

EFICIENCIA EN USO DE AGUA DE CINCO ESPECIES BAJO CONDICIONES DE SECANO¹

WATER USE EFFICIENCY OF FIVE SPECIES IN DRYLAND CONDITIONS

Marcial Fernández Rivera² y Mario R. Martínez Menes³

RESUMEN

En el altiplano Potosino-Zacatecano, el 93% de la superficie agrícola es de secano, con una precipitación media anual entre 350 y 600 mm. Bajo estas condiciones se llevó a cabo este trabajo, con la finalidad de evaluar los cultivos siguientes: avena (*Avena sativa* L.) cv. Tarahumara, cebada (*Hordeum vulgare* L.) cv. Cerro Prieto, frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) criollo Bayo Gordo, maíz (*Zea mays* L.) criollo Pipitillo, asociación maíz-calabaza (*Cucurbita pepo*) criolla de Castilla y asociación maíz-frijol, por su eficiencia en uso de agua (EUA) y rentabilidad, bajo dos densidades de población. El frijol sobresalió por su EUA expresada como ingreso neto, e ingreso neto/ha, con valores de \$348/ha/mm de agua evapotranspirada y utilidades de \$34,566/ha; la avena y cebada resultaron sobresalientes por su EUA en términos de producción de grano y materia seca, con valores de 6.14 y 16.03 kg/ha/mm para avena y 6.13 y 16.77 para cebada respectivamente. Las densidades de población bajas tuvieron mayor rendimiento de grano y EUA como producción de grano que las densidades altas.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Seqüía, consumo de agua, *Zea mays* L., *Phaseolus vulgaris* L., *Hordeum vulgare* L., *Avena sativa* L., *Cucurbita pepo*.

SUMMARY

In the Mexican highlands, which cover areas of the states of San Luis Potosi and Zacatecas, from the

¹ Parte de la tesis con que el primer autor obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en el Centro de Edafología del Colegio de Postgraduados.

² Centro Regional para Estudios de Zonas Áridas y Semiáridas del Colegio de Postgraduados, CP 78600. Salinas de Hgo. S.L.P.

³ Centro de Edafología del Colegio de Postgraduados, CP 56230, Montecillo, Edo. de México.

total agricultural area, 93% is dryland agriculture, with 350 to 600 mm annual precipitation. This study was carried out under rainfed conditions, in order to evaluate the following crops: oat (*Avena sativa* L.) cv. Tarahumara, barley (*Hordeum vulgare* L.) cv. Cerro Prieto, bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landrace Bayo Gordo and maize (*Zea mays* L.) landrace Pipitillo; also maize-pumpkin (*Cucurbita pepo*) landrace de Castilla and maize-bean intercropping. Crops were evaluated by their water use efficiency (WUE) and income-yield capacity, under two population densities. The results showed that the bean crop was the most outstanding in WUE expressed as net gain in money, with \$348/ha/mm of water evapotranspired and a profit of \$34,566/ha. Oat and barley showed the higher values of WUE in term of grain production/ha and dry matter production (DMP)/ha/mm of water, with values of 6.14 and 16.03 for oat and 6.13 and 16.77 for barley, respectively. The lower plant stands surpassed the higher stands in terms of grain production and WUE expressed as grain production.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Drought, water use, *Zea mays* L., *Phaseolus vulgaris* L., *Hordeum vulgare* L., *Avena sativa* L., *Cucurbita pepo*.

INTRODUCCION

Se ha estimado que aproximadamente el 50% de la superficie total del país presenta condiciones de aridez y semiaridez, en donde una de las principales actividades socio-económicas es la agricultura de secano, basada principalmente en los cultivos de maíz y frijol, los que constituyen la base de la alimentación de los campesinos que ahí habitan y de sus animales domésticos (Beltrán, 1964). El frijol lo siembran preferentemente los productores que pretenden obtener máximas ganancias con la venta del grano, mientras que el maíz es sembrado por quienes requieren de forraje para el ganado, y el

grano para autoconsumo. En estos ambientes la producción de cosechas de secano es altamente inconsistente, problema que se acentúa por la reducida adaptación de los cultivos a las deficiencias de humedad, principalmente el maíz.

