

Rebote de la Variedad de Arroz Oryzica-3 en Respuesta a Diferentes Dosis de Nitrógeno y dos Métodos de Aplicación

Leonardo Corral, Oscar Díaz y Ramiro Romero¹

De acuerdo con De Datta (1986), el arroz constituye la base de la dieta diaria de más de tres mil millones de habitantes del tercer mundo. A pesar de que es el cultivo más importante de la región tropical, en Honduras la cantidad que se produce es baja y aporta únicamente un promedio de 55 calorías diarias por persona.

La producción total de arroz en cáscara en Honduras, de acuerdo con el anuario de la FAO (1990), fue de 44,000 toneladas en 1989. Esta producción se obtuvo en 18,000 hectáreas, con un rendimiento promedio de 2.4 t/ha. Este rendimiento promedio es el más bajo de Centroamérica y se debe a varias causas relacionadas con el manejo agronómico, el uso de variedades obsoletas y de semilla de baja calidad.

Si se consideran los volúmenes de producción de granos básicos, el arroz es el cuarto cultivo en importancia en Honduras. Sin embargo, el rendimiento que se obtiene con el arroz es 1.6 veces mayor que el del maíz, 2.6 veces mayor que el del sorgo y 3.1 veces mayor que el del frijol.

En Honduras, como en otros países latinoamericanos existe enorme presión sobre el recurso tierra. Esto determina la necesidad de efectuar cultivos en zonas no aptas y propensas a la erosión, con el consiguiente daño al ambiente. Por lo señalado se considera que si se incrementaran los rendimientos del arroz en Honduras y la demanda permaneciera constante, se podría disminuir el área sembrada y dedicarla a otros cultivos.

Una de las características del arroz, que no se aprovecha en mayor escala en Honduras y otros países latinoamericanos, es la capacidad de producir un segundo cultivo (rebrote o soca). Krishnamurthy (1988) señala que en algunas condiciones el rebrote puede rendir incluso más que el cultivo principal. Suárez et al. (1990), en la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras, encontraron que la variedad Cica-8 no produce rebrote. En cambio, la variedad Cuyamel 3820 produjo en la soca hasta un 30 % del cultivo principal.

La literatura señala que existe gran variabilidad genética en la capacidad de rebrote del arroz. Esta capacidad está relacionada con aspectos morfológicos y fisiológicos de la planta, el manejo agronómico y la duración del ciclo de vida. La provisión adecuada de nitrógeno es esencial para el desarrollo de la soca. Variedades con ciclos de vida intermedios (alrededor de 120 días) responden mejor a las aplicaciones de fertilizante nitrogenado y producen más en la soca que variedades muy precoces (Krishnamurthy, 1988; Vergara et al., 1988; Ichii, 1988). Las variedades de ciclos de vida cortos e intermedios, en comparación con las de ciclo largo, pueden escapar condiciones de sequía, que afecten al cultivo

¹ Profesor, Instructor y Estudiante en el Programa de Ingeniería Agronómica, respectivamente, Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.

principal y a la soca.

Los objetivos de este experimento fueron: 1) estudiar el efecto de dosis de nitrógeno en el rendimiento del rebrote o soca y 2) comparar dos métodos de aplicación de nitrógeno a la soca.

Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en la cabecera de la Vega 2 de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP). La EAP está ubicada a 14 grados de latitud norte y a una altitud de 805 m sobre el nivel del mar. La distribución de lluvias es bimodal, con picos en junio y septiembre. Una estación seca (verano) se presenta de noviembre a mayo. La precipitación anual es alrededor de 1100 mm y la temperatura promedio 22 grados centígrados.

En agosto de 1991 se sembró la variedad Oryzica-3 proveniente de Colombia, en surcos separados a 20 cm. Se escogió esta variedad porque tiene diferentes genes para resistencia a piricularia que CICA-8 y en evaluaciones realizadas en la EAP desde 1989 su rendimiento ha sido comparable a CICA-8. Esto, en ausencia de niveles altos de infección de piricularia.

El cultivo principal se fertilizó con el equivalente de 120 kg de N y 35 kg de P elemental por hectárea. La siembra se realizó en seco, pero el terreno se inundó a los 20 días después de la siembra. El lote se mantuvo inundado durante todo el ciclo del cultivo, excepto para la segunda aplicación de N que se realizó el 23 de octubre. Las malezas se controlaron adecuadamente en forma manual.

El cultivo principal entró a floración a los 87 días desde la siembra y se cosechó el 6 de febrero de 1992. El rendimiento del cultivo principal fue de 2960 kg/ha. La cosecha se realizó en tal forma para dejar un rastrojo de alrededor de 12-15 cm de alto. Inmediatamente de la cosecha se trazaron las parcelas, se aplicaron los tratamientos y se inundó el campo. Se trató de mantener el campo inundado durante todo el ciclo de la soca, excepto para la aplicación de N a los 20 días de inicio de la soca.

El experimento se condujo en cuatro bloques al azar. Los tratamientos fueron los siguientes: 1) 0 kg de N/ha (testigo), 2) 50 kg de N/ha al inicio de la soca, 3) 50 kg de N/ha divididos en partes iguales al inicio de la soca y a los 20 días, 4) 100 kg de N/ha al inicio de la soca y 5) 100 kg de N/ha divididos en partes iguales al inicio de la soca y a los 20 días. En el análisis se realizaron las siguientes comparaciones ortogonales: 1) testigo vs. nitrógeno, 2) 50 kg de N vs. 100 kg de N, 3) 50 kg de N en una aplicación vs. 50 kg de N en dos aplicaciones y 4) 100 kg de N en una aplicación vs. 100 kg de N en dos aplicaciones. El tamaño de las parcelas fue de 15 m².

Resultados y Discusión

La soca floreció a los 30 días y estuvo lista para la cosecha a los 70 días. Es decir que se puede obtener una nueva cosecha más o menos en la mitad del tiempo del cultivo principal.

El análisis de varianza de la variable rendimiento se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Análisis de varianza del rendimiento de la soca bajo el efecto de dosis de N y método de aplicación.

F.V.	S.C.	G.L.	C.M.	F	Prob.
Bloques	216913	3	72304	1.05	
Testigo vs. N	649442	1	649442	9.43**	0.01
50 kg vs. 100 kg	41518	1	41518	0.60	
Una vs. dos aplic. (50 kg)	27753	1	27753	0.40	
Una vs. dos aplic. (100 kg)	11355	1	11355	0.16	
Error	826126	12	68844		

C.V. = 20.9 %.

Unicamente se detectaron diferencias altamente significativas entre el testigo y los tratamientos que recibieron nitrógeno. No hubo diferencias estadísticas en el rendimiento cuando se aplicó 50 ó 100 kg de N/ha. Tampoco se encontraron diferencias significativas entre realizar una o dos aplicaciones de nitrógeno. Posiblemente por la brevedad del ciclo de vida de la soca la cantidad de 50 kg de N/ha fue suficiente para el desarrollo del rebrote. Se esperaba que al realizar dos aplicaciones de nitrógeno espaciadas 20 días, la absorción de este elemento por la planta iba a ser más eficiente. Sin embargo, esto no ocurrió.

En el Cuadro 2 se presentan las medias por tratamiento y el porcentaje de rendimiento con relación al cultivo principal.

Cuadro 2. Medias de rendimiento en kg de grano por hectárea y porcentaje de rendimiento con relación al cultivo principal.

Tratamientos	Rendimiento (kg/ha)	Porcentaje del cultivo principal
1. Testigo (0 kg N)	893	30
2. 50 kg N	1350	46
3. 25 - 25 kg N	1233	42
4. 100 kg N	1356	46
5. 50 - 50 kg N	1432	48

En las condiciones de este experimento, la soca rindió en promedio un 42 % de lo que rindió el cultivo principal. Estos resultados coinciden con lo que se informa en la literatura. En la producción de la soca los costos son menores a los del cultivo principal. Para la soca no hace falta preparar el suelo ni

sembrar, no se requiere de semilla y las cantidades de fertilizante y agua necesarias son inferiores. Además, el tiempo en el que se obtiene la soca es alrededor de la mitad del que se requiere para el cultivo principal.

Las limitaciones mayores para la práctica de la soca son la disponibilidad de agua y la identificación de genotipos que presenten buenos rendimientos. Sin estas limitaciones, la práctica de la soca podría ser una buena alternativa para incrementar los rendimientos de arroz. De acuerdo con los resultados de este experimento la variedad Oryzica-3 ofrece esta alternativa.

Referencias

- De Datta, S.K. 1986. Producción de arroz, fundamentos y prácticas. Editorial Limusa, Méjico, Méjico. 690 p.
- FAO, 1990. Anuario FAO de producción 1989. Colección FAO. Estadística No. 43. Roma, Italia.
- Ichii, M. 1988. Some factors influencing the growth of rice ratoon. In: Rice ratooning. IRRI. Los Baños, Filipinas. pp. 41-46.
- Krishnamurthy, K. 1988. Rice ratooning as an alternative to double cropping in tropical Asia. In: Rice ratooning. IRRI. Los Baños, Filipinas. pp. 3-29.
- Vergara, B. S., F. S. López y J. S. Chauhan. 1988. Morphology and physiology of ratoon rice. In: Rice ratooning. IRRI. Los Baños, Filipinas.
- Suárez, G., L. Corral, M. Rodríguez y D. Moreira. 1991. Rendimiento del rebrote de arroz en respuesta a diferentes tratamientos aplicados al cultivo principal. Memorias, XXXVII Reunión Anual del PCCMCA. Panamá, Panamá.

Comportamiento Agronómico del Triticale en la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano

Leonardo Corral, Ramiro Romero y Oscar Díaz¹

El triticale (*X Triticosecale* Wittmack) es una nueva planta resultante de la cruce entre dos miembros de la tribu Triticeae: el trigo y el centeno.

Por muchos años el triticale no pasó de ser una curiosidad botánica. Las perspectivas de cultivo de esta planta no eran altas por varios inconvenientes agronómicos que presentaba. Entre estos se pueden anotar los siguientes: altura excesiva de las plantas, tallos débiles y propensos al acame, diferentes grados de esterilidad, grano arrugado y de bajo peso hectolítrico, susceptibilidad a varias enfermedades y rendimientos bajos (Varughese, 1987). Sin embargo, gracias a trabajos de mejoramiento genético, muchos de los inconvenientes del triticale han sido superados y actualmente puede ser considerado como un nuevo cultivo con gran potencial en áreas marginales (Skovmand et al., 1984).

De acuerdo con informes recientes, el triticale presenta rendimientos comparables al trigo en buenos ambientes, pero por lo general lo supera en ambientes pobres. Zillinsky (1985) informa de triticales que han alcanzado rendimientos de hasta 8.0 t/ha. En otras pruebas a través de 71 localidades en 1978, el rendimiento promedio del triticale Mapache fue de 4.2 t/ha, mientras que el rendimiento promedio del mejor trigo fue de 4.0 t/ha (Zillinsky, 1985).

La buena adaptación del triticale a suelos ácidos y de baja fertilidad, ha determinado que actualmente se cultive más de un millón de hectáreas en varios países, principalmente Polonia, Rusia, Francia y Brasil. En zonas tropicales y subtropicales de países del tercer mundo, en especial sobre los 800 m de altitud, el triticale ha demostrado tener buen potencial y de hecho se cultiva en algunas de estas zonas (National Research Council, 1987). Por los múltiples usos que tiene el triticale se espera que su cultivo se extienda a más áreas. El triticale puede usarse en lo siguiente: elaboración de pan (solo o en mezclas con harina de trigo), galletas, tortas, tortillas y cereales para el desayuno.

El grano también se emplea en la alimentación animal y hay variedades forrajeras. El triticale tiene mayor contenido de lisina, y en general mayor valor nutritivo que el trigo y el maíz, y puede reemplazar con ventaja a otros granos en dietas de animales monogástricos (Erickson y Elliot, 1985).

En la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), El Zamorano, se han evaluado líneas de triticale en años anteriores. Sin embargo, como las siembras se efectuaban en "la primera" en junio, la humedad excesiva afectaba el desarrollo, floración y cosecha de las plantas. Moreira (1988) informa rendimientos máximos en esas condiciones de 744 kg/ha. Además, el deficiente llenado del grano

¹ Profesor, estudiante de Ingeniería Agronómica e Instructor del Departamento de Agronomía, respectivamente, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.

afectó la calidad de panificación. Los pesos hectolítricos que se determinaron en triticales sembrados en junio fluctuaban entre 54 y 57 kg. Por lo contrario, la literatura informa de pesos de hasca 78 kg en triticales (National Research Council, 1987). Por lo expuesto, los objetivos del presente trabajo fueron: 1) evaluar el comportamiento agronómico de 38 líneas y variedades de triticales en el verano y 2) seleccionar los mejores materiales para futuras pruebas.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en la zona de Colindres del Departamento de Agronomía de la EAP. La EAP está ubicada a 14° de latitud norte y su altitud es de 805 m sobre el nivel del mar. La siembra de 38 genotipos de triticales y del trigo Genaro-81 como testigo se efectuó el 14 de noviembre de 1991. Estos materiales se recibieron del CIMMYT y corresponden al 23 Vivero Internacional de Rendimiento de Triticales. La cosecha se realizó entre el 12 y el 13 de marzo de 1992.

Para el combate de insectos del suelo se aplicó el equivalente de 10 kg/ha de carbofuran. Las parcelas se fertilizaron con el equivalente de 100 kg de N/ha y 30 kg de P/ha. El N se puso en dos aplicaciones: a la siembra y a los 30 días. Las malezas se combatieron manualmente.

En el ciclo del cultivo se registró una precipitación de 34 mm, por lo que se realizaron riegos cada 15 días para suplir un total de 450 mm de agua.

Se empleó un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones. Las parcelas consistieron de cuatro surcos de 3 m de largo y separados a 0.25 m. Se registraron datos de las siguientes variables: días a floración, altura de planta, porcentaje de acame, rendimiento de grano y peso de 100 granos. Se obtuvo también el peso hectolítrico de algunos materiales. Por último se efectuó una prueba de panificación con mezclas de grano. Los datos se analizaron con el programa para microcomputadoras MSTAT.

Resultados y Discusión

Se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre los genotipos para las variables días a floración, porcentaje de acame, rendimiento de grano y peso de 100 granos. El comportamiento del testigo, el trigo Genaro-81, fue similar al de los mejores triticales. Las medias para cada genotipo, los coeficientes de variación y el valor de la Diferencia Mínima Significativa (DMS 0.05), se presentan en el Cuadro 1. El elevado coeficiente de variación en el porcentaje de acame hace difícil concluir sobre diferencias reales entre genotipos para esta variable. La gran media para días a floración fue de 66 días, para altura de planta 88 cm, para rendimiento 2692 kg/ha y para peso de 100 granos 4.1 g. Moreira (1988), con genotipos similares pero en siembra de primera, encontró medias de 48 días para floración, 71 cm para altura de planta, 515 kg/ha para rendimiento y 2.5 g para peso de

100 granos.

A pesar de que uno de los objetivos del mejoramiento del triticale ha sido el desarrollar materiales insensibles al fotoperíodo, los resultados anteriores parecen indicar que los genotipos empleados presentan todavía algo de sensibilidad.

El trigo y el centeno son plantas originalmente de días largos, así como su descendiente el triticale. En siembras de primera, a finales de junio, la planta se desarrolla en condiciones de días que se acortan progresivamente en el hemisferio norte. Esto determina que las plantas reciban tempranamente el estímulo lumínico para entrar en la fase reproductiva, lo que causa un escaso crecimiento vegetativo y consecuentemente bajos rendimientos. Se podría concluir que es la duración del día y no la humedad de la época de siembra lo que afecta el comportamiento de la planta de triticale en el Valle de El Zamorano.

Por ser un cultivo en una nueva zona no se encontraron enfermedades. Sin embargo, se detectó daño causado por el barrenador del tallo *Diatraea saccharalis*.

