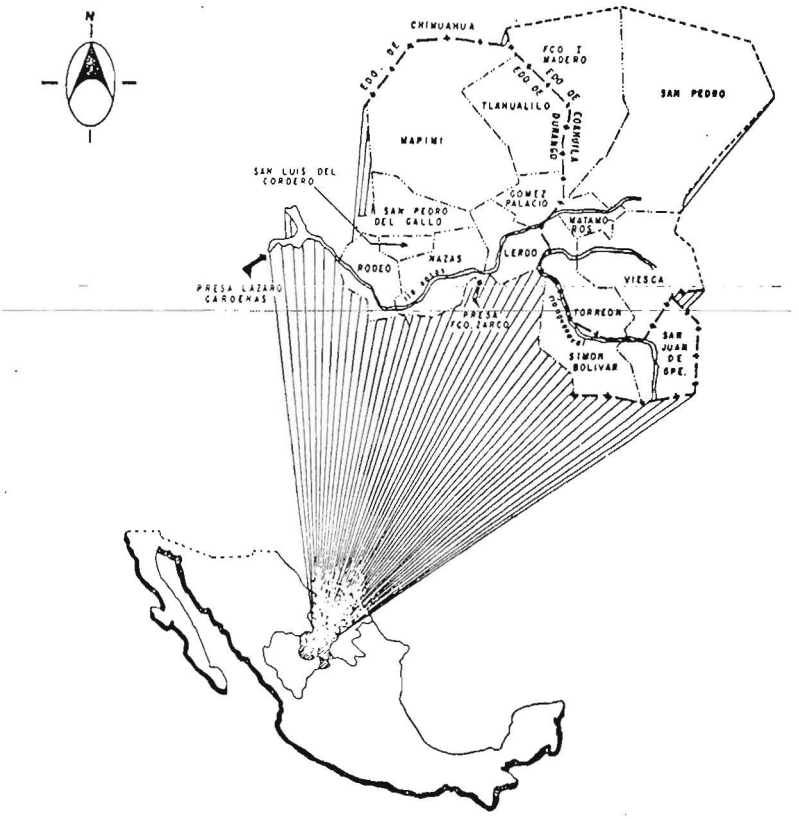


Figura 1. Localización geográfica de la Comarca Lagunera en Durango, México
Figure 1. Geographic localization of the Comarca Lagunera in Durango, Mexico

Trabajo de campo

El trabajo se desarrolló durante el verano de 1995 y 1996. Se estableció un experimento con dos genotipos de maíz (Blanco Hualahuises y H-412) bajo las siguientes consideraciones: la fecha de siembra fue el 18 de septiembre y 23 de agosto de cada año, la densidad de siembra usada fue de 12 kg/ha, la fertilización se efectuó con la dosis 80-40-00 de nitrógeno y fósforo respectivamente, aplicándola toda al momento de la siembra.

Variables de campo evaluadas

a) Contenido de humedad en el suelo al inicio de la siembra (cm). La humedad del suelo fue medida una sola vez a la siembra, usándose la barrena Veimmheyer para esta determinación. Se obtuvieron muestras compuestas por parcela, de manera de evaluar el contenido de humedad a las profundidades 0-30 cm y 30-60 cm. La humedad fue calculada por el método gravimétrico (MARTÍNEZ, 1971) utilizándose la ecuación 1 para su estimación.

$$Hg = (Psh + tara) - (Pss + tara) / /Pss+ tara) - tara \quad [1]$$

Hg = contenido de humedad gravimétrico en base a peso (g/g).

Donde: Psh = peso de suelo húmedo (g).

Pss = peso de suelo seco a la estufa a 105(C durante 24 horas (g).

Para expresarlo en unidades porcentuales se multiplica el valor que se obtenga por la ecuación 1 por 100. Luego para expresar estos valores de contenido de humedad en lámina de agua (cm) se empleo la ecuación 2:

$$Lr = (Hg) * Da * Z/\alpha \quad [2]$$

donde: Lr = lámina de agua en el suelo (cm).

Hg = contenido de humedad gravimétrico en base a peso (g/g).

Da = densidad aparente del suelo (g/cm^3).

Z = profundidad a la que se estime la humedad (cm).

b) Rendimiento de grano por parcela (ton/ha).

