

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL HÍBRIDO H-137 Y MATERIALES CRIOLLOS DE MAÍZ EN EL VALLE DE PUEBLA

AGRONOMIC PERFORMANCE OF THE HYBRID H-137 AND LANDRACE VARIETIES OF MAIZE IN THE PUEBLA VALLEY

Ernesto Aceves Ruíz^{1*}, Antonio Turrent Fernández², José I. Cortés Flores³ y Víctor Volke Haller¹

¹Campus Puebla, Colegio de Postgraduados. Km 125.5 Carr. Federal México-Puebla, Apartado Postal 2-12, Col la Libertad. C.P. 72130. Puebla, Pue. ² Programa de Maíz, Campo Experimental Valle de México, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Apartado Postal No. 10. C.P. 56230 Chapingo, Edo de México. ³ Programa de Edafología, Instituto de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carr. México- Texcoco. C.P. 56230, Montecillo, Edo. de México.

* Autor responsable

RESUMEN

Con el propósito de comparar la respuesta del híbrido de maíz H-137 con variedades criollas, a la fertilización con N, P, K y densidad de población (DP), se condujeron nueve experimentos de campo en el Valle de Puebla, México, entre 1993 y 1995. Tres experimentos sufrieron daño severo por sequía, en dos el daño fue moderado y cuatro no presentaron daño. Se observó una clara interacción entre variedad y los factores de estudio (N, P, K, DP). La respuesta a DP y a la fertilización con nitrógeno fue mayor en el híbrido en los experimentos que no presentaron sequía. La producción de rastrojo fue mayor en las variedades criollas en todos los casos.

Palabras clave: *Zea mays* L., híbrido, variedades criollas, fertilización, densidad de población.

SUMMARY

Nine field experiments were established in Puebla, México, between 1993 and 1995 in order to compare the maize hybrid H-137 with regional maize landraces regarding their responses to N, P, K fertilization and population density (DP). Three field experiments underwent severe drought stress, two suffered moderate stress whereas four had drought stress. Interactions among genotype and agronomic management factors (N, P, K, DP) were significant. The hybrid H-137 was more intensely affected than landraces by population density and by N fertilization rates in the absence of drought stress. However, maize landraces stover production was consistently larger than that of hybrid H-137.

Index words: *Zea mays* L., hybrid, maize land races, fertilization, population density.

INTRODUCCIÓN

En la región del Plan Puebla el maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo más importante, destinado principalmente para la alimentación humana y de animales. El sistema más común es el de secano o temporal con humedad residual (THR) y en menor grado en temporal estricto (TE). Las tierras agrícolas de esta zona se clasifican como de muy buena productividad (espesor del suelo mayor a 1 m y cociente de precipitación- evaporación entre 0.9 y 2.0); sin em-

bargo, es frecuente la presencia de sequía con intensidades desde media a severa, por atraso del establecimiento de las lluvias (sequía temprana), o bien, por la sequía intraestival. Se estima que aproximadamente en cuatro de cada diez años se presentan ciclos agrícolas entre limitativos y desastrosos para la producción de maíz (Esquivel, 1990; Turrent *et al.*, 1994). En esos años, la sequía temprana puede prolongarse hasta el inicio de floración.

Para enfrentar este riesgo, los productores de la región han desarrollado el sistema de THR o bien el de TE, y cuentan con diversas variedades de maíz nativas de la región, que incluyen maíces de madurez precoz, intermedia y tardía, con predominancia del grupo de ciclo intermedio (López *et al.*, 1993).

Los productores han seleccionado y continúan seleccionando su maíz desde hace muchas generaciones, lo que ha permitido conjugar la adaptación a factores adversos. Cada productor cuenta con una o más variedades criollas, que están adaptadas a sus condiciones de producción. Algunos cuentan con una variedad diferente para cada uno de sus predios, cuando éstos se ubican en agroambientes diferentes, de tal forma que existe una estrecha relación entre el maíz criollo, el predio y el productor mismo, a la cual se le denominará "binomio criollo-nicho" (BCN).

El Plan Puebla se inició en 1967 y desde entonces ha realizado investigación para generar tecnologías que involucren el uso de fertilizantes y variedades de maíz. En el agrosistema considerado en este estudio, se recomienda el tratamiento 130-40-50 000 (N-P₂O₅-DP), para capital ilimitado y producción de grano exclusivamente (CIMMYT, 1974); en cambio, cuando se quiere producir grano y rastrojo, se recomienda el tratamiento 160-70-60 000 (Aceves *et al.*, 1992). También se ha comparado el BCN con diversas variedades desarrolladas por el Plan

Puebla-Colegio de Postgraduados, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), y otras instituciones y empresas públicas o privadas (CIMMYT, 1974), bajo los supuestos siguientes: a) el maíz tiene un uso único como grano; b) que los BCN seleccionados representan la diversidad genética de maíz en la región; c) que no existen diferencias en el comportamiento entre las variedades locales; y d) que no se presenta interacción entre la variedad y el manejo agronómico (tratamiento). Con base en el último supuesto la comparación de variedades se realizaba en un sólo tipo de manejo agronómico, que involucraba suficiente fertilizante y control de maleza y plagas, entre otros factores.

El híbrido H-137 fue evaluado bajo este procedimiento y sobresalió entre las variedades mejoradas y los BCN. De 1990 a 1993, este híbrido mostró ser superior a los BCN, bajo la tecnología que consideraba el doble propósito del maíz (grano y rastrojo) y que involucraba el uso de altas densidades de población y fertilizante y el control de insectos y maleza (Mendoza *et al.*, 1993). La superioridad del híbrido fue en cuanto a: rendimiento de grano, porcentaje de acame, incidencia de enfermedades, mazorcas sanas, etc., por lo que fue muy aceptado por los productores.

El presente estudio tuvo como objetivo comparar al híbrido H-137 con los BCN en cuanto a rendimiento de grano y rastrojo, adaptación a la variación en los factores bióticos y abióticos y la respuesta a la fertilización con N, P y K y a la densidad de población. La hipótesis de cotejo fue: El híbrido H-137 supera en el valor de la producción de grano y rastrojo y en la adaptación a los factores bióticos y abióticos al complejo de poblaciones criollas en su propio nicho.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante los años 1993, 1994 y 1995 se condujeron nueve experimentos de campo con regímenes hídricos de temporal con humedad residual y punta de riego, en tres comunidades del área de influencia del Plan Puebla. En estos experimentos se exploró la respuesta del híbrido del INIFAP, H-137 y el criollo del productor cooperante (BCN), a los factores nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5), potasio (K_2O) y densidad de población (DP).

