

LA INVESTIGACION EN CULTIVOS CON ENFOQUE FISIOTECNICO EN LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UANL. ALGUNAS APORTACIONES Y PERSPECTIVAS

Ciro G. S. Valdés Lozano¹ y Jesús A. Pedroza Flores²

INTRODUCCION

Los trabajos de investigación en la Facultad de Agronomía de la UANL (FAUANL) comprenden las contribuciones que directamente realizan los profesores y los estudiantes, quienes a partir de 1975 son dirigidos por sus maestros en la ejecución de sus trabajos de tesis dentro de proyectos con objetivos definidos. En 1976 estos proyectos se oficializaron en el entonces Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIA) de la Dirección General de la Investigación Científica de la UANL. En 1981 este Centro pasó a integrarse a la FAUANL denominándose CIA-FAUANL y los proyectos inicialmente planteados como "permanentes" se mantuvieron como tales, haciendo esto posible la continuidad de la investigación en esta facultad.

En 1975, al término de los estudios de Maestría en Genética en el CP, el primer autor del presente trabajo se incorporó como Maestro Investigador en la FAUANL, siendo el primer docente con formación en Fisiotecnica, lo que permitió iniciar esta concepción en la enseñanza e investigación en esta institución. En el primer trabajo con esta nueva orientación se interpretó el rendimien-

to de grano de frijol, en base a sus componentes; en la tesis que efectuó en 1975 Roberto Nuñez R.(33), bajo la asesoría del autor mencionado, el cual fue presentado en el VI Congreso Nacional de Fitogenética enfocándolo a la mejora genética.

De 1975 a 1991 se han realizado múltiples trabajos con orientación fisiotécnica, casi todos en el Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo (PMMFYS), asesorados por docentes investigadores involucrados en el proyecto, quienes en su mayoría son egresados del Colegio de Postgraduados. En el presente ensayo los objetivos son: 1) Cuantificar los trabajos realizados a partir de 1975 con orientación fisiotécnica expresa, así como los que, sin tenerla, pudieran considerarse en el ámbito fisiotécnico; 2) Analizar las contribuciones de los trabajos anteriores en cinco áreas de investigación fisiotécnica en cultivos; 3) Concluir sobre los incisos anteriores y, 4) Presentar algunas perspectivas de la investigación fisiotécnica en la FAUANL.

METODOLOGIA

Para cumplir con el primer objetivo, se revisaron los títulos de más de 1000 tesis presentadas en la FAUANL desde 1975 a la fecha, tanto en las especialidades de Fitotecnica, Parasitología y Zootecnica como en la Maestría en Ciencias en Producción Agrícola (17); también se incluyeron informes y avances de los proyectos de

^{1,2} Maestro Exclusivo e Investigador, respectivamente, de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Apdo. Postal # 358, C.P. 66450, San Nicolás de los Garza N.L.

investigación. Con base en el título se descartaron los trabajos que no tenían relación alguna con la Fisiotecnia; los restantes se codificaron siguiendo tres criterios de clasificación: el primero fue el área general de investigación, donde se definieron once áreas; el segundo fue la especie o tipo de planta estudiada; y el tercero fue el origen, en el cual se establecieron dos categorías: la primera, de Manejo, para los trabajos sin orientación fisiotécnica expresa, y la segunda, de Fisiotecnia, para los expresamente orientados a esta área.

Para alcanzar el segundo objetivo, una vez clasificados los trabajos en las once áreas generales de investigación, se analizó la posible influencia de la Fisiotecnia en cada una y se definieron cinco de estas áreas en las cuales se considera hubo contribución importante.

El tercer objetivo fue cubierto mediante la síntesis de un balance de las contribuciones hechas en las cinco áreas generales de investigación. Finalmente, el cuarto objetivo se alcanzó al establecer la relación de estos trabajos con la situación general de la enseñanza y la investigación en la FAUANL a fin de plantear las perspectivas de la Fisiotecnia en dicha institución.

RESULTADOS Y DISCUSION

Influencia de la Fisiotecnia en las investigaciones generales de 1975 a 1991

En el Cuadro 1, se aprecia que durante ese período se condujeron 422 trabajos en los que se pudo haber hecho alguna interpretación fisiotécnica de resultados; sin embargo, sólo en 168 (40%) se efectuó tal interpretación y en los 254 restantes

(60%) sólo se llegó a determinar las diferencias estadísticas entre tratamientos, quedando el estudio solamente a nivel de manejo del cultivo, no obstante que por la naturaleza de los trabajos, se podía haber llegado a niveles mayores de interpretación.

La suma de los trabajos en maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) es de 233 y de 189 en otros cultivos. En las primeras tres especies, 143 (61%) tuvieron orientación fisiotécnica y los 90 restantes (39%) no. En los trabajos en otros cultivos sólo 25 (13%) tuvieron orientación fisiotécnica.