Diseño experimental

Se distribuyeron aleatoriamente 48 parcelas en el campo en una superficie de tres ha, la mitad (1,5 ha) fue sembrada con el genotipo Blanco Hualahuises (24 parcelas) y la superficie restante con H-412 (24 parcelas). Esta distribución se realizó con la finalidad de explorar un rango amplio de condiciones de humedad en base al microrelieve. La superficie en cada parcela fue de 5,6 m de ancho por 10 m de largo, sembrándose el maíz a 0,80 cm entre surcos y a 0,20 cm entre plantas, estableciendo siete surcos en cada parcela y cosechando cinco surcos para obtener rendimiento de grano por parcela.

Metodología

Para estimar el contenido de agua para definir la siembra, se utilizaron los valores de humedad (cm) en el suelo al momento de la siembra y rendimiento de grano durante 1995 y 1996, empleando para el análisis la metodología de interacción de X^2 referenciada por KEISLING y MULLINEX,

(1979), quienes aplicaron este procedimiento para evaluar umbrales de suficiencia o toxicidad en micronutrimentos y Goos *et al.* (1984), quienes trabajando en Dakota del Norte con 53 años de rendimiento de grano mediante esta herramienta definieron el contenido de agua en el suelo necesario para decidir la resiembra en trigo (Triticum *aestivum* L.), ellos encontraron que los contenidos de agua en el suelo menores de 6,4 cm no fueron adecuadas para la resiembra y que rangos de humedad de 6,4 a 9,4 cm presentaron igual cantidad de éxitos o fracasos en la resiembra, ubicando el contenido de agua de 9,4 cm como la necesaria para tener sucesos exitosos con rendimientos superiores a 1.350 kg ha^{-1} .

Esta metodología hace posible estimar el umbral (rango de agua en el suelo) más probable del cultivo, dividiendo la producción en éxitos o fracasos en base a la zona de entrecruce (zona que divide a la población en rendimientos arriba de la media y abajo de la misma), agrupando los datos en estratos que ayudan a estimar el contenido de agua que debe tenerse en el suelo para obtener rendimientos iguales o superiores al de la media regional (1.000 kg ha^{-1}). Lo anterior ayuda a tomar la decisión de sembrar o no. El valor del rendimiento promedio regional que se consideró (1000 kg ha^{-1}) para el área de estudio es similar al de otras áreas de México según lo reportado por Peña y Zapata (1990), ellos encontraron para maíz en la zona centro de México rendimientos de 645 a 835 kg ha^{-1} en genotipos precoces bajo condiciones críticas de humedad y con siembras tardías como sucedió en 1995 y 1996 para Blanco Hualahuises y H-412.

El valor de X^2 para cada valor crítico se calculó mediante la ecuación 3 que a continuación se describe.

$$X^2 = \frac{(N11\ N22 - N12\ N21)^2\ N..}{N1.\ N2.\ N.1\ N.2} \qquad [3]$$

Donde: N11 es el número de parcelas con rendimiento de grano menores al promedio regional para contenidos de agua deficientes. N21 son la parcelas con rendimiento de grano mayores al promedio regional para contenidos de agua deficientes. N12 es el número de parcelas con rendimiento de grano menores al promedio regional para contenidos de agua suficientes. N22 son las parcelas con rendimiento de grano mayores al promedio regional para contenidos de agua suficientes. N1. y N2. son el total de parcelas de la hilera correspondiente. N.1 y N.2 son el total de parcelas de la columna correspondiente y N.. es el total de parcelas evaluadas.

El calculo de los parámetros que integran la ecuación 3 se obtuvieron con el uso de tablas de contingencia de 2*2. Para realizar el procedimiento de las tablas de contingencia de 2*2 se utilizaron los siguientes valores críticos para contenido de humedad: 6,5, 7,0, 7,5, 8,0, 8,5, 9,0, 9,5, 10,0, 10,5 cm, además del rendimiento promedio regional de 1000 kg ha^{-}. Los valores arriba y abajo de dicho rendimiento definieron la transición entre éxitos y fracasos.