Los espacios de exploración fueron: para N, en 1993 y 1995 de 100 a 180 kg ha⁻¹; y en 1994 de 60 a 180 kg ha⁻¹; para P_2O_5 , en 1993 y 1995 de 20 a 100 kg ha⁻¹, y en 1994 de 0 a 100 kg ha⁻¹; para K_2O , en los tres años fue de 0 a 80 kg ha⁻¹ y para DP, en 1994 y 1995 de 40 a 80 mil plantas/ha, y en 1993 de 30 a 70 mil plantas/ha. Como fuente de fertilizante se utilizó urea (46 % de N), superfosfato de calcio triple (46 % de P_2O_5), cloruro de potasio (60 % de

K_2O). La época de aplicación de éstos fue 1/3 del nitrógeno y todo el fósforo y potasio al momento de la siembra; el resto de N se aplicó en la segunda labor (aproximadamente a los 50 días después de la siembra).

Se utilizó un diseño de parcelas divididas con dos repeticiones. Las parcelas grandes se asignaron a los tratamientos de una matriz "Central Compuesta, Rotable y con Información Casi-Homogénea", lotificada a un tercio (Cochran y Cox, 1990); el tratamiento central se repitió nueve veces. Cada parcela grande constó de dos parcelas chicas de cuatro surcos de ocho metros de longitud, en los que se sembraron los dos cultivares: el híbrido H-137 y el criollo del productor. La cosecha se realizó de forma manual, tomando como parcela útil los dos surcos centrales de cada parcela chica, y cosechando únicamente las matas que presentaban competencia completa.

En cada experimento se tomaron dos muestras compuestas de suelo de los primeros 30 cm de profundidad, formadas a partir de 20 submuestras por sitio experimental. Se realizaron las siguientes determinaciones químicas y físicas: fósforo extractable (P) por el método Bray-1 (Olsen y ADean, 1965); potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) intercambiables, por el método Peech-Morgan (Peech y English, 1944); materia orgánica (MO) por el método de combustión húmeda de Walkey y Black modificado (Allison, 1965); pH, en una relación suelo-agua 1:2, con potenciometro de calomel; acidez intercambiable por el método de BaCl-trietanolamina; porcentaje de arena (are), limo (lim) y arcilla (arc), por el método del hidrómetro modificado por Day (Day, 1965). También se efectuó una prueba de composición, la cual consistió en calcular los estimadores de la varianza entre sitios, σ_s^2 , para cada variable, la cual proporciona la medida de la variación sistemática entre los sitios experimentales; y los estimadores de la varianza del error de muestreo, σ_m^2 , que proporciona la medida global de la variación que se presenta dentro del sitio experimental; con estos valores se obtuvo el cociente $4\sigma_s^2/\sigma_m^2$, que indica cuántas veces es superior la variación sistemática a la variación de muestreo (Villalpando, 1975).

En los experimentos donde se presentó sequía, ésta se evaluó de manera visual cada tercer día en los periodos en que se tuvo incidencia de la misma. Las observaciones se tomaron en las horas más calurosas del día (12 a 15 horas). De cada lectura se obtuvo un coeficiente de marchitez (CM), que presenta un intervalo de variación de 0 a 1, cero corresponde al caso en que todas las plantas estaban turgentes y 1 al caso en que todas mostraran marchitez severa; los valores de CM se integraron en un índice general de sequía (IGS), que representa el valor agregado de los coeficientes de marchitez definido por Turrent

(1973). Para cada uno de los tratamientos de fertilización se tomaron los días en que 50 % de las plantas presentaban estigmas visibles (DFF), y los días en que 50 % de las plantas se encontraban en anthesis (DFM); y para cada una de estas variables se tomó un promedio por experimento. En la etapa de floración se evaluó la incidencia de enfermedades como *Curvularia* spp., *Helminthosporium* spp., *Puccinia* spp., “achaparamiento” y “rayado fino”. Las tres primeras se calificaron con una escala de 1 a 5, valorando en conjunto a todas las plantas de los dos surcos centrales; 1 comprendió a ausencia de daño y 5 a daño severo. Para las otras enfermedades se contó el número de plantas dañadas de la parcela útil. Todas ellas se integraron en un índice de enfermedad (IE); para esto, a cada enfermedad se le asignó un valor arbitrario de su efecto sobre el rendimiento, si afectaba al cultivo en grado severo (escala máxima), siendo éstos: *Curvularia* spp. 0.15, *Helminthosporium* spp. y *Puccinia* spp. 0.25, “achaparamiento” y “rayado fino” 1. De esta forma aquella parcela experimental afectada en grado severo por todas las enfermedades, obtendría un valor de 2.65. Con este valor su rendimiento se reducirá en 100 %. Así las parcelas que tuvieran este valor (2.65) obtendrían un IE de 1 y las que estuvieran sanas tendrían un IE de 0.

Como siguiente paso, se realizó un análisis de varianza por experimento para rendimiento de grano y rastrojo y se hizo una comparación de medias por el método Tukey (Martínez, 1988). También se realizó un análisis de varianza combinado de la variable rendimiento de grano, y se llevó a cabo una comparación de medias para años, variedad y la interacción años por variedad. Todos los experimentos fueron sometidos a análisis de regresión con la técnica de máximo incremento de R (MAXR), en el que se utilizó el modelo cuadrático general como base. Con las ecuaciones empíricas así obtenidas, se procedió a estimar los óptimos económicos para capital ilimitado, con los costos que se presentan en los Cuadros 1 y 2. Para esto no se tomó el rendimiento de rastrojo (RR) en función de los factores N, P, K y V experimentales; en su lugar se utilizó una ecuación donde el RR estaba en función del rendimiento de grano, cuyo modelo es el siguiente:

$$RR = b_0 + b_1Y + b_2Y^2 + b_3V + b_4YV + b_5Y^2V + \epsilon$$

Donde: RR=Rendimiento de rastrojo, en t ha⁻¹; Y=Rendimiento de grano, en t ha⁻¹; V= Variedad, a esta variable se le asignó el valor de -1 para BCN y +1 para el híbrido.

Una vez obtenida la función, se calculó el rendimiento de rastrojo y se transformó a pacas de 17 kg, y se multiplicó por el valor neto de éstas (\$1.39/paca); después se siguió el procedimiento que propone Aceves (1998).