Con base en lo anterior, se planteó el presente estudio con el fin de buscar cultivos o prácticas de cultivo que den mayor consistencia a los sistemas de producción agrícola de secano, como podrían ser: i) los cereales de grano pequeño, y ii) el uso de diferentes densidades de población en función del interés de los campesinos por la producción de grano y/o forraje.

El objetivo particular de este trabajo fue evaluar a la avena, cebada, frijol, maíz, asociación maíz-calabaza y asociación maíz-frijol tomando como criterio de evaluación su rentabilidad y eficiencia en el uso del agua, bajo dos densidades de población.

REVISION DE LITERATURA

De acuerdo con Kramer (1983), el término eficiencia en uso de agua se puede definir agrónomica y fisiológicamente: en el primero se considera a la materia seca o rendimiento producido por unidad de agua evaporada, y en el segundo a la cantidad de agua perdida por unidad de CO₂ absorbido; en este trabajo se hará referencia al primero.

En general, se acepta que los cereales de grano pequeño (avena, cebada, trigo, etc.) requieren de menor lámina de agua que el maíz y frijol para completar su ciclo vegetativo (Chapman y Carter, 1976; Arnon, 1972); los cereales de grano pequeño también sobresalen por su eficiencia en uso de agua (EUA) bajo condiciones de aridez y semiaridez (Olson *et al.*, 1964). Doorenbos y Kassam (1974) reportaron eficiencias para frijol de 3 a 6 kg de grano/ha/mm y para maíz de 8 a 16.7 kg de grano/ha/mm. Metcalfe y Elkins (1980) compararon dife-

rentes cultivos por su EUA; tomando como referencia al mijo al que le asignaron valor de 1, al maíz le asignaron 1.3, a la cebada 1.94, a la avena 2.18 y a las leguminosas 2.81.

Luna y Pajarito (1988) compararon doce especies vegetales bajo temporal en el Antiplano Zacatecano, con base en el rendimiento de grano, forraje y EUA. Encontraron que la avena fue superior en EUA tanto para producción de grano como de forraje; en forraje también sobresalieron los genotipos tardíos de maíz, y algunas variedades de frijol produjeron rendimientos que a los precios de venta fueron altamente atractivos.

La falta de concordancia entre los diferentes autores en cuanto a la EUA de los cultivos, se puede atribuir a que es fuertemente influenciada por el ambiente, manejo del cultivo, características propias del genotipo en estudio, y forma de medirla. En climas húmedos la EUA puede ser mayor que en climas secos debido a que existe menor demanda evaporativa de la atmósfera (Tanner, 1981). Los déficits de humedad en etapas tempranas incrementan la EUA, mientras que déficits durante la floración y llenado de grano la reducen drásticamente (Hall *et al.*, 1979). Se ha encontrado también que la EUA se incrementa haciendo siembras múltiples (Arnon, 1975), utilizando patrones de siembra con distancias equidistantes entre plantas (Ritchie, 1974, Pendleton, 1966), usando fertilizantes, fecha de siembra y densidad de población apropiadas, y controlando las malezas (Arnon, 1975). Algunas características deseables de las plantas para incrementar su EUA son: mayor longitud y volumen del sistema radical, sensibilidad de los estomas para abrirse o cerrarse ante cambios de humedad en el suelo, eficiencia bioquímica en la fijación del CO₂ (Hall *et al.*, 1979), mayor precocidad, tallo corto, reducido índice de área foliar, resistencia a enfermedades (Greb,

1983) y resistencia a la sequía (Arnon, 1975).