Una vez efectuado el procedimiento de las tablas de contingencia, los valores obtenidos se sustituyen para cada valor crítico en la ecuación 3 y se calculan los valores de X^2, construyéndose un diagrama de dispersión con los valores de contenido de humedad en el eje de las (X) y valores de X^2 en el eje de las (Y) señalando en la gráfica la zona de entrecruce, este valor (zona de entrecruce) se obtiene con el rendimiento promedio regional de 1000 kg ha^{-1} en tablas de X^2 a un nivel de significancia (α) del 0.05 y para un grado de libertad (c-1),

(h^{-1}), columnas (c) e hileras (h) respectivamente (STELL y TORRIE, 1988) y en base a este diagrama se definen los rangos de humedad. Esta metodología de X^2 fue utilizada debido a que en un trabajo anterior LÓPEZ y PISSANI (1996), señalaron que el análisis de regresión como herramienta para lograr el mismo objetivo tuvo poco ajuste para la base de datos analizada, según los resultados de R^2 de 0.13, 0.49 ; para Blanco Hualahuises y de 0.32, y 0.29 ; para H- 412 en 1995 y 1996 respectivamente.

Resultados y discusión

Condiciones climáticas

Para 1995 las condiciones climáticas fueron muy limitadas, lo cual incrementó las condiciones de sequía que se tenían desde 1993. La precipitación durante este año fue de 182,6 mm y la cantidad de agua precipitada durante el ciclo de cultivo fue de 118,5 mm (figura 2).

La figura 2 indica que durante 60 días el cultivo se mantuvo con la humedad almacenada en el suelo proveniente de la lluvia durante este lapso de tiempo. Lo anterior, originó problemas posteriores en el desarrollo del cultivo principalmente en la etapa de llenado de grano, esto debido a las altas temperaturas que se presentaron en los meses de septiembre a octubre que ocasionaron que la humedad se perdiera por evaporación provocando limitantes en la etapa de llenado de grano y redundando lo anterior en baja producción de grano.

En 1996 se presentaron condiciones de humedad en el suelo más críticas, la precipitación durante este año fue de 145,6 mm, la cantidad de agua precipitada durante el ciclo de cultivo fue de 95 mm (figura 3). Sin embargo, a diferencia de 1995 en donde hubo mayor cantidad de eventos llu-

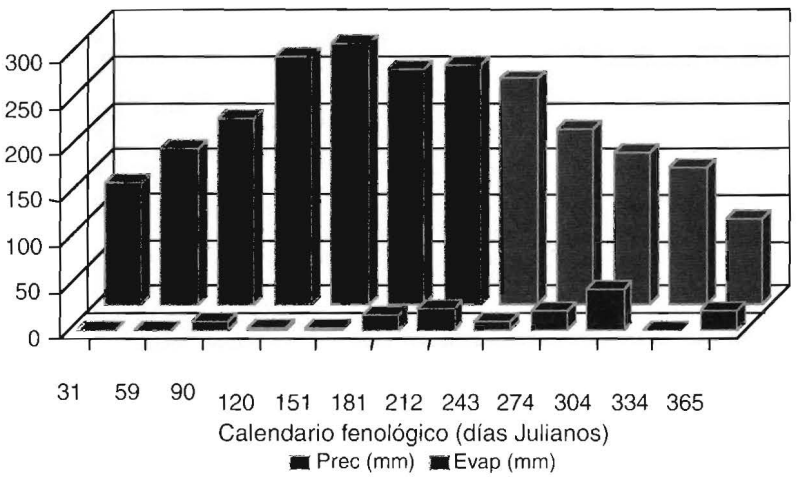


Figura 2. Comportamiento del clima (evaporación y precipitación). Fco. Villa Dgo. México. 1995.
Figure 2. Climate behavior (evaporation and precipitation). Fco. Villa Dgo. Mexico. 1995

