



63146

COLECCION HISTORICA

TENDENCIA DE LOS RENDIMIENTO DE LAS LINEAS EXPERIMENTALES DE
FRIJOL PROBADAS EN EL IBYAN Y EVALUACION DE LAS LOCALIDADES DE
SELECCION EN COLOMBIA

Oswaldo Voysest - James Garcia

La localidades de Palmira (1000 msnm) y Popayán (1800msnm) en Colombia han venido siendo desde la creación del Programa de Frijol del CIAT, los centros principales de selección de los materiales genéticos que posteriormente se han puesto a disposición de los Programas Nacionales. Aunque la descentralización en las tareas de mejoramiento por parte del Programa de Frijol ha alcanzado alto grado en los últimos años, la casi totalidad de los materiales ensayados en IBYAN desde 1976 hasta la fecha provienen del Programa central o son materiales de origen diverso pero que de todas maneras han sido seleccionados para integrar el ensayo en mérito a su comportamiento en las evaluaciones llevadas a cabo en la sede. Hay muchos ejemplos de como materiales de buen comportamiento en Colombia han destacado en otras latitudes lo cual podría ser un índice de las buenas condiciones del ambiente de Palmira y Popayán para detectar materiales con amplia adaptación o bien un índice de la gran capacidad del frijol para adaptarse a diversos ambientes.

El proceso de adopción de una variedad no necesariamente implica que el nuevo genotipo es mas rendidor; la precocidad es muchas veces un factor determinante en la adopción de un nuevo material y en este caso la mayor productividad diaria representa de hecho una ganancia en rendimiento que no se aprecia al juzgar los valores absolutos de rendimiento. En otros casos, la resistencia a determinado patógeno o estrés de otra naturaleza es lo que determina la adopción de una línea. Aquí igualmente, las ganancias en rendimiento sólo será evidente ante la presencia del estrés. A pesar de que el Programa del Frijol del CIAT desde su inicio se fijó como objetivo principal alcanzar estabilidad en rendimiento a través del mejoramiento por resistencia a enfermedades e insectos, esto de ninguna manera lleva implícito el concepto de una productividad estática.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar a través de los resultados de 10 años de ensayos internacionales las tendencias de rendimiento de las líneas de frijol de grano de color negro y rojo ensayadas desde 1976 y evaluar la capacidad de extrapolación de nuestros centros obligatorios de selección, Palmira y Popayán, con respecto a otras localidades.

MATERIALES Y METODOS

Los datos de rendimiento usados en este estudio fueron colectados del Vivero Internacional de Rendimiento y Adaptación de Frijol (IBYAN). El número de ensayos, ambientes y líneas utilizados en el presente estudio figuran en el Cuadro 1.

Según los años el número de líneas por cada ensayo varió entre 12 y 25. El diseño experimental empleado fue de bloques completos al azar con 3 repeticiones con excepción de 1976 y 1977 cuando se emplearon 4. Las variedades usadas como testigos internacionales, con excepción del A21, son materiales de amplia adaptación, muy conocidos en las zonas donde se siembra frijol de la clase comercial correspondiente.

Para cada ensayo se hizo un análisis de varianza y el DMS correspondiente fue utilizado para establecer la diferencia de cada línea con los testigos a través de localidades. Para establecer que líneas eran por lo menos iguales al testigo se usó además un criterio mas estricto fijando 0.5 DMS como el valor mínimo del límite de confianza de la media del testigo.

Para medir la tendencia del rendimiento de los diferentes tipos de frijol se utilizaron los datos de las líneas mas rendidoras, las 3 y 5 mas rendidoras de cada año. Un analisis de regresión de los rendimientos sobre el tiempo fue hecho para los 3 grupos de líneas y el testigo de largo plazo lo cual permitió estimar las ganancias en rendimiento de naturaleza genética.