Cuadro 1. Costos de insumos utilizados en el estudio.

Concepto	N P ₂ O ₅ K ₂ O			\$/1000 Semillas [†]	
		\$/kg		BCN	Híbrido
Precio en el mercado	4.9220	4.8990	3.3690	1.1670	4.1670
Transporte [‡]	0.1450	0.1450	0.1110	-	0.0268
Aplicación o siembra	0.3040	0.3040	0.2330	4.6700	4.6700
Costo del capital [§]	1.5243	1.5177	1.0539	1.6565	2.5155
Costo neto	6.8953	6.8657	4.7669	7.4935	11.3793

[†] Incluye los costos de semilla y siembra, en pesos de 1997. [‡] \$200/3 toneladas. [§] Costo de capital 10 meses (35 % anual).

Cuadro 2. Precio de grano de maíz y costo de cosecha.

Concepto	\$/t
Precio en mercado	1270.80
Segado	11.11
Cosecha y encostado	133.33
Desgrane	30.00
Acarreo a casa	25.00
Acarreo al mercado	66.67
Costo de capital	28.48
Costo neto	876.21

Para evaluar la asociación entre los resultados de la optimización y las variables de sitio, se ajustaron ecuaciones de regresión entre rendimiento de grano (Y), rendimiento de rastrojo (RR) y las dosis óptimas económicas de nitrógeno (DOEN), fósforo (DOEP), potasio (DOEK) y densidad de población (DOED), con las variables de sitio evaluadas. Para evitar el problema de saturación de los grados de libertad (gl; sólo 17 gl de los que 8 son gl entre sitios y 9 son gl dentro de sitios), se aplicó el siguiente procedimiento de dos etapas: en la primera se buscó la relación entre cada una de las variables dependientes (DOEN, DOEP, DOEK, DOED, Y y RR) con los trece factores de sitio evaluados, que fueron codificados restándoles su valor medio y dividiéndolos entre su propia desviación estándar. Arbitrariamente se aceptaron cuatro variables codificadas entre sitios (VCES). En la segunda etapa se añadió a las cuatro VCES la variable variedad (V₁) a la que se le asignó el valor de -1 para el BCN y de +1 para el H-137, más las interacciones VCES*V que son variables codificadas dentro de sitios (VCDS). El proceso se detuvo al llegar a ocho variables en el modelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables de sitio

En la composición de las propiedades del suelo, se detectó que la componente sistemática supera ampliamente a la componente aleatoria (Cuadro 3). Esto indica que todas las variables analizadas son potencialmente útiles para asociarse con la respuesta del maíz a los fertilizantes y a la densidad de población, en cuanto a rendimiento de grano. Las variables que presentan un mayor ámbito agronómico

(amplitud de variación que presenta un factor) son %arena (55.49-80.03), %limo (9.25-25.04), P aprovechable en el suelo(6.78-20.14), %arcilla (10.72-23.14) y K aprovechable (3.65-11.98), mientras que la materia orgánica es la que presenta ámbito agronómico reducido(0.377-0.934).

Rendimiento de grano y rastrojo

Los experimentos con los rendimientos medios más bajos fueron PC93, PC94 y HT94 (Cuadro 4), en los cuales hubo fuertes efectos de sequía y patógenos, tales como *Curvularia* spp., *Helminthosporium* spp., *Puccinia* spp., “rayado fino” y “achaparamiento”. Los experimentos que presentaron los mayores rendimientos promedios fueron el HC93 y PC95 en los que la sequía y el ataque de patógenos fueron bajo.

El análisis de varianza de la variable rendimiento de grano en los experimentos individuales mostró diferencias significativas (P≤0.01) entre los 25 tratamientos de parcela grande (TPG), en sólo uno de los nueve experimentos; en cambio, entre tratamientos de parcela chica (variedad) hubo diferencias significativas (P≤0.01) en seis de nueve experimentos. El análisis de varianza para rendimiento de rastrojo mostró diferencias significativas (P≤0.01) en uno de los nueve experimentos para TPG, y en siete para TPC.

El complejo de variedades nativas, representados por los nueve BCN, superó en promedio al híbrido H-137 en 0.291 t ha⁻¹ de grano y en 5.369 t ha⁻¹ de rastrojo (P≤0.01); tal superioridad representó un valor actual combinado de \$ 694 ha⁻¹.

En cinco de los experimentos, las variedades criollas (BCN) superaron significativamente al híbrido H-137 en rendimiento de grano, mientras que sólo en dos de ellos el híbrido superó al BCN. En el rendimiento de rastrojo, en todos los casos el BCN superó al H-137 (Cuadro 5).

Estas respuestas se deben a que la sequía y el ataque de patógenos afectaron en mayor grado al maíz mejorado que a los BNC (Cuadro 3). En las localidades donde el híbrido superó al BCN, no hubo daño por sequía y el ataque de patógenos fue pequeño. Esto sugiere que el BCN está mejor adaptado que el híbrido H-137 a los cambios climáticos y al ataque de patógenos que se presentan en su nicho. Las diferencias entre los BCN y el H-137 en el rendimiento de rastrojo no se debieron a diferencias en la altura de la planta, ya que el conjunto de BCN presentaron una altura promedio de 2.57 m y el H-137 de 2.50 m.

En el análisis de varianza combinado para rendimiento de grano se encontró efecto significativo (P≤0.01) para los factores año, TPG, variedad y las interacciones año x variedad, TPG x variedad y año x TPG x variedad.

Cuadro 3. Factores de sitio obtenidos en campo y laboratorio, por variedad y experimento.