MATERIALES Y METODOS

Descripción del medio físico. El experimento se realizó en el ejido Palma Pegada, municipio de Salinas, S.L.P., ubicado a los 22° 42' 30" Latitud Norte y 101° 47' 40" Longitud Oeste. El relieve es ondulado, y sólo en pequeñas porciones es muy accidentado, con altitudes que oscilan entre 2100 y 2300 msnm. Donde el relieve es más irregular predominan rocas de origen ígneo (basalto y riolita), y donde es ondulado se encuentra principalmente material sedimentario. El clima es BSo KW (seco, templado,

con verano cálido y régimen de lluvias de verano), con precipitación y temperatura media anual de 350 mm y 16.2°C respectivamente (García, 1987). En la Figura 1 se muestra la precipitación media mensual y la registrada en 1984, año en que se realizó el experimento, durante el período húmedo en el sitio de evaluación. En las áreas de lomerío predomina la asociación de suelo cambisol eútrico y litosol con fase petrocálcica superficial, y donde son más accidentadas predomina el tipo de suelo Fluvisol eútrico con fase petrocálcica profunda. La vegetación predominante es matorral inerme o subinerme asociado con nopalera y/o izotal.

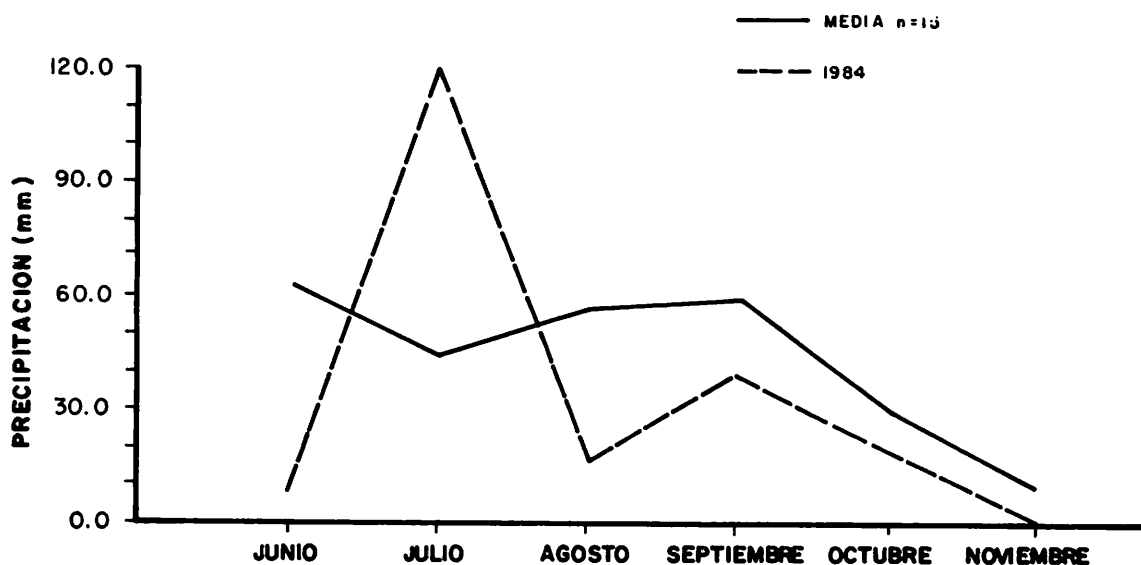


Figura 1. Precipitación media de la estación Peñon Blanco, Salinas, S.L.P. y registrada en 1984 en Palma Pegada, Salinas, S.L.P.

Descripción del experimento. El experimento se estableció la última semana de julio de 1984, y consistió en sembrar los cultivos de avena, cebada, frijol y maíz en unicultivo, además de la calabaza y frijol asociados con maíz, todos bajo dos densidades de población, en un sistema de terrazas de banco. Los cultivares utilizados fueron "Tarahumara" de avena, "Cerro Prieto" de cebada, "Criollo Bayo Gordo" de frijol, "Criollo Pipitillo" de maíz y "Criollo de Castilla" de calabaza. En el Cuadro 1 aparece la lista de tratamientos utilizados.

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en el experimento de Palma Pegada, Salinas, S.L.P. 1984.

