



Terra Latinoamericana

E-ISSN: 2395-8030

terra@correo.chapingo.mx

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo,
A.C.
México

Ruiz Vega, Jaime; Silva Rivera, M. E.
Zonificación agroecológica del maíz de temporal en los Valles Centrales de Oaxaca II. Determinación
de las prácticas de producción adecuadas
Terra Latinoamericana, vol. 17, núm. 4, octubre-diciembre, 1999, p. 0
Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.
Chapingo, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57317411>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

ZONIFICACION AGROECOLOGICA DEL MAIZ DE TEMPORAL EN LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA II. DETERMINACION DE LAS PRACTICAS DE PRODUCCION ADECUADAS

Agroecological Zoning of Rainfed Maize in the Central Valleys of Oaxaca II. Determination of Suitable Production Practices

Jaime Ruiz Vega y M. E. Silva Rivera¹

RESUMEN

A fin de generar funciones de respuesta que permitan determinar las dosis de fertilización y densidades de población adecuadas al riesgo de sequía para maíz de temporal en dos subtipos climáticos, se utilizó información de dosis óptimas económicas de nitrógeno, fósforo y densidades de población, obtenidas en 27 experimentos de campo. También se determinaron los períodos de siembra recomendables para un mayor rendimiento del cultivo de acuerdo con la variedad de maíz.

Palabras clave: *Riesgo de sequía, prácticas de producción para maíz.*

SUMMARY

To generate models to obtain fertilization and plant population recommendations suitable to the expected drought risk for rainfed maize production in two climatic subtypes, information on optimum nitrogen, phosphorus and plant population obtained from 27 field experiments was used. Also, recommendations about the most suitable planting dates for different corn varieties were determined.

Index words: *Drought risk, maize production practices.*

INTRODUCCION

En los Valles Centrales de Oaxaca, se cultivan 88 000 ha de maíz de temporal, y se estima que

40 000 ha se encuentran ubicadas en el subtipo climático BS1 (Pérez y Mejía, 1984), las que tienen un riesgo alto de no producir grano debido a la alta incidencia de sequía (Ruiz, 1987). Según Laird (1976), las probabilidades de sequía extremadamente severa en dos estaciones representativas del subtipo climático BS1 oscilan entre 30 y 65 %, a la vez que Kirkby (1973) consideró a la precipitación como el factor más importante para la producción agrícola en esta zona. Esto hace necesario delimitar tales áreas y también determinar las prácticas de producción que permitan asegurar la producción al máximo.

Ruiz (1998) delimitó zonas por rendimientos probables de maíz en los Valles Centrales de Oaxaca, utilizando modelos de regresión entre los rendimientos de maíz y un índice de sequía.

La delimitación de áreas por potencial productivo puede ser un medio para la utilización más eficiente de los recursos, especialmente si también se definen prácticas de producción, como fechas de siembra, fertilización y cultivos o variedades de cultivo (García, 1985).

El uso de insumos modernos es limitado en la región, ya que la mayor parte de los productores de maíz utilizan dosis bajas de fertilización nitrogenada, nula fertilización fosfórica y semillas criollas. La variedad criolla más común es el "criollo Bolita", con 115 días a madurez, pero existen criollos más precoces, como el "criollo Amarillo" y el "criollo Delgado Moradito", con 105 días a madurez (Ruiz, 1990).

En el presente trabajo se propone una metodología para generar tecnologías de producción que tomen en cuenta el riesgo climatológico para la producción de maíz de temporal en los Valles Centrales de Oaxaca.

MATERIALES Y METODOS

Los métodos empleados pueden agruparse en estimación de las funciones de respuesta,

¹CIIDIR-Oaxaca-IPN, Calle Horno 1003, Fracc. Indeco Xoxo, 71230 Santa Cruz Xoxocotlán, Oax.
Correo electrónico: jruizv@yahoo.com

determinación del período de siembra óptimo por variedad y determinación de las dosis de fertilización y densidades de población adecuadas al riesgo climático.