La predominancia de investigaciones con orientación fisiotécnica en maíz, frijol y sorgo no es casual, pues generalmente se conducen en el Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo, uno de los que en 1975 se iniciaron como permanentes y así ha continuado hasta la fecha; dicho proyecto cuenta tanto con las condiciones necesarias para la investigación como la participación de docentes investigadores que en su mayoría son egresados de la Maestría en Genética del CP y han cursado la materia de Fisiotecnia o han trabajado con quienes tienen esta orientación. Esta situación no ocurre con los maestros investigadores que trabajan en otras especies, lo que puede indicar que aquellos que tienen una formación fisiotécnica no han influido en quienes no la tienen, pudiendo ser un problema de formación pero también de comunicación.

Contribuciones de las investigaciones fisiotécnicas

De los 143 trabajos en maíz, frijol y sorgo que tuvieron orientación fisiotécnica, 45 arrojaron información nueva de naturaleza práctica o teórica. Estas contribuciones

Cuadro 1. Trabajos de investigación en cultivos orientados a Manejo (M) o a Fisiotecnia (F). FAUANL. 1976-1991.

Area	Orien- tación	Clasificación por tipo de especie									Suma
		MA	FR	SO	TR	OL	FO	HO	FT	OS	
Profundidad de siembra	M	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	F	<u>4</u>	<u>9</u>	<u>2</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>17</u>
	Subtotal	5	9	2	0	1	0	1	0	0	18
Agentes exógenos	M	0	4	0	0	0	0	8	2	1	15
	F	<u>1</u>	<u>5</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>6</u>
	Subtotal	1	9	0	0	0	0	8	2	1	21
Estructura Fte-Demanda	M	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	F	<u>17</u>	<u>8</u>	<u>6</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>2</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>10</u>	<u>43</u>
	Subtotal	19	8	6	0	0	2	0	0	10	43
Densidad de población	M	11	6	5	6	9	1	34	1	12	85
	F	<u>8</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>3</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>21</u>
	Subtotal	19	11	10	9	9	1	34	1	12	106
Relaciones hídricas	M	2	4	4	4	1	1	0	1	2	19
	F	<u>5</u>	<u>8</u>	<u>8</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>2</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>25</u>
	Subtotal	7	12	12	5	1	3	0	1	3	44
Variedades, fechas y loc.	M	0	2	2	1	4	6	25	1	8	49
	F	<u>12</u>	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>2</u>	<u>24</u>
	Subtotal	12	7	6	1	4	7	25	1	10	73
Cultivos, fac. bióticos	M	22	1	7	0	1	0	5	3	0	39
	F	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>9</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>14</u>
	Subtotal	25	3	16	0	1	0	5	3	0	53
Multi- cultivos	M	1	0	0	0	0	1	1*	0	0	2
	F	<u>8</u>	<u>*</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>8</u>
	Subtotal	9	0	0	0	0	1	0	0	0	10
Fenología, ambiente	M	11	0	0	0	1	2	0	4	0	18
	F	<u>4</u>	<u>2</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>7</u>
	Subtotal	15	2	1	0	1	2	0	4	0	25

Continúa.....

Cuadro 1. (Continuación)

Area	Orien- tación	Clasificación por tipo de especie									Suma
		MA	FR	SO	TR	OL	FO	HO	FT	OS	
Floración,	M	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4
ambiente	F	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>2</u>
Subtotal		1	0	4	0	0	1	0	0	0	6
Fitorregula-	M	0	1	0	0	0	0	5	7	7	20
dores, raíz	F	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1</u>
Subtotal		0	2	0	0	0	0	5	7	7	21
Subtotal	M	50	18	22	11	16	10	78	19	30	254
Subtotal	F	63	45	35	4	1	6	1	0	13	168
Total por especie		113	63	57	14	17	16	79	19	30	422
TOTAL = 233 en MA, FR y SO + 189 Otros Cultivos = 422											

MA = Maíz, FR = Frijol, SO = Sorgo, TR = Trigo, OL = Oleaginosas, FO = Forrajeras, HO = Hortalizas, FT = Frutales, OS = Ornamentales y Silvestres, *= no se sumó.

se presentan a continuación en 5 de las 11 áreas de la clasificación original.

Profundidad de siembra

Las profundidades óptimas para lograr el mayor porcentaje de emergencia y establecimiento del cultivo para maíz, frijol y sorgo, bajo diversas condiciones ambientales y con diferentes genotipos, fueron respectivamente 7 a 11, 6 a 8 y 4 a 10 cm. La profundidad óptima para cualquier genotipo y condición ambiental, en estos tres cultivos, se logra cuando en la emergencia hay un balance adecuado entre el peso seco del vástago y de la raíz, pero no se han establecido pesos y cocientes particulares en esta relación. Se obtuvieron también diferencias asociadas a la profundidad de siembra en cuanto a peso seco del vástago, altura de plántula, área

foliar, tasa de crecimiento del cultivo, tasa relativa de crecimiento y longitud radical, entre otras; las cuales fueron evidentes durante los primeros 15 a 20 días después de la emergencia, para desaparecer totalmente aproximadamente a los 50 días (5, 6, 11, 12, 27, 28, 29, 45, 50). Esta tendencia de las plantas a igualarse a medida que crecen, explican la ausencia de diferencias significativas en el rendimiento a la cosecha entre diferentes profundidades de siembra, sobre todo cuando no hay disminuciones drásticas en la densidad de población.