No. de Tratamiento	Cultivo	Densidad de siembra/ha
1	Avena	100 kg
2	Avena	80 kg
3	Cebada	100 kg
4	Cebada	80 kg
5	Frijol	99,000 plantas
6	Frijol	69,000 plantas
7	Maíz	53,000 plantas
8	Maíz	39,000 plantas
9	Maíz-calabaza	53,000-666 plantas
10	Maíz-calabaza	39,000-222 plantas
11	Maíz-frijol	39,000-35,000 plantas
12	Maíz-frijol	29,000-24,000 plantas

La parcela experimental para los cereales fue de 15 surcos de 0.30 m de ancho por 6 m de longitud; a la cosecha se tomó como parcela útil los 8 surcos centrales de 4 m de largo. En los cultivos de escarda, la parcela experimental fue de 6 surcos a 0.75 m de ancho por 10 m de longitud, como parcela útil se cosecharon los cuatro surcos centrales de 7.5 m de longitud. Se utilizó el diseño experimental bloques al azar con arreglo en parcelas divididas y cinco repeticiones, donde las parcelas grandes fueron los cultivares y las chicas las densidades de población.

En el sitio experimental se obtuvo información diaria de precipitación, evaporación del tanque tipo "A" y temperaturas extremas, contenido de humedad en el suelo a las profundidades de 0-20, 20-40 y 40-60 cm dos veces por semana; también se registró la duración de las etapas de crecimiento vegetativo, de floración y llenado de grano, y del área foliar cinco veces durante el período de crecimiento de los cultivos.

Los tratamientos se compararon por su eficiencia en uso de agua, y por su ingreso neto en \$/ha, por medio de la prueba de Tukey a la probabilidad de 5%. La eficiencia en uso de agua por las plantas se expresó de tres formas: como kg de grano producido/ha/mm de agua evapotranspirada, como kg de materia seca (grano + paja)/ha/mm de agua, y como ingreso neto en \$/ha/mm de agua evapotranspirada; la evapotranspiración se determinó por el método gravimétrico. El ingreso neto en \$/ha se obtuvo con base en los precios de garantía de los granos y el precio rural del forraje para final del año de 1985 y a los costos de producción de los cultivos, los que se determinaron por medio de una encuesta a productores de la región, también realizada en 1985.

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Eficiencia en uso de agua.

1.1. **Producción de grano.** La avena y cebada superaron a los demás cultivos y combinaciones por su eficiencia en uso de agua en términos de producción de grano, con valores de 6.14 y 6.13 kg de grano/ha/mm de agua, respectivamente. Los patrones de cultivo menos eficientes fueron el maíz y la asociación maíz-calabaza con promedio de 0.75 kg/ha/mm de agua evapotranspirada (Cuadro 2). Estos resultados coinciden con lo reportado por Olson *et al.* (1964), quienes encontraron que los cereales de grano pequeño son más eficientes que el maíz bajo condiciones de semiaridez.

Cuadro 2. Características agronómicas de seis patrones de cultivo evaluados en Palma Pegada, Salinas, S.L.P. 1984.

Cultivo	Prec. (mm)	Duración de etapas fenológicas (días)			IAF Máxima	ET (mm)	Rendimiento (kg/ha)		IN (\$/ha)	Efic. en uso de agua (kg/ha/mm)	
		V	F	LL			Grano	Forraje		Grano	MS
Avena	174.9	47	13	25	1.19	102.2	626.3	1008.7	19579	6.14	16.03
Cebada	174.4	45	13	22	1.34	103.2	610.4	1063.1	19279	6.13	16.77
Frijol	174.9	35	18	27	0.54	99.9	429.0	243.5	34566	4.31	6.66
Maíz	184.4	50	15	39	0.67	112.5	63.9	1406.5	-16580	0.57	13.10
Maíz-Calabaza	184.4				0.59	107.2	60.8	1225.8	-19250	0.57	12.20
Maíz-Frijol	184.4				0.55	109.4	233.3*	811.5	6207	2.13*	9.51

Prec. = Precipitación desde 15 días antes de sembrado hasta el momento de la cosecha.