Funciones de Respuesta

Para la obtención de las funciones de respuesta se contó con las dosis óptimas económicas (DOE) de nitrógeno, fósforo y densidades de población para maíz de temporal en 27 sitios experimentales, en los cuales también se obtuvo un índice de sequía modificado (Im) a partir de Frere y Popov (1979). La modificación permite considerar la oportunidad de la sequía con el factor fenológico Kf y el índice se obtiene por:

$$Im = \sum (D \times Kf/ra) \times 100/40$$

Donde:

D = déficit de agua en mm, \sum representa la sumatoria de los valores semanales, ra es el requerimiento de agua en mm y el 40 permite que el índice sea un indicador directo del porcentaje de reducción esperado en el rendimiento (Ruiz, 1987).

El factor fenológico ajusta el rendimiento según la oportunidad de ocurrencia de la sequía (Shaw, 1974).

Periodos de Siembra Óptimos

El período de siembra óptimo se determinó realizando balances semanales de humedad en forma sucesiva para dos variedades criollas de maíz (intermedia y precoz) y nueve estaciones climatológicas del área, utilizando lluvia semanal al 70 % de probabilidad de acuerdo con la distribución gamma (Thom, 1966). Las estaciones climatológicas fueron agrupadas en dos subtipos climáticos, el BS1 y el (A)Cwo. En el primer subtipo climático se incluyeron las estaciones ubicadas en Miahuatlán, Tlacolula, San Bartolo Coyotepec, Santa Ana Tlapacoyan, Guadalupe Etla, y Santo Domingo Barrio Bajo. En el segundo subtipo climático se incluyeron las estaciones de Ocotlán, San Miguel Ejutla, y Zimatlán. La semana de siembra con el menor Im, se consideró como la óptima para seis condiciones de suelo (Cuadros 1 y 2) y dos variedades de maíz.

Cuadro 1. Capacidad de retención de humedad media (CRH) a profundidad radicular máxima en seis condiciones de suelo en los Valles Centrales de Oaxaca.

Tipo	Fisiografía	Textura	Pendiente	CRH
			%	mm
1	Loma	Gruesa	> 5.0	11.0
2	Loma	Media	> 5.0	50.0
3	Loma	Media	< 5.0	57.0
4	Planicie	Gruesa	< 0.5	45.0
5	Planicie	Media	< 1.5	79.0
6	Planicie	Fina	< 0.5	97.0

Determinación de las Dosis Adecuadas

Una vez obtenido el Im y las DOE para cada sitio experimental se generaron modelos de regresión para estimar las dosis en función del índice de sequía y otras variables como textura (0 a 30 cm de profundidad) y pendiente del suelo.

La textura se codificó del 1 al 3; el primer valor corresponde a suelos de textura gruesa, el siguiente a suelos de textura intermedia y el último a suelos de textura fina. La pendiente se expresó en porcentaje.

En un trabajo anterior (Ruiz, 1998) se obtuvo el Im para cada condición de suelo en nueve localidades con información climatológica; dichos valores de Im se utilizaron para estimar las dosis adecuadas (DA) al riesgo por sequía esperado en cada localidad y condición de suelo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Funciones de Respuesta

La DA de nitrógeno (N) fue función de la DOE de fósforo (P), la pendiente del suelo (S) y el índice de sequía (Cuadro 3). En general, los suelos de loma presentan menor contenido de N y mayor S. Se

Cuadro 2. Características químicas medias de seis tipos de suelo en los Valles Centrales de Oaxaca.

Tipo	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	pH
	%	- - -	mg kg ⁻¹ - - -	
1	0.042-0.049	3-5	250-364	7.2-8.1
2	0.067-0.093	2-4	493-550	6.7-8.0
3	0.099-0.113	6-8	970-1164	7.5-8.0
4	0.115-0.129	6-17	320-456	7.5-8.2
5	0.134-0.136	16-28	326-564	7.7-8.4
6	0.138-0.149	19-34	550-834	7.5-8.3

Cuadro 3. Funciones de respuesta entre el índice de sequía modificado (Im) y las dosis óptimas de nitrógeno (N), fósforo (P) y densidades de población (DP).

Función de respuesta	Error estándar	R ²	Significancia del modelo
N = 46.166 + 0.209 P - 1.115 S - 0.170 Im	7.5	0.73	0.001
P = 41.383 - 5.330 T - 4.242 Im	7.1	0.56	0.010
DP = 44.359 - 0.216 Im	3.5	0.57	0.001

encontró que los suelos de loma con pendiente mayor que 5 % tuvieron menos de 0.10 % de N, mientras que los de menos de 5 % de pendiente presentaron valores de 0.10 a 1.13 % de N. Los suelos de planicie con pendiente moderada tuvieron contenidos de N de 0.115 a 0.130 % y los de pendiente leve mostraron concentraciones de N de 0.134 a 0.149 % (Cuadro 2). Todos los signos de los coeficientes de regresión estuvieron de acuerdo con la respuesta esperada; por ejemplo, el Im debe tener signo negativo, ya que a mayor sequía habrá menos rendimiento y a mayor dosis de fósforo, mayor dosis de nitrógeno.