Se determinó el peso hectolítrico de los cinco genotipos de triticale que presentaron el mayor rendimiento y el promedio fue de 75 kg. Este valor indica el potencial de rendimiento de harina y aunque es todavía inferior al de los mejores trigos señala un avance muy significativo con relación a los triticales de hace algunos años.

En la prueba de panificación que se realizó con 35 % de harina de triticale y 65 % de harina de trigo, el pan resultó de excelente calidad. El 80 % de las personas entrevistadas concluyó que la apariencia, textura y sabor del pan con triticale era superior a la del pan con sólo trigo.

Con base en los resultados obtenidos y la apariencia de las plantas en el campo, se seleccionaron los siguientes genotipos: Tesmo 1/mus 603, Bagal 3, Bat/rhino 3, y Bgl/cin//mus/te. Estos materiales entraron a pruebas de rendimiento que se sembraron a fines de 1992. De estos se seleccionarán uno o dos para siembras comerciales a fines de 1993. Se espera así disminuir significativamente las necesidades de harina de trigo del comedor de la EAP.

Cuadro 1. Genotipos y variables estudiadas en el 23 Vivero Internacional de Rendimiento de Triticale.

Variables: 1= genotipos, 2= días a floración, 3= altura de planta en cm, 4= porcentaje de acame, 5= rendimiento de grano en kg/ha, 6= peso de 100 granos en gramos.

No.	1	2	3	4	5	6
1	TESMO 1/MUS 603	74	100	9	3355.4	4.33
2	GENARO 81 BW	77	75	1	3326.0	3.25
3	BAGAL 3	68	94	11	3321.1	4.33
4	BAT/RHINO 3	72	96	5	3260.1	4.26
5	ALAMOS 83	63	81	6	3233.2	3.48
6	BGL/CIN/MUS/TE	62	74	3	3174.2	3.39
7	YAV 79/3/SNP	74	93	6	3153.1	3.89
8	KER 1	70	81	5	3054.1	3.80
9	DGO 6/PONY	58	83	7	3043.7	3.52
10	Z9/ZEBRA 31/AS	64	92	7	3026.5	4.10
11	67B876/67B164//	59	75	8	3010.5	3.44
12	FAHAD 1	67	82	7	2953.5	4.82
13	GAUR 2	65	91	10	2952.4	3.67
14	BGL/CIN//MUS/DL	63	85	15	2777.1	3.72
15	BGL/ADX//JL086	63	90	15	2752.4	4.47
16	HARE 123/TESMO	64	91	7	2732.8	4.16
17	REH/HARE	67	100	10	2726.2	3.90
18	FAHAD 8	61	90	7	2694.2	4.77
19	PIKA 5/3/EDA 4/	62	87	8	2657.2	4.10
20	CANANEA 79	55	81	6	2651.8	3.40
21	KATZE//JUP	63	87	10	2640.6	3.77
22	NIMIR 4-1	65	85	4	2638.4	3.45
23	LYNX/YOGUI	74	97	15	2628.4	4.18
24	MERINO/JLO/REH	60	88	3	2624.4	4.36
25	ASAD/5/CML/PATO	57	86	10	2588.3	4.54
26	EMS 6TA. 313A	67	102	28	2541.9	4.59
27	TESMO 8/LIRA	65	83	13	2488.3	3.74
28	LECHON/TGE	67	80	8	2474.5	3.55
29	ASAD/CIVET/LINX	57	90	18	2458.7	4.43
30	PANCHE 424/YOGU	74	84	10	2446.4	4.67
31	LASKO//DLF	67	80	4	2429.1	3.81
32	BGL/CIN/MUS/BF	78	97	15	2415.2	3.93
33	ZEBRA 31/CIVET	51	77	5	2347.8	4.38
34	ERONGA 83	69	95	22	2272.1	4.98
35	MERINO/JLO//ZEB	67	94	6	2255.4	4.30
36	ZEBRA 32/3/BGL	75	85	7	2212.9	3.88
37	FAB/DWF RYE GS	60	93	17	2076.3	4.90
38	FAHAD 9-1	65	86	22	2035.3	4.30
39	BEAGLE	75	89	40	1562.8	4.74
	DMS (5%)	5	17	14	778.4	0.48
	COEF.VAR. (%)	4	12	85	17.8	7.27

Referencias

- Erickson, J. P. and F. C. Elliot. 1985. Triticale as a replacement for other grains in swine diets. In: Triticale, CSSA Special Publication No. 9, Madison, Wisconsin. p. 41-49.
- Moreira D. 1988. Evaluación de niveles de N y densidades de siembra en cuatro genotipos de triticale. Tesis, Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.
- National Research Council. 1987. Triticale: A promising addition to the world's cereal grains. National Academy Press, D.C.
- Skovmand, B., P.N. Fox and R.L. Villareal. 1984. Triticale in commercial agriculture: progress and promise. *Advances in Agronomy* 37: 1-45.
- Varughese, G. 1986. Triticale: a crop for marginal environments. In: CIMMYT Research Highlights 1985. CIMMYT, México. p. 72-80.
- Zillinsky, F.J. 1985. Triticale: an update on yield, adaptation and world production. In: Triticale, CSSA Special Publication No.9, Madison, Wisconsin. p. 1-7.

Evaluación de Germoplasma de Gandul (*Cajanus cajan*) en El Zamorano, Honduras

Silvio E. Viteri y Julio C. Fuentes¹

El gandul ha sido considerado con mucho interés entre los investigadores que se dedican a la generación de tecnologías apropiadas para el pequeño agricultor. La habilidad para fijar el nitrógeno atmosférico, junto con la profundidad de raíces y la posibilidad de uso múltiple que ofrece, confieren a esta planta potencial no sólo para la recuperación y mantenimiento de la productividad del suelo, sino también para proveer alimento y leña para el agricultor o forraje para los animales. Investigaciones confirman el potencial del gandul para mejorar la producción de arroz bajo el sistema agroforestal de cultivo en callejones en áreas tropicales (Delgadillo et al., 1991; Palm y Sánchez, 1989). Se ha encontrado además que el gandul es un cultivo tolerante al aluminio (Palm y Sánchez, 1989) y puede agregar al suelo hasta 10.4 t/ha de materia seca y 229 kg de nitrógeno (Carsky, 1989). Su contribución al balance del N del suelo está obviamente asociada con su capacidad de fijación de N_2 , la cual depende de varios factores bióticos y abióticos del suelo (Sidhu et al., 1988) y que en el trópico aún está por estudiarse.

Materiales y Métodos

Treinta accesiones de germoplasma de gandul, procedentes del ICRISAT de India, fueron evaluadas en El Zamorano, Honduras, por características que son de importancia para agroforestería. El origen y los lugares donde estos materiales han mostrado potencial se reportan en el Cuadro 1. Nótese que los materiales correspondientes a las muestras No. 1, 7, 8, 11, 18, 20, 21, 24, 26, 27, 29 y 30 están reportados como promisorios para agroforestería. La siembra se efectuó en la terraza 26 del Departamento de Agronomía, el 15 de Junio de 1992. La distancia entre surcos fue de 65 cm y la distancia entre plantas de 20 cm. Al momento de la siembra se aplicó fertilizante 18-46-0, en banda, a una dosis de 45 kg por hectárea. El diseño experimental fue el de bloques completos al azar, con tres repeticiones. La unidad experimental consistió de un surco de 6 m de largo. Las variables determinadas fueron días a floración (DF), altura de planta (AP), peso de la parte aérea (PPA), peso de la raíz (PR), número de nódulos (NN) y rendimiento (RM). Excepto el RM, el resto de variables se determinaron cuando el 50% de las plantas tenían flores abiertas. Todas las mediciones se hicieron sobre 5 plantas. El peso correspondiente al RM fue ajustado al 12% de humedad.

¹ Profesor Asociado y estudiante del Programa de Ingeniería Agronómica, Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.

Resultados y Discusión

Los resultados de la evaluación de los 30 materiales de ICRISAT se encuentran resumidos en el Cuadro 2. Los materiales difirieron significativamente por DF, AP, PFFA, PFR y RM ($P \leq 0.01$) y por NN ($P \leq 0.05$). De acuerdo con el orden establecido por la prueba de Duncan, los materiales dentro de cada variable se clasificaron arbitrariamente en tres categorías. El nombre de cada grupo dependió de la variable; por ejemplo, para DF: tardías, intermedias y precoces. Teniendo en cuenta las condiciones de nuestros suelos, la producción de biomasa es una característica muy deseable para los fines de agroforestería en esta región. De acuerdo con la variable PFFA, los materiales se dividieron en tres grupos. El primer grupo incluye a los materiales con la producción de hojas y tallos más alta y correspondió a las muestras No. 13, 11, 7, 2, 4, 28, 22, 6 y 16, (producción de 973, 940, 896, 847, 842, 826, 796 y 772 g/planta, respectivamente). El segundo grupo incluye a los materiales correspondientes a las muestras 26, 21, 29, 1, 8, 27, 18 y 19, cuyo rango de producción de biomasa en orden descendente fluctuó entre 755 y 619 g/planta. El tercer grupo incluye el resto de variables con una producción que va desde 598 hasta 227 g/planta. Cabe anotar que de los materiales indicados como potencialmente aptos para agroforestería tres (muestras 11, 7 y 2) quedaron ubicados en el primer, seis (muestras 26, 21, 29, 1, 8, 22) en el segundo grupo y tres (muestras 30, 24 y 20) en el tercer grupo. La muestra 13 que no figura en la lista de las promisorias para agroforestería se destacó virtualmente en todas las variables evaluadas.

La matriz de correlaciones entre las variables consideradas en la evaluación de estos materiales se presenta en el Cuadro 2. Las únicas variables correlacionadas al 1% de significancia fueron la DF x AP y PFFA x PFR, indicando que las plantas más tardías fueron las más altas y que los materiales con el mayor PFFA produjeron también el mayor PFR. El PFFA se correlacionó además al 5% con NN y RM. El NN se correlacionó al 5% con PFR y AP. El RM también se correlacionó al 5% con PFR, quizá debido a una mejor absorción de agua, pero no se correlacionó con ninguna de las otras variables.

Estos resultados nos permiten recomendar que de los materiales indicados como promisorios para agroforestería, se consideren en evaluaciones posteriores los correspondientes a las muestras 11, 7, 2, 21, 29 y 1. A este grupo se deben incluir los de las muestras 13, 4 y 28, los cuales sobresalieron en producción de biomasa y en otros aspectos de importancia. El material identificado como muestra 15 es también digno de tenerse en cuenta ya que aunque figura en un lugar intermedio en casi todas las variables, fue uno de los mejores nodulados (2do. lugar) junto con la muestra 13 (más alto) y 1 (3er lugar).

Cuadro 1. Identificación, pedigrí, origen y potencial de uso de 30 materiales promisorios de gandul.

Muestra No.	Código #	Pedigrí	Origen	Potencial de Uso
1	6443	NP(WR)-15	New Delhi, India	Agroforestería
2	6920	Code No.8	Trinidad y Tobago	Promisoria en Venezuela
3	7337	ANM-16	M.P., India	Promisoria en Kenya
4	7613	Field Collection	M.P., India	Promisoria en Venezuela
5	7974	ANM-348B	A.P., India	Promisoria en Kenya
6	8006	ANM-367	Orissa, India	Promisoria en Kenya
7	8094	ANM-449	Bihar, India	Agroforestería
8	10002	JM-3492	Kerala, India	Agroforestería y promi- soria en Venezuela
9	11168	IC-SMR-SEL-7942	Icrisat	Promisoria en Kenya
10	11281	IC-SMR-SEL-8122	Icrisat	Promisoria en Kenya
11	11289	ICWR-SEL-4769	Icrisat	Agroforestería
12	11916	PR-5193	Kerala, India	Promisoria en Venezuela y Promisoria en Kenya
13	11917	PR-5194	Kerala, India	Promisoria en Kenya
14	11934	PR-5251	Tamil Nadu, India	Promisoria en Kenya
15	11981	PR-5266	Philippines	Promisoria en Venezuela y Promisoria en Kenya
16	11988	PR-5282-2	Philippines	Promisoria en Kenya
17	12069	PR-5442	Tanzania	Promisoria en Venezuela
18	12114	PR-5495	Tanzania	Promisoria en Venezuela y Agroforestería
19	12143	PR-5537	Tanzania	Promisoria en Venezuela
20	12149	PR-5543	Tanzania	Agroforestería
21	12176	SAD-462	Malawi	Agroforestería
22	12734	IC-WR SEL-8798	Icrisat	Promisoria en Kenya
23	12763	PR-5300	Philippines	Promisoria en Kenya
24	12766	PR-5304-1	Philippines	Agroforestería
25	12842	RPM-120	Mozambique	Promisoria en Kenya
26	13096	PRN-122	Kenya	Agroforestería
27	13143	PRN-227	Kenya	Agroforestería
28	13265	PRN-183-3	Kenya	Promisoria en Venezuela
29	13343	PR-6176	Malawi	Agroforestería
30	13525	PR-6350	Malawi	Agroforestería

Cuadro 2. Resultados de la evaluación de 30 materiales promisorios de gandul en El Zamorano, Honduras.

Muestra No.	DF	AP (cm)	PFFA (g/pl)	PFR (g/pl)	NN	RM (g/pl)
1	160	300	725	99	53	25
2	156	290	847	93	52	33
3	161	302	540	60	32	10
4	160	301	847	109	48	20
5	160	287	454	88	26	18
6	126	233	796	91	49	29
7	142	258	896	109	45	73
8	160	310	648	91	43	13
9	165	260	370	74	21	10
10	93	148	463	75	37	16
11	156	270	940	112	52	30
12	157	256	566	60	26	23
13	142	252	973	107	66	35
14	161	267	598	78	43	16
15	160	278	598	80	63	29
16	163	288	772	99	31	41
17	166	229	549	67	21	49
18	152	300	632	66	26	28
19	156	268	619	62	42	20
20	93	149	227	29	17	14
21	160	296	245	104	33	15
22	165	294	826	108	31	24
23	162	276	494	59	13	17
24	116	203	486	47	51	5
25	154	275	540	58	20	40
26	129	251	755	85	40	29
27	166	267	642	68	32	13
28	166	304	842	108	37	13
29	161	312	738	101	40	24
30	93	175	535	79	28	53
Signif.5%	**	**	**	**	*	**
DMS	1.38	0.33	66.3	10.2	6.6	27.3

DF = Días a floración; AP = Altura planta, PFFA = Peso fresco parte aérea
PFR = Peso fresco raíz; NN = Número de nódulos, RM = rendimiento.

Cuadro 3. Matriz de correlaciones entre las variables DF, AP, PFPA, NN y RM, evaluadas en los 30 materiales promisorios de gandul.

	DF	AP	PFPA	PFR	NN	RM
DF	-	0.8**	0.2*	0.2*	ns	ns
AP	-	-	0.5*	0.47*	0.2*	ns
PFPA	-	-	-	0.8**	0.3*	0.4*
PFR	-	-	-	-	0.4*	0.3*
NN	-	-	-	-	-	ns

*, ** y ns Significativo al 5%, 1% y no significativo, respectivamente.

Referencias

- Delgadillo, R., J. Aldonate y A. Alvarado. 1991. Situación de la agroforestería en el subtrópico húmedo de la región del Chapare, Bolivia. In T. Hot Smith, W. R. Run y F. Bertsch (Eds.), Manejo de Suelos Tropicales en Latinoamérica. Raleigh, North Carolina, USA.
- Carsky, R. J. 1989. Estimating availability of nitrogen from green manure to subsequent maize crop using a buried bag technique. Ph.D. Thesis, Cornell University, Ithaca. New York.
- Palm, CH. y P. Sánchez, 1989. Mulch quality and nitrogen cycling. In Neil Calude (Ed.), TROPISOILS-Technical Report 1986-1987. Raleigh, North Carolina, USA.
- Sidhu, B. S., R. Baruah y V. Beri. 1988. Establishment and effectiveness of added pigeonpea (*Cajanus cajan*) rhizobia in different soils of narrow abiotic variability. Biol. Fertil. Soils 6:84-88.