IAF = Índice de área foliar

ET = Evapotranspiración

IN = Ingreso neto

MS = Materia seca

* = Grano de maíz más grano de frijol

V, F y LL = Etapa vegetativa, floración y de llenado de grano, respectivamente.

1.2. Producción de materia seca (MS).

La avena y cebada fueron más eficientes que los cultivos de escarda en el uso de agua expresada en kg de MS/ha/mm de agua evapotranspirada. La avena tuvo una eficiencia de 16.77 y la cebada de 16.03; el frijol y la asociación maíz-frijol obtuvieron los valores más bajos con 6.66 y 9.51 kg/ha/mm de agua, respectivamente (Cuadro 2). Estos resultados no concuerdan con lo reportado comúnmente a favor del maíz, sobre todo cuando la eficiencia se expresa en términos de MS (Coffman y Frey, 1961), atribuible a que el maíz no tuvo oportunidad de expresar su potencial de crecimiento vegetativo debido a las condiciones climatológicas adversas, y a que el genotipo sembrado es de porte bajo.

1.3 Ingreso neto por hectárea. El frijol fue el cultivo más eficiente en el uso de agua en términos de ingreso neto, con promedio de \$348.1/ha/mm de agua, y los cultivos menos eficientes fueron el maíz y la asociación maíz-calabaza con pérdidas de \$147.1 y \$179.1/ha/mm de agua evapotranspirada, respectivamente. El comportamiento

de los cultivos para esta variable fue similar que para ingreso neto/ha, como consecuencia de las pocas diferencias observadas entre los cultivos en cuanto a la evapotranspiración.

2. Ingreso neto por hectárea.

El ingreso neto fue diferente estadísticamente entre los distintos tratamientos, pero entre densidades de población e interacción de patrones de cultivo por densidades de población las diferencias no fueron significativas. El cultivo más rentable fue el frijol, seguido por la avena y cebada; el maíz y la asociación maíz-calabaza resultaron con ingresos negativos (Cuadro 2).

La producción de grano de los cultivos estudiados fue mayor en los cereales de grano pequeño, seguidos por el frijol, la asociación maíz-frijol, el maíz y finalmente la asociación maíz-calabaza (Cuadro 2). La mayor producción de grano de la avena cebada y frijol se puede atribuir a su corto ciclo de cultivo, que se ajustó mejor a la distribución de la lluvia. Como se observa en la Figura 2, la mayor parte de la

precipitación registrada durante el período húmedo (junio a noviembre) se presentó antes de realizar la siembra; de esta forma los cultivos más precoces (cebada, avena y frijol) aprovecharon mejor la escasa humedad, evadiendo en parte la sequía. Sin embargo, en la Figura 2 se observa que durante la floración y llenado de grano, etapas más sensible a la sequía, la cebada y avena dispusieron de menor humedad aprovechable en el suelo, en comparación con el maíz y frijol. Estos resultados se pueden atribuir a la diferente capacidad de las especies para extraer agua y a su susceptibilidad a bajos potenciales de agua en el suelo y consecuentemente en la planta, antes de que cese la fotosíntesis. Se ha encontrado que en cebada la fotosíntesis se interrumpe cuando el potencial de agua en las hojas es de -31 a -33 bares (Briggs, 1978), en maíz cuando es de -12 bares (Mc Michael, 1980), y en frijol cuando es de -12 a -13 bares (Millar y Gardner, 1972).

El comportamiento de los cultivos y asociaciones por su producción de forraje fue diferente al observado para el rendimiento de grano, correspondiendo en este caso los rendimientos más elevados al maíz en unicultivo y al maíz asociado con calabaza, siguiendo en orden descendente la cebada, la avena, la asociación maíz frijol y finalmente el frijol (Cuadro 2).