Ruiz y Laird (1979) encontraron que la variación en rendimientos de maíz de 56 sitios se explicaba en 85.5 % por los factores sequía y pendiente. En general, el N es el factor más limitativo para la producción de los cultivos, especialmente en los cereales. La interacción NxP se ha reconocido en muchos estudios, ya que la respuesta al N se incrementa cuando se aplica P (Prasad y Power, 1997). Los elementos mayores deben guardar cierta proporción en los tejidos vegetales, por lo que si se absorbe más P, también el N absorbido aumentará. Para maíz, las proporciones de N presentes en los tejidos vegetales varían de 2.6 a 7.2 unidades por unidad de P (NPFI, 1974; Salisbury y Ross, 1978).

La DOE de P fue función de la textura del suelo (T) y del índice de sequía. Los signos de los coeficientes indican que a medida que la textura se hace más fina, y a mayores valores del índice, la dosis de P disminuye.

Ruiz (1988) encontró que si se combinan tres grupos texturales (fina, intermedia y gruesa) para una función general, la R² disminuye hasta 0.76, lo cual indica que el factor edáfico, particularmente la textura del suelo, debe ser uno de los principales factores para la caracterización de los sistemas de producción con fines de manejo. También se observó que el contenido de P en los suelos se incrementó al hacerse más fina la textura.

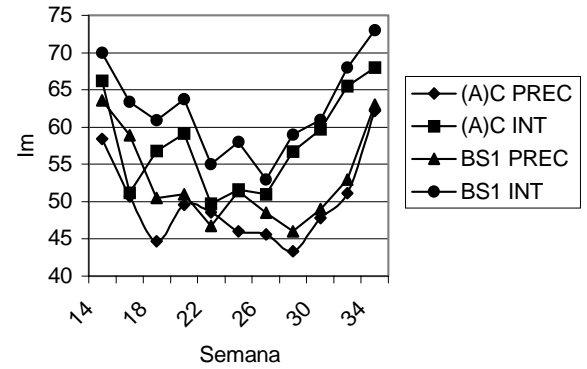


Figura 1. Variación del índice de sequía modificado (Im) según la semana de siembra para dos variedades de maíz en dos subtipos climáticos.

La DOE de densidad de población (DP) fue función única del Im, esperándose una menor densidad óptima a mayor valor del Im. Se sabe que el Índice de Area Foliar (IAF) se relaciona directamente con la DP (Stoskopf, 1981). La reducción en IAF se asocia con la reducción en el uso de agua, lo cual puede demorar el desarrollo de la sequía severa (Begg, 1980).

Períodos de Siembra Óptimos

Los índices de sequía al 70 % de probabilidad para los dos subtipos climáticos predominantes en la región (INEGI, 1988) y las dos variedades criollas de maíz se presentan en la Figura 1. Los mayores índices de sequía se observaron en las fechas de siembra tempranas como la semana 14 (2 a 8 de abril) o tardías como en la semana 34 (20 a 26 de agosto). En el Cuadro 4 se presentan las fechas correspondientes a los números de semana.

En la Figura 1 se aprecia que en el subtipo climático (A)Cwo es aconsejable sembrar la variedad intermedia de maíz durante la tercera semana y durante todo junio, ya que en esos períodos se observan los menores valores del Im. La variedad precoz puede sembrarse durante la primera semana de mayo o desde la segunda semana de junio a la primera quincena de julio. En el subtipo climático BS1 las siembras de la última semana de mayo y la primera semana de junio muestran los menores valores de índice de sequía para ambas variedades. Otro período de siembra adecuado ocurre para la variedad intermedia durante la última

Cuadro 4. Número de semana y fecha de siembra correspondientes.