RESULTADOS Y DISCUSION

En aproximadamente un 25 a 42% de los ensayos por lo menos una línea experimental superó significativamente al testigo local; en los ensayos de grano negro fue donde menos veces se presentó esta situación y en cambio en los de grano rojo, pequeño fue mas frecuente. Si lo que se trata de ver es no sólo la superioridad sino la igualdad con el testigo local entonces puede decirse que en mas del 90% de los ensayos las líneas fueron tan buenas o mejores que el testigo, aún en los casos cuando se usó un criterio mas estricto como el fijar como límite mínimo del rendimiento por superar, el rendimiento del testigo menos 0.5DMS. Los Cuadros 2, 3, 4 y 5 muestran en detalle los resultados de las comparaciones por año-grupo del testigo local con las líneas experimentales en los ensayos de grano negro, rojo pequeño, rojo moteado y crema respectivamente. Todas las líneas de grano negro, rojo pequeño, rojo moteado y crema fueron iguales al testigo por los menos en un ensayo. Del 60 al 90%, según el color de grano, de las líneas superaron significativamente al testigo por lo menos una vez. Las líneas de grano crema fueron las que con menos frecuencia mostraron este comportamiento y las de grano rojo moteado las que más.

Cuando examinamos caso por caso el comportamiento de cada línea a través de todas las localidades vemos que en 5.6% de los casos las líneas de grano negro superaron significativamente al testigo pero en un 70% de los casos fueron tan buenos como los testigos. Se muestra el promedio de todas las líneas superiores al testigo comparándolas con el promedio del testigo local en los 10 años de ensayos para el caso del frijol negro (Cuadro 2). En el caso del frijol rojo pequeño (Cuadro 3), rojo moteado (Cuadro 4) y crema (Cuadro 5) las tendencias fueron similares aunque la magnitud de

los valores lógicamente es diferente.

Como las líneas que entran en los ensayos se renuevan cada año es interesante analizar la tendencia del comportamiento de estas líneas pues eso nos permite una comparación acerca de la calidad de los nuevos materiales que se incorporan al ensayo cada año.

Para ilustrar la tendencia del comportamiento de los materiales producidos cada año se utilizó la línea de mayor rendimiento de cada uno de los 10 años de ensayo; unos patrones sucesivamente mas conservadores se emplearon utilizando el promedio de las 3 y 5 líneas mas rendidoras de cada uno de los 10 años. Estos valores se compararon con aquellos del testigo internacional (testigo de plazo largo) el que por estar presente en todos los ensayos todos los años nos permite estimar en forma confiable la contribución de cada grupo de nuevas líneas que cada año se incorporan al ensayo. En el caso de los ensayos de grano negro la variedad Jamapa fue el testigo internacional que fue utilizado en todos los ensayos desde 1976 hasta 1985.

Los datos de rendimiento de la línea mas productiva, las 3 y las 5 mas productivas para cada año, son presentadas en el Cuadro 6. Puede verse que la línea mas productiva superó a Jamapa en 3 de los 10 años y el promedio de las 3 mejores líneas en 2 ocasiones. Los rendimientos a través de los años son crecientes; debido al gran número de ensayos conducidos cada año el promedio reduce el efecto de las variaciones anormales que hubiera podido ocurrir en algunas localidades, de manera que el comportamiento general puede considerarse estimado con propiedad.

De los 325 ensayos de grano negro que se han conducido desde 1976 hasta 1985 en diversas localidades de 32 países la mejor línea del ensayo ha superado al testigo internacional, Jamapa, en 303 ocasiones, i.e. en 93.2% de los casos. Al testigo local lo ha superado o igualado en 263 ocasiones, i.e. en el 80.9% de los casos. Jamapa ha sido superado por el testigo local en 206 ocasiones (61.5%). La Fig. 1 muestra el detalle de estas relaciones por cada año de ensayo. El porcentaje de ganancia del mejor material con respecto a los testigos local e internacional se muestra en la Fig. 2.