Exp.	Gen	P (Mg kg ⁻¹)	Ca	Mg (Cmol kg ⁻¹)	K	Ac	pH	MO	Are (%)	Lim	Arc	DFM (50 %)	DFE	IGS	IE
PT93	C	6.78	4.23	3.75	4.30	9.40	5.65	0.377	68.74	12.11	19.15	97	107	0.856	0.213
	H											97	104	0.842	0.358
PC93	C	20.14	2.93	2.63	11.98	8.90	6.76	0.738	80.03	9.25	10.72	107	111	1.000	0.208
	H											110	112	1.096	0.320
HC93	C	7.73	9.13	7.15	4.93	7.20	8.26	0.934	55.49	25.04	19.47	99	104	0.457	0.315
	H											101	104	0.673	0.295
PC193	C	10.50	4.00	3.13	6.70	9.50	6.64	0.407	70.31	15.54	14.15	99	102	0.000	0.172
	H											99	103	0.000	0.249
HX94	C	11.85	2.85	2.30	5.80	10.90	5.51	0.377	74.54	12.58	12.88	102	105	1.901	0.315
	H											107	116	1.954	0.393
PC94	C	8.95	3.93	2.33	4.28	8.90	6.78	0.423	67.17	19.77	13.06	103	108	2.713	0.289
	H											105	113	2.631	0.356
HT94	C	6.99	3.18	3.30	3.95	13.30	5.83	0.452	70.77	12.65	16.58	109	119	0.000	0.242
	H											110	117	0.000	0.389
HT95	C	9.25	5.50	3.60	4.55	12.40	5.53	0.692	59.10	17.79	23.11	103	108	0.000	0.084
	H											105	110	0.000	0.120
PC95	C	7.70	4.05	3.10	3.65	8.30	6.61	0.662	73.42	13.20	13.38	103	106	0.000	0.106
	H											105	109	0.000	0.132
4σ ² /σ ² _m		47.4	154.6	55.9	197.3	11.4	103.6	32.3	147.7	74.2	37.1				
Promedio		9.99	4.42	3.48	5.57	9.87	6.40	0.56	68.8	15.3	15.8				
Desv. estándar		4.28	1.99	1.47	2.65	2.31	0.91	0.20	7.62	4.92	4.03				

Exp. es Experimento; Gen= genotipo; C=BCN; H= H-137;DFM=días a floración masculina; DFE=Días a floración femenina; IGS=índice general de sequia; IE=índice de enfermedad; Ac= Acidez; Are= % arena; Lim= %limo; Arc =% arcilla; P, Ca, Mg, K, pH, Are, Lim, Arc y Ac sus valores son de los primeros 30 cm de profundidad. 4σ²/σ²_m es el estimador del componente de varianza.

Cuadro 4. Rendimiento promedio de grano de maíz¹ por experimento, según 25 tratamientos de fertilización y dos regímenes hídricos.

VARIABLES ⁵		EXPERIMENTO										
X1	X2	X3	X4	PT93	PC93	PC193	PC94	PC95	HC93	HX94	HT94	HT95
-1	-1	-1	-1	5.461	3.795	4.699	2.926	7.585	7.088	5.001	4.358	6.055
-1	-1	1	1	6.801	4.328	6.902	2.928	7.980	8.786	5.781	4.797	5.285
-1	1	-1	1	6.590	3.897	7.181	2.985	7.552	8.340	4.792	3.264	5.443
-1	1	1	-1	5.426	3.953	6.215	3.380	7.660	6.809	5.603	4.926	5.503
1	-1	-1	1	5.902	3.871	6.284	4.087	6.742	7.887	6.510	5.042	7.101
1	-1	1	-1	5.754	3.454	5.574	4.366	8.258	7.273	5.672	4.412	5.507
1	1	-1	-1	4.912	3.327	4.701	2.890	7.099	6.506	5.899	4.896	6.190
1	1	1	1	6.797	4.342	6.266	4.415	6.878	7.802	6.074	5.871	5.586
0	0	0	0	6.454	5.002	5.752	3.531	7.391	7.975	5.618	4.960	6.201
-1	1	1	1	7.103	3.775	7.210	3.197	8.350	8.203	6.718	5.753	5.971
1	-1	1	1	7.081	5.282	6.157	4.163	6.757	8.759	6.154	5.851	6.380
1	1	-1	1	7.341	5.164	6.041	2.941	8.524	7.097	7.018	5.991	7.035
1	1	1	-1	5.652	5.101	6.238	3.903	6.208	5.781	5.848	4.999	6.343
-1	-1	-1	1	6.312	4.277	7.127	2.888	8.592	7.819	6.136	4.265	6.733
-1	-1	1	-1	5.910	4.706	6.575	3.359	7.514	6.945	6.550	4.542	5.903
-1	1	-1	-1	5.668	4.970	6.311	3.376	6.245	7.020	6.736	5.348	5.389
1	-1	-1	-1	5.211	4.435	4.932	4.027	6.288	7.096	6.510	5.626	5.032
-2	0	0	0	6.407	3.857	5.823	3.221	6.521	8.272	5.008	3.592	6.622
2	0	0	0	5.832	3.817	6.273	4.484	8.728	7.613	6.404	5.380	5.896
0	-2	0	0	4.908	4.049	5.185	4.030	8.006	7.244	6.404	4.187	5.904
0	2	0	0	6.368	3.794	6.111	3.202	8.907	6.891	5.945	4.871	5.945
0	0	-2	0	5.163	3.679	5.466	2.432	7.257	6.677	6.459	4.748	5.683
0	0	2	0	5.813	2.999	4.951	2.983	7.486	8.481	6.634	5.345	5.429
0	0	0	-2	2.808	3.745	5.409	3.362	7.400	4.812	5.168	4.662	4.757
0	0	0	2	7.463	3.817	7.337	3.812	7.492	9.078	6.393	6.423	5.665
CV				27.42	28.11	28.30	37.52	27.06	25.33	16.51	23.26	31.93
DMS 5 % (Tukey)				3.473	2.436	3.481	2.689	4.293	3.666	2.114	3.569	3.078
Error a				1.539	0.758	1.547	0.923	2.353	1.716	0.571	1.626	1.210
Error b				1.136	0.589	1.366	0.777	1.762	1.888	0.424	0.635	2.343

¹Grano expresado con 14 % de humedad y en t ha⁻¹. [#] los nombres de los experimentos constan de tres componentes que son: la primera letra corresponde a régimen hídrico (P=punta de riego y H= humedad residual), la letra siguiente corresponde a la localidad (T=San Pedro Tlaltenango, C=San Mateo Capulitlán, y X= Santa Ana Xalmimilco). Los números corresponden al año en que fueron evaluados. ⁵ Son variables codificadas que corresponden a: X1=N, X2=P:O, X3=K:O, X4=DP.

Cuadro 5. Rendimiento de grano y rastrojo en t ha⁻¹, en función de la variedad en nueve experimentos.