Los estudios en *Phaseolus vulgaris* L. (6, 11, 12, 27, 45, 50) han demostrado que a profundidades mayores al óptimo, la emergencia ocurre en menos días y en mayor porcentaje cuando se trata de variedades con semilla pequeña que cuando

tienen semilla grande, lo cual es explicado por la menor resistencia que opone el suelo a la emergencia de los cotiledones pequeños.

Según la literatura tradicional (18, 43) la profundidad del sistema radical secundario en maíz es independiente de la profundidad de siembra; sin embargo, en los estudios conducidos con nuestras variedades y en diversas condiciones ecológicas se ha encontrado que a una profundidad mayor al óptimo el sistema radical secundario se localiza más profundamente que cuando se hace una siembra superficial (5, 6, 29, 45). Si la profundidad del sistema radical secundario depende de la profundidad a la que queda el primer nudo y ésta se determina por la elongación del mesocotilo y del epicotilo, entonces, estos resultados podrían explicarse por la posible variación en elongación entre y dentro de las variedades criollas utilizadas, lo cual no ocurre en investigaciones efectuadas en los EUA y Canadá (43), donde utilizan sólo híbridos, la mayoría de cruce simple y con un origen genético común.

Agentes químicos exógenos y producción

Estos trabajos se condujeron básicamente en frijol, debido a la presencia de clorosis incipiente, sobretudo en las primeras etapas del cultivo, como consecuencia de la naturaleza calcárea y los pH altos (7.5 a 8.5) de los suelos del Norte de México que producen la deficiencia de fierro y de otros cationes menores. Para corregirla se ensayaron aplicaciones foliares de quelato de fierro (Fe-EDTA) y sulfato de fierro (FeSO₄). Este último corrigió la clorosis de las plantas pero no incrementó el rendimiento ni sus componentes; mientras que el Fe-EDTA corrigió la clorosis y aumentó el número de vainas, aunque a la cosecha no

hubo diferencias estadísticas con las no fertilizadas por la abscisión de vainas inmaduras (9, 15, 32). Para reducir la abscisión se probaron dos giberelinas, así como el Gapol y el Byosime. Este último mostró tendencia a incrementar el rendimiento hasta en 22%, pero su aplicación no es económica (38, 49).

Combinando la aplicación de quelatos y giberelinas en variedades que no muestren síntomas de clorosis, podría incrementarse la producción de vainas por planta, su amarre y por tanto el rendimiento.

Estructura, fuente y demanda

Estos trabajos se condujeron en su mayoría en maíz y frijol. En colectas de maíz de las zonas bajas de Nuevo León (0 - 1000 msnm), se encontró una relación directa del rendimiento, la altura, el número de hojas, el área foliar total y el perímetro del tallo con el ciclo del cultivo (4, 7, 24, 26, 42). También se presentó un gradiente de mayor a menor en la magnitud de estas características partiendo de las variedades del centro hacia las del este y norte del Estado, el cual guarda correspondencia con un gradiente de mayor a menor precipitación y con el gradiente de menor a mayor riesgo de heladas tempranas observado hacia el norte (24, 26). Esto demuestra el efecto de la selección natural sobre estos caracteres morfofisiológicos que confieren adaptación a estas poblaciones a las condiciones del ambiente de producción de sus nichos ecológicos.

Dentro de las variedades criollas precoces de temporal escaso de la zona este y norte de Nuevo León, se ha observado muy poca variabilidad genética para rendimiento (24, 26) lo que puede ser consecuencia de las fuertes presiones de selección natural, por lo

que su utilización directa en esquemas de selección no se recomienda. En cambio, pueden usarse en cruces con otras, tal como se hizo con las colectas precoces hechas por la FAUANL para dar origen, mediante selección, al Compuesto Precoz desarrollado por el INIFAP en Río Bravo Tamps., para la región noreste de México (39).

En genotipos de alto potencial de rendimiento los valores altos de área foliar total y de duración del período de llenado de grano, estuvieron asociados al rendimiento de grano, y la eficiencia del área foliar fue mayor en híbridos que en variedades de polinización libre (4, 7, 37, 42). En dos híbridos de maíz, uno de ellos el H-422, ampliamente estudiado en el noreste de México, se determinó que el efecto de la defoliación en las etapas de 1 a 3, 5 a 7 y a las 9 hojas redujo el rendimiento en 34, 57, y 72%, respectivamente; o sea, la defoliación temprana ocasionó menor reducción del rendimiento (37). Esta información, de haberse consultado por las compañías aseguradoras, pudo servir para estimar la pérdida de rendimiento para propósitos de pago de seguros a los agricultores maiceros del noreste de México, cuyas siembras fueron afectadas por la helada del 31 de marzo de 1987, la cual dañó sus maíces en las primeras etapas de desarrollo.