El análisis de regresión de los rendimientos sobre el tiempo, de 1976 a 1985, utilizando los datos de todas las localidades en todas los años mostro para Jamapa un aumento estimado de 1482 a 2082 kg/ha, i.e. 599 kg/ha. Dado que Jamapa estuvo representado todos los años en todos los ensayos, sus aumentos en rendimiento permiten estimar las ganancias de naturaleza no genética. Para la mejor, las 3 y 5 mejores líneas, los incrementos estimados fueron 730, 678, y 662 kg/ha respectivamente en un intervalo de 10 años. Como quiera que los aumentos de rendimiento de Jamapa estiman las variaciones de productividad derivadas de causas no genéticas, puede decirse que la porción de los 730 kg/ha de aumento estimado en 10 años para las mejores líneas producidas en 10 años, 599 kg/ha podrían atribuirse a prácticas agronómicas

mejoradas o a condiciones ambientales favorables y 134 i.e. un 17.9% al mejoramiento genético. Para los 3 y 5 mejores líneas la porción del incremento estimado que podría atribuirse a causas genéticas sería equivalente al 11.7 y 9.5% respectivamente. Valores similares se obtuvieron cuando se consideraron todos las localidades y 9 años (Cuadro 7).

Como la mayoría de los localidades en las que se condujeron los ensayos no estuvieron representadas los 10 años, la anterior estimación de las ganancias de origen genético tienen un cierto sesgo debido a que las diversas localidades tienen diferente potencial de rendimiento y la muestra de cada año no es necesariamente comparable a la del otro. Sin embargo tampoco debemos descartar esta estimación toda vez que si bien es cierto que muchas localidades no estuvieron representadas todos los años no menos cierto es que hay muchas localidades afines en las cuales no se espera mayores variaciones de una respecto a otra así por ejemplo en Chile hay años que no está Santiago pero está Graneros ubicado en el mismo valle central, en Argentina, no está Metán pero está Rosario de la Frontera, en el Perú no está Lima pero está Chincha ambas en la costa separadas apenas 200 km, en Ecuador no está Boliche, pero está Portoviejo, ambas en la costa, en Venezuela hay hasta 3 localidades muy cercanas de Maracay que es la localidad representada mas años, en Costa Rica no está Alajuela pero esta Ojo de Agua apenas unos km. de la localidad mas representativa, El Salvador reparte los 10 años de ensayos entre Ahuachapán, San Andrés y San Miguel pero aquí como en el caso de Costa Rica, Honduras y Venezuela prácticamente las mismas variedades se cultivan en todo el país indicándonos que a pesar de las diferencias en las condiciones ambientales de diversa índole, aquellas que verdaderamente cuentan para determinar la adaptabilidad de un genotipo de frijol son bastante similares. De Guatemala se tienen varias localidades del Oriente, de Mexico varias de la zona del Golfo, otras del Pacifico y algunas del Altiplano. En resumen lo que queremos dejar sentado es que si bien la estimación no esta hecha sobre un juego uniforme de localidades representadas los 10 años, muchas localidades son similares y lo que es importante, el número de ensayos por año es tan grande que representa adecuadamente un muestreo representativo de las zonas productoras de frijol.

Aún así, para hacer una mejor estimación se formaron juegos lo mas uniforme posible en los cuales las localidades estuvieron representados en la mayoría de los años. Debido posiblemente a grandes variaciones en rendimiento de año a año y/o localidad a localidad en la mayoría de las combinaciones de años por localidades estudiadas no se encontró una tendencia lineal en el incremento de la productividad. El Cuadro 7 muestra los resultados del caso en el cual 16 localidades estuvieron representadas en los ensayos durante 8 años. Los resultados son muy similares a aquellos obtenidos cuando se utilizaron todos los datos, así la ganancia en rendimiento en 8 años de pruebas fue de 1646 a 2378 kg/ha para la línea mas productiva; de esta ganancia el 16.5% se puede atribuir al mejoramiento genético. Estimados

mas conservadores basados en el uso de los 5 mejores o los 3 mejores líneas, muestran esta contribución equivalente a un 11.2 a 12% respectivamente. Como puede verse en el Cuadro 8 la porción de la variancia explicada por la regresión es alta tanto en el caso de las 16 localidades como en el caso en el que se tuvieron en cuenta todos los ambientes.