Experimento	Rendimiento (t ha ⁻¹)					
	Grano			Rastrojo		
	BCN ¹	Híbrido	DMS	BCN	Híbrido	DMS
PT93	6.34	5.60	0.50*	23.46	16.01	1.98*
PC93	4.41	3.85	0.36*	14.66	10.61	0.92*
HC93	7.22	7.76	0.40ns	20.39	18.85	1.33***
PC193	6.83	5.24	0.55*	22.92	14.64	1.68*
HX94	6.49	5.59	0.31*	11.68	8.68	1.14*
PC94	3.87	3.08	0.41*	15.62	10.09	1.08*
HT94	7.88	5.05	0.23ns	17.24	12.52	0.71*
HT95	5.59	6.22	0.72*	32.59	25.69	2.45*
PC95	7.18	7.82	0.47**	32.54	25.69	1.46**
Promedio	5.87	5.58	0.17*	21.23	15.86	0.53*

¹BCN Significa binomio criollo nicho ecológico; DMS= diferencia mínima significativa; prueba de Tukey; *, **, ***=DMS a 1, 5 y 10 % de probabilidad; ns=no significativo.

Durante el periodo de estudio se presentaron ciclos agrícolas con diferente calidad para la producción de maíz, como sigue: restrictivo (1994), regular (1993) y benigno (1995). En 1995 se obtuvieron los mejores rendimientos, superando a los de 1993 en 12.0 % y a los de 1994 en 28.0 %, mientras que los rendimientos en el año regular superaron al más restrictivo en 18.0 % (Cuadro 6). En los años regular y restrictivo se presentó un periodo de sequía

cuando el cultivo se encontraba en la etapa de 6 a 8 hojas liguladas y en la etapa de floración, respectivamente. El año restrictivo (1994) afectó más al cultivo, ya que la sequía ocasionó asincronía entre las floraciones masculina y femenina, lo que provocó deficiencias en la polinización.

En la interacción año x variedad (Cuadro 6), el maíz H-137 mostró mayor variación entre años que las variedades nativas, lo cual indica que el híbrido requiere de mejores condiciones ambientales para su producción, y que el BCN presenta una mayor adaptación a los cambios climáticos que se presentan en su nicho, probablemente debido al proceso de adaptación selectiva que los productores han hecho a través de generaciones.

La probabilidad de que ocurran ciclos agrícolas restrictivos para la producción de maíz en la zona donde se realizó el estudio es de 38 % (Esquivel, 1990), lo cual indica que aproximadamente en cuatro de cada diez años el BCN puede superar en rendimiento de grano al híbrido H-137.

Esto podría ser una de las causas de que el uso de maíces mejorados en la zona de estudio no llegue a ser

superior a 1 %, con respecto a la superficie sembrada de maíz (Turrent, 1994).

Cuadro 6. Efecto de la variedad y año sobre el rendimiento de grano de maíz.

AÑO	Rendimiento (t ha ⁻¹)					
	BCN		H-137		Promedio	
	Relati-vo [§]		Relati-vo [§]		Relati-vo [§]	
1993	6.20	0.97	5.61	0.80	5.90	0.88
1994	5.08	0.80	4.57	0.65	4.82	0.72
1995	6.38	1.00	7.01	1.00	6.70	1.00
Promedio	5.89		5.73		5.81	

DMS Tukey (P≤0.01) para año=1.557 t ha⁻¹ ; DMS Tukey (P≤0.01) para año*variedad=0.263 t ha⁻¹ . §=rendimiento relativo al año 1995.

Óptimos económicos

Las funciones de respuesta del rendimiento de grano a los factores de estudio se presentan en el Cuadro 7, cuyos coeficientes de determinación (R²) fluctúan entre 0.370.796. La prueba de falta de ajuste fue no significativa en todos los casos.

Las funciones que relacionan el rendimiento de rastrojo con el rendimiento de grano no se presentan; sin embargo, sus coeficientes de determinación se encuentra entre 0.479 y 0.826, y no presentaron falta de ajuste.

Las dosis óptimas económicas (DOE) de cada factor de estudio, así como el rendimiento de grano y rastrojo, ingreso neto total y el ingreso neto por rendimiento de grano y rastrojo, por experimento y genotipo de maíz, se presentan en el Cuadro 8. La DOE promedio para el BCN es de 120-45-30-55000 y para el híbrido H-137 es de 125-50-35-65000 de N-P₂O₅-K₂O-DP, respectivamente. Con estas DOE promedios, el híbrido H-137 iguala al BCN en rendimiento de grano, pero en rastrojo el BCN supera al híbrido en 4.783 t ha⁻¹.

En el Cuadro 9 se muestra que el conjunto de BCN, es más eficiente en el uso de los insumos que el híbrido H-137, ya que produce 26.27 % más materia seca total por kilogramo de fertilizante que el híbrido H-137.

Cuadro 7. Funciones de respuesta de rendimiento de grano a los factores de estudio, por localidad.