La magnitud de la reducción del rendimiento de grano como resultado de la defoliación al momento de máxima demanda (floración femenina), está determinada por el grado de defoliación y por el estrato de la planta que se defolia; así, la defoliación total reduce el rendimiento en 85%, la eliminación de las hojas abajo de la mazorca sólo reduce el 15% y cuando se eliminan las hojas del estrato superior (desde la hoja inferior de la mazorca hasta la hoja bandera) el rendimiento se reduce en 81%. Cuando

se eliminan las tres hojas adyacentes a la mazorca (la de la mazorca más una arriba y otra abajo) el rendimiento se reduce en 52% y cuando sólo se dejan éstas, la reducción es del 75%, por lo que su contribución promedio al rendimiento es del 63% (37).

En las variedades de maíz de polinización libre recomendadas en el área de influencia de la FAUANL, el desespigamiento hasta del 50% de las plantas después de la polinización, incrementó el rendimiento hasta en 9.6%. Este incremento puede obedecer a la reducción de la competencia por fotosintetizados, a la menor respiración y a la mayor penetración de luz en el dosel (41).

En frijol, las siembras de febrero y marzo en las zonas bajas de Nuevo León, ciclo temprano, logran tan solo el 30 o 50% del rendimiento alcanzado en las siembras de septiembre (1, 2, 22, 35, 36,). Tradicionalmente se había explicado que tal reducción se debía a la caída de flores y vainas inmaduras por las altas temperaturas en la floración (2, 13, 22, 35, 36); sin embargo, con experimentos de maíz y frijol intercalados, se determinó que el efecto conjunto de las altas temperaturas con alta luminosidad es lo que ocasiona la caída de las estructuras reproductivas. Así, al reducirse la luminosidad por el intercalamiento (21 a 25 lux), respecto al unicultivo (50 lux), siendo prácticamente la misma temperatura en ambos (45.7 y 45.2°C respectivamente), el frijol intercalado tendió a rendir más que en unicultivo, observándose que el incremento se debió a un mayor número de nudos y a un mayor peso y volumen de las semillas. Las relaciones maíz-frijol, 3:3 y 3:2 son las más apropiadas para incrementar el rendimiento de frijol en el ciclo de temprano (8). Esta información es útil a los programas de

mejoramiento genético de frijol para hacer incrementos de germoplasma valioso en siembras de febrero o marzo, en las cuales con el uso de quelatos de fierro y giberelinas podrían aumentar el rendimiento.

En variedades de frijol tipo II, que varían de 36 a 45 días a floración, el índice plastocrónico del vástago fue de 6.8 días (13, 22). Por otro lado, la manipulación de un mismo grupo de plantas durante la toma de datos inhibió su crecimiento (22). Por lo anterior, en futuros estudios es necesario considerar la similitud entre variedades en la aparición de su área foliar y diseñar bien el procedimiento de muestreo, para evitar sesgos en los estudios fisiotécnicos en frijol.

El sorgo forrajero es un componente fundamental de los sistemas de producción localizados en el área de influencia de la FAUANL (10, 46). Los agricultores incorrectamente cortan la planta hasta que el grano se encuentra en madurez fisiológica, reduciendo la calidad del forraje. En el PMMFYS se desarrollaron los primeros sorgos forrajeros interespecíficos (*S. bicolor* x *S. sudanense*) hechos en México, algunos de los cuales superaron substancialmente a los testigos comerciales en rendimiento de forraje verde. Adicionalmente, algunos de ellos rompen la dominancia apical produciendo ramas que, aparte de incrementar el rendimiento de forraje, mejoran su calidad al incorporar más materia verde y grano en estado lechoso masoso. El carácter de ramificación asociado al de no senescencia define parte del arquetipo de planta en híbridos sorgo x sudán (47, 48).