Es lógico esperar que las tendencias generales no reflejen lo que ocurre a nivel de determinadas regiones. Los siguientes 4 casos tipifican otras tantas situaciones. Por ejemplo cuando examinamos la tendencia de los rendimientos en Palmira, Colombia, Chillán, Chile, Samán Mocho, Venezuela y América Central podemos apreciar que aunque en los 4 casos hubo un incremento de rendimiento a través de los años la contribución de las prácticas culturales y la del mejoramiento genético fueron diferentes. En los casos de Palmira y Chillán que fueron los lugares con mas datos disponibles, 10 y 9 años respectivamente, se aprecia que mientras el incremento de productividad por año en ambos casos es similar, 122.1 y 131.8 kg/ha/año respectivamente, en el caso de Chillán este cambio fue fuertemente influenciado por las prácticas agronómicas o condiciones climáticas mas favorables; en el caso de Palmira una porción muy pequeña de ese incremento puede atribuirse al mejoramiento genético. Samán Mocho con una tasa de crecimiento igual a la de Palmira, 122.5kg/ha/año mostró en cambio una contribución del mejoramiento genético a los incrementos estimados de productividad de casi el 20%. El caso de América Central es parecido al de Chillán en el sentido de que a pesar de que los mejores materiales fueron superiores al Jamapa, la tasa de incremento promedio por año de rendimiento estimado de la mejor línea fue inferior a la de Jamapa, lo que en otros términos quiere decir que las ganancias debidas al uso de prácticas agronómicas o situaciones de clima mas favorables fueron mas importantes en determinar este incremento. En todos estos casos el R^2 no es lo suficientemente alto y por lo tanto las estimaciones deben tomarse con reserva (Cuadro 9).

Para el caso de los frijoles rojos y blancos pequeños los valores sobre contribución del mejoramiento genético al incremento del rendimiento son muy similares a los del grano negro fijándose en 13.9 al 21.1% para el grano rojo y 6.1 a 18.8% para el grano blanco (Cuadro 10). En el caso de grano rojo puede apreciarse que el estimado mas conservador resultó ser el de mayor rendimiento estimado comparado con la estimación del mejor material; esto podría explicarse por el hecho de que en los últimos años ha ido aumentando el número de líneas de grano rojo sobresalientes de tal suerte que la diferencia entre la mejor línea y el resto se ha ido progresivamente acortando lo que motiva que la tasa de incremento por año sea mas pronunciada. Esto puede apreciarse en el Cuadro 11 donde se ve que la tasa de incremento de la 5 líneas es de 204.2 kg/ha/año mientras que la de la de la mejor línea es de 187.

La mayoría de las líneas que integraron estos ensayos fueron desarrolladas en CIAT y aquellas que llegaron al Programa de

Frijol sea como variedades o simplemente como líneas avanzadas participaron en estas pruebas gracias a su buen comportamiento bien en Palmira o en Popayán. Para evaluar la importancia de estas dos localidades como un sitio de selección es imperativo conocer cual ha sido el desempeño de los materiales seleccionados en Colombia cuando se probaron en otras localidades y también cual ha sido el comportamiento en Colombia de los materiales destacados en otras localidades.

Para determinar la similitud de las localidades CIAT con otras localidades respecto a la capacidad de seleccionar idénticos materiales, se siguió un procedimiento sugerido por Lin y Bins (Can. J. Plant Sci. 65:1065-1071. 1985). Básicamente lo que se trató fue de cuantificar la comparación de los materiales seleccionados en CIAT con los seleccionados en cada uno de los otros sitios de prueba para determinar en términos precisos cuántos materiales seleccionados en CIAT también fueron seleccionados en otros sitios (SS), cuántos materiales seleccionados en CIAT no fueron seleccionados en ningún otro lugar (SN), cuántos materiales no seleccionados en CIAT sí fueron seleccionados en otros sitios (NS) y por último cuántos materiales no seleccionados en CIAT tampoco lo fueron en ningún otro lugar (NN). Para los efectos de esta comparación se consideraron materiales seleccionados aquellos que superaron significativamente al testigo local o internacional cualquiera que fuera el mejor. Una ventaja de este método, como lo postulan sus creadores, es que la estimación de la línea experimental depende sólo del comportamiento del testigo a los diferentes efectos ambientales mientras que otros factores como localidades u otras líneas, no afectan la estimación i.e. la usual interacción genotipo-ambiente presente en las comparaciones de un grupo de líneas en diversos ambientes, representados por localidades diferentes, no existe en este caso.