Los rendimientos obtenidos se pueden explicar si se considera el hábito de crecimiento de los cultivos, la distribución de la precipitación y la duración del ciclo de los mismos (Figura 2 y Cuadro 2). La cebada, avena y frijol son de menor porte que el maíz; la etapa fenológica con menor déficit de humedad fue la vegetativa, que es en la que se expresa la mayor proporción del crecimiento vegetativo (Denmead y Shaw, 1960) y el ciclo vegetativo del maíz fue más largo que el de la avena, cebada y frijol, por lo que probablemente el maíz

utilizó la mayor parte de la humedad disponible inicial para el crecimiento del follaje, mientras que los otros cultivos tuvieron mayor oportunidad de trasladar parte de los fotosintatos hacia los órganos reproductivos.

3. Comparación de densidades de población.

En general, se observó que las densidades de población bajas superaron a las densidades altas en rendimiento de grano, ingreso neto, y eficiencia en uso del agua al considerar el rendimiento de grano/ha/mm de agua; mientras que el índice de área foliar y la evapotranspiración fueron mayores en las densidades altas; en rendimiento de forraje no se encontró tendencia clara (Cuadro 3). Sin embargo, las diferencias sólo fueron significativas estadísticamente para rendimiento de grano y EUA desde el punto de vista del mismo rendimiento de grano. Los resultados coinciden parcialmente con lo encontrado por Timmonds *et al.* (1966), quienes en densidades bajas de maíz observaron los rendimientos más altos, y en las densidades altas los mayores de forraje.

En síntesis, bajo condiciones de humedad deficiente, el frijol superó a la avena, cebada, maíz, maíz-calabaza y maíz-frijol por su eficiencia en uso de agua expresada como ingreso neto en \$/ha/mm de agua evapotranspirada y por su ingreso neto en \$/ha. La avena y cebada superaron al frijol, maíz, maíz-calabaza y maíz-frijol en eficiencia en uso de agua expresada como producción de grano y materia seca en kg/ha/mm de agua evapo-transpirada. Las densidades de población bajas superaron a las densidades altas en producción de grano y eficiencia en uso de agua expresada como producción de grano en kg/ha/mm de agua.