Densidades de población

Como ya se mencionó, el potencial de rendimiento de las variedades criollas bajo

temporal escaso en el norte de Nuevo León, es menor que el de las variedades adaptadas a áreas de mejor temporal de la zona centro del estado (24, 26), debido a que las primeras, por selección natural han evolucionado hacia porte bajo, mayor precocidad, menor área foliar total pero con mayor índice de cosecha (IC) que las segundas. La variedad "Maíz 55" es un criollo temporalero del área de poca precipitación cercana al centro de Nuevo León, que los agricultores así lo llaman por tener 55 días a elote tierno y si se siembra con riego, fertilización y densidades de 95 mil pl/ha llega a rendir 8.5 ton/ha, alcanzando y superando bajo las mismas condiciones de manejo a otras variedades de ciclo intermedio y tardío (24, 26). Lo anterior demuestra que aun en criollos donde la selección natural incrementó el IC, redujo el área foliar y el tamaño de la planta, se puede incrementar el rendimiento por área al incrementar el índice de área foliar como consecuencia del aumento de la densidad de población; tal como ha sido la tendencia de la selección artificial en maíz para incrementar el rendimiento mediante la sustitución de variedades altas de polinización libre y con bajo IC que se sembraban a bajas densidades de población, por híbridos de cruce simple con plantas de menor altura, alto IC y sembradas a altas densidades de población (7, 16, 18, 43). Lo anterior respalda la tendencia a incrementar el rendimiento por unidad de área mediante el aumento de la densidad de población, con este tipo de plantas, sean producto de la selección natural o de la artificial.

En frijol se ha determinado que los caracteres que definen el alto potencial de rendimiento en las variedades tipo II, son el número de vainas y de semillas por planta, el peso y el volumen de las semillas (33, 35). Este último no es afectado por la

densidad de población, mientras que los tres primeros lo son fuertemente (33). La sensibilidad de estos componentes a la competencia intrapoblacional en unicultivo, exige definir una densidad de población que permita un balance adecuado entre estos tres componentes para maximizar el rendimiento por planta y por unidad de superficie (14, 16, 18, 43).

En sorgo se han conducido diversos trabajos encaminados a estudiar la dinámica del rendimiento por planta y sus componentes, en tipos de arquitectura contrastantes, sembrando a densidades de población crecientes (19, 30, 44). La variedad de tipo tropical Isiap Dorado sembrada al voleo, a una densidad de 400 mil pl/ha, superó en rendimiento de grano (10.85 ton/ha) a otras líneas de menor altura, menor área foliar y semierectófilas como LES-99R (7.5 ton/ha), LES-88R (4.6 ton/ha) y al híbrido Master-911 (9.7 ton/ha) bajo las mismas condiciones de siembra. La estabilidad del rendimiento de grano por planta fue mayor a través de las densidades para las líneas con poca área foliar y semierectófilas, lo que indicaría un alto rendimiento por área con este tipo de plantas a densidades altas; no obstante, Isiap Dorado con mayor área foliar que las líneas y planófila fue el que rindió más (19). La superioridad de esta variedad se explicó mediante el alto rendimiento por planta en ausencia de competencia intrapoblacional (bajas densidades), el cual, a pesar de su fuerte abatimiento en densidades altas, siguió siendo mayor que el de las otras líneas. Por tanto el alto rendimiento por planta en ausencia de competencia, y no el arreglo del área foliar, determinó el alto rendimiento a altas densidades en este genotipo de sorgo. Aquí un valor alto del intercepto y una pendiente tendiente a cero de una línea de regresión de las densidades

de población sobre el rendimiento por planta, serían parámetros útiles para identificar genotipos que en altas densidades presenten altos rendimientos por área (30); sin embargo, el primero parece ser más determinante que el segundo en ciertos genotipos, como ocurrió en Isiap Dorado. El peso y el número de las semillas fueron los componentes principales del alto rendimiento por planta y por área (19).

Adicionalmente, el rendimiento de forraje verde en Isiap Dorado es muy superior al de los otros genotipos, lo que aunado a su alto rendimiento de grano, hace económicamente costeable su siembra en ambientes favorables, a pesar de los bajos precios actuales de grano, cuando se puede comercializar el forraje (19). Considerando estos trabajos, se concluyó que los modelos de planta para ambientes favorables que tradicionalmente se manejan en trigo, arroz y maíz no deben extrapolarse mecánicamente al diseñar arquetipos para otras gramíneas.

Un concepto muy generalizado es el "porte de planta", el cual erróneamente se utiliza para identificar plantas altas con mucha área foliar o pequeñas con poca área foliar, refiriéndose respectivamente como plantas de "porte alto" o "porte bajo", lo cual es muy ambiguo. Por tanto, en sorgo se ha considerado que puede construirse un índice de porte el cual refleje realmente el tipo de planta al que se hace referencia. Este índice se obtiene al dividir el área foliar de la planta entre su altura, pero se podrían obtener cocientes iguales para plantas diferentes, por lo que se ha propuesto que el índice correcto estaría dado por la relación del área foliar de la planta entre su volumen y el cociente multiplicado por un valor a definir, que represente la figura geométrica de la planta (44, 48).

Relaciones hídricas

El uso de Cycocel a 800 ppm y el CaCl_2 a 0.025M, aplicados a plántulas de maíz sembradas bajo temporal, ha permitido incrementar el rendimiento de grano respecto al testigo, al reducir el número de estomas en las hojas y aumentar la eficiencia en el uso del agua (21, 31, 34).