El Cuadro 12 muestra el número de ensayos en las cuales coinciden las líneas seleccionadas en CIAT-Palmira con las seleccionadas en otras localidades. Se nota que en 1979, 1980 y 1982 un mayor número de líneas seleccionadas en CIAT Palmira también destacaron en otros ensayos, así puede verse que las 13 líneas que superaron al testigo en el ensayo de Palmira en 1979 y las 8 que lo superaron en 1982, esas mismas líneas también superaron al testigo local en otros 2 ensayos en otras localidades en cada año. En general, de los 325 ensayos conducidos en 200 (61.5%) de ellos por lo menos una de las líneas que superó al testigo, también destacó en CIAT-Palmira. Puede verse que aproximadamente una cuarta parte de los ensayos, 91 (28%), coincidieron con Palmira en seleccionar las mismas líneas, cuando en Palmira se seleccionó aproximadamente la cuarta parte (20-30%) del total de líneas ensayadas cada año. Cuando en Palmira se seleccionó el 50% del total de materiales probados en el año, lo cual ya es una proporción bastante alta tratándose de un ensayo de pocas entradas, en 18 otros ensayos (5.5%) se seleccionaron las mismas líneas. El Cuadro 13 muestra las localidades en las cuales destacaron el mayor número de líneas idénticas a las que destacaron en CIAT-Palmira.

El otro sitio de prueba en Colombia para seleccionar materiales, Popayan resulto ligeramente inferior a Palmira en lo que a capacidad de extrapolación de resultados se refiere; 176 (54.2%) de los 325 ensayos coincidieron con Popayán en tener por lo menos una línea en común significativamente superior al testigo; en cuanto a las líneas, el 59.7% de las 144 líneas probadas por lo menos una vez superaron al testigo simultáneamente en Popayán y por lo menos en algún otro lugar. Un total de 20 ensayos registraron una coincidencia con Popayán en cuanto a seleccionar las mismas líneas cuando en Popayán se seleccionaron mas del 50% del total de materiales probados cada año; los materiales probados en el año 1984 fueron los que mas coincidencia mostraron con resultados obtenidos en Popayán y otros lugares: 8 materiales seleccionados en Popayan también lo fueron en otros 2 ensayos (Cuadro 14). En el Cuadro 15 se da una relación de las localidades en las cuales mas del 50% del total de líneas probadas que superaron al testigo fueron las misma que destacaron en Popayán.

En cuanto al grano de color rojo, tamaño pequeño, el mismo tipo de análisis mostro que aproximadamente el 40% de los ensayos selecciono por lo menos una de las líneas seleccionadas tanto en Palmira como en Popayán; sin embargo el 20% de los ensayos coincidieron con Palmira cuando allí se seleccionaron el 25% de las líneas probadas mientras que en Popayán hubo coincidencia sólo en el 8% de los ensayos para el mismo porcentaje de selección (Cuadros 16,17).

Otra forma de estimar el valor de las localidades de Colombia como centros de selección es comparándolas con otras por varios años. El Cuadro 18 muestra el porcentaje de selección sobre el total de líneas probadas durante todos los años en cada una de las 8 localidades de las cuales se tuvo datos por 8 años consecutivos. En Palmira y Popayán fue donde un mayor número de líneas superaron al testigo; Graneros fue el caso opuesto con apenas un 10% de las líneas superando al testigo. Sin embargo para estimar cual localidad muestra mejores posibilidades como sitio de selección es preciso examinar la magnitud de la coincidencia entre el número de materiales seleccionados en un lugar y su simultanea selección en otros (SS) entendiéndose por selección el hecho de superar al testigo. Puede verse que en el caso de los materiales de grano negro, Palmira y Popayán resultaron ser las localidades en las cuales el mayor porcentaje de líneas seleccionadas allí, también lo fueron en otros lugares. El porcentaje de líneas probadas que fueron seleccionadas en otras localidades y no en el sitio principal de selección (NS) es importante pues es un índice de que hasta punto el sitio principal de selección ha dejado de identificar las líneas apropiadas para otros lugares. El porcentaje de los materiales que no fueron seleccionados en Palmira o Popayán pero sí lo fueron en otros fue el mas bajo de todas las localidades confirmando sus buenas condiciones como sitios capaces de identificar materiales que se pueden comportar bien en otras localidades con las menores probabilidades de error. Los resultados