Selección de Asociaciones Leucaena-Rhizobium Efectivas para Mejorar la Producción de Granos Básicos en Centroamérica¹

Silvio E. Viteri, Luis A. Caballero y Julio C. Fuentes²

La leucaena es un árbol tropical nativo de América Central. Después de la conquista, los españoles la introdujeron en Las Filipinas y otras islas bajo su dominio. Su capacidad para crecer rápido, producir buena leña y forraje y además promover un mejor desarrollo de otros cultivos fue pronto reconocida por los nativos de esa región. Debido a esta serie de beneficios, algunos investigadores reportan a la leucaena como el "árbol milagroso" (Hutton, 1983). Hoy en día la leucaena esta siendo utilizada de múltiples maneras con éxito en muchas regiones tropicales. Su potencial se debe a dos aspectos importantes: 1) Su habilidad para fijar N_2 (Trinick, 1968) y 2) Su raíz principal profunda, la cual le permite obtener agua y nutrimentos de horizontes del perfil del suelo generalmente inalcanzables por otros cultivos. Estos atributos confieren a la leucaena potencial para adaptarse bien a zonas marginales de ladera y resistir sequías prolongadas (AID, 1984). Sin embargo, el potencial de las leucaenas ha sido demostrado unicamente con la *L. leucocephala*, cuyo rango de éxito está restringido a zonas con alturas menores de 500 msnm (NAS, 1980), y suelos fértiles sin problemas de acidez (Salazar et al., 1989). Desafortunadamente, los terrenos generalmente utilizadas por el pequeño agricultor para la producción de granos básicos no tienen dichas características. Debido a la erosión, los suelos en estas áreas son superficiales, bajos en fertilidad y por lo general ácidos. Este estudio plantea la hipótesis que entre el germoplasma de leucaena existen materiales con un potencial similar al de la *L. leucocephala*, que puede ser expresado bajo las condiciones de altura, clima y suelo que predominan en las laderas. Los objetivos son: 1) Seleccionar germoplasma de leucaena que se adapte bien a zonas con suelos ácidos y cuya altura fluctúe entre 500 y 1650 msnm, 2) Identificar asociaciones leucaena-Rhizobium para cada zona que sean efectivas en nodulación y fijación de N_2 y 3) Probar las asociaciones leucaena-Rhizobium mas efectivas en cada zona, por su potencial para incrementar la producción de granos básicos en sistemas agroforestales de propósito múltiple. La estrategia de trabajo se desarrollará en tres etapas, durante un período de tres años. Este reporte contiene los resultados obtenidos durante el desarrollo de la primera etapa, durante el primer año.

¹ Trabajo financiado por el Proyecto PRIAG/CEE y el Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana (EAP), El Zamorano, Honduras.

² Profesor Asociado y Asistente, y estudiante del Programa de Ingeniería Agronómica, Departamento de Agronomía, EAP, El Zamorano, Honduras.

Materiales y métodos

Las leucaenas seleccionadas para este proyecto fueron las especies *L. diversifolia*, *L. esculenta*, *L. guatemalensis*, *L. pulverulenta*, *L. shannoni* y los híbridos interespecíficos KX2 y KX3. Las localidades seleccionadas fueron: 1) La finca experimental Las Laderas-EAP (San Antonio de Oriente), 850 msnm, 2) Liquidambar (Morocelí), 1125 msnm, 3) El Tablón (San Antonio de Oriente), 1250 msnm, 4) Quebrada Grande (Guinope), 1580 msnm y 5) El Rincón (Tatumbla), 1560 msnm. Además de altura, estos sitios difieren por las condiciones de suelo. De cada localidad se coleccionó una cantidad de suelo suficiente para el establecimiento del vivero en la EAP y una muestra representativa de suelo para análisis químico. El suelo proveniente de cada localidad fue mezclado con compost y arena en proporción 2:1:1 y utilizado para el llenado de 600 bolsas de polietileno de 6 3/4' x 12', 100 bolsas por cada especie o híbrido. Se sembraron dos semillas de la leucaena en cada bolsa. Antes de la siembra, la semilla fue escarificada con agua caliente a 80°C, durante 3-4 min (AID, 1984). Al momento de la siembra la semilla fue inoculada con 1 ml de medio de cultivo líquido (Brewbaker, 1983). El inoculante fue preparado con la cepa de *Rhizobium* EAP 4302 (TAL 1145 procedente de NifTAL, Hawaii), en el laboratorio de Microbiología de Suelos de la EAP. Cuatro semanas después de la germinación, se seleccionó la mejor planta en cada bolsa y se eliminó la peor. Una vez establecido el vivero, se empezó a limpiar el terreno en cada localidad y a hacer los huecos para el trasplante. El trazado se hizo de acuerdo al diseño experimental de bloques completos al azar, con 4 repeticiones. Antes del trasplante, se descartó la especie *L. guatemalensis* por presentar muy baja germinación. Al momento del trasplante las plántulas fueron fertilizadas con 10 g de 18-46-0. El trasplante se realizó durante el período del 20 de Agosto al 24 de Septiembre. En Las Laderas y El Tablón, la mejor época de lluvia ya había pasado y por lo tanto ha sido necesario aplicar riego con cierta frecuencia. Por esta razón, el vigor de crecimiento de las plantas no es el que realmente se esperaba. En Quebrada Grande, Liquidambar y El Rincón, no ha habido problema con respecto a la disponibilidad de humedad para el crecimiento de las plantas.

Resultados y Discusión

Los resultados del análisis químico indican que entre los suelos utilizados se presentan tres rangos de pH: extremadamente ácido (Las Laderas, pH 4.8), fuertemente ácido (El Rincón, pH 5.0 y el Tablón, pH 5.3) y moderadamente ácido (Quebrada Grande, pH 5.5 y Liquidambar pH 5.6). El contenido de P aprovechable (promedio 5.4 ppm) y el porcentaje de saturación de bases son bajos. El contenido de Al^{+++} en los suelos con pH menor de 5.5 es bajo (promedio 0.33 meq/100 g suelo), indicando que la mayor fuente de acidez en estos suelos es la materia orgánica, cuyo contenido fluctúa entre medio y alto (promedio 6.3%) debido a que los lotes en todas las localidades, excepto El Rincón, fueron seleccionados en terrenos de

laderas que estaban en barbecho y no bajo producción.

Aunque estaba planeado hacer evaluaciones bimestrales de varios parámetros, estimamos que dicha frecuencia de evaluación no se justifica y por lo tanto hasta la presente solo se ha tomado altura de planta a los 104 y 170 días y diámetro basal a los 170 días después del trasplante. El resto de variables se evaluarán durante la época de lluvia de 1993. La altura de planta a los 104 y 170 días aparecen en el Cuadro 1. El análisis de los resultados revelan que a los 104 días hubieron diferencias entre los materiales, en cada localidad. La especie *L. diversifolia* fue la mejor en El Rincón y una de las mejores en Las Laderas, El Tablón y Quebrada Grande. En Liquidambar, donde el suelo es moderadamente ácido (pH 5.6), la *L. diversifolia* figuró en segundo lugar, después de la *L. shannoni*. La *L. pulverulenta* que ha sido reportada como tolerante a la sequía (AID, 1984), igualó solo a la *L. diversifolia* en Quebrada Grande y fue una de las mas bajas en El Rincón y la mas baja en Liquidambar. La *L. esculenta* que junto con la *L. diversifolia* ha sido reportada como promisoría a altitudes mayores de las indicadas para la *L. leucocephala*, igualó a la *L. diversifolia* en Las Laderas (850 msnm) y Quebrada Grande (1580 msnm). En el Rincón, la localidad con la mayor altura (1650 msnm), se destacó la *L. diversifolia*, seguida del híbrido KX3 y en tercer lugar de la *L. esculenta*. El híbrido KX2 igualó a la *L. diversifolia* sólo en Las Laderas. Los resultados sobre la misma variable y el diámetro basal (Cuadro 2) tomados a los 170 confirman virtualmente estas primeras observaciones. Entre los cambios mas sobresalientes de este muestreo con respecto al primero, a los 104 días, es que las diferencias entre los materiales en El Rincón tendieron a desaparecer. En esta localidad, ahora se observan solo dos grupos en lugar de los cuatro que resultaron en el primer muestreo. El otro cambio que merece mencionarse es el hecho que el híbrido KX3 ya no se diferenció de la *L. diversifolia* en Las Laderas, Liquidambar y el El Rincón. Las menores alturas de planta en el El Tablón del segundo muestreo con respecto al primero, se deben a que la parte superior de las plantas de algunas parcelas sufrieron daño por animales, siendo necesaria para evitar diferencias, igualar la altura de plantas con tijeras en todas las parcelas.

Hasta la presente, los resultados confirman los reportes de la literatura con respecto al potencial de la *L. diversifolia* para zonas con alturas mayores a los 500 msnm y con suelos ácidos (AID, 1984). Por lo tanto, la *L. diversifolia* se destaca como la especie con el mejor potencial para la rehabilitación de la productividad del suelo en las zonas marginales de laderas, generalmente utilizadas por el pequeño agricultor para la producción de granos básicos. Sin embargo, es necesario recalcar que hasta la presente solo se han evaluado dos variables y por lo tanto esta conclusión podría variar, de acuerdo con el análisis de las otras variables que aún están por determinarse.

Cuadro 2. Diámetro basal² (cm) de cuatro especies y dos híbridos de leucaena a los 170 días después del trasplante, en cinco localidades diferentes (en las columnas, valores con distinta letra difieren significativamente al 5%).

Leucaena	Las Laderas (850 msnm)	Liquidambar (1125 msnm)	El Tablón (1250 msnm)	Quebrada Grande (1580 msnm)	El Rincón (1650 msnm)
<i>L. diversifolia</i>	0.56ab	0.48	1.07	1.03a	1.08a
<i>L. pulverulenta</i>	0.36c	0.34	0.65	0.78b	0.57c
<i>L. esculenta</i>	0.59a	0.43	1.00	0.76b	0.94ab
<i>L. shannoni</i>	0.41bc	0.50	1.06	0.63b	0.55b
Híbrido KX2	0.48abc	0.35	0.78	0.64b	0.67bc
Híbrido KX3	0.53ab	0.50	0.89	0.74b	0.86abc
Significancia	**	ns	ns	**	**

² Promedio de cuatro repeticiones, 16 plantas por repetición.

*, **, ns Significativo al 5 y 1% y no significativo, respectivamente.

Evaluación del Potencial del Frijol Abono para Incrementar la Producción de Granos Básicos¹

Silvio E. Viteri y Luis A. Caballero²

Pese a que en 1991 la fuerte sequía no nos permitió cosechar resultados de los experimentos que sobre este proyecto fueron establecidos en pequeñas fincas, en 1992 continuamos con estos esfuerzos. El objetivo principal es evaluar el frijol abono con respecto a su potencial para incrementar la producción de granos básicos, en terrenos marginales de ladera. El diseño para este experimento fue descrito por Viteri y Andino (1991). Durante 1992, el experimento fue establecido en el mismo lote y por segunda vez en la localidad de Pacayas y por primera vez en la localidad de Casitas. Este reporte contiene los resultados que se obtuvieron en estas dos localidades.

Materiales y Métodos

El experimento fue repetido por segunda vez en una finca pequeña en la región de Pacayas y por primera vez en la región de Casitas. Pacayas está localizado a una altura de 1525 nsnm. El suelo del lote donde se llevó a efecto el experimento tenía la siguiente composición química: pH 4.7; M.O. 2.59%, N(total) 0.08 %, P 5.4 ppm, K 105 ppm, Ca 547 ppm, Mg 120 ppm y Al 0.64 meq/100 g suelo. Casitas está localizado a 1200 msnm. El suelo utilizado tenía la siguiente composición química: pH 5; M.O. 4.13%, N(total) 0.06%, P 1.6 ppm, K 131 ppm, Ca 552 ppm, Mg 107 ppm y Al 0.34 meq/100 g suelo. La fecha de siembra en Pacayas fue el 4 de Junio y en Casitas el 3 de Julio de 1992. El tamaño de las parcelas en ambas localidades fue de 5x6 m. Las distancias de siembra para el maíz fueron de 90 cm entre surcos y 40 cm entre plantas, dos semillas por postura. La semilla utilizada en Pacayas fue la del agricultor y en Casitas el híbrido HV104. En los tratamientos con asociación, el frijol se sembró en el mismo sitio del maíz y entre las calles a 40 cm entre plantas, una semilla por postura. El frijol abono fue inoculado a una dosis de 5 g/kg de semilla. El inoculante fue preparado en la EAP, a base de turba, con las cepas EAP 3001, para el canavalia, EAP 3201, para el dolichos, y EAP 3401, para el terciopelo (Viteri et al., 1992). Las parcelas de maíz asociado con frijol abono fueron fertilizadas con 64.5 kg/ha de 18-46-0. En Pacayas, el control comercial fue fertilizado con 31.3 Kg de N y 80 Kg de P₂O₅ por hectárea, a la siembra, y 88.7 kg/ha de N, a los 45 días y el control regional con 52 kg/ha de 18-46-0, a la siembra y 23.9 kg/ha de N, a los 45 días. En Casitas, el control comercial recibió 31.3 kg de N y 80 kg de P₂O₅ por hectárea, a la siembra, y

¹ Trabajo auspiciado por el Proyecto Escuela Agrícola Panamericana (EAP)-República Federal de Alemania y el Departamento de Agronomía, EAP, El Zamorano, Honduras.

² Profesor Asociado y Asistente de Investigación, Departamento de Agronomía, EAP, El Zamorano, Honduras.

88.7 kg/ha de N, a los 62 días y el control regional con 81 kg/ha de 18-46-0, a la siembra, y 70 kg/ha de N, a los 62 días.

A la cosecha el maíz fue evaluado por peso seco de planta, número de mazorcas, peso de las mazorcas y peso del grano. El frijol abono se dejó en las parcelas hasta madurez, para que luego sirva de mulch y proteja al suelo durante la época seca. Además, en cada zona, al finalizar la época de lluvias se sembró nuevamente semilla del frijol abono respectivo en cada parcela. Esto se hizo con el fin de establecer bien la cobertura, ya que durante la primera siembra, algunos de ellos además de mostrar poco vigor de crecimiento, debido a la sequía, fueron atacados seriamente por sompops, como fue el caso del frijol terciopelo.

Resultados y Discusión

Los resultados sobre el crecimiento y rendimiento del maíz en asociación con tres genotipos de frijol de abono, durante el segundo año en la región de Pacayas, se encuentran resumidos en el cuadro 1. El análisis estadístico de los datos no reveló diferencias entre tratamientos en ninguna de las variables estudiadas. Sin embargo, es importante anotar que el maíz en asociación con cualquiera de los tres genotipos de frijol abono, con una sola aplicación de 11.6 kg de N y 29.4 kg de P_2O_5 por hectárea, alcanzó un rendimiento que no se diferenció del obtenido en el control comercial, en el cual se aplicaron 120 kg de N y 80 kg de P_2O_5 por hectárea, respectivamente. La cantidades de N (33 kg/ha) y P_2O_5 (24 kg/ha) aplicados en el control regional no fueron muy superiores a las aplicadas en los tratamientos con asociación; sin embargo, tampoco se presentaron diferencias entre el control regional y las asociaciones. Esto indica que pese a la sequía y daño por sompops, especialmente en el terciopelo, el frijol abono de alguna manera suministró nitrógeno para elevar el crecimiento y rendimiento del maíz al nivel de los controles.