La floración femenina en maíz se retrasó más que la masculina por efecto de la sequía y la asincronía entre ambas fue menor en las variedades temporales precoces que en las tardías (26). Cuando las poblaciones intermedias y tardías se someten a sequía, las plantas precoces son las que más se reproducen, debido a dos factores: a) tienen menor requerimiento de agua y b) la asincronía entre las floraciones masculina y femenina es menor. Así, la precocidad como un mecanismo de escape a la sequía aunada a la menor asincronía floral, son dos caracteres que representan las estrategias de supervivencia que, bajo selección natural, han permitido generar variedades precoces típicas de regiones con temporal escaso; tal como se determinó de 1977 a 1980 en las colectas hechas por el PMMFYS de 1975 a 1976 en las zonas bajas de Nuevo León (24, 26).

Recientemente se ha confirmado lo antes expuesto al encontrar que la menor asincronía floral es el carácter que explica los avances genéticos para resistencia a sequía logrados bajo selección artificial durante la síntesis de la población Tuxpeño-Sequía desarrollada en CIMMYT (23). Lo anterior indica que los caracteres que operan para definir la tendencia evolutiva en las poblaciones de maíz bajo condiciones naturales de escasa disponibilidad de agua, son los mismos que estarán operando bajo selección artificial, de ahí que su

identificación sea fundamental para mejorar la eficiencia de esta última.

En sorgo, los genotipos que tienden a enrollar sus hojas han mostrado mayor tolerancia a la sequía que los que no poseen este carácter (25, 40). Los genotipos "glossy" acumulan mayor peso seco bajo sequía y tienen menor rendimiento de grano que otros genotipos (25), por lo que se puede suponer que la removilización de asimilados del tallo a la semilla durante el período de llenado de grano es menor en los primeros que en los segundos. En sorgo, bajo sequía, la diferenciación del primordio floral es más temprana que bajo un buen abasto de agua (40).

Por otra parte, en siembras de temporal bajo las condiciones del noreste de México, las variedades de *Ph. acutifolius* rinden más grano que las de *Ph. vulgaris* (2, 3, 20), lo cual se explica por una mayor tasa de crecimiento del cultivo que permite hacer un uso más eficiente del agua después de lluvias ligeras (2, 3). En siembras de temporal, donde las etapas de llenado de grano de las variedades de estas especies coincidieron con bajas temperaturas, el llenado de la semilla continuó en las de *Ph. acutifolius*, lo que no ocurrió en las de la otra especie, por lo que en la primera especie la temperatura base o cero fisiológico, durante el período de llenado del grano, debe ser menor que en *Ph. vulgaris* (3). Además, el mecanismo de escape por precocidad explicó el buen comportamiento de las variedades de *Ph. vulgaris* bajo temporal (2, 3).

Estos resultados son producto no sólo de la detección estadística de la interacción variedades x fechas de siembra, sino también por la concepción fisiotécnica que permite explicar la naturaleza de tal interacción; esto es, que los resultados no se limitaron a

establecer que tal o cual variedad rindió mejor en tal o cual fecha de siembra, sino que se llegó a explicar el por qué de esta superioridad.

CONCLUSIONES

Las contribuciones anteriores hechas por la FAUANL en las cinco áreas de investigación fisiotécnica en cultivos, pueden ser útiles en la interpretación y predicción de posibles respuestas del rendimiento como consecuencia de variantes en el manejo de los cultivos bajo las condiciones de estudio, pudiendo algunas de estas contribuciones mejorar los sistemas de producción actuales si son implementadas en la práctica. Algunas de estas aportaciones pueden ser consideradas preliminares y requieren de continuar investigándose y repetirse para llegar a generalizarse; sin embargo, otras son lo suficientemente consistentes y repetidas en otros ambientes o están bien fundamentadas teóricamente, por lo que pueden considerarse como principios fisiotécnicos válidos.

PERSPECTIVAS

Es académicamente importante que en la FAUANL, a futuro, la investigación fisiotécnica se consolide; para ello, el presente trabajo puede ayudar a definir prioridades en los enfoques de nuevos trabajos y proyectos de investigación y enseñanza.

Para la investigación fisiotécnica futura se cuenta con el recurso humano y con la infraestructura experimental de campo, la cual aunque limitada, es aceptable para investigaciones sencillas. Sin embargo, es evidente que para lograr que la investigación genere conocimiento fisiotécnico y principios nuevos para un mejor manejo de los cultivos y con ello incrementar de manera estable la producción agrícola, se

requerirá medir los procesos fisiológicos y los factores del ambiente con mayor precisión. Esto requerirá reacondicionar la infraestructura experimental, así como adquirir equipo de medición de campo e implementar un laboratorio de investigación y docencia específico para estos trabajos. Lo anterior, de no ser entendido por quienes toman decisiones administrativas de la Facultad de Agronomía y de la Universidad Autónoma de Nuevo León, será una fuerte limitante para el desarrollo futuro de la Fisiotecnica en esta institución.