de las selecciones hechas en las localidades de Chile, por el contrario, mostraron una baja capacidad de extrapolación.

En lo que se refiere a grano pequeño rojo, un análisis similar muestra a las localidades de Costa Rica como las de mayor capacidad de extrapolación (Cuadro 19).

CONCLUSIONES

El objetivo básico de la investigación agronómica es el mejoramiento del rendimiento, sin embargo es un hecho conocido que el aumento de rendimiento requiere no sólo de material genético mejorado sino del mejoramiento del ambiente de producción.

Las líneas que se prueban en el IBYAN son una muestra pequeña pero representativa del material avanzado que los programas de mejoramiento han desarrollado en cumplimiento del objetivo básico del programa de estabilizar los altos rendimientos. Los resultados mostrados confirman que se ha producido un gran número de líneas tan buenas o mejores que los testigos tanto locales como internacionales y que en los últimos 10 años ha habido un aumento sensible en el rendimiento del material experimental.

Fuesto que el Programa no había incursionado hasta 1985 en la tarea de elevar la capacidad genética para rendimiento *per se*, es de asumir que los aumentos de rendimiento observados derivan de la incorporación de resistencia a enfermedades y otros factores, como mejores prácticas agronómicas y condiciones ambientales más favorables. En este estudio se ha estimado la contribución relativa del mejoramiento genético pero obviamente hay muchas asunciones involucradas por lo que estas cifras deben considerarse más como indicios. Sin embargo, lo que sí sugiere es que otros factores, el mejoramiento de las prácticas agronómicas entre ellos, han pesado más que los factores genéticos, en el aumento de la productividad.

El programa de frijol está interesado en evaluar genotipos pero debido a que las interacciones de estos con el ambiente son tan determinantes es necesario profundizar en el conocimiento de las causas que motivan esta relación tan compleja; en última instancia, sin embargo, nuestra mejor opción es desarrollar genotipos adaptados a los ambientes. En la medida que los genotipos que desarrollamos y seleccionamos en un ambiente se comporten bien en otros, habremos cumplido nuestro objetivo. Las dos localidades de Colombia han probado ser satisfactorias como centros primarios de desarrollo y selección de genotipos que pueden adaptarse a otras regiones y su función como tales parece estar justificada. Esto naturalmente no es óbice para que el proceso se perfeccione mediante la descentralización de las actividades de mejoramiento de manera que sean tenidas en cuenta situaciones más específicas derivadas de condiciones ambientales diferentes a las del centro principal de selección.

Cuadro 1. Tipo de ensayos IBYAN utilizados en dos análisis:
número, localización, composición.

Tipo	Año	Ensayos	Países	Líneas	Testigo Internacional
NEGRO	1976-1985	325	32	153	JAMAPA
ROJO PEQUEÑO	1980-1985	95	15	76	A 21
ROJO MOTEADO	1980-1985	109	28	104	CALIMA
BLANCO PEQUEÑO	1980-1985	53	24	46	EX RICO 23
CREMA	1980-1984	74	16	95	CARIOCA

Cuadro 2. Rendimiento de las líneas experimentales y testigos en los casos en que éstas igualaron o superaron significativamente al testigo local. IBYAN Grano Negro 1976-1985.