No. semana	Período de siembra
14	2-8 de abril
16	16-22 de abril
18	30 de abril-6 de mayo
20	14-20 de mayo
22	27 de mayo-3 de junio
24	11-17 de junio
26	24 de junio-1 de julio
28	9 de julio-15 de julio
30	23 de julio-29 de julio
32	6-12 de agosto
34	20-26 de agosto

semana de junio y durante la segunda semana de julio para la variedad precoz. La variedad precoz puede emplearse para cierre de siembras en ambos subtipos climáticos.

En la región de los Valles Centrales se presenta aleatoriamente un período de sequía intraestival, el cual puede dividirse en canícula grande y canícula chica. La canícula grande comienza en promedio en la semana 28 y dura de tres a siete semanas. La canícula chica comienza en la semana 32 y dura de dos a cuatro semanas. Ambos tipos de canícula son interrumpidas por las lluvias ciclónicas de fines de agosto y las que ocurren durante septiembre (Ruiz, 1987).

Si se siembra el maíz a principios de junio, estará en floración en plena canícula grande, lo cual disminuiría drásticamente sus rendimientos (Laird,

1976). No todos los años hay canícula, de tal manera que en promedio el período canicular es solamente de menor precipitación y no de ausencia total de lluvia, por lo que es posible sembrar el maíz a principios de junio y esperar que no haya canícula para que las etapas críticas no coincidan con los períodos secos.

En un estudio de fechas de siembra realizado con tres criollos locales (Ruiz, 1990), se encontró que la mejor fecha de siembra fue 7 de junio, y que las mejores variedades fueron la precoz y la intermedia. El porcentaje de plantas "jorras" (sin mazorca) fue de 19.2, 30.4 y 50.2 para las variedades precoz, intermedia y tardía, respectivamente.

En el Cuadro 5 se presentan los períodos de siembra óptimos para maíz "criollo Bolita", el cultivar más frecuentemente sembrado (115 días de la siembra a la madurez), y para maíz "criollo Amarillo" (105 días a madurez).

Dosis Adecuadas de Fertilización y Densidades de Siembra

Los índices de sequía esperados para cada estación climatológica y condición de suelo, cuando el maíz se siembra en el período óptimo, se presentan en el Cuadro 6. El valor máximo del índice sería de 100. Los mayores índices de sequía se obtuvieron en los suelos de loma, especialmente en aquéllos de textura intermedia y con pendiente mayor que 5 %. Los suelos

Cuadro 5. Períodos de siembra óptimos para dos variedades de maíz criollo de temporal en los Valles Centrales de Oaxaca.

Subtipo climático	Variedad precoz ("criollo Amarillo")	Variedad intermedia ("criollo Bolita")
BS1	1) mayo 27 a junio 3 y 2) julio 9 a julio 15	mayo 27 a junio 3 y junio 24 a julio 1
(A)Cwo	abril 29 a mayo 6 y julio 9 a julio 15	abril 16 a 22 y mayo 27 a julio 1

Cuadro 6. Índices de sequía esperados en nueve localidades de los Valles Centrales de Oaxaca para seis condiciones de suelo al sembrar en el período óptimo.

Localidad	1	2	3	4	5	6	Media
Miahuatlán	58	73	65	53	51	51	58
Zimatlán	55	66	52	41	41	40	49
San Bartolo Coyotepec	61	74	68	54	53	53	60
Guadalupe Etla	55	67	55	43	43	43	51
Ocotlán	27	27	9	7	7	7	14
San Miguel Ejutla	33	38	17	13	13	13	21
Santa Ana Tlapacoyan	53	65	65	53	53	55	57
Santo Domingo B. B.	57	70	69	55	55	58	60
Tlacolula	59	72	70	58	58	59	63
Media	51	61	52	42	42	42	48

Cuadro 7. Dosis adecuadas de nitrógeno (kg ha⁻¹), fósforo (kg ha⁻¹) y densidades de población (miles ha⁻¹) para maíz de temporal para seis condiciones de suelo y nueve localidades de los Valles Centrales de Oaxaca.