Los resultados de la primera repetición del experimento en la región de Casitas se encuentran resumidos en el Cuadro 2. El análisis de los datos reflejó diferencias entre tratamientos al 1% con respecto al peso seco de plantas y al 5% con respecto al número y peso de mazorcas y rendimiento en grano. Como era de esperarse, debido a la fertilización, el control comercial fue superior en todas las variables evaluadas, excepto en el número de mazorcas por parcela, en el cual figuró en segundo lugar, después del control regional. El control regional igualó al control comercial, con respecto a las otras tres variables. Entre los tratamientos con frijol abono, la asociación maíz-dolichos no se diferenció del control regional en cuanto a peso seco de plantas, peso de mazorcas y producción de grano. La asociación maíz-canavalia igualó al control regional solo en cuanto a peso seco de plantas. Esta observación es importante si se tiene en cuenta que en el control regional se aplicaron 84.6 kg/ha de N y en los tratamientos con frijol abono solamente 11.5 kg/ha de N. En general el establecimiento del frijol abono fue afectado por sequía. El terciopelo además fue seriamente afectado por sompops, por tal

razón la asociación maíz-terciopelo resultó ser la más baja en todos las variables evaluadas.

Los resultados obtenidos en la localidad de Pacayas sugieren que pese a las limitantes mencionadas, el frijol abono suplió parte del N requerido por el cultivo de maíz para crecer y producir rendimientos que fueron similares a los obtenidos en los controles. En la localidad de Casitas, en la cual se realizó el experimento por primera vez, los resultados aún no demuestran en forma clara los efectos del frijol abono sobre el crecimiento y rendimiento del maíz. Esto en gran parte se debe a la poca disponibilidad de agua en el suelo, a consecuencia de la irregularidad de las lluvias que se presentó en 1992. La falta de humedad no permite que el cultivo responda a la incorporación del frijol abono en el suelo. Estos efectos fueron más claros en la región de Lizapa en 1991 (Viteri y Andino, 1991), debido a que no se presentaron problemas de sequía. Se espera que los efectos se hagan más notorios a medida que el experimento se repita en las mismas parcelas y la disponibilidad de agua no sea un factor limitante.

Cuadro 1. Evaluación del crecimiento y rendimiento del maíz (al 13.2% de humedad) en asociación con frijol abono terciopelo, dolichos y canavalia. Pacayas, Honduras, 1992 (Segundo año).

Tratamiento	Peso seco plantas (kg/18 m ²)	Número de mazorcas (18 m ²)	Peso mazorcas (kg/18 m ²)	Peso grano (kg/ha)
Maíz-Terciopelo	7.0	53	3.3	833
Maíz-Dolichos	4.2	35	1.7	1000
Maíz-Canavalia	8.8	54	3.6	1389
Maíz-Control comercial	10.1	65	4.3	1611
Maíz-Control regional	8.5	73	3.4	1055
Significancia	ns	ns	ns	ns

Cuadro 2. Evaluación del crecimiento y rendimiento de maíz (al 12.9% de humedad) en asociación con frijol abono terciopelo, dolichos y canavalia. Casitas, Honduras, 1992 (Primer año).

Tratamiento	Peso seco plantas (kg/18 m ²)	Número de mazorcas (/18 m ²)	Peso mazorcas (kg/18 m ²)	Peso grano (kg/ha)
Maíz - Terciopelo	6.8c	23.3e	0.9c	167c
Maíz - Dolichos	10.5bc	34.4c	2.2bc	461bc
Maíz - Canavalia	10.7bc	28.0d	1.3c	239c
Maíz - control comercial	22.7a	57.0b	5.8a	1317a
Maíz - control regional	15.4ab	60.3a	5.0ab	1183b
Significancia	**	*	*	*

Referencias

- Viteri, S. E. y J. R. Andino. 1991. Evaluación del potencial del frijol abono para incrementar la producción de granos básicos. p 43-46. In: J. C. Rosas (Ed.), Informe Anual de Investigación, Vol 3, Depto. de Agronomía. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.
- Viteri, S. E., O. E. Cosenza y J. C. Rosas. 1992. Catálogo de cepas de *Rhizobium* y *Bradyrhizobium*. Depto. de Agronomía. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.

Evaluación del Potencial de Tres Leguminosas para Agroforestería en Terrenos de Ladera¹

Julio C. Fuentes, Silvio E. Viteri y Luis A. Caballero²

En la mayoría de las regiones de Honduras, los sistemas de producción son de subsistencia. Generalmente, las áreas destinadas a este sistema de agricultura son las laderas, las cuales presentan un grado de productividad del suelo muy bajo debido al efecto constante de la erosión. Los sistemas agroforestales han sido identificados como una alternativa de gran potencial en las estrategias de manejo para el establecimiento de agricultura sostenida en suelos tropicales (Distéfano, 1991). Estos sistemas, además de la conservación del suelo, contribuyen a la producción de biomasa, leña y madera (Frederick y Pérez, 1986). El objetivo general de este estudio a largo plazo es incrementar la producción de granos básicos en terrenos de ladera, mediante el uso de prácticas agroforestales apropiadas para el pequeño agricultor. Los objetivos específicos son: 1) evaluar el potencial en producción de biomasa de tres leguminosas y 2) evaluar el efecto de la incorporación de la biomasa producida sobre las características que determinan la productividad del suelo y la producción de granos básicos. Este reporte contiene los resultados del primer año de cultivo, después de el establecimiento de las barreras vivas.

Materiales y Métodos.

El estudio se está desarrollando en un terreno de ladera en la región de Lizapa, Depto. de Francisco Morazán, Honduras. La determinación de las prácticas de conservación de suelo se hizo utilizando la clave dicótoma, desarrollada por la Secretaría de Recursos Naturales de Honduras (Frederick y Pérez, 1986). Las obras mas apropiadas resultaron ser zanjas de ladera, las cuales fueron reforzadas con barreras vivas de las leguminosas leucaena (*Leucaena leucocephala*), madreño (*Gliricidia sepium*) y gandul (*Cajanus cajan*). Las barreras vivas se sembraron al tres-bolillo, en la época de lluvias de 1991, en tramos de 9 m, a lo largo de las zanjas de ladera, a una distancia entre plantas de 50 cm. El diseño experimental fue el de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron: 1) Maíz-madreño, 2) Maíz-leucaena, 3) Maíz-gandul y 4) Maíz fertilizado por el agricultor (control regional). La parcela experimental es de 9x6 m, delimitada arriba y abajo por zanjas de ladera y la barrera viva de la leguminosa respectiva. En 1991 se sembró maíz en las parcelas, pero la fuerte sequía no permitió que el cultivo se desarrolle. Antes de

¹ Trabajo auspiciado por el Proyecto Escuela Agrícola Panamericana (EAP) - República Federal de Alemania, y el Departamento de Agronomía, EAP, El Zamorano, Honduras.

² Estudiante de Ingeniería Agronómica, Profesor Asociado y Asistente de Investigación, respectivamente, Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.

la siembra de maíz, en 1992, se hicieron dos podas a las barreras vivas y la biomasa fue incorporada con piocha en las parcelas respectivas. La preparación del suelo se hizo utilizando el método de labranza mínima continua. La siembra se realizó el 8 de Junio, a una distancia de 90 cm entre surcos y 40 cm entre plantas, dos semillas de maíz (híbrido H-29) por postura. La fertilización para todos los tratamientos fue de 45 kg/ha de 18-46-0 al momento de la siembra. El control recibió una fertilización suplementaria de 45 kg/ha de urea, 30 días después de la siembra. Durante el desarrollo del maíz, se realizó la tercera poda de las barreras y la biomasa fue agregada a ambos lados de los surcos de maíz en forma de mulch. A la cosecha del maíz, se efectuó la cuarta poda de las barreras y la biomasa se incorporó durante la preparación del terreno, para la siembra de frijol (variedad Dorado) en la época de postrera. El frijol se sembró a 8 cm entre plantas, inoculado con la cepa de *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* EAP 0002 (CIAT 899). El inoculante fue preparado en el Laboratorio de Microbiología de Suelos del Departamento de Agronomía. Todos los tratamientos fueron fertilizados con 20 kg/ha de N y 51 kg/ha de P₂O₅, en base a 18-46-0, al momento de la siembra. El control fue suplementado con 45 kg/ha de urea, a los 50 días. Las variables evaluadas fueron producción de biomasa en las barreras vivas, peso fresco y seco de plantas en el maíz y número y peso seco nódulos, peso fresco planta y rendimiento en el frijol. La fertilidad del suelo se monitoreó al inicio del experimento y antes de la primera y segunda siembra.

Resultados y Discusión

Los resultados de la producción de biomasa en las barreras vivas, se encuentran resumidos en la Fig. 1. El análisis de los datos reveló una interacción significativa ($P < 0.01$) leguminosa X tiempo de poda, indicando que la cantidad de biomasa producida en un tiempo determinado depende del género de la leguminosa. El madreado fue muy superior al gandul y leucaena, especialmente en la segunda y tercera poda. La máxima producción se obtuvo en la tercera poda (26.1 kg/18 m de barrera viva), justo en la época de lluvia. La diferencia entre el gandul y a la leucaena fue muy pequeña y ambos siguieron la misma tendencia en crecimiento. Hasta la cuarta poda, el madreado produjo aproximadamente 3 veces más biomasa que el gandul y 5 veces más que la leucaena. Los efectos de la biomasa, incorporada y adicionada en forma de mulch al suelo, sobre el peso fresco y seco de las plantas de maíz, se encuentran resumidos en el Cuadro 1. No se encontraron diferencias en cuanto a estas dos variables entre tratamientos, ni entre tratamientos y el control, pese a que el control recibió una fertilización suplementaria de 45 kg/ha de urea. Las condiciones pobres del suelo, en cuanto a su capacidad de absorción y retención de agua, y la mala distribución de las lluvias no permitieron que el cultivo se desarrolle hasta la madurez fisiológica. Sin embargo, en este año su desarrollo fue mucho mejor que en 1991, año en el cual, el cultivo debido a la sequía alcanzó un nivel de desarrollo del cual no se pudo tomar ningún dato.

Los resultados obtenidos del frijol en la postrera, se encuentran resumidos en el Cuadro 2. Los efectos residuales y la incorporación de la biomasa producida en la cuarta poda, mostró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) solo en cuanto a peso seco de plantas y rendimiento. Los tratamientos con madreaje y leucaena igualaron al control regional. Los resultados más bajos se obtuvieron con el gandul.

El Cuadro 3 contiene los resultados del monitoreo de la fertilidad del suelo bajo este sistema agroforestal. Los cambios de pH y materia orgánica son muy leves. El N total y P muestran un aumento en todos los tratamientos, incluyendo el control. El incremento del N es ligero, pero el del P es considerable. El incremento del P representa una acumulación del fertilizante 18-46-0, aplicado en las siembras anteriores. Debido a la sequía, el desarrollo de los cultivos fue pobre y por lo tanto los nutrimentos del fertilizante, especialmente el P, se acumularon en el suelo en lugar de ser utilizados. En el caso del N, es posible que su incremento no se deba enteramente a este fenómeno y que parte de éste provenga de la biomasa incorporada o aplicada en forma de mulch en los tratamientos. El incremento de N en el control, el cual fue suplementado con 45 kg/ha de urea en cada siembra, es similar al observado en los tratamientos. Por otro lado, los contenidos de K, Ca y Mg muestran una reducción con relación a su contenido inicial. Sin embargo, el tercer análisis, indica que dichos valores tienden a mejorar o al menos a mantenerse constantes. Estos resultados nos permiten concluir que entre las leguminosas estudiadas, el madreaje muestra el mejor potencial para el establecimiento de sistemas agroforestales de propósito múltiple.

Según observaciones visuales realizadas en Febrero 1993, pese a la sequía, el madreaje sigue siendo el mejor y la leucaena está mejor establecida que el gandul. El efecto de la biomasa sobre las características del suelo y la producción de granos básicos aún no se ha podido dilucidar en forma clara, especialmente debido a la sequía, que no permitió un buen desarrollo de los cultivos. Sin embargo, es bien notorio que las condiciones del suelo si están mejorando. Por lo tanto, los efectos de las leguminosas utilizadas en este sistema agroforestal sobre la producción de los granos básicos pronto podrán ser aún más evidentes.

Referencias

- Distéfano, J. 1991. Resumen de artículos presentados sobre sistemas agroforestales. *In* Manejo de suelos tropicales en Latinoamérica. T.J. Smith, W.R. Raun y F. Bertsch (Eds.). Raleigh, N.C. USA. 310 p.
- Frederick, T.; R. Pérez Munguía. 1986. Manual de prácticas de conservación de suelos. Tegucigalpa, Honduras, Secretaría de Recursos Naturales, Honduras. 153 p.

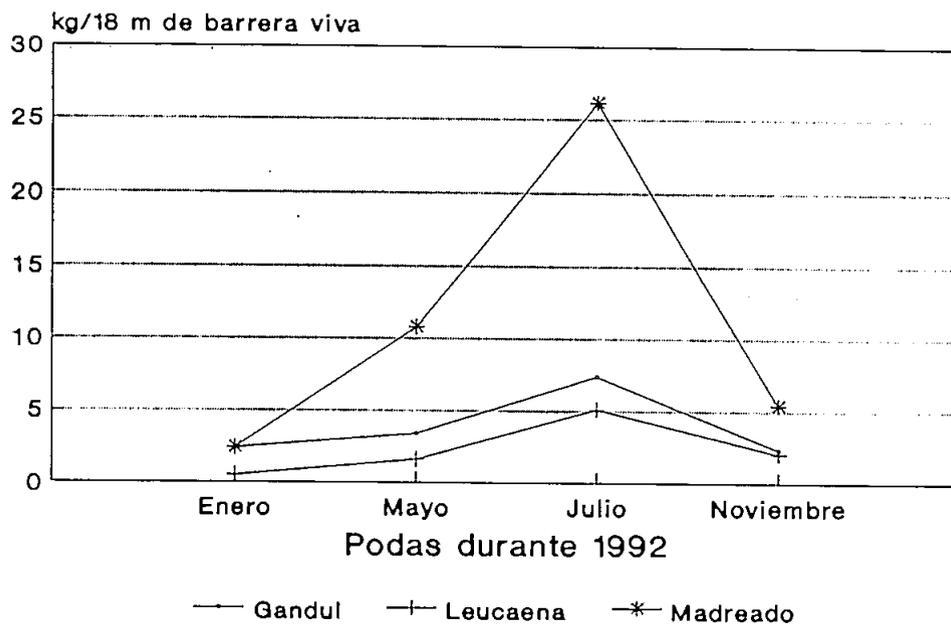


Figura 1. Producción de biomasa por leguminosas establecidas como barreras vivas. Lizapa, Honduras.

Cuadro 1. Efecto de la incorporación al suelo de la biomasa producida por tres leguminosas sobre el crecimiento de maíz. Lizapa, Honduras, 1992.

Tratamientos	Biomasa agregada (kg)	Peso fresco planta/parcela (kg)	Peso seco planta/parcela (kg)
Maíz-Madreado	39.3	14.5	3.7
Maíz-Leucaena	7.2	13.0	3.4
Maíz-Gandul	13.2	7.7	1.9
Control	-	11.4	4.3
Significación		ns	ns

ns No significativo.

Cuadro 2. Efectos de la incorporación al suelo de la biomasa de tres leguminosas sobre nodulación, crecimiento y rendimiento de frijol común. Lizapa, Honduras, 1992.

Tratamientos	Biomasa agregada (kg)	Nº de Nódulos por planta	Peso seco		Rendimiento (g/parcela)
			Nódulos (mg)	planta (g)	
Frijol-Madreado	5.4	15.5	93	33.7a	150.1a
Frijol-Leucaena	2.0	9.0	79	33.6a	116.8ab
Frijol-Gandul	2.3	8.3	40	20.9 b	60.7 b
Control	-	4.2	25	28.7ab	92.7ab
Significación		ns	ns	*	*

* y ns Significativo al 5% y no significativo, respectivamente.

Cuadro 3. Efectos de la incorporación de biomasa de tres leguminosas sobre algunas características químicas del suelo. Lizapa, Honduras, 1992.