RECONOCIMIENTO

Se hace constar la participación como asesores o autores de los trabajos involucrados, a un grupo de docentes investigadores de la FAUANL que han estado o están participando en el PMMFYS, o lo hicieron en otros proyectos de investigación. Por orden de antigüedad: Ph.D. José L. de la Garza G., Ing. Luis A. Martínez R., Ph.D. Ciro G. S. Valdés L., Ph. D. Emilio Olivares S., M.C. Javier García C., M.C. César H. Rivera F., M.C. Maurilio Martínez R., Ing. Alonso Ibarra T., Ing. Cesáreo Guzmán F., Ph.D. Francisco Zavala G., M.C. Gilberto Salinas G., M.C. Leonel Romero H., MC. José L. Cantú G., Ing. Apolinar Aguillón G., Ing. Mauro Rodríguez C. y M.C. Jesús A. Pedroza F.

BIBLIOGRAFIA

- Abarca C., C. A. 1986. Estabilidad y rendimiento de cultivares sobresalientes de frijol *Phaseolus vulgaris* L. en tres localidades de las zonas bajas de Nuevo León. Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.

- Aguilar S., M. 1986. Efecto de la tensión hídrica edáfica en diferentes etapas del desarrollo sobre el crecimiento de *Phaseolus acutifolius* var. *latifolius* F. y *Phaseolus vulgaris* L. Tesis de M.C. FAUANL. Marín, N.L.
- Aguirre G., J. A. 1988. Efecto de la acumulación de calor y humedad del suelo en el crecimiento, rendimiento de grano y sus componentes en cuatro cultivares de *Phaseolus* spp. Tesis de M.C. FAUANL. Marín, N.L.
- Alanís C., J. C. 1989. Caracterización fisiotécnica de 15 genotipos de maíz *Zea mays* L. Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- Alanís F., J. C. 1986. Efecto de la profundidad de siembra sobre el vigor de las plántulas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.). Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- Alegría Z., R. M., J. E. Rodríguez A. y O de la Rosa R. 1986. Efecto de la profundidad de siembra sobre el vigor de las plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), maíz (*Zea mays* L.) y sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.). Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- Arízpe M., A. 1985. Cambios fenotípicos y parámetros de estabilidad de cuatro poblaciones de maíz (*Zea mays* L.). Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- Cantú A., M. A. 1985. Microclima y componentes del rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en siembras intercaladas con maíz (*Zea mays* L.). Tesis de M.C. FAUANL. Marín, N.L.
- Carrillo H., J. G. 1984. Efecto del sulfato ferroso (FeSO_4) sobre los componentes del rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- Corona L., M. 1989. Respuesta a la fertilización nitrogenada de dos variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) de doble propósito, bajo condiciones de riego y temporal en Marín, N.L. Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- Crespo M., I. J. 1985. Efecto de la profundidad de siembra sobre el vigor de plántula de cinco variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- Cuéllar D., G. 1985. Efecto de la profundidad de siembra sobre el vigor de plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- Díaz A., P. M., F. Gómez R. y J. P. Escalera A. 1982. Análisis de crecimiento en tres genotipos de hábito de crecimiento semideterminado de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) creciendo en macetas en la zona de Marín, N.L. Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- Duncan, W. G. 1969. Cultural manipulation for higher yields. In: Physiological Aspects of Crop Yield. J.D. Eastin, F.A. Haskins, C.Y. Sullivan, and C.H.M. Van Bavel (eds.). ASA-CSSA. Madison, Wisconsin, U.S.A. pp. 327-339.
- Escalante P., M. 1985. Efectos del sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) sobre los componentes del rendimiento en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- Evans, L. T. 1980. The natural history of crop yield. American Scientist 68: 388-397.
- FAUANL. 1990. Relación de tesis presentadas en la FAUANL. Biblioteca Dr. Eduardo Aguirre Pequeño de la FAUANL. Marín, N.L.
- Gardner, F. P., R. B. Pearce, and R. L. Mitchell. 1985. Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press. Ames, Iowa, U.S.A. 327 p.
- Gómez R., I. 1992. Comportamiento de genotipos contrastantes de sorgo bajo dos métodos de siembra y cuatro densidades de población. Viabilidad económica de la siembra al voleo. Tesis de M.C. FAUANL. Marín, N.L.