Experimento [#]	Función
PT93	Y=4.6153+0.0987X ₂ +0.1040X ₃ +0.6335X ₄ -0.11998X ₂ ² -0.1140X ₃ ² -0.16157X ₄ ² -0.09848X ₂ X ₃ +0.16488X ₂ X ₄ -0.1285X ₃ X ₄ -0.2051X ₁ X ₂ V+0.1322X ₂ X ₃ V+0.1498X ₂ X ₄ V-0.1172X ₃ X ₄ V CMDR=0.60582, R ² =0.542, F. AJUSTE= ns
PC93	Y=3.2967+0.0728X ₂ -0.17999X ₃ +0.33056X ₄ -0.08556X ₄ ² -0.23034V-0.11778X ₁ V+0.07738X ₂ V+0.08719X ₄ V+0.05738X ₂ ² V-0.2777X ₁ X ₄ V CMDR=0.32490, R ² =0.543, F. AJUSTE=ns
HC93	Y=5.4942-0.08067X ₁ -0.1502X ₂ +0.11535X ₃ +0.61348X ₄ -0.14916X ₂ ² -0.2394X ₄ ² -0.1349X ₁ X ₂ +0.13702X ₃ ² V CMDR=0.60338, R ² =0.450, F. AJUSTE=ns
PC193	Y=3.9503-0.10938X ₁ +0.0695X ₂ +0.4019X ₄ +0.09347X ₁ ² -0.0653X ₃ ² +0.11567X ₄ ² -0.09942X ₁ X ₂ -0.15589X ₃ X ₄ -0.4466V+0.123976X ₂ V-0.06302X ₃ ² V+0.12581X ₄ ² V-0.2125X ₁ X ₃ V+0.15716X ₁ X ₄ V-0.0736X ₃ X ₄ V CMDR=0.5457, R ² =0.496, F. AJUSTE=ns
HX94	Y=4.0804+0.1691X ₁ +0.1419X ₄ +0.0981X ₂ ² +0.1658X ₃ ² -0.18528X ₁ X ₃ -0.14619V+0.06326X ₁ V+0.1154X ₂ V-0.0526X ₂ ² V+0.05072X ₄ ² V+0.10307X ₁ X ₂ V+0.0796X ₁ X ₄ V CMDR=0.2497, R ² =0.796, F. AJUSTE=ns
PC94	Y=2.5864+0.2476X ₁ -0.0975X ₂ +0.1407X ₃ +0.05872X ₁ ² -0.14574X ₃ ² -0.15046X ₁ X ₂ +0.09909X ₁ X ₃ +0.08263X ₂ X ₃ -0.120122V-0.0705X ₁ V+0.073238X ₂ V-0.08096X ₁ ² V CMDR=0.31647 R ² =0.375 F. AJUSTE=ns
HT94	Y=4.0056+0.31072X ₁ +0.10356X ₂ +0.12036X ₃ +0.19769X ₄ -0.07832X ₁ ² -0.08991X ₂ ² -0.14229X ₁ X ₃ +0.182X ₁ X ₄ +0.25057X ₃ X ₄ +0.18159V+0.2518X ₄ V+0.1168X ₃ X ₄ V CMDR=0.57420 R ² =0.529 F. AJUSTE=ns
HT95	Y=3.9959+0.2401X ₄ -0.095956X ₃ ² -0.14947X ₃ X ₄ +0.42994V-0.21828X ₂ V+0.2189X ₄ V-0.19256X ₁ ² V-0.1278X ₂ ² V-0.1530X ₁ X ₄ V+0.1576X ₂ X ₅ V+0.11685X ₂ X ₄ V+0.14125X ₃ X ₄ V CMDR=0.62531 R ² =0.423 F. AJUSTE=ns
PC95	Y=5.18815+0.11267X ₃ +0.12483X ₂ ² +0.21093X ₂ X ₄ +0.1401X ₁ V+0.11958X ₄ V+0.23204X ₄ ² V+0.14832X ₂ X ₃ -0.1839X ₃ X ₄ V-0.23528X ₂ X ₄ V CMDR=0.79312 R ² =0.410 F. AJUSTE=ns.

[#] Los nombres de los experimentos constan de tres componentes que son: la primera letra corresponde a régimen hídrico (P=punta de riego y H= humedad residual), la letra siguiente corresponde a comunidad (T=San Pedro Tlaltenango, C=San Mateo Capultitlán, y X= Santa Ana Xalmimilulco), los números corresponden al año en que fueron evaluados. Y= rendimiento de grano, en t ha⁻¹; X₁, X₂, X₃ y X₄ corresponden a: N, P₂O₅, K₂O y DP, respectivamente; X₁², X₂², X₃² y X₄² corresponden a: N², (P₂O₅)², (K₂O)² y DP², respectivamente; V es una variable auxiliar para genotipo, asume el valor de -1 cuando la variedad es criolla y +1 con el híbrido. ns = no significativo.

Cuadro 8. Tratamientos óptimos económicos (N-P₂O₅-K₂O-DP), rendimientos esperados de grano y rastrojo, e ingresos netos totales de rendimiento de grano y rastrojo, en nueve experimentos y dos variedades de maíz.

EXP.	GEN	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Dp	Y	RR	ING	INR	INT
PT93	C	100	45	50	65	5.84	21.56	3391	1762	5153
	H	100	60	40	60	4.96	15.45	2370	1262	3633
PC93	C	170	60	0	60	4.64	14.55	2030	1189	3219
	H	110	60	0	60	4.35	11.39	1960	931	2891
HC93	C	100	60	45	60	6.05	17.85	3535	1459	4994
	H	100	60	70	60	6.51	16.58	3587	1355	4942
PC193	C	170	75	20	70	5.96	21.33	2915	1743	4658
	H	195	85	30	80	5.50	14.51	1834	1186	3021
HX94	C	135	10	15	60	5.31	14.16	3129	1157	4287
	H	150	55	5	65	5.17	11.86	2352	969	3322
PC94	C	125	35	40	40	2.88	14.16	931	1158	2089
	H	125	35	40	40	2.53	10.71	464	875	1339
HT94	C	110	50	30	40	3.99	18.12	1952	1481	3433
	H	140	45	65	75	5.91	14.54	2742	1189	3932
HT95	C	60	55	40	55	4.54	37.61	2582	3075	5658
	H	95	30	25	75	5.17	27.37	2699	2237	4936
PC95	C	110	5	40	50	6.33	27.57	4188	2254	6442
	H	110	20	25	75	6.32	21.44	3671	1753	5424
Promedio	C	120	45	30	55	5.06	20.77	2739	1697	4437
	H	125	50	35	65	5.16	15.98	2409	1306	3716

C = maíz BCN; H = maíz híbrido; N, P₂O₅, K₂O y DP significan DOE de nitrógeno, fósforo, potasio y densidad de población, respectivamente. Y = rendimiento de grano; RR = rendimiento de rastrojo; ING = ingreso neto de grano; INR = ingreso neto de rastrojo; INT = ingreso neto total.

Si se comparan las DOE obtenidos por el Plan Puebla (130-40-50 000 cuando el producto de interés es sólo el grano, y 160-70-60 000 para grano y rastrojo) con los obtenidos en este estudio, se observan diferencias que probablemente se deban a que en el presente estudio las DOE se obtuvieron con información de tres años, en los que predominaron condiciones adversas (sequía y patógenos). En los estudios anteriores las DOE se obtuvieron con un número mayor de experimentos conducidos en más años (1967-1975), por lo que se exploró más la variabilidad climática y edáfica que se presenta en la región.

Por otro lado, existe la posibilidad de que tanto la demanda de nutrimentos por la planta como su disponibilidad sean diferentes en la actualidad. Lo anterior puede ser fundamentado con el caso del K₂O, del que antes no se había detectado su demanda; en cambio, en el presente estudio se encontró que se requieren alrededor de 30 kg ha⁻¹ en ambos tipos de variedad. Esto probablemente se deba a que el contenido de potasio que se encontraba en el suelo en los estudios iniciales, se redujo después de 25 años; así como también con el hecho de que las variedades de maíz con las que se realizó la investigación hace 25 años, incluyendo a los criollos, no fueron los mismos que los actuales, y por lo tanto puedan tener demandas de nutrimentos diferentes.