Tratamientos	Tiempo	pH (H ₂ O)	M.O. (%)	N total (%)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)
Madreado	Inicial ²	5.4	2.4	0.065	2.1	305	1285	274
	APS	5.5	2.6	0.065	41.6	185	789	196
	ASS	5.0	2.6	0.097	43.7	240	777	216
Leucaena	Inicial	5.4	2.4	0.065	2.1	305	1285	274
	APS	5.5	2.2	0.055	25.7	220	714	239
	ASS	5.1	2.3	0.072	33.4	208	908	258
Gandul	Inicial	5.4	2.4	0.065	2.1	305	1285	274
	APS	5.5	2.3	0.060	28.3	90	769	212
	ASS	5.3	2.5	0.087	59.5	203	725	227
Control	Inicial	5.4	2.4	0.065	2.1	305	1285	274
	APS	5.5	2.3	0.080	28.9	212	847	245
	ASS	5.1	2.5	0.087	27.1	202	863	239

² Antes de la Primera Siembra en 1991.

APS = Antes de la Primera Siembra en 1992.

ASS = Antes de la Segunda Siembra en 1992.

Pérdidas del Suelo y su Fertilidad Bajo dos Prácticas de Conservación de Suelos¹

Robert J. Walle y Silvio E. Viteri²

En Centroamérica la agricultura de ladera contribuye con una parte significativa a la producción agrícola. Para ayudar a los productores, se necesita estudiar los factores de los suelos de ladera que no permiten incrementar y mantener la producción. La erosión es indudablemente el factor más crítico para la degradación de los suelos de ladera. El proceso es selectivo y remueve primero las partículas más finas y más fértiles del suelo. Este efecto se conoce como la relación de erosión (R.E.), la cual se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$R.E. = \frac{\text{Concentración de nutrimentos en el sedimento erosionado}}{\text{Concentración de nutrimentos en el suelo original}}$$

Las prácticas de conservación de suelo que generalmente se utilizan para controlar la erosión, por ejemplo barreras vivas y cultivos de cobertura, necesitan ser evaluadas por su capacidad para controlar la erosión y mantener la fertilidad del suelo.

Materiales y Métodos

El experimento se efectuó en Lizapa, Departamento de Francisco Morazán, Honduras, con el objeto de estudiar el efecto de la erosión sobre la fertilidad del suelo bajo dos prácticas de conservación. El diseño experimental empleado fue bloques completos al azar con tres tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos incluidos fueron barrera viva (*Gliricidia sepium*), cultivo de cobertura (*Canavalia ensiformis*), y un testigo. La preparación de las parcelas se realizó utilizando el sistema de labranza mínima continua. El suelo erosionado de las parcelas experimentales fue recolectado siguiendo la descripción de Dunne (1977) y analizado por su contenido de P, K, Ca y Mg disponibles, carbón orgánico total (COT) y nitrógeno total. Para el P, K, Ca y Mg se utilizó la solución extractora Mehlich-I, para el COT el método Walkey y Black y para el N el método de micro-Kjeldahl. El suelo original fue analizado utilizando los mismos métodos.

¹ Trabajo realizado como parte de la tesis de Maestría del primer autor, en colaboración con el Centro de Agricultura Tropical de la Universidad de Florida, Gainesville, Florida.

² Estudiante de Maestría, Universidad de Florida, y Profesor Asociado, Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se muestran las pérdidas del suelo bajo los tres tratamientos. Hubo una diferencia significativa entre las prácticas de conservación de suelo y el control. La cantidad de suelo erosionado fue significativamente mayor en el control que en los tratamientos. No hubo diferencia entre las dos prácticas. La pérdida de suelo no fue muy alta debido a que las recolecciones de sedimento se hicieron durante solo seis semanas. Además el suelo presentaba ya un estado de degradación muy severo. Prueba de esta evidencia es la alta cantidad de grava que se encuentra en la superficie. La labranza mínima ayudó obviamente a controlar la erosión, lo cual está de acuerdo con los resultados reportados por Gumbs y Lindsay (1982).

En el Cuadro 2 se presenta la relación de erosión entre el contenido de nutrientes y COT en el sedimento y el del suelo original. En general, la concentración de nutrientes y COT en el sedimento fue más alta que en el suelo original. En cuanto al N y COT, hubo diferencias entre los tratamientos y el control. Una de las causas de esta diferencia fue la aplicación de la biomasa de la barrera viva y del cultivo de cobertura en forma de mulch. En las parcelas, el suelo aún formó una capa impermeable y la escorrentía arrastró parte de la biomasa de *Gliricidia sepium* y *Canavalia ensiformis* que fue agregada a la superficie del suelo. El material vegetal es más rico en nutrientes que el suelo y la inclusión de esta biomasa en el sedimento causó la diferencia altamente significativa entre las prácticas de conservación de suelo y el control.

En cuanto a la R.E., la relación lineal entre la R.E. y la cantidad de erosión fue calculada resultando la ecuación $Y = 2.79 - 0.44X$ ($r=0.61^{**}$), donde Y = la R.E. y X = la cantidad de erosión. Según el análisis, 36% de la variación en la R.E., para todos los nutrientes, se debe a la cantidad de erosión. El otro 64% de la variación se debe posiblemente a las propiedades de los nutrientes y al efecto de los tratamientos.

El establecimiento de barreras vivas de *Gliricidia sepium* o *Canavalia ensiformis* como cultivo de cobertura es una práctica de conservación efectiva para reducir la erosión. Bajo las condiciones del suelo utilizado, al igual que en los resultados de Maas et al. (1988), la aplicación de biomasa en forma de mulch ayudó al control de erosión; aunque parte de su contenido de nutrientes se perdió por el efecto de la escorrentía. Este efecto irá disminuyendo a medida que el sistema se establezca con éxito en el campo.

Cuadro 1. Cantidad (Mg ha^{-1}) de sedimento proveniente de las parcelas experimentales.

Práctica de conservación de suelo	Cantidad de sedimento erosionado
Barrera viva (<i>Gliricidia sepium</i>)	1.17 ^a
Cultivo de cobertura (<i>Canavalia ensiformis</i>)	1.94 ^a
Control	3.42 ^b

Promedios con las mismas letras no difieren estadísticamente según la prueba de separación de medias de D.M.S. ($P \leq 0.05$).

Cuadro 2. Relación de erosión para el contenido de nutrimentos y de carbono orgánico total (COT).

Nutrimento	Barrera viva (<i>Gliricidia sepium</i>)	Cultivo de cobertura (<i>Canavalia ensiformis</i>)	Control
N	2.04 ^a	1.91 ^a	0.96 ^b
P	3.01 ^{ns}	2.17 ^{ns}	1.49 ^{ns}
K	2.02 ^{ns}	1.18 ^{ns}	1.06 ^{ns}
Ca	2.45 ^{ns}	2.42 ^{ns}	1.26 ^{ns}
Mg	2.47 ^{ns}	2.22 ^{ns}	1.20 ^{ns}
COT	2.01 ^a	1.76 ^a	0.94 ^b

Promedios seguidos de las mismas letras en una línea no difieren estadísticamente según la prueba de separación de medias de DMS ($P \leq 0.05$).

Referencias

- Dunne, T. 1977. Evaluation of erosion conditions and trends. pp 53-83. Guidelines for watershed management. FAO Conservation Guide 1. FAO, Rome.
- Gumbs, F.A. and J.I. Lindsay. 1982. Runoff and soil loss in Trinidad under different crops and soil management. Soil Sci. Soc. Am. J. 46:1264-1266.
- Mass. J.M., Jordan, C.F., and J. Sarukhan. 1988. Soil erosion and nutrient losses in seasonal tropical agroecosystems under various management techniques. Journ. Appl. Ecol. 25:595-607.

Análisis Preliminar de los Ensayos de Fertilización Llevados a Cabo en el Departamento de Agronomía durante 1987-1991

Ana Margoth Andrews y Walter Barahona¹

El Zamorano ha extendido su posesión de tierras en los últimos años; debido a ésto en la actualidad no se conoce el estado de fertilidad de algunos de estos suelos. El conocimiento de la fertilidad junto a otras características de suelo y del ambiente son muy importantes para conocer el potencial de producción de cultivos de estos suelos.

Durante los últimos cinco años se ha documentado en forma formal la investigación realizada en el Departamento de Agronomía. En este documento se analiza la información de 26 trabajos de investigación sobre fertilización que comprenden un total de 32 ensayos. La mayoría son trabajos de tesis de estudiantes del Programa de Ingeniero Agrónomo (PIA), como también otros trabajos incluidos en el Informe Anual de Investigación (IAI) del Departamento de Agronomía de la Escuela Agrícola Panamericana. Dichos informes se comenzaron a publicar en 1989.

La distribución de los terrenos se muestra en el Cuadro 1. El 65.6% de los ensayos de fertilización se han llevado a cabo en las Terrazas de Agronomía, seguidos por la Vega 1 (9.4%). Los demás fueron realizados en otras áreas como San Nicolás (las Chorreras), Colindres y Zorrales. Uno de los ensayos fue realizado en Santa Inés, una área relativamente nueva a la Escuela. El 12.5% de los trabajos de investigación no reportan donde fueron llevados a cabo.

Cuadro 1. Localización de los ensayos de fertilización conducidos en la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, durante el período de 1988-91. Número de ensayos entre paréntesis.

Terraza 1(2), Terraza 4(1), Terraza 7(3), Terraza 9(3), Terraza 10(1), Terraza 12(3), Terraza 15(7), Terraza 27(1), Vega 1(3), Zorrales, Colindres, Las Chorreras y Santa Inés(1), sin localización (4).

En cuanto a los análisis de suelos de estos ensayos de campo, 28 de los 32 (87.5%) reportan análisis de suelo. Los suelos dentro del valle varían de textura entre franco a franco arcillo-arenoso. La mayoría de las terrazas de Agronomía fueron reportadas de textura franco a franco-arenoso. Solamente la terraza 1 fue reportada una vez como franco arcillo-arenoso. Colindres fue reportada con textura franco-arcillosa y la zona de Zorrales como franca. En Santa Inés no se reportó análisis de textura.

En cuanto a la acidez del suelo, el 32.1% de los suelos son fuertemente ácidos, el 14.3% son ligeramente ácidos y el 42.9% son moderadamente ácidos.

¹ Profesor Asociado y estudiante del Programa de Ingeniero Agrónomo, Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.

Tres trabajos (10.7%) no reportaron análisis de acidez (Cuadro 2).

Cuadro 2. Clasificación de los suelos donde se han realizado ensayos de fertilización del Departamento de Agronomía según resultados de acidez.

Acidez			
Fuerte (5.1-5.5)	Ligera (5.6-5.9)	Moderada (6.0-6.5)	No reporta
9 (32.1%)	4 (14.3%)	12 (42.9%)	3 (10.5%)

En el Cuadro 3 se observan que en la mayoría de los casos el N se reportó a niveles medios (71.4%). Solamente en dos casos (7.2%) se reportó alto y en cuatro casos (14.2%) se reportó bajo. Similarmente, los niveles de materia orgánica de estos terrenos se reportaron principalmente como medios (60.7%). Solamente cinco suelos (17.9%) fueron reportados bajos en materia orgánica.

Los niveles de P fueron reportados en un amplio rango que va desde extremadamente bajo (Santa Inés) hasta alto. Se ha podido observar que el nivel natural (sin disturbar) de P de los suelos en el Valle de Zamorano son bajos en P. Los niveles medios y altos observados en los resultados de análisis de suelos se debe a la acumulación del P aplicado por varios años. La variabilidad de los contenidos de P aún dentro de una misma terraza fue reportada en tres trabajos. Los resultados muestran que el 39.3% de los suelos son bajos, 25% son medios y 21.4% son altos en P.

El K de los suelos de estos ensayos fue reportado alto en su mayoría (60.7%), excepto en dos casos en que fue reportado medio (32%) y otro caso que salió extremadamente alto. Este valor último se cree que se debe a aplicaciones de potasio hechas en años anteriores.

El Ca no fue reportado en la mayoría de los análisis. Por otro lado, solamente tres trabajos reportan análisis de micronutrientes.

Cuadro 3. Clasificación de suelos donde se han realizado ensayos de fertilización según los resultados de análisis de nitrógeno, materia orgánica, fósforo, potasio y calcio.

Determinación	Nivel				No reporta
	Ext.bajo	Bajo	Medio	Alto	
Nitrógeno		4	20	2	2
Materia orgánica		5	17	1	5
Fósforo	1	11	7	6	2
Potasio		1	2	17	9
Calcio			2	1	25

En cuanto a la distribución del número de ensayos, la mayoría de trabajos (65.6%) reportados son el resultado de un solo ensayo en el campo. Solamente cuatro de los trabajos (12.5%) reportan haber realizado el ensayo dos veces, por lo general en primera y postrera. Un trabajo fue repetido tres veces con algunas variantes cada vez (Cuadro 4).

Los ensayos de fertilidad fueron enfocados mayormente a frijol (37.5%), maíz (25%), sorgo (12.5%) y soya (12.5%). Entre los tópicos de los trabajos de fertilidad, un 25% de los trabajos fueron realizados sobre la interacción de N por P en varios cultivos. Todos los demás tópicos fueron estudiados una vez, excepto cuando se estudió la interacción de N con inoculación y regímenes de humedad en frijol que se reportan tres ensayos (9.4%). Cuando se estudió la interacción de N con P e inoculación y la interacción de P con Ca y fertilización, se realizaron dos veces cada uno (6.3%).

Cuadro 4. Tópicos estudiados por cultivo y número de ensayos.

Tópico	Cultivo (número de ensayos)
Nitrógeno con genotipos	Sorgo (2)
Nitrógeno con P	Maíz (2), frijol (2), sorgo (1), arroz (1), soya (2)
Nitrógeno con P e inoculación	Frijol (2)
Nitrógeno con inoc. y genotipos	Frijol (1)
N, inocul., genotipo y humedad	Frijol (3)
Nitrógeno y sequía	Frijol (1)
Nitrógeno sintético vs orgánico	Maíz (1)
Fuentes de N	Maíz (1)
Fósforo y Ca	Sorgo (1), soya (1)
Fósforo con Ca y Mo	Frijol (2)
Fertilizante líquido Biofix-gro	Arroz (1)
Forma aplicación P	Maíz (1)
Densidad con Ca y fertilización	Maíz (1), leguminosas (1)
Dosis y fraccionamiento N	Maíz (1)
Dosis y fuentes de N	Maíz (1)
Dosis N con densidades de siembra	Triticale (1)
Dosis N, mét., Ca y fertilización	Maíz (1)
Epocas, fert., inoc., trat. sem.	Soya (1)
Genotipos y manejo del cultivo	Frijol (1)

En cuanto a la respuesta a la fertilización, la mayoría de ensayos (59.4%) muestran respuestas no significativas a los tratamientos con fertilizantes. Una de las explicaciones de esta falta de respuesta expresadas más comúnmente por los investigadores (18.8%), es que la fertilidad de los suelos en donde se realizaron los ensayos no fue limitante en los elementos en estudio. Tres trabajos fueron presentados sin análisis estadístico, mostrándose solo las tendencias de respuesta, lo cual los hace más difíciles de interpretar (Cuadro 5).

Cuadro 5. Resultados de los ensayos de fertilidad

Cultivo	Significativo	N.S.	Sin análisis estadístico
Frijol	5	7	0
Leguminosas (4)	0	1	-
Maíz	3	5	-
Sorgo	1	1	2
Arroz	1	1	-
Soya	0	3	1
Triticale	0	1	-

Conclusiones

Los ensayos de fertilidad del Departamento de Agronomía se han llevado a cabo más que todo en la terrazas de Agronomía. Los suelos estudiados tienen un pH (acidez) que oscila entre 5.1 a 6.5. Los suelos en su mayoría presentan niveles medios de N y materia orgánica. Son bajos en P y presentan niveles altos de K. Los otros elementos fueron escasamente reportados. En general, los análisis fueron más enfocados en N, pH, materia orgánica, P y K.