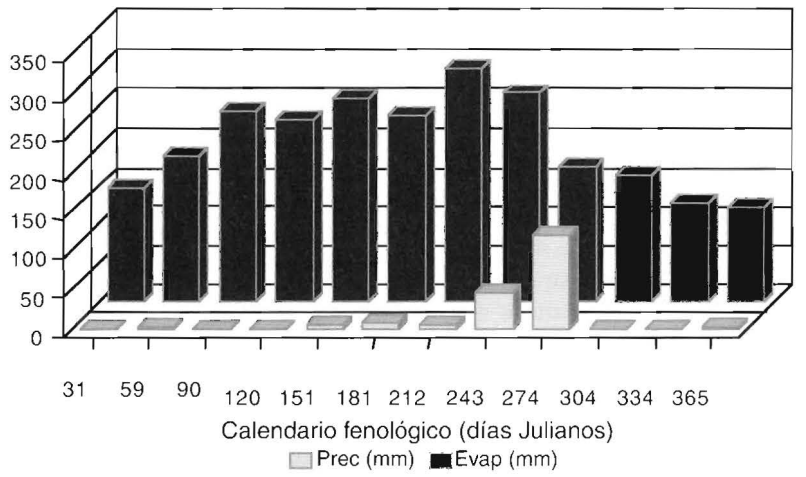


Figura 3. Comportamiento del clima (evaporación y precipitación). Fco. Villa Dgo. México. 1996
Figure 3. Climate behavior (evaporation and precipitation). Fco. Villa Dgo. Mexico. 1996

viosos a través del ciclo; en 1996 la mayor cantidad de agua se precipito al momento de la siembra (80 mm), subsistiendo el cultivo con lluvias que en total fueron de 15 mm posterior al primer evento mencionado, de ahí que los contenidos de agua a la siembra fueran mayores que en 1995.

Lo anterior ocasionó que se tuvieran restricciones de humedad en el suelo en los dos ciclos con los consiguientes perjuicios en la producción que significo bajos rendimientos. Esto coincidió con lo reportado por JORDAN (1983); QUI y REDMAN (1993), quienes mencionan el efecto negativo de la reducción de humedad sobre el desarrollo del cultivo.

En el cuadro 1 y 2 se presenta la información de contenido de agua a la siembra y rendimiento de grano para los dos genotipos en 1995 y 1996 en las 24 parcelas a partir de los cuales se estimó la metodología de interacción de X^2 que permitió calcular los rangos de contenido de humedad a la siembra.

Los resultados del cuadro 3 (valores de X^2 para ambos genotipos) y figuras 4 y 6 (interacción de X^2 para ambos genotipos) muestra que la zona de entrecruce para Blanco Hualahuises en los dos ciclos (1995 y 1996), presenta valores de contenido de agua de 6,5- 7,8 cm y 6,5-7,8 cm respectivamente a un nivel de significancia (α) del 0,005; para H-412 en 1996 no se obtuvieron rangos de humedad, ya que los valores de rendimiento de campo (cuadro 2) excedieron el valor de la media regional (1000 kg ha^{-1}) por lo cual no fue posible aplicar la metodología. En el área de estudio este es el rendimiento promedio que se consideró y a este valor hay que generar los modelos, observándose que en 1996 el menor valor de contenido de agua registrado a la siem-

CUADRO 1
RENDIMIENTO DE GRANO Y LÁMINA DE AGUA A LA SIEMBRA POR PARCELA EN MAÍZ BLANCO HUALAHUISES Y H-412 . FCO. VILLA, DGO. MÉXICO. 1995
TABLE 1
GRAIN YIELD AND SOIL WATER AMOUNT AT PLANTING TIME PER PLOT IN BLANCO HUALAHUISES AND H-412 MAIZE. FCO. VILLA, DGO. MÉXICO. 1995

Blanco Hualahuises		H-412	
Rendimiento grano (kg/ha)	Contenido agua siembra (cm)	Rendimiento grano agua (kg/ha)	Contenido siembra (cm)
976	6,05	1.200,1	5,0
928	6,22	1.482,2	7,0
1.236,1	6,28	1.282,1	7,5
1.064,1	6,51	1.141	7,5
1.464,1	7,84	1.229,6	9,7
988	7,93	1.364,1	9,8
1.156,1	8,01	1.291,9	9,8
935	8,25	1.265,7	9,8
1.454,1	8,25	1.439,5	10,0
962	8,38	1.459,2	10,6
1.304,1	8,48	1.232,9	10,8
1.500,1	8,5	1.190,2	10,8
1.600,1	8,95	1.095,1	10,8
1.450,1	9,29	1.248,4	11,0
1.112,1	9,53	1.124,6	11,2
1.120,1	10,08	1.098,4	11,4
1.468,1	10,08	995	11,4
1.204,1	10,12	1.042,6	11,4
1.456,1	10,53	916,3	11,5
1.039,5	11,6		

bra fue de 8,22 cm (cuadro 2), lo cual supera cualquier rango de los calculados para Blanco Hualahuises. Para el caso del genotipo H-412 en 1995 (figura 5) el rango de humedad para definir la siembra se ubicó en valores de 6,5-8,3 cm.