Localidad	1	2	3	4	5	6
Miahuatlán	25-01-32	23-00-29	28-00-29	39-14-33	38-09-33	37-04-33
Zimatlán	26-02-33	24-03-30	30-03-30	42-19-35	41-13-35	40-08-36
San Bartolo Coyotepec	25-00-31	22-00-28	28-00-28	39-13-33	37-08-33	37-03-33
Guadalupe Etla	26-02-33	24-02-30	30-02-30	41-18-35	40-12-35	39-07-35
Ocotlán	33-13-38	34-19-38	40-19-38	51-33-42	50-28-43	49-22-43
San Miguel Ejutla	32-11-37	32-14-36	37-14-36	49-30-42	48-25-42	47-20-42
Santa Ana Tlapacoyan	27-03-33	25-03-30	30-03-30	39-13-33	38-08-33	36-02-33
Santo Domingo B. B.	26-01-32	23-01-29	29-01-29	38-13-32	37-07-32	35-01-32
Tlacolula	25-00-32	23-00-29	28-00-29	38-11-32	36-06-32	35-00-32

de planicie mostraron valores de índices de sequía similares, lo cual indica que la textura no determinó su capacidad de retención de humedad.

Al aplicar los modelos para la determinación de las dosis adecuadas (DA), en función de los índices de sequía obtenidos y otras variables independientes, se encontró que las DA no mostraban diferencias importantes entre suelos de loma de textura intermedia con menos de 5 % de pendiente y aquéllos con pendiente mayor. Tampoco en suelos de planicie hubo diferencias apreciables entre tres tipos de textura para las DA de N y DP. La DA de P para suelos de textura gruesa fue de 5 a 6 kg ha⁻¹ arriba de la DA para suelos de textura intermedia; mientras que la DA para esta última estuvo también entre 5 y 6 kg ha⁻¹ por debajo de la adecuada para suelos de textura fina (Cuadro 7). Las localidades de Miahuatlán y Tlacolula se consideran de alto riesgo para la producción de maíz, lo cual se refleja en una baja dosis de fertilización y densidad de siembra, especialmente en suelos de loma. Ruiz (1986) reporta que Miahuatlán y San Bartolo Coyotepec destacan por el número de periodos secos (P/ETP < 0.33) dentro de la estación de crecimiento con nueve semanas, y Tlacolula y Santa Ana Tlapacoyan con siete y ocho semanas, respectivamente. Las estaciones con menor número de periodos secos fueron Ocotlán, Zimatlán y San Miguel Ejutla, con cero, dos y tres semanas, respectivamente.

Dado que la textura superficial predominante en la zona es la intermedia (Ruiz, 1979), a continuación sólo se discuten las DA para dicha textura. Para zonas de loma en temporal marginal (BS1), la recomendación promedio de N-P-DP, es 26-00-31000, las dos primeras en kg ha⁻¹ y la tercera en miles ha⁻¹. Para suelos de planicie en temporal marginal se recomienda la dosis 37-10-33000.

Para zonas de temporal mediano, como Santo Domingo y Guadalupe Etla, se recomienda la dosis 28-02-32000 en loma y la de 40-10-34000 para suelos de planicie. En localidades con temporal relativamente favorable como Ocotlán y San Miguel Ejutla, se recomienda la dosis 36-15-38000 en loma y la de 49-27-43000 en planicie.

A continuación se da una recomendación más general, considerando primero tres condiciones de temporal y después las DA se agrupan en términos de los subtipos climáticos.

Las DA para suelos de textura intermedia bajo temporal deficiente e intermedio, pueden redondearse a 28-00-32000, mientras que para suelos de planicie de la misma textura, para ambas condiciones de temporal, podría aplicarse la de 40-10-34000. Estas zonas caen generalmente dentro del subtipo climático BS1, el más limitativo por humedad. Las estaciones con temporal favorable son del subtipo climático (A)Cwo, por lo que para éste se recomiendan las dosis de 36-15-38000 en loma y la de 49-27-43000 en planicie.

Las cantidades de 10 y 15 kg ha⁻¹ de P son pequeñas, pero se pueden aplicar junto con el N en el momento de la primera labor, según la práctica tradicional. La aplicación de cantidades reducidas de fertilizante nitrogenado (20-40 kg ha⁻¹) hasta la primera labor es una estrategia de los productores ante la incertidumbre del temporal y la escasez de capital.

La práctica es adecuada desde el punto de vista fisiológico, ya que la tasa exponencial de absorción para ambos nutrimentos ocurre aproximadamente a los 25 días después de la siembra del maíz (Hanway *et al.*, 1986).