Los ensayos fueron mayormente enfocados hacia maíz y frijol. Varios de estos trabajos fueron sobre la interacción de N por P en los granos básicos (maíz, frijol, soya, arroz y sorgo).

La mayoría de los ensayos no obtuvieron respuesta a los tratamientos de fertilizantes. A pesar de haberse reportado los análisis de suelo en 28 de los 32 ensayos, aparentemente, no se tomaron en cuenta los resultados de análisis para determinar los niveles de los elementos a estudiar, ni se seleccionó el terreno adecuado para ensayos de fertilidad de suelos. En seis de los ensayos se menciona que la fertilidad del suelo no era limitante para el cultivo.

La falta de respuesta a los fertilizantes puede ser debida a varias causas, entre ellas se mencionan dos, las cuales pueden ser las más probables:

La primera se refiere a los análisis de suelos. Después de revisar los libros de datos de laboratorio y en comunicación con personal del laboratorio se llegaron a algunas conclusiones. Se ha observado que muchos de estos ensayos se basaron en análisis realizados anteriormente y que muchas veces no reflejaban los niveles de los nutrimentos durante la época del ensayo. Es decir, en algunos casos no se hacían análisis específicos para cada ensayo. Por otro lado, en un ensayo realizado en arroz con el fertilizante Biogrow, los análisis se hicieron por parcela. Hasta agosto de 1992 los análisis de pH, N, materia orgánica y textura eran realizados por los estudiantes del módulo. Esto podría dar lugar a frecuentes equivocaciones de cálculo, tal como lo pudimos comprobar en una tesis que tenía datos muy altos de materia orgánica.

La segunda es en relación a la selección del lugar para el ensayo. En varios de estos ensayos se hicieron los análisis de

suelo después de haber sembrado el ensayo. Es decir, después de haber decidido los niveles, no tomándose en cuenta si había suficiente o no de los elementos estudiados en el suelo.

Recomendaciones

Al hacer un ensayo de fertilidad, se debe seleccionar terrenos en donde no se hayan llevado a cabo otros ensayos de fertilidad, ya que estos deben de estar en terrenos que sean lo más uniformes posibles. Adicionalmente, al montar un ensayo debe de hacerse un análisis de suelo por parcela antes de la siembra y basarse en éste, ya que los niveles en el suelo afectan los ensayos de fertilización así como también cualquier otro ensayo posterior si le agregan cantidades altas de fertilizante.

Referencias

- Auhing S., J.I. 1989. Evaluación de diferentes dosis y épocas de aplicación de nitrógeno y métodos de colocación de fósforo sobre el rendimiento de maíz en El Zamorano. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 58 pp.
- Batres, J. 1988. Evaluación del efecto de la dosis de nitrógeno utilizando urea y sulfato de amonio sobre el rendimiento del maíz en El Zamorano. Tesis Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 41 pp.
- Díaz R., O.G. 1991. Efecto del fertilizante Biofix-gro en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) y en las características químicas y microbiológicas del suelo. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano. Honduras. 47 pp.
- Guerrero, E., J.H. 1988. Estudio de potencial de rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en Honduras. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 44 pp.
- Hernández, R., R.A. 1992. Efectos de los fertilizantes nitrogenados sintéticos y naturales en las características y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Ingeniero Agrónomo, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras, 51 pp.
- Moreira, D. 1987. Evaluación de niveles de nitrógeno y densidades de siembra en cuatro genotipos de triticale. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 41 pp.
- Olivera Z, O.L. 1990. Efecto de la fertilización fosforada y el encalamiento en la nodulación y el rendimiento de la soya. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 42 pp.

- Quillupangui G., G. 1989. Efecto de la sequía y aplicación de nitrógeno inorgánico en la fijación biológica de nitrógeno y rendimiento en dos especies de *Phaseolus*. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 62 pp.
- Robleto, E. 1988. Efecto de la fertilización de calcio, fósforo y molibdeno en la fijación de nitrógeno y rendimiento en el frijol común. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 52 pp.
- Rosas, J.C. (ed.) 1989. Reporte Anual de Investigación, Volumen 1. Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 78 pp.
- Rosas, J.C. (ed.) 1990. Informe Anual de Investigación, Volumen 2. Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 102 pp.
- Rosas, J.C. (ed.) 1991. Informe Anual de Investigación, Volumen 3. Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 69 pp.
- Rosas, J.C. (ed.) 1992. Informe Anual de Investigación, Volumen 4. Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 128 pp.
- Suárez, G.P. 1990. Evaluación de niveles de fertilización, densidades de siembra y uso de herbicidas en dos variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) 73 pp.
- Talavera F., M.A. 1991. Eficiencia de los sorgos Sureño e Isiap Dorado en el uso de nitrógeno durante la primera y postrera. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 28 pp.
- Vargas R. G. D. 1990. Efecto de época de siembra, fertilización, inoculación y tratamiento de la semilla en el comportamiento de dos líneas de soya. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 68 pp.
- Wong Chang, I.A. 1992. Efecto de la fertilización con nitrógeno y fósforo sobre la fijación de nitrógeno y rendimiento en frijol común. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 73 pp.

Potencial del Compost para la Preparación de Inoculantes para Leguminosas

Silvio E. Viteri y Oscar E. Cosenza¹

Los primeros inoculantes artificiales fueron preparados en base a medio de cultivo líquido y pese a los resultados frecuentemente insatisfactorios su uso se propagó con el correr del tiempo. Sin embargo, estudios posteriores pronto demostraron que inoculantes preparados a base de turba eran muy superiores a los medios de cultivo líquido (Burton y Curley, 1965). Desde entonces, aunque muchos materiales han sido probados, la turba siempre ha dado los mejores resultados. El problema es que es difícil encontrar turba en las regiones tropicales. Por tal razón, siempre ha existido entre los investigadores la curiosidad de buscar otras alternativas para la producción de inoculantes. Este reporte contiene los resultados de un estudio que se efectuó en el Laboratorio de Microbiología de Suelos, con el fin de probar si el compost que se prepara en el Departamento de Agronomía podría ser también utilizado para la producción de inoculantes para leguminosas.

Materiales y Métodos

Una muestra representativa del compost, preparado en el Departamento de Agronomía, fue utilizada para este estudio. Según el análisis, el compost tenía la composición química siguiente: pH 6.63, M.O. 15.8%, N (total) 0.86%, P 875 ppm, K 4772 ppm, Ca 7524 ppm y Mg 1396 ppm. El material utilizado como patrón de comparación fue la turba del Monte Uyuca, la cual ha sido utilizada para este fin. Los tratamientos establecidos fueron: 1) Compost, 2) Turba, 3) Compost: turba 1:1, 4) Compost:turba 2:1 y 5) Compost:turba 3:1. Las cepas incluidas fueron la de *Rhizobium leguminosarum* bv *phaseoli* EAP 0002 (CIAT 899) y la de *Bradyrhizobium japonicum* EAP 1001 (USDA 110). Tres bolsas de polietileno con 250 g del material respectivo fueron preparadas para cada tratamiento. El material para cada tratamiento primero fue tratado con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ al 2%, luego llevado a 35% de humedad con agua destilada estéril y finalmente incubado a temperatura ambiente por 4 semanas. El diseño experimental fue completamente al azar con 3 repeticiones. Las variables determinadas fueron: 1) pH (1:1), durante el período de incubación y desarrollo del experimento y 2) el número de células por gramo de inoculante por medio de los métodos de la gota en platos (Somasegaran y Hoben, 1985) y el número más probable (NMP) (Weaver y Frederick, 1972). Para el conteo de células se tomó mensualmente una muestra representativa y se preparó una serie de diluciones desde 10^{-1} hasta 10^{-8} . Para el método de la gota se utilizaron cajas petri con medio a base de agar, levadura, manitol y congo rojo y las diluciones 10^{-5} hasta 10^{-8} , y para el NMP plantas de frijol y soya inoculadas con las diluciones 10^{-6} hasta 10^{-8} . La

¹ Profesor Asociado y Asistente de Investigación, Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.

población inicial se determinó en los medios de cultivo líquido utilizando el método de la gota.

Resultados y Discusión

El pH inicial del compost (8.3) fue relativamente alto, pero durante los seis meses del experimento bajó aproximadamente una unidad. El pH inicial de la turba (6.6) fue el más bajo, pero su descenso hasta el sexto mes fue solo de 0.4 unidades. En general el pH en todos los tratamientos se mantuvo dentro de los niveles ideales para el crecimiento y sobrevivencia de ambas cepas. Las Figuras 1 y 2 muestran los resultados de la sobrevivencia de la cepa EAP-0002, durante 6 meses, después de su introducción en los diferentes tratamientos, a una población inicial de 6.33×10^8 células/g de inoculante, obtenidos con el método de la gota y el NMP, respectivamente. El Cuadro 1 resume los datos sobre la sobrevivencia de la cepa EAP-1001, en los mismos tratamientos. Estos resultados indican que la sobrevivencia de las dos cepas en todos los tratamientos fue muy buena. El método de la gota en ambos casos reveló poblaciones más altas que el método del NMP. El hecho que los dos materiales de transporte utilizados no fueron esterilizados, conlleva a la posibilidad de que con el método de la gota se cuenten colonias de bacterias que no son rhizobios y por lo tanto resulte con poblaciones más altas de las que en realidad existen. Por tal razón, se utilizó también el método del NMP (7), el cual además de identificar al rhizobio entre otras bacterias, por su habilidad para formar nódulos con su hospedero específico (Brockwell, 1963), permite estimar la densidad de su población viable. Este método también tiene sus desventajas ya que se basa en dos suposiciones que, en la realidad, generalmente no se cumplen (Woomer et al., 1988). Sin embargo, éstos son los métodos que generalmente se utilizan en este tipo de estudios y el uno sirve de complemento del otro.

Por medio de estos dos métodos, encontramos que el compost es un material que bien puede ser usado como agente transportador del rhizobio en la preparación de inoculantes. Durante los seis meses, la densidad de población en todos los tratamientos fluctuó entre 10^7 y 10^8 células/g, según los dos métodos. Los resultados que se muestran en las Fig. 3 y 4 ilustran esta observación. Estas densidades de población están por encima de las mínimas exigidas para la producción comercial de inoculantes ($> 10^6$ células por g) (Paczkowski y Berryhill, 1979). Además, el análisis estadístico de los resultados obtenidos a los seis meses no mostraron diferencias significativas entre tratamientos. Esto indica que cualquiera de los tratamientos utilizados puede ser empleado para la producción de inoculantes. En base a lo anterior se concluye que el compost si es una buena alternativa para la turba en la producción de inoculantes. Sólo queda por probar su facilidad de adherencia a la semilla, lo cual es de mucha importancia para su uso práctico.

Referencias

- Burton, J.C. y R.L. Curley. 1965. Comparative efficiency of liquid and peat-base inoculants on field-grown soybeans (*Glycine max*). *Agronomy Journal*, 57:379-81.
- Brockwell, J. 1963. Accuracy of a plant-infection technique for counting populations of *Rhizobium trifolii*. *Appl. Microbiol* 11:377-383.
- Paczkowski, M.W. y D.L. Berryhill. 1979. Survival of *Rhizobium phaseoli* in coal-based legume inoculants. *Appl. Environ. Microbiol.* 38:612-615.
- Somasegaran, P y H.J. Hoben. 1985. Methods in Legume-Rhizobium technology. University of Hawaii NIFTAL Project and MIRCEN. Hawaii.
- Weaver, R.W. y L.R. Frederick. 1972. A new technique for most-probable number counts of rhizobia. *Plant Soil* 36:219-222.
- Woomer, P.L., P.W. Singleton y B.B. Bohlool. 1988. Reliability of the Most-Probable-Number technique for enumerating rhizobia in tropical soils. *Appl. Environ. Microbiol.* 54:1494-1497

Cuadro 1. Sobrevivencia (células/g x 10⁷) de la cepa EAP 1001 (USDA 110) en los tratamientos con compost y/o turba utilizados para la producción de inoculantes^z

Tratamiento	Población Inicial	Mes					
		1	2	3	4	5	6
<u>Método de la gota</u>							
Compost	56.7	15	52	ND	33	ND	14
Turba	56.7	23	10	ND	15	ND	7
C:T (1:1)	56.7	26	18	ND	26	ND	13
C:T (2:1)	56.7	102	17	ND	16	ND	18
C:T (3:1)	56.7	20	47	ND	28	ND	17
<u>Número más probable</u>							
Compost	56.7	ND	2.6	ND	2.1	ND	1.6
Turba	56.7	ND	12.3	ND	8.7	ND	5.1
C:T (1:1)	56.7	ND	11.8	ND	8.0	ND	4.2
C:T (2:1)	56.7	ND	1.1	ND	0.7	ND	0.5
C:T (3:1)	56.7	ND	2.2	ND	1.2	ND	0.3

^z Promedio de tres repeticiones

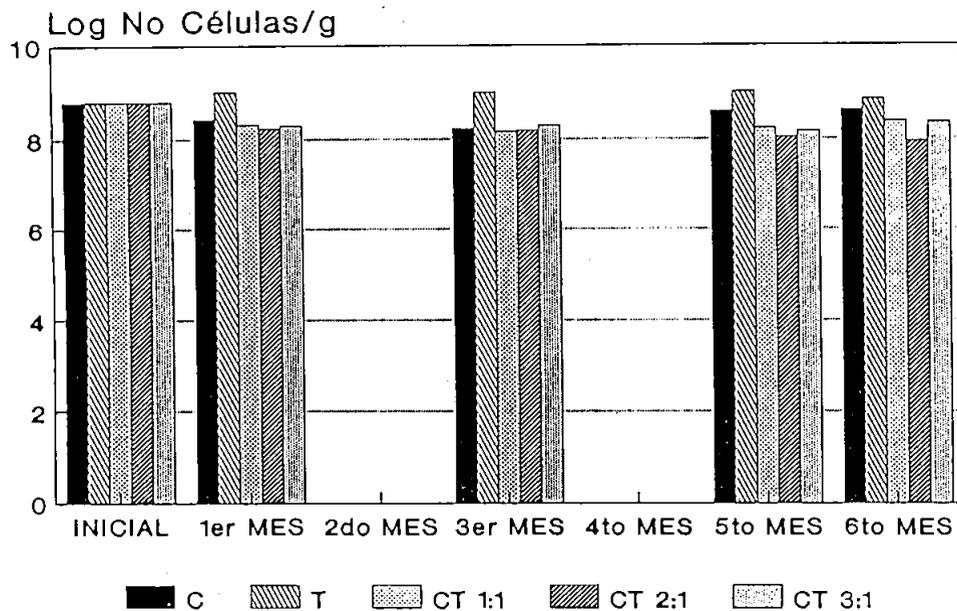


Figura 1. Sobrevivencia de la cepa EAP-0002 (CIAT 899) en compost y/o turba determinada por el método de la gota. Tratamientos: C, compost; T, turba; CT, mezcla compost turba.

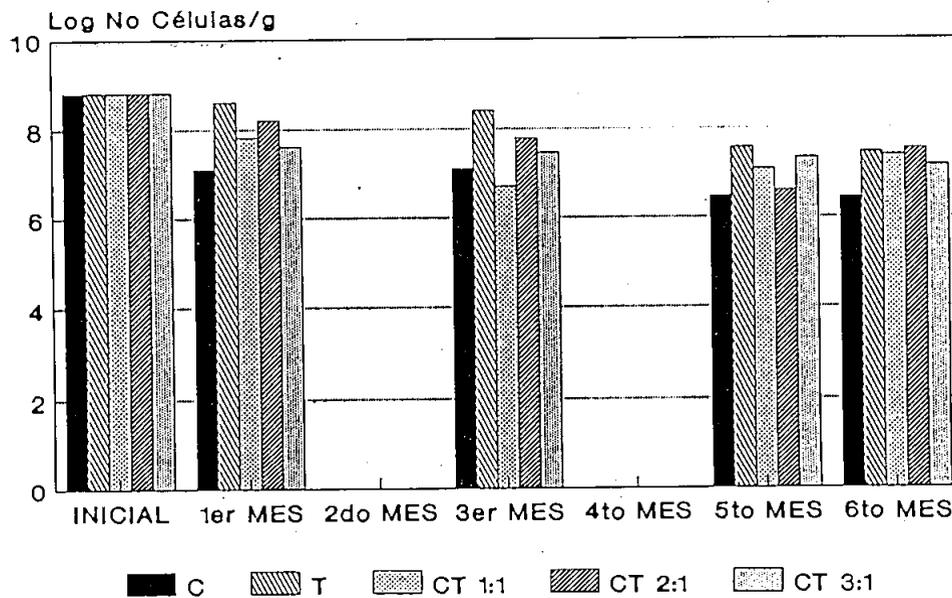


Figura 2. Sobrevivencia de la cepa EAP-0002 (CIAT 899) en compost y/o turba determinada por el método del Número Más Probable.