En base a los resultados anteriores, es factible esperar con los rangos estimados en ambos genotipos un rendimiento igual o mayor al promedio regional y arriba de esos rangos de contenido de agua en el suelo se tendrán producciones mayores a 1.000 kg ha^{-1}.

Esto coincide con Goos *et al.* (1984) quienes mencionaron que el contenido de agua en el suelo a la siembra es un factor crítico en el éxito de la producción agrícola en zonas áridas.

CUADRO 2
RENDIMIENTO DE GRANO Y LÁMINA DE AGUA A LA SIEMBRA POR PARCELA EN MAÍZ BLANCO HUALAHUISES Y H-412. FCO. VILLA, DGO. MÉXICO. 1996
TABLE 2
GRAIN YIELD AND SOIL WATER AMOUNT AT PLANTING TIME PER PLOT IN BLANCO HUALAHUISES AND H-412 MAIZE. FCO. VILLA, DGO. MÉXICO. 1996

Blanco Hualahuises		H-412	
Rendimiento grano (kg/ha)	Contenido agua siembra (cm)	Rendimiento grano (kg/ha)	Contenido agua siembra (cm)
3.090	6,36	2.120	8,22
2.440	6,42	2.090	8,76
2.400	6,75	2.430	8,85
1.080	7,26	1.590	8,85
950	7,32	2.250	8.88
950	7,32	1.830	9,0
1.010	7,50	2.310	9,25
1.870	7,53	2.770	9,27
1.030	7,59	2.200	9,27
1.620	7,65	2.040	9,33
2.010	7,81	2.010	9,33
3.060	8,13	1.920	9,60
2.730	8,67	3.130	9,81
2.150	8,73	2.150	9,9
1.700	8,79	2.050	9,9
3.030	9,0	1.490	10,02
1.500	9,18	1.280	10,02
940	9,21	1.440	10,08
2.270	9,24	1.640	10,35
2.850	9,63	1.370	10,47
2.260	9,66	1.200	10,47
850	9,75	1.800	10,56
2.520	9,96	1.250	10.77

Los anteriores resultados variaron debido a la diferencia que se presentó en contenidos de agua en el suelo entre parcelas. Sin embargo, se considera que los resultados son confiables al nivel de significancia obtenido y para cada genotipo.

Conclusiones

La metodología de interacción de X^2 es una buena herramienta para identificar rangos de humedad inicial en el suelo que