- González G., J. C. y A. M. García R. 1987. Estudio radical en tres genotipos de frijol en las etapas fenológicas de prefloración, floración y postfloración, bajo el esquema riego-sequía. Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- González R., H. 1983. Efecto de la aplicación a la semilla de dos productos químicos sobre el crecimiento, floración y componentes del rendimiento en maíz. Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- González V., R. T. y J. L. J. Guzmán R. 1983. Crecimiento de las hojas y su relación con el desarrollo de la planta de tres genotipos de hábito de crecimiento semideterminado de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Marín, N.L. Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- Hernández R. M., S. Bello B., J. Bolaños y G. O. Edmeades. 1990. Causas fundamentales del intervalo de floración reducido en Tuxpeño-sequía. Resúmenes del XIII Congr. Nal. de Fitogenética. SOMEFI. Cd Juárez, Chih. p. 105.
- Juárez M., R. 1984. Caracterización de ocho variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) colectadas en las zonas bajas del estado de Nuevo León. Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- Leal R., F. 1990. Variabilidad del carácter "glossy" y cera epicuticular en sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) y su relación con la resistencia a sequía. Tesis de M.C. FAUANL. Marín, N.L.
- López S., L. M. 1987. Comportamiento de la floración en ocho genotipos de maíz (*Zea mays* L.) bajo riego y sequía, en Marín, N.L. Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- López V., D. 1989. Efecto de la profundidad de siembra sobre el crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- Luna G., J. P. 1986. Efecto de la profundidad de siembra sobre el vigor y el rendimiento del frijol tepary (*Phaseolus acutifolius* var. *latifolius*. Freeman). Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- Mancillas E., J. 1986. Efecto de la profundidad de siembra sobre el vigor y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.). Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- Martínez L., H. 1988. Evaluación de la habilidad competitiva intrapoblacional de cuatro líneas y un híbrido de sorgo. Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- Martínez M., G. 1976. Inducción de resistencia a la sequía en maíz (*Zea mays* L.). Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- Nava E., F. G. 1982. Efectos de la fertilización con quelato de hierro (Fe-EDTA) sobre los componentes del rendimiento de una variedad de *Phaseolus vulgaris* L. de hábito semideterminado creciendo en suelo alcalino. Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- Núñez R., R. 1976. Estudio de componentes del rendimiento en cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sembradas a cuatro densidades de población en Gral. Escobedo, N.L. Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- Núñez S., J. 1976. Supervivencia de plantas de maíz bajo diversos tratamientos para resistir sequía. Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- Pedroza F., J. A. 1985. Adaptación y comportamiento de 64 cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) evaluados en el esquema riego-sequía durante el ciclo agrícola de primavera-verano 1983 en Marín, N.L. Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- _____. 1991. Mejoramiento genético de frijol. In: CIA-FAUANL. Avances de Investigación 1990. Marín, N.L. pp. 49-63.

- Quijano C., J. A. y R. Rojas M. 1984. Importancia del área foliar en la producción de grano de maíz. Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- Ramírez H., J. L. 1982. Efectos del Gapol sobre el rendimiento en una variedad de crecimiento semideterminado de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- Reyes M., C. A. 1986. Formación de una población braquítica precoz adaptada al Noreste de México. Resúmenes del XI Congr. Nal. de Fitogenética. SOMEFI. Guadalajara, Jalisco. p. 236
- Rodríguez C., E. 1987. Efecto del gradiente de humedad del suelo sobre genotipos de sorgo para grano (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) con característica "glossy" y "no glossy". Tesis de M.C. FAUANL. Marín, N.L.
- Ruíz C., E. 1988. Respuesta de tres genotipos de maíz (*Zea mays* L.) al desespigamiento y densidad de población. Tesis de M.C. FAUANL. Marín, N.L.
- Sanz V., C. G., M. Ruíz U., J. A. Rivas R. y F. S. Ortega M. 1983. Evaluación de las características agronómicas, índices fisiotécnicos y parámetros de estabilidad de 10 variedades de maíz (*Zea mays* L.) en 6 ambientes ubicados en las zonas bajas de Nuevo León. Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- Stoskopf, N. C. 1981. Understanding Crop Production. Reston Publishing Co. Reston, Virginia, U.S.A. 433 p.
- Torres H., J. 1992. Dinámica del rendimiento de grano de sorgo en relación al tipo de planta, densidades de población y dos condiciones de humedad en Marín, N.L. Tesis de M.C. FAUANL. Marín, N.L.
- Treviño del R., J. E. y E. A. García Z. 1984. Efecto de la profundidad de siembra sobre el vigor de las plántulas de maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L. y *Phaseolus coccineus* L.). Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- Valdés L., C. G. S. 1989. Mejoramiento genético y manejo del cultivo del sorgo. In: CIA-FAUANL. Avances de Investigación 1988. Marín, N.L. pp. 42-60.
- _____. 1990. Mejoramiento de sorgo. In: CIA-FAUANL. Avances de Investigación 1989. Marín, N.L. pp. 99-111.
- _____. 1991. Mejoramiento genético de sorgo. In: CIA-FAUANL. Avances de Investigación 1990. Marín, N.L. pp. 69-83.
- Vega A., T. 1985. Aplicación de diferentes dosis de hormonas en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su efecto en el rendimiento. Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.
- Villanueva S., P. 1986. Efecto de la profundidad de siembra sobre el vigor y el rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N.L.