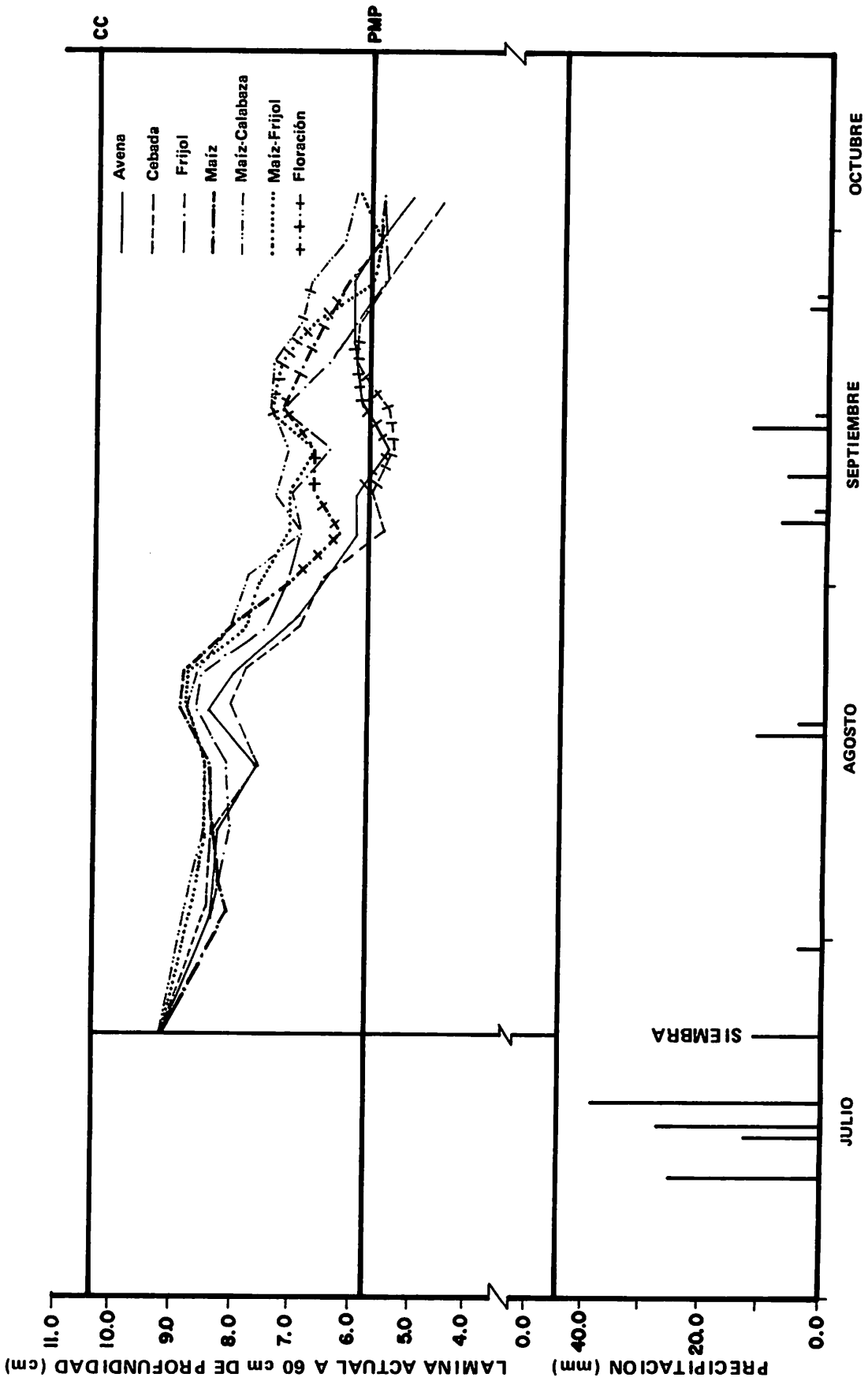


Figura 2. Distribución de la precipitación y lámina de agua observada a 60 cm de profundidad en seis patrones de cultivo evaluados en Palma Pegada, Salinas, S.L.P.

Cuadro 3. Rendimientos medios de grano (RG), y forraje (RF), ingreso neto (IN), índice de área foliar (IAF), evapotranspiración (ET), y eficiencia en uso de agua como rendimiento de grano (ERG), de seis patrones de cultivo bajo dos densidades de población, en Palma Pegada, S.L.P. 1984.

Patrón de cultivo	Densidad de población	RG (kg/ha)	RF (kg/ha)	IN (\$/ha)	IAF	ET (mm)	ERG (kg/ha/mm)
Avena	alta	617.0	996.0	27 036	0.73	104.0	55.6
Avena	baja	675.8	1019.8	30 783	0.81	100.2	67.3
Cebada	alta	601.6	1090.6	28 504	0.88	100.2	60.5
Cebada	baja	618.9	1035.6	28 811	0.82	100.0	62.1
Frijol	alta	424.0	229.2	23 543	0.46	101.0	42.3
Frijol	baja	434.2	239.6	24 148	0.34	99.0	43.9
Maíz	alta	40.1	1453.2	- 12 967	0.61	113.0	3.5
Maíz	baja	87.7	1360.0	- 13 811	0.46	111.8	8.0
M-C	alta	18.5	1120.6	- 9 581	0.38	106.5	1.7
M-C	baja	103.2	1331.2	- 14 100	0.50	107.9	9.7
M-F	alta	228.5	916.0	48 725	0.48	110.7	20.6
M-F	baja	214.6	699.8	18 213	0.42	108.1	22.0

M-C = Maíz-calabaza

M-F = Maíz-frijol

BIBLIOGRAFIA

Arnon, I. 1972. Crop production in dry regions. Vol. I. Leonard Hill, London. 650 pp.

_____. 1975. Physiological principles of dryland crop production. In: Physiological aspects of dryland farming. U.S. Gupta (Ed.). Oxford & IBH Publishing Co., New Delhi, India. pp. 3-145.