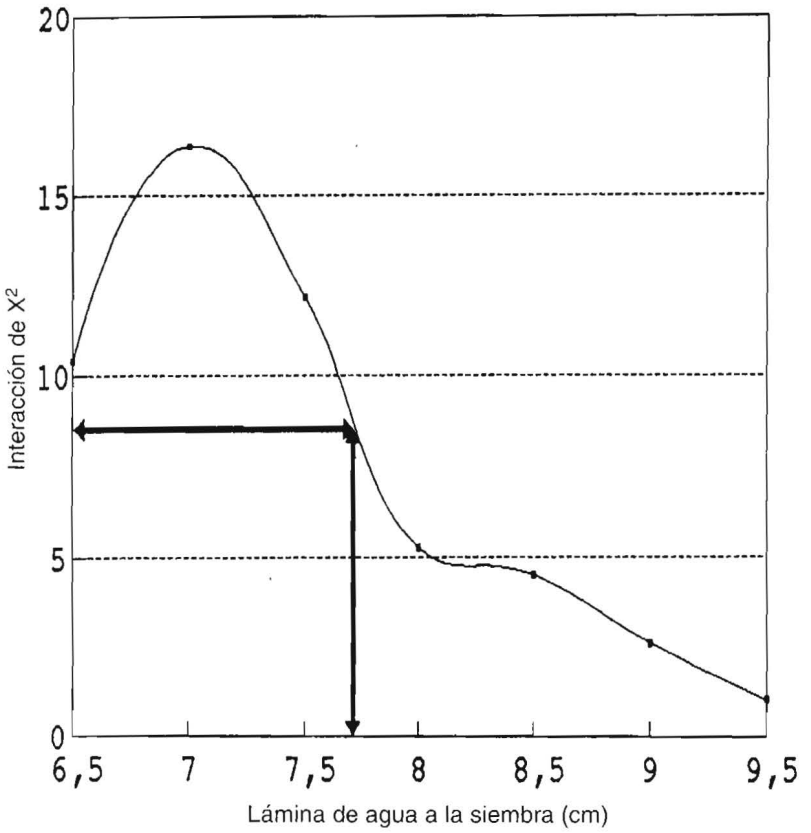


Figura 4. Interacción de X^2 para maíz Blanco Hualahuises . Fco. Villa, Dgo. México. 1995
Figure 4. X^2 interaction for Blanco Hualahuises maize. Fco. Villa, Dgo. Mexico. 1995

definan las posibilidades de siembra o no siembra.

Los resultados mostraron que para el área, los rangos de contenido de humedad del suelo para establecer la siembra deben de ser de 6,5-7,8 cm para Blanco Hualahuises y 6,5-8,3 cm para H-412 respectivamente en 1995 ; y de 6,5 a 7,8 cm para Blanco Hualahuises en 1996 a un nivel de significancia (α) del 0,005. Estos rangos hicieron factible que se obtuvieran similar cantidad de éxitos o fracasos en los rendimientos de grano iguales o mayores a la media regional (1000 kg ha^{-1}). Por lo tanto, el contenido de agua en el suelo suficiente para tener sucesos exitosos con rendimientos superiores a 1000 kg ha^{-1} debe presentar valores iguales o mayores de 7,8 y 8,3 cm respectivamente, para Blanco Hualahuises y H-412 en los dos ciclos.

Se sugiere validar esta metodología en otras áreas de la Comarca Lagunera, Mé-

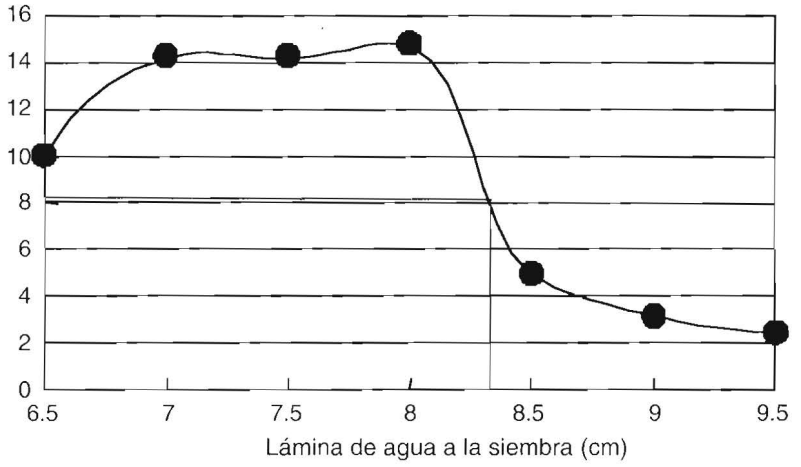


Figura 5. Interacción de X^2 para maíz H-412. Fco. Villa, Dgo. México. 1995
Figure 5. X^2 interaction for H-412 maize . Fco. Villa, Dgo. Mexico. 1995

CUADRO 3
INTERACCIÓN DE X2 PARA RENDIMIENTO DE GRANO EN MAÍZ BLANCO HUALAHUISES Y H-412 FCO. DGO. MÉXICO. 1995-1996
TABLE 3
X2 INTERACTION FOR GRAIN YIELD IN BLANCO HUALHUISES AND H-412 MAIZE. FCO. VILLA, DGO. MÉXICO. 1995-1996

	1995		1996	
	Blanco Hualahuises	H-412	Blanco Hualahuises	H-412
valor crítico contenido agua (cm)	valor X^2	valor X^2	valor X^2	valor X^2
6.5	9,971	9,4	10,40	–
7	14,181	9,42	16,38	–
7.5	14,181	20,0	12,15	–
8	14,701	8,88	5,28	–
8.5	4,931	8,88	4,50	–
9	3,131	8.88	2,58	–
9.5	2,421	2,71	1,019	–
10	1,019	2,71		
10.5	0,951			
11.0	0,24			