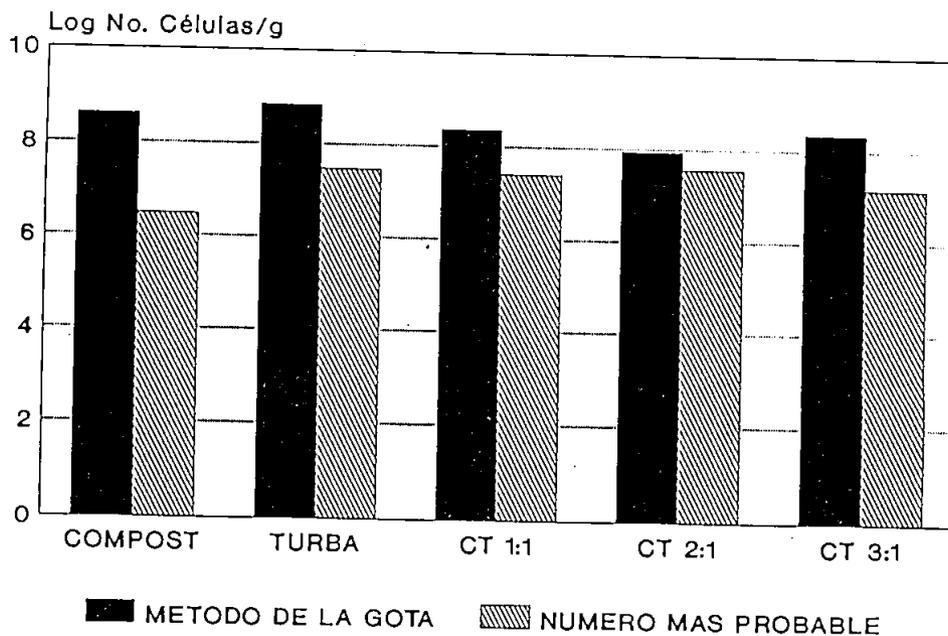


Figura 3. Sobrevivencia de la cepa EAP-0002 (CIAT 899), seis meses después de su introducción en los tratamientos, determinada por dos métodos diferentes.

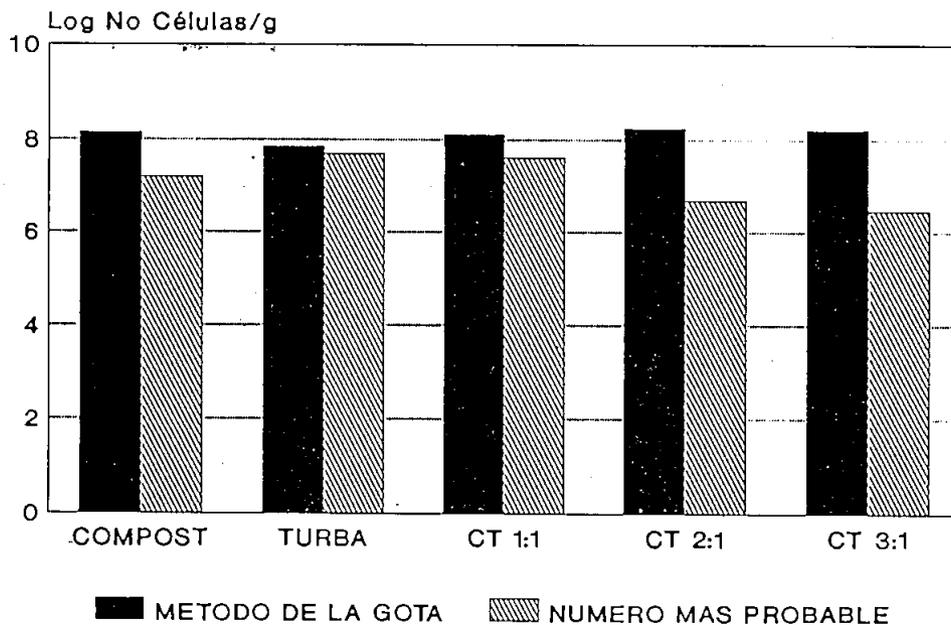


Figura 4. Sobrevivencia de la cepa EAP-1001 (USDA 110), seis meses después de su introducción en los tratamientos, determinada por dos métodos diferentes.

Germinación Asimbiótica de Embriones de Algunas Especies e Híbridos de Orquídeas

José L. Linares y Juan José Alán¹

La reproducción comercial de orquídeas es difícil, ya que sus semillas no pueden germinar cuando se usan métodos de siembra tradicionales. Las semillas (embriones) son muy pequeñas y contienen poco o ningún endosperma o reserva alimenticia, por lo que necesitan la acción de un hongo que digiera la cubierta seminal y proporcione carbohidratos, por lo menos en la etapa inicial, hasta que la planta se convierta en autótrofa. A esta germinación con auxilio de hongos, principalmente del género *Rizoctonia*, se le llama germinación simbiótica. El reducido tamaño de los embriones, algunos apenas están compuestos de unas 100 células no diferenciadas, hace muy posible que las semillas se pierdan si se siembran *in vivo*. Sus limitadas reservas alimenticias hacen improbable su supervivencia. La germinación tiene muchas más posibilidades de éxito *in vitro*. En el caso de algunos géneros se puede obtener hasta un 100% de germinación, usando el medio de cultivo adecuado (Pierik, 1990).

La germinación y el desarrollo tienen lugar mucho más rápidamente *in vitro*, ya que se realiza en un ambiente acondicionado y sin competencias de hongos o bacterias (Pierik, 1990). Además, el cultivo de semillas inmaduras (embriones) supone un acortamiento considerable en el ciclo de producción comercial de orquídeas.

Dadas las dificultades existentes en la multiplicación de éstas, los descubrimientos hechos por Knudson en 1922 produjeron una verdadera revolución. Knudson trabajó con semillas de varios híbridos de *Cattleya* y encontró que germinaban fácilmente en frascos de cristal con medios nutritivos compuestos de agar, macro y micronutrientes. Esta germinación tenía lugar en ausencia del hongo, por lo que se llamó germinación asimbiótica o germinación no-simbiótica. A partir de este descubrimiento se pudieron cultivar miles de plantas de una sola cápsula o fruto, en lugar de las 10 ó 15 que se podían obtener de la siembra *in vivo* (Knudson, 1922).

Los descubrimientos de Knudson abrieron una amplia gama de posibilidades a los orquídeófilos y cultivadores. Esto hizo que las plantas fueran más accesibles a más gente y que se pudiera explorar el prometedor campo de la hibridización. Hay en la literatura especializada muchos informes sobre la propagación de híbridos y especies a través del cultivo *in vitro* de embriones (Houck, 1979; Flameé, 1978; Sauleá, 1976; Ichihashi, 1990; Nagashima, 1989).

En el Laboratorio de Cultivo de Tejidos de la Escuela Agrícola Panamericana se cultivaron *in vitro* embriones de seis especies y siete híbridos de orquídeas (Cuadro 1), de acuerdo con las recomendaciones que se hacen en la literatura.

¹ Estudiante de Ingeniería Agronómica y Profesor Asociado, Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.

Materiales y Métodos

Para la producción de semillas, tanto de híbridos como de especies, se hicieron polinizaciones manuales, se usó una aguja para remover los polinios del progenitor masculino y colocarlos en el estigma del femenino. La obtención de los embriones viables varió entre dos y once meses. Los frutos o cápsulas fueron cosechadas cuando alcanzaron el 80% de su madurez. Las cápsulas se lavaron con jabón comercial y abundante agua de la llave para quitar el polvo y otros residuos. Se esterilizaron en etanol al 95% durante un minuto, luego en hipoclorito de calcio al 1% durante 20 minutos e inmediatamente después en hipoclorito de sodio al 2% durante 20 minutos. A ambas soluciones se les agregó cinco gotas del dispersante Tween 80.

Después, en la cámara de flujo laminar, se enjuagaron tres veces con agua bidestilada estéril. Las cápsulas fueron cortadas en cuatro o cinco secciones longitudinales con la ayuda de pinzas y bisturíes. Se extrajeron numerosas semillas de cada sección y se sembraron en frascos de Mason con 100 ml de medio. Se usaron dos medios de cultivo (Cuadro 2), el de Murashige y Skoog (MS) (1962) y el de Knudson C modificado (1946). No se usaron reguladores de crecimiento. El pH de los medios fue ajustado a 5.8 para MS y a 5.5 para Knudson C modificado. Se esterilizaron en un autoclave a 1.06 kg de presión por cm^2 durante 20 minutos. Los cultivos se trasladaron inmediatamente después de realizados a una cámara de crecimiento a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, a una intensidad lumínica de 2000 lux con un fotoperíodo de 16 horas.

Resultados

Todos los cultivos en ambos medios tuvieron una germinación cercana al 100%. La germinación se definió como la formación de protocormos con un primordio foliar. En el proceso de germinación se observó un enverdecimiento de los embriones dos semanas después de la siembra. Aproximadamente un mes después del cultivo, hubo un aumento progresivo de tamaño que culminó con la formación de protocormos perfectamente distinguibles a simple vista. A partir del primer mes los protocormos se subcultivaron varias veces dependiendo del tamaño, el que varió dependiendo de la especie o híbrido. En promedio fueron subcultivados cada dos meses. Después de un año de cultivo, las plántulas tenían el tamaño adecuado para ser transplantadas a los maceteros comunitarios en invernadero. Se observó en los protocormos de *Oncidium ampliatum*, *Cattleya guatemalensis* e híbridos de *Encyclia*, la formación de callos que después producían gran cantidad de protocormos los cuales desarrollaban plántulas.

Discusión

Los resultados indican que las técnicas de rescate de embriones o la germinación asimbiótica de semillas, es un método exitoso para la propagación sexual de orquídeas y la obtención de gran cantidad

de material híbrido, que puede ser utilizado como base de un proceso de selección de clones de gran valor comercial. En Tailandia, todas las orquídeas para exportación son obtenidas a través de la siembra de embriones de híbridos (Fitch, 1992). Este país exporta gran cantidad de flores de corte a Europa y Japón. Las plantas son producidas localmente usando técnicas artesanales de siembra de embriones (Arthayukti, 1992).

Estas técnicas se pueden usar para la conservación de especies que se encuentren en peligro de extinción, así como para preservar la variabilidad genética de éstas. Rubluo et al. (1989) informan haber conseguido la reintroducción de *Bletia urbana* en su hábitat natural, en México, usando plántulas provenientes de la germinación de embriones *in vitro*. Indudablemente, uno de los casos más famosos de reintroducción es el de *Epidendrum ilense*, especie ecuatoriana extremadamente rara y con un hábitat casi totalmente destruido. Después de varios intentos de autopolinización se pudo obtener una cápsula con semillas viables que fueron cultivadas *in vitro* produciendo algo de diversidad genética. Una población de *E. ilense* ha sido reintroducida en el ambiente silvestre en Ecuador (Christenson, 1989)

Cuadro 1. Especies e híbridos de orquídeas cultivadas *in vitro*. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras (1991-1993).

Especies

Cattleya skinneri Batem
Cattleya aurantiaca (Batem. ex Lindl.) P.N. Don.
C. aurantiaca var. *flava*
Oncidium ampliatum Lindl.
Rhyncholaelia digbyana (Lindl.) Schltr.
R. glauca Schltr.

Híbridos

Dendrobium "Madame Bipa" self
Cattleya guatemalensis Moore *
Cattleya "Herbert Oesterich"
Encyclia cordigera x *Encyclia selligera*
Laelia superbiens x *Cattleya skinneri*
Schomburgkia wendlandy x *Cattleya skinneri*
Trichopilia suavis x *Trichopilia emarginata*

* *Cattleya guatemalensis* es un híbrido natural entre *C. aurantiaca* y *C. skinneri*.

Cuadro 2. Composición del medio básico de Murashige y Skoog (1962) modificado y de Knudson C(1946) modificado, utilizado para la germinación *in vitro* de especies e híbridos de orquídeas. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras (1991-1993).

Macroelementos	MS (mg/l)	Knudson C (mg/l)
NH ₄ NO ₃	1.650	
KNO ₃	1.900	
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O		1.000
(NH ₄) ₂ SO ₄		500
CaCl ₂ ·2H ₂ O	440	
MgSO ₄ ·7H ₂ O	370	250
KH ₂ PO ₄	170	250
FeNa-EDTA	37,5	37,5
Microelementos		
KI	0,83	0,63
H ₃ BO ₃	6,2	6,2
MnSO ₄ ·4H ₂ O	22,3	22,3
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	8,6	8,6
Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	0,25	0,25
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0,025	0,025
CoCl ₂ ·6H ₂ O	0,025	0,025
Inositol	100	
Acido nicotínico	0,01	
Piridoxina	0,01	
Pantotenato	0,01	
Tiamina	0,1	
Biotina	0,0001	
Caseína hidrolizada	1	
Sulfato de adenina	5	
Cisteína	10	
Agua de coco		10%
Sacarosa	30.000	20.000
Agar	7.500	7.500
pH	5,8	5,5

Referencias

- Arthayukti, Woraphat. 1992. The birth of the thai orchid industry: a personal experience. *Networks News* 6(5):2-23.
- Fitch, C.M. 1992. Thailand. *American Orchid Society Bulletin* 61(5): 434-441.
- Flamee, M. 1978. Influence of selected media and supplements on the germination and growth of *Phaphiopedilum* seedlings. *American Orchid Society Bulletin* 47:419-423.

- Houck, J.R. 1979. A simple procedure for orchid seed. American Orchid Society Bulletin 48 (10): 1019-1021.
- Ichihashi, S. 1990. Effects of light on root formation of *Bletilla striata* seedlings. Lindleyana 5(2): 140-143. In: Horticultural Abstracts 60 (12):1077.
- Knudson, L. 1922. Nonsymbiotic germination of orchid seeds. The Botanical Gazette 73(1):1-25.
- _____, L. 1946. A New nutrient solution for the germination of orchid seed. American Orchid Society Bulletin. 15:214-217.
- Murashige, T.; Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum 15:473-497.
- Nagashima, T. 1989. Embriogenesis, seed formation and seed germination *in vitro* in *Ponerorchis graminifolia* Reichb. f. Journal of Japanese Society for Horticultural Science 58(1): 187-194. In: Horticultural Abstracts 60(12):1157.
- Pierik, R.L.M. 1990. Cultivo *in vitro* de las plantas superiores. (Trad. por Luis Ayerbe Mateo-Sagasta). Ed. por Mundi Prensa. Madrid. p. 149-158.
- Rao, A.N. 1977. Tissue culture in the orchid industry. In: Applied and fundamental aspects of plant cell, tissue, and cell culture. J. Reinert y P.S. Bajaj (Eds.). Berlín, Springer-Verlag. pp. 44-69.
- Rubluo, A.; Chávez, V.; Martínez, A. 1989. *In vitro* seed germination and re-introduction of *Bletia urbana* (Orchidaceae) in its natural habitat. Lindleyana 4(2): 68-73.
- Sauleda, R.P. 1976. Harvesting times of orchid seed capsules for green pod culture process. American Orchid Society 45:305-308.