Beltrán, E. 1964. Las zonas áridas de México, su presente y su futuro. En: Las Zonas Aridas del Centro y Noreste de México y el aprovechamiento de sus recursos. E. Beltrán (Ed.). IMRNR. México. pp. 158-169.

Briggs, D.E. 1978. Barley. Chapman & Hall. London. 612 pp.

Chapman, S.R. and L.P. Carter. 1976. Crop production. Principles and practices. W.H. Freeman and Company. USA, 566 pp.

Cheema, S.S., K. Cander, H. Kundra and O.P. Malhotra. 1984. Growth and yield of barley under varying soil moisture levels. Field Crop Abs. 37:953.

Coffman, F.A. and K.J. Frey. 1961. Influence of climate and physiologic factors on growth in oats. In: Oats and oat improvement. F.A. Coffman (ed.). Am. Soc. of Agron., Publisher. Madison, Wis., USA. pp. 420-464.

Denmead, O.T. and R.H. Shaw. 1960. The effect of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. Agron. J. 52:272-274.

- Doorenbos, J. and A.H. Kassam. 1979.** Yield response to water. Irrigation and drainage paper No. 33, FAO. Roma, Italia. 193 pp.
- García, E. 1987.** Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). UNAM. México. 217 pp.
- Greb, B.W. 1983.** Water conservation: Central great plains. In: Dryland agriculture. H.E. Dregne and W. O. Willis (Eds.). Number 23 in the series Agronomy. Amer. Soc. of Agron., Madison, Wis. USA. pp. 57-72.
- Hall, A. E., K.W. Foster and J.G. Waines. 1979.** Crop adaptation to semi-arid environments In: Hall, A.E., G.H. Cannell, and H.W. Lawton (Eds.). Agriculture in Semi-arid environments. Springer-Verlag Berling New York. USA. pp. 148-179.
- Kramer, P.J. 1983.** Water relations of plants. Academic Press, Inc. Florida USA. 489 pp.
- Luna F., M. y Pajarito R.A. 1988.** Comportamiento de variedades de doce especies vegetales bajo temporal en Panfilo Natera, Zacatecas. Revista Fitotecnia Mexicana 11:142-157.
- McMichael, B.L. 1980.** Water stress adaptation: In: Predicting photosynthesis for ecosystem models. J. D. Hesketh and J. W. Jones (Eds.). Vol. I. C.R.C. Press. Inc. Florida, USA. pp. 183-203.
- Mela, M.P. 1966.** El suelo y los cultivos de secano. Agrociencia. Zaragoza, España. 704 pp.
- Metcalf, D.S. and D.M. Elkins. 1980.** Crop production. Principles and practices. Macmillan Publishing Co., Inc. New York, and Collier MacMillan Publishers, London. 774 pp.
- Millar, A.A. and W.R. Gardner. 1972.** Effect of the soil and plant water potentials on the dry matter production of snap beans. Agron. J. 64:559-562.
- Olson, R.A., C.A. Thompson, P.H. Grabouski, D.D. Stukenholts, K.D. Frank, and A.F. Dreier. 1964.** Water requirement of grain crops as modified by fertilizer use. Agron. J. 56:427-432.
- Pendleton, J.W. 1966.** Increasing water use efficiency by crop management. In: Pierre, W.H., P. Kirkham, J. Pesek and R. Shaw (Eds.). Plant environment and efficient water use. Amer. Soc. of Agron. Madison Wis. USA. pp. 236-258.
- Ritchie, J.T. 1974.** Atmospheric and soil water influences on the plant water balance. Agric. Meteorol. 14:183-198.
- Tanner, C.B. 1981.** Transpiration efficiency of potato. Agron. J. 73:59-64.
- Timmons, D.R., R.F. Holt and J.T. Moraghan. 1966.** Effect of corn population on yield, evapotranspiration and water-use efficiency in the Northwest Corn Belt. Agron. J. 58:429-432.