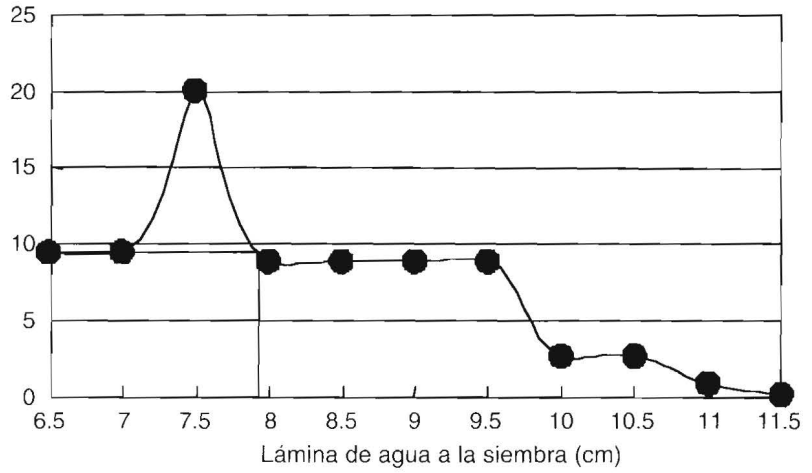


Figura 6. Interacción de X^2 para maíz Blanco Hualahuises. Fco. Villa, Dgo. México. 1996
Figure 6 X^2 interaction for Blanco Hualahuises maize. Fco. Villa, Dgo. Mexico. 1996

xico, para ampliar sus perspectivas de aplicación e investigación bajo condiciones de riesgo climático.

Bibliografía

García E., 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Méxicana. Publicaciones UNAM. México, D.F.

Goos R. J., B.E. Jhonson. F.J., 1984. Sobolik and Schnaider. Stored available soil water and the fallow/recrop decision critical level approach. Soil Sci. Soc. Am. J. 48:1134-1137.

Hernández Y., C., Villa, C. M. y Jiménez, L., 1993. Crop production regional risk analysis. Conferencia Internacional para el desarrollo de zonas áridas. México, D.F. pp. 54

Jordan W., 1983. Whole plant responses to water deficits: An overview. In: Taylor, H. A.,Jordan and T. R. Sinclair(Eds.). ASA-SSSA. Madison, Wi. USA. pp. 289-317.

Keisling T. C. and B. Mullinex., 1979. Statistical consideration for evaluating micronutrient tests. Soil Science Soc. Am. 43:1181-1184.

López M. J.D. y Pisani Z. J.F., 1996. Enfoque metodológico para la planeación de la agricultura de secano. Memorias de seminarios de investigación de Doctorado en Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo, León, México. pp. 51-56.

Martínez M.M., 1971. Calibración y comparación de algunos métodos para la determinación de humedad del suelo. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

Nix H.A. and Fitzpatrick E.A.,1969. An index of crop stress related to wheat and grain sorghum yields. Agr. Meteorology J.6:321-337.

Peña R.A., Zapata R.J., 1990. Respuesta de variedades precoces de maíz a condiciones de temporal deficiente. Tercera reunión nacional de investigación forestal y agropecuaria. Ags. Méx. pp. 54-55.

QUI M.Q. and REDMAN R.E.1993. Seed germination and seddling survival of C4 and C3 grasses under water stress. J. Arid Environments. 24:277-285.

STEEL D.R.G. y TORRIE J.H., 1988. Bioestadística: Principios y procedimientos. Segunda edición. Mc Graw-Hill. México, D. F. p. 567.

VILLALPANDO I.,J.F., 1985. Metodología de investigación en agroclimatología. Secretaria de agricultura y recursos hidráulicos. Consejo directivo de investigación agrícola, pecuaria y forestal. México, D.F. pp. 67-79.

VOISIN O. , ORONA C.I., 1993. Agricultura de Temporal. Estudio de los factores que influencian los escurrimientos y el uso del agua en la Región Hidrológica n.º 36. SARH-INIFAP-CENID-RASPA. Gómez Palacio, Durango México. pp. 273-285.

(Aceptado para publicación el 15 de abril de 1999)