Cuadro 9. Rendimiento promedio de grano y rastrojo de maíz de nueve localidades por tratamiento de fertilización y variedad[#].

Trat	Fertilizante (FERT) (kg ha ⁻¹)	Densidad de plantas (miles/ha)	Rendimiento de grano (t ha ⁻¹)		Rendimiento de rastrojo (t ha ⁻¹)		Materia seca (MS) (t ha ⁻¹)		Índice de eficiencia de fertilizante para rendimiento de grano		Índice de eficiencia de fertilizante para rendimiento de rastrojo		Índice de eficiencia de fertilizante (MS/FERT)	
			Criollo	H-137	Criollo	H-137	Criollo	H-137	Criollo	H-137	Criollo	H-137	Criollo	H-137
1	165.0	47	5.46	4.95	19.43	14.21	24.90	19.16	33.12	29.99	117.78	86.10	150.89	116.09
2	205.0	67	5.98	5.81	21.97	15.96	27.95	21.77	29.19	28.34	107.18	77.83	136.36	106.17
3	208.3	67	5.70	5.59	20.75	14.84	26.45	20.43	27.34	26.82	99.61	71.23	126.94	98.05
4	248.3	47	5.65	5.27	20.57	15.35	26.22	20.62	22.75	21.21	82.83	61.82	105.58	83.03
5	211.7	67	6.10	5.92	23.07	16.84	29.17	22.76	28.82	27.98	108.99	79.54	137.81	107.52
6	251.7	47	6.00	5.05	21.26	14.29	27.26	19.34	23.85	20.08	84.46	56.78	108.30	76.85
7	255.0	47	5.55	4.81	19.99	13.53	25.55	18.34	21.78	18.88	78.41	53.04	100.18	71.92
8	295.0	67	5.95	5.98	23.91	17.71	29.86	23.69	20.18	20.28	81.05	60.04	101.22	80.31
9	230.0	57	5.90	5.65	21.00	16.10	26.89	21.76	25.64	24.58	91.29	70.00	116.92	94.59
10	248.3	67	6.27	6.43	23.04	18.19	29.32	24.62	25.27	25.89	92.78	73.25	118.04	99.14
11	251.7	67	6.55	5.92	24.40	18.97	30.95	24.90	26.04	23.53	96.96	75.39	122.99	98.92
12	268.3	67	6.26	6.47	24.07	17.25	30.33	23.72	23.34	24.12	89.70	64.29	113.03	88.40
13	295.0	47	5.86	5.22	22.20	14.94	28.06	20.16	19.88	17.71	75.24	50.64	95.119	68.34
14	165.0	67	6.29	5.87	22.55	15.92	28.84	21.79	38.13	35.58	136.67	96.49	174.80	132.07
15	205.0	47	6.18	5.26	19.75	16.35	25.93	21.61	30.16	25.65	96.33	79.76	126.48	105.41
16	208.3	47	6.06	5.26	20.59	15.52	26.65	20.78	29.10	25.25	98.83	74.49	127.93	99.74
17	211.7	47	5.57	5.43	19.49	14.46	25.06	19.89	26.31	25.64	92.06	68.32	118.36	93.97
18	183.3	57	5.66	5.35	20.59	14.75	26.25	20.10	30.86	29.20	112.32	80.46	143.18	109.66
19	276.7	57	6.34	5.79	22.12	16.98	28.46	22.76	22.90	20.91	79.96	61.35	102.85	82.26
20	186.7	57	5.75	5.23	19.96	14.04	25.71	19.27	30.82	28.01	106.93	75.20	137.74	103.21
21	273.3	57	5.81	5.81	19.48	16.73	25.29	22.54	21.25	21.25	71.27	61.20	92.51	82.45
22	190.0	57	5.43	5.44	19.16	14.41	24.58	19.85	28.56	28.64	100.83	75.85	129.38	104.48
23	270.0	57	5.62	5.61	20.08	17.24	25.70	22.85	20.81	20.79	74.38	63.85	95.18	84.64
24	230.0	37	4.45	4.71	16.09	13.68	20.54	18.39	19.35	20.48	69.94	59.49	89.29	79.97
25	230.0	77	6.26	6.55	25.28	19.87	31.54	26.42	27.21	28.48	109.91	86.39	137.11	114.87
Promedio									26.11	24.77	94.23	70.51	120.32	95.28

[#] Las dosis de fertilización, densidad de población y rendimiento de grano y rastrojo, corresponden al promedio aplicado u obtenido por cada tratamiento en los nueve experimentos.

En el Cuadro 10 se presentan las ecuaciones que relacionan los resultados de la optimización (DOEN, DOEP, DOEK, DOED, Y y RR) con las variables de sitio. Se puede apreciar que sólo para el caso de fósforo no hubo una asociación significativa ($P \leq 0.05$) entre los resultados de la optimización y los factores de sitio.

Cuadro 10. Coeficientes de regresión entre dosis óptima económica de nitrógeno (DOEN), fósforo (DOEP), potasio (DOEK), y densidad de población (DOED), así como del rendimiento esperado de grano y rastrojo y las variables de sitio.

Variables	Coeficientes de regresión						
	Y	RR	DOEN	DOEP	DOEK	DOED	
VCES	Intercepto	5.07	19.56	122.08	48.10	31.18	60.49
	MO	0.00	1.45	-22.46	-10.24	0.00	0.00
	Arc	-0.29	0.00	-33.61	3.21	28.33	0.00
	Are	0.00	-2.90	0.00	0.00	0.00	0.00
	Ca	0.35	0.00	18.98	0.00	-29.58	0.00
	PH	0.00	-2.71	0.00	12.07	31.37	0.00
	K	0.00	0.00	0.00	0.00	-12.79	0.00
	IGS	-0.92	0.00	-14.50	-5.04	0.00	-7.37
	IE	0.00	-4.33	0.00	0.00	0.00	0.00
	DFF	-0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	-3.27
VCDS	V	0.00	-1.21	0.00	4.22	0.00	4.93
	MO*V	-0.08	0.00	-10.68	0.00	-5.83	0.00
	Arc*V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-13.75
	Are*V	0.00	0.92	-11.59	5.92	0.00	-13.20
	Ca*V	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	IGS*V	-0.14	-0.49	-6.29	3.55	-4.66	-7.69
	IE*V	0.00	1.66	0.00	0.00	0.00	0.00
	DFF*V	0.50	0.00	3.70	-5.58	5.50	4.75
	PH*V	0.00	0.00	0.00	0.00	9.97	-6.32
R2		0.719	0.983	0.769	0.346	0.863	0.824
Prob>F		0.069	0.0001	0.033	0.761	0.004	0.001

^δ VCES = Variables codificadas entre sitios; MO = Materia orgánica; Arc = % Arcilla; Are = % de arena; Ca = calcio intercambiable; PH = PH del suelo; K = potasio intercambiable; IGS = índice general de sequía; IE = índice de enfermedades; DFF = días a 50% de floración femenina; VCDS = variables codificadas dentro de sitios; V = variedad (para BC Ntoma el valor de -1, y para el híbrido H-137).