Método Alternativo para el Análisis de Experimentos con Diseños Reversibles Dobles

Leonardo Corral¹

En cierto tipo de investigaciones el mayor inconveniente que se encuentra es el de no disponer de suficiente número de unidades experimentales. En estos casos se usan diseños que permiten la aplicación en secuencia de varios tratamientos a la misma unidad experimental, que puede ser una vaca, un árbol, una parcela, etc. Los diseños que comúnmente se emplean cuando se dispone de pocas unidades experimentales son: cuadrado latino, diseños cruzados o reversibles simples y diseños reversibles dobles.

Cuando se aplican varios tratamientos en secuencia a una misma unidad experimental, el efecto de los tratamientos puede confundirse con fluctuaciones inherentes a la unidad experimental y al ambiente. Cochran y Cox (1968) ponen como ejemplo la fluctuación en el período de lactancia de ganado lechero. El rendimiento de leche de una vaca aumenta al principio, pero disminuye posteriormente. Sin embargo, la velocidad de disminución varía considerablemente de vaca a vaca y esto contribuye al error experimental. Para contrarrestar esta fuente de error se recomienda el uso de un diseño reversible. En este diseño, si se consideran dos tratamientos A y B, un grupo de animales seleccionado al azar pasa por la secuencia de tratamientos "ABA", mientras que otro grupo pasa por la secuencia "BAB". De esta forma, se estima con mayor precisión el efecto individual de los tratamientos.

De acuerdo con Lucas (1956), y más recientemente Petersen (1984), los diseños reversibles proveen un alto grado de sensibilidad porque permiten la eliminación del error que puede resultar de las siguientes fuentes: a) el efecto de los períodos por causa de cambios en el ambiente, b) la variación en el nivel de producción entre unidades experimentales y c) la mayor parte de la variación entre las curvas de rendimiento de las unidades experimentales.

Según Federer (1963), el origen de los diseños reversibles se debe a Brandt. Sin embargo, fue Lucas en la década de 1950 quien presentó la forma de análisis de un reversible doble con dos tratamientos y desarrolló el método de análisis de experimentos con más de dos tratamientos (Lucas, 1956 y 1974). Los análisis, en todo caso, son más bien complicados y se prestan principalmente a computación manual.

Aunque se conoce de la metodología para analizar diseños reversibles con el programa de computación SAS (Martínez, 1983), en este trabajo se presenta un método posiblemente más simple con el apoyo del programa para microcomputadoras MSTAT (1988).

¹ Profesor, Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.

Método

Para ilustrar el análisis de diseños reversibles dobles con el empleo de MSTAT se considera el caso de un reversible doble con dos tratamientos.

Los datos corresponden a una parte del trabajo realizado por Zaldivar (1992). El objetivo fue evaluar el efecto de dos tratamientos (dietas) en la producción de leche. Los tratamientos fueron: A = rastrojo amonificado y B = rastrojo no amonificado. Se asignaron al azar cuatro vacas para que reciban la secuencia de dietas ABA y otras cuatro para la secuencia BAB.

Resultados y Discusión

Los datos encontrados por Zaldivar (1992) se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Producción semanal de leche de ocho vacas sometidas a dos dietas distintas durante tres períodos (libras).

Período	secuencia	vaca 1	vaca 2	vaca 3	vaca 4	suma
1	A	32.00	26.25	33.00	27.75	119.00
2	B	21.38	18.75	32.50	15.75	78.38
3	A	31.50	26.25	32.25	26.25	116.25
D _{i1}		20.74	15.00	20.25	22.50	78.49
Período	secuencia	vaca 5	vaca 6	vaca 7	vaca 8	suma
1	B	9.93	9.00	12.00	10.50	41.43
2	A	32.90	31.13	34.28	34.05	132.36
3	B	9.40	9.80	12.00	10.50	41.70
D _{i2}		-46.47	-43.46	-44.56	-47.10	-181.59

Los valores D_i del cuadro anterior se encuentran sumando para cada vaca la producción durante los períodos 1 y 3 y restando dos veces la producción del período 2. Es decir, como ejemplo para la vaca 1:

$$D_{11} = Y_{A1} - 2 Y_{B2} + Y_{A3} = 32.00 - (2 \cdot 21.38) + 31.50 = 20.74,$$

fórmula en la que Y_{A1} es la producción de leche de la vaca 1, con el tratamiento A en el período 1, etc.

Note en la fórmula anterior que al restar dos veces la producción cuando la vaca recibe la dieta B en el segundo período, en verdad se hace un ajuste cuadrático con la idea de igualar la tendencia decreciente en la curva de producción. Los coeficientes c_i que se usan para este ajuste son 1, -2, 1, que elevados al cuadrado y

sumados dan 6 ($\sum c_i^2=6$). Este valor es parte del divisor de las sumas de cuadrados, como se señalará más adelante.

Para el análisis con el programa MSTAT se crea un archivo como el que se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Archivo de datos creado con el programa MSTAT a partir de los datos del Cuadro 1.

VARIABLES: 1. Vaca, 2. Tratamiento, 3. Secuencia, 4. Producción en el 1er período, 5. Producción en el 2do período, 6. Producción en el 3er período, 7. Diferencias entre períodos.

No.	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	ABA	32.00	21.38	31.50	20.74
2	2	1	ABA	26.25	18.75	26.25	15.00
3	3	1	ABA	33.00	22.50	32.25	20.25
4	4	1	ABA	27.75	15.75	26.25	22.50
5	5	2	BAB	9.93	32.90	9.40	-46.47
6	6	2	BAB	9.00	31.13	9.80	-43.46
7	7	2	BAB	12.00	34.28	12.00	-44.56
8	8	2	BAB	10.50	34.05	10.00	-47.10

Note que la variable 2 es una variable numérica que identifica a las secuencias "ABA" = 1 y "BAB" = 2. La variable 7 corresponde a las diferencias D_i . Estas diferencias se las encuentra con el subprograma CALC; en este caso la fórmula que se empleó fue $V(7) = V(4) - 2*V(5) + V(6)$.

Una vez que se dispone del archivo se entra al subprograma ANOVA-1. Una vez en él, se indica como variable grupal la variable 2 con los niveles 1 y 2 y como variable de respuesta la variable 7. Los resultados se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Análisis de varianza con MSTAT, en el subprograma ANOVA-1, de los datos de producción de leche bajo el efecto de los tratamientos A y B.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Prob.
Trat	1	8455.201	8455.201	1274.841	0.0000
Error	6	39.794	6.632		
Total	7	8494.995			

Las sumas de cuadrados y los cuadrados medios son seis veces más altos que los que se obtienen si se sigue el procedimiento que presenta Lucas (1974). Esto se debe a que con MSTAT no se tomó en cuenta el divisor 6 que resulta de elevar al cuadrado y sumar los coeficientes 1, -2, 1 ($\sum c_i^2=6$). Sin embargo, el valor F que

resulta con los dos métodos es obviamente igual.

Las medias ajustadas se calculan fácilmente con el método que presenta Lucas (1974). Para encontrar el coeficiente de variación, error estándar e intervalos de confianza debe usarse el valor $CME/6$.

Si no se dispone de una computadora y del programa MSTAT, el análisis de varianza puede realizarse más fácilmente que con el método de Lucas (1974) mediante el uso de las fórmulas convencionales para el análisis de experimentos con el diseño completamente al azar (DCA):

$$SCT = \sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{n}, \quad SCT_{\text{Trat}} = \sum \frac{T_i^2}{n_i} - FC \quad \text{y} \quad SCE = SCT - SCT_{\text{Trat}}$$

Para este caso, las fórmulas de arriba pueden reescribirse así:

$$SCT = \sum D_i^2 - \frac{(\sum D_i)^2}{n}, \quad SCT_{\text{Trat}} = \sum \frac{T_i^2}{n_i} - FC \quad \text{y} \quad SCE = SCT - SCT_{\text{Trat}}$$

en las que D_i son las diferencias 20.74, 15.00, . . . -47.10,

los valores T_i son iguales a $\sum D_i$, es decir 78.49 y -181.59

y el FC igual a $(78.49 + (-181.59))^2 / 8 = 1328.70$

La forma de análisis con MSTAT de experimentos con diseños reversibles dobles con más de dos tratamientos se extiende fácilmente a partir de esta información.

A pesar de que en las opciones de MSTAT no se encuentra específicamente un subprograma para analizar diseños reversibles dobles, este trabajo ha intentado demostrar la versatilidad del programa MSTAT.

Referencias

- Cochran, W. G. y G. M. Cox. 1968. Experimental designs. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York, NY. 617 p.
- Federer, W. T. 1963. Experimental designs: theory and application. The Mcmillan Co. New York, NY. 544 p.
- Lucas, H. L. 1956. Switchback trails for more than two treatments. Journal of Dairy Science, 39: 146-154.
- Lucas, H. L. 1974. Design and analysis of feeding experiments with milking dairy cattle. Institute of Statistics, Mimeo Series # 18, North Carolina State University, Raleigh, NC. 484 p.
- Martínez, A. 1983. Diseño de experimentos con animales. Monografías y manuales en estadística y cómputo, Chapingo, México. Vol. 1, Núm. 2, 34 p.

- MSTAT. 1988. Microcomputer Statistical Program: user's guide to MSTAT-C. Betsy Bricker (Ed.). Michigan State University, East Lansing, MI.
- Petersen, R. G. 1984. Design and analysis of experiments. Marcel Dekker, Inc. New York, NY. 429 p.
- Zaldivar, A. 1992. Efecto de la amoniatación de rastrojo de maíz o sorgo en la producción y productividad de explotaciones de doble propósito. Tesis Ing. Agr. (en preparación), Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, Honduras.

Prueba Regional de Cultivares de Amaranto (*Amaranthus spp*)¹

Edgar Fajardo y Juan José Alán²

El amaranto es una de las especies que, entre los granos americanos, muestra tener un gran potencial para la alimentación de las poblaciones de diversas regiones en el mundo. Esto se debe a su elevado valor nutritivo, en particular por su proteína con alto contenido de lisina, y a su adaptabilidad para regiones áridas y semiáridas. También se ha observado, según Mujica (1992), un incremento significativo en la productividad del cultivo que alcanza los 2000 kg/ha.

La Red de Cooperación Técnica en Producción de Cultivos Alimenticios de la Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, da gran importancia a las actividades de intercambio de germoplasma de amaranto (*A. caudatus*, *A. hypochondriacus* y *A. cruentus*) y de otras especies, que puedan adaptarse a las diversas regiones de América. Diseñó una prueba regional de cultivares de amaranto de distintos orígenes, en coordinación con el Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial (INIAA), del Perú, y de otras instituciones de investigación de varios países de Sur y Centroamérica. Permitirá identificar y evaluar genotipos promisorios y de alto rendimiento, así como desarrollar paquetes tecnológicos para la producción de amaranto, que serán de utilidad para aquellos programas nacionales que todavía no disponen de resultados adecuados de investigación y producción de semilla mejorada.

Materiales y Métodos.

El experimento se llevó a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), El Zamorano, Honduras en 1992. La EAP está ubicada a una altitud de 805 m a 14°00' Norte y 87°02' Oeste. Los promedios anuales de temperatura y precipitación son 22°C y 1100 mm, respectivamente. El análisis de suelo indicó una textura franco arcillo-arenosa, un porcentaje de materia orgánica de 2.87, pH de 5.11 y contenidos medios de N y P, y alto de K.

En el estudio se utilizaron once variedades de diferente procedencia: de Perú (5), de Bolivia y Ecuador (2), de Chile y México (1). Todas las variedades tienen grano de color crema.

¹ Trabajo realizado en cooperación con la Red de Cooperación Técnica en Producción de Cultivos Alimenticios, Oficina Regional de FAO para América Latina.

² Estudiante del Programa de Ingeniería Agronómica y Profesor Asociado, Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.

Para efectos de comparación se evaluaron los rendimientos de las variedades en las condiciones presentes en la EAP, y se hizo una evaluación de las características morfológicas. El diseño experimental usado fue el de Bloques Completamente al Azar, se hizo un análisis de covarianza para ajustar el número de plantas por parcela.

Resultados y Discusión

Los resultados de las evaluaciones morfológicas muestran que el comportamiento de las variedades fue muy variable. Características como altura de planta, color de la inflorescencia, peso de la semilla, rendimiento, etc., presentan gran variabilidad.

En el Cuadro 1 se presenta el análisis de covarianza para determinar las diferencias entre los rendimientos. Se empleó como covariable el número de plantas por parcela.

Cuadro 1. Análisis de covarianza de los rendimientos de once variedades de amaranto (datos transformados por raíz cuadrada). El Zamorano, Honduras, 1992.

Fuente de Variación	S.C.	g.l.	C.M.	F
Repeticiones	226.50	3	75.50	4.17*
Rendimientos	459.12	10	45.91	2.54*
Covariable	356.10	1	356.10	19.69
Error	524.40	29	18.08	-

* Significación estadística al 5% de probabilidad. La covariable es el número de plantas, y la variable es el rendimiento por parcela.

Debido a la falta de uniformidad entre los diversos tratamientos se hizo una transformación de los datos de rendimiento por raíz cuadrada, que es como se presentan los resultados (Cuadro 2). Al hacer la prueba del rango múltiple de Duncan al 5% se determinó que la diferencia mínima significativa fue de 6.15 (Cuadro 2).

Las dos variedades más productoras tienen un alto grado de acame (entre moderado y moderadamente alto), aunque la línea CAC-2074-BA87 tiene un grado bajo en comparación con las otras que están en el mismo grupo estadístico. Rico (1988) menciona que las variedades tienden a ser diferentes ya que pertenecen a diferentes especies y a que provienen de diferentes lugares, por lo cual es necesario hacer este tipo de evaluaciones en diferentes ambientes para conocer la interacción que existe entre el genotipo y el ambiente. En contraste a lo que dice Rico (1988), las variedades que presentaron mayor acame son las variedades de mayor rendimiento, aún siendo las más bajas, mientras que las variedades que en general tuvieron menor grado de acame fueron las altas. Esto, probablemente, se deba a que éstas tienen un sistema radical más profundo, y que a la vez figuran entre las variedades que menos rendimiento obtuvieron.

Cuadro 2. Procedencia, valores transformados y acame de las variedades de amaranto evaluadas. El Zamorano, Honduras, 1992.

Variedad	Procedencia	Valor transformado ^z	Acame ^y
<i>A. cruentus</i>	Chile	33.11 a	7
INIAP Ataco	Ecuador	30.39 ab	6
INIAP Alegría	Ecuador	29.09 abc	4
UTAB Cahuayuma	Bolivia	28.00 abcd	5
Línea CAC-2074-BA87	Perú	27.13 abcd	2
ICTA 01-0012-0	Bolivia	26.60 abcd	6
Selección DEO-HI	México	25.98 bcd	7
Noel Vietmeyer	Perú	25.87 bcd	1
Línea 10-E	Perú	23.25 cd	3
Línea 41-F	Perú	22.86 cd	1
Oscar Blanco	Perú	21.49 d	6

^z Valor de rendimiento (g/12m²) transformado por raíz cuadrada en orden descendente, con una diferencia mínima significativa de 6.15; las letras iguales son de un mismo grupo estadístico.

^y 1, nada; 3, poco; 5, moderado; 7, alto.

En conclusión, es necesario conocer el comportamiento de las especies o variedades de amaranto en diferentes condiciones de clima, para poder, de esta manera, recomendar una especie o variedad para cada ambiente en particular.

Referencias

- Mujica, A. 1992. Prueba Regional de Cultivares de Amaranto (*Amaranthus caudatus* L., *A. hypochondriacus* y *A. cruentus*), libro de campo. INIAA-FAO. Santiago, Chile, FAO/RLAC. 40 p.
- Rico, M. J. 1988, Caracterización y evaluación de 22 variedades de amaranto (*Amaranthus* spp.) de grano, Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 65 p.