Las DA obtenidas se aplican a la variedad intermedia, pero, en función de los valores medios del Im para la variedad precoz, el cual fue cinco a seis

unidades menor que el valor obtenido para la variedad intermedia, se pueden incrementar las dosis correspondientes de P hasta en 15 %. De acuerdo con los modelos, las dosis de N y DP no experimentarían cambios importantes.

CONCLUSIONES

1. El índice de sequía modificado fue mayor en las estaciones ubicadas en el subtipo climático BS1 y en los suelos de loma.
2. Las fechas de siembra adecuadas mostraron diferencias para los subtipos climáticos y las dos variedades criollas empleadas.
3. Las dosis de fertilización y densidades de siembra fueron menores en el subtipo climático BS1, el más limitado por humedad.
4. Es posible generar modelos para incorporar el riesgo climático a nivel nacional, dada la enorme cantidad de información sobre experimentos de dosis de N-P-DP existente.

LITERATURA CITADA

- Begg, J.E. 1980. Morphological adaptations of leaves to water stress. pp. 33-42. *In*: Turner, N.C. and P.J. Kramer (eds.). Adaptation of plants to water and high temperature stresses. John Wiley and Sons, New York.
- Frere, M. y G.F. Popov. 1979. Agrometeorological crop monitoring and forecasting. FAO Plant Production and Protection Paper no. 17, Rome.
- García B., J. 1985. Zonificación del cultivo de la yuca en el Valle de Aroa. Rev. Fac. Agron. Maracay 4: 185-186.
- Hanway, J.J., W. Ritchie y G.O. Benson. 1986. How a corn plant develops. Special Report No. 48. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service, Ames, Iowa.
- INEGI. 1988. México. (Mapas a escala 1:1000 000). Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática, Aguascalientes, Ags.
- Kirkby A., V.T. 1973. I. The use of land and water resources in the past and present Valley of Oaxaca, Mexico. University of Michigan, Ann Arbor.
- Laird, R.J. 1976. Probabilidades de sequía en el maíz para los Valles Centrales de Oaxaca. Rama de Suelos, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Mex.
- NPFI. 1974. Manual de Fertilizantes. National Plant Food Institute, Ed. Limusa, Mexico, DF.
- Pérez Z., O. y C. Mejía. 1984. Potencial agrícola de Valles Centrales de Oaxaca con base en probabilidad de lluvia. Folleto de Inv. No. 71. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, INIFAP-SARH, México.
- Prasad R. y J.F. Power. 1997. Soil fertility management for sustainable agriculture. CRC Lewis Publishers, Boca Raton, Fl. and New York.
- Ruiz V., J. 1979. Dosis de fertilizantes y densidades de población en maíz de temporal. Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, Mex.
- Ruiz V., J. 1986. Zonificación agroecológica de los Valles Centrales de Oaxaca. pp. 139-150. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, INIFAP-SARH.
- Ruiz V., J. 1987. Rainfall probabilities and corn yields in the Central Valleys of Oaxaca, Mexico. pp. 25-28. *In*: PSMP Report Series No. 26, WMO, Geneva.
- Ruiz V., J. 1988. Zonificación agroecológica por funciones de producción. pp. 20-23. III Congreso Interamericano de Meteorol., México, DF.
- Ruiz V., J. 1990. Evaluación de tres criollos de maíz bajo dos densidades y tres fechas de siembra. pp. 53. *In*: Resúmenes del XIII Congreso Nacional de Fitogenética. Cd. Juárez, Chih.
- Ruiz V., J. 1998. Zonificación agroecológica del maíz de temporal en los Valles Centrales de Oaxaca I. Determinación del potencial productivo. Terra 16: 269-275.
- Ruiz V., J y R.J. Laird. 1979. Definición de sistemas de producción con base en probabilidades de sequía. p. 78. *In*: Resúmenes del XII Congreso Nal. de la Ciencia del Suelo, Morelia, Mich.
- Salisbury, F.B y C.W. Ross. 1978. Plant physiology. Wadsworth Publishing Co., Belmont, Ca.
- Shaw, R.H. 1974. A weighed moisture stress index for corn in Iowa. Iowa State J. of Res. 49: 100-104.
- Stoskopf, N. 1981. Understanding crop production. Reston Publishing Co. Inc., Reston, Va.
- Thom, H.C.S. 1966. Some methods of climatological analysis. Tech. Note No. 81, WMO No. 199, Geneva.