En el mismo Cuadro 10 en la columna encabezada por Y, se puede apreciar que por cada unidad de incremento en el IGS (variables IGS y IGS x V) se disminuye el rendimiento de grano en 0.78 (-0.92-0.14 x -1) y 1.06 (-0.92-0.14 x 1) t ha⁻¹ en el BCN y H-137, respectivamente. Por cada unidad de incremento de esta misma variable, el rendimiento de rastrojo (columna encabezada por RR) disminuye en 0.49 t ha⁻¹ en el híbrido H-137 (-0.49 x 1), mientras que en el criollo lo incrementa en esa misma cantidad (-0.49 x -1).

Los DFF presentan un efecto interesante en la DOED, en el caso del BCN, por cada unidad de incremento en esta variable, la DOED se reduce en 8 mil plantas/ha (-3.27+4.7 x 5-1); en cambio, en el híbrido su efecto es prácticamente nulo (-3.27+4.75 x 1). Esto se podría deber a que los DFF en el híbrido es invariante; en cambio, en el BCN se presentan variaciones en los DFF, debido a que está conformado por criollos diferentes.

En cuanto al ámbito observado en el contenido de materia orgánica, lo más interesante es su efecto diferencial sobre la DOEN (columna DOEN, variables MO y MO x V): se asocia con una reducción de 11.78 kg ha⁻¹ (-22.46-10.68 x -1) en el caso del BCN, mientras que en el H-137 la reducción es de 33.14 kg ha⁻¹ (-22.46-10.68 x 1).

CONCLUSIONES

El maíz mejorado H-137 es superado en el rendimiento de grano y rastrojo en ciclos agrícolas limitativos y regulares por el binomio criollo-nicho (BCN), mientras que en años benignos el híbrido iguala supera al BCN en el rendimiento de grano.

El BCN presenta una mejor adaptación que el H-137 a las condiciones ambientales variables que ocurren en el área de estudio. El híbrido H-137 presenta una mayor interacción con los factores de estudio que el BCN.

El BCN es más eficiente en el uso de fertilizantes que el híbrido H-137, ya que por cada kilogramo produce 25.03 kg más de materia seca que el híbrido.

Se encontró una clara respuesta al K₂O en ocho de nueve experimentos, por lo que se sugiere realizar estudios específicos al respecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Aceves R E, R Mendoza R, E Hernández R, J J Castellón G, J I Cortés F (1992) Comportamiento de variedades de maíz a escala comercial en dos agrosistemas del área de influencia del Plan Puebla. In: Tovar S., y R. Quintero L. (eds). La Investigación Edafológica en México 1991-1992. Memorias del XXV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Acapulco, Gro. México. P. 498.
- Aceves R E (1998) Respuesta de maíz de doble propósito a factores controlables. Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México 59 p.
- Allison L E (1965) Organic Carbon. In: Agronomy N° 9 part 2. Madison, Amer. Soc. of Agron. Inc. pp:1367-1378.
- CIMMYT (1974) Plan Puebla. Siete años de experiencia:1967-1970. El Batán, México. 127 p.
- Cochran W G, G M Cox (1990) Diseños Experimentales. Trad por Centro de Estadística y Cálculo del Colegio de Postgraduados. Editorial Trillas, México. 661 p.
- Day P R (1965) Particle fractionation and particle size analysis. In: Agronomy N 9 part 1. Madison, Amer. Soc. of Agron. Inc. pp: 545-567.
- Esquivel A C (1990) Estimación de los efectos de clima y tecnología sobre los rendimientos de maíz de temporal en el área del Plan Puebla, período 1967-1988. Terra 8:170-176.
- López P A, A Muñoz O (1993) Diversidad genética de maíces criollos en el valle de Puebla. In: Memorias del I Simposio Internacional y II Reunión Nacional sobre Agricultura Sostenible: Importancia y Contribución de la Agricultura Tradicional. Comisión de Estudios Ambientales y Centro de Enseñanza, Investigación y Capacitación para el Desarrollo Agrícola Regional (CEICADAR), del Colegio de Postgraduados. pp:164-169.

- Martínez G A (1988)** Diseños Experimentales: Métodos y Elementos de Teoría. Ed. Trillas. México D.F. 756 p.
- Mendoza R R, J I Cortés F, A Turrent F (1993)** Informe Técnico sobre el Proyecto Prototipo de Explotación Agropecuaria en Pequeño para el Altiplano de México. CEICADAR, Colegio de Postgraduados, Puebla, Puebla.
- Olsen S R, L H Adean (1965)** Phosphorus. *In*: Agronomy N° 9 part 2. Madison, Amer. Soc. of Agron. Inc. pp: 1035-1049.
- Peech M, L English (1944)** Rapid microchemical soil test. *Soil Science* 67:167-195.
- Turrent F A (1994)** Plan de Investigación del Sistema Maíz-Tortilla en la Región Centro. INIFAP-SARH. México, D.F. 55 p.
- Turrent F A, R J Laird, F B Cady (1973)** El uso de los síntomas de marchitez del maíz, como un índice de sequía a nivel de campo. *Agrociencia* 14:67-79.
- Turrent FA, J I Cortés F, R Mendoza R, J L Alonso A, C Bárcenas S, E Inzunza I, N Estrella Ch (1994)** Desarrollo de un Prototipo de Explotación Agropecuaria Familiar para el Distrito Rural de Cholula, Plan Puebla. Centro de Edafología, CEICADAR, Colegio de Postgraduados, Montecillos, Edo. de México. 228 p.
- Villalpando I J F (1975)** Desarrollo de un método para obtener ecuaciones empíricas generalizadas del rendimiento en una región agrícola, para uso de diagnóstico. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Mex. 246 p.