Año	No. de ensayos			No. de líneas		Casos de líneas sign.		Líneas	Rendimientos ²		
	Total	Signif.	%	Total	Signif.	Total	%		T.Int.	T.Local	DMS
A. Superior al Testigo											
76	43	10	23.3	10	10	28	6.5	1936	1682	1339	418
77	33	4	12.1	20	6	7	1.1	2080	1716	1580	403
78	37	5	13.5	20	18	23	3.1	2680	2221	1623	611
79	36	10	27.8	18	11	18	2.8	1984	1539	1496	359
80	47	17	36.2	13	13	81	13.3	1787	1711	973	432
81	27	4	14.8	12	4	4	1.2	2209	1286	1668	379
82	32	10	31.3	12	10	24	6.3	2128	1853	1595	408
83	19	9	47.4	15	14	31	10.9	2531	2274	1750	538
84	20	5	25.0	11	8	9	4.1	1980	1740	1390	457
85	31	10	32.3	13	13	40	9.9	2517	2347	1815	471
TOTAL	325	84	25.8	144	107	265	5.6	2142	1914	1419	456
B. Superior o igual al testigo ($R > (T-0.5 \text{ DMS})$)											
76		39	90.7		10	220	51.2	1766	1702	1643	454
77		30	90.9		20	256	38.8	1653	1540	1662	457
78		31	83.8		20	321	43.4	1764	1572	1694	506
79		36	100.0		18	321	49.5	1657	1551	1625	456
80		45	95.7		13	425	69.6	1651	1630	1451	436
81		26	96.3		12	150	46.3	1983	1767	1980	526
82		29	90.6		12	226	58.9	1915	1816	1794	538
83		18	94.7		15	202	70.9	2153	2182	1960	594
84		19	95.0		11	154	70.0	2231	2197	2122	563
85		27	87.1		13	241	59.8	2001	2023	1806	516
TOTAL		300	92.3		144	2516	53.5	1830	1753	1722	494
C. Superior o igual al testigo ($R > (T-\text{DMS})$)											
76		42	97.7		10	308	71.6	1721	1719	1731	453
77		32	97.0		20	422	63.9	1619	1574	1785	490
78		34	91.9		20	504	68.1	1636	1534	1723	501
79		36	100.0		18	475	73.3	1573	1549	1673	470
80		47	100.0		13	517	84.6	1595	1602	1484	433
81		27	100.0		12	234	72.2	1938	1827	2083	533
82		30	93.8		12	310	80.7	1841	1852	1869	551
83		18	94.7		15	241	84.6	2213	2332	2146	617
84		20	100.0		11	189	85.9	2230	2232	2224	573
85		29	93.5		13	299	74.2	1939	1992	1846	503
TOTAL		315	96.9		144	3499	74.4	1763	1749	1794	500

1 Por lo menos una línea superó significativamente al testigo

2 Ensayos que cumplen lo señalado en 1

Cuadro 3. Rendimiento de las líneas experimentales y testigos en los casos en que éstas igualaron o superaron significativamente al testigo local. IBYAN Grano Rojo Pequeño, 1980-1985.

Año	No. de ensayos			No. de líneas		Casos de líneas sig.		Rendimientos ²			
	Total	Signif. ¹	%	Total	Signif.	Total	%	Líneas	T.Int.	T.Local	DMS
A. Superior al Testigo											
80	28	16	57.1	8	8	46	20.5	1277	1347	580	440
81	10	3	30.0	7	3	3	4.3	2029	1672	1437	364
82	16	1	6.3	7	1	1	0.9	1942		1530	307
83	14	9	64.3	15	15	41	19.5	2134	1839	1293	543
84	11	5	45.5	11	11	29	24.0	1861	1694	1021	467
85	19	11	57.9	14	14	65	24.4	2440	2460	1615	463
Total	98	45	45.9	62	52	185	18.6	1983	1911	1190	473
B. Superior o igual al testigo ($R > (T-0.5 \text{ DMS})$)											
80		24	85.7		8	157	70.1	1294	1438	1021	443
81		10	100.0		7	42	60.0	1422	1376	1367	434
82		13	81.3		7	47	42.0	1693		1669	472
83		12	85.7		15	133	63.3	1603	1477	1257	560
84		11	100.0		11	95	78.5	2210	1954	1842	633
85		17	89.5		14	191	71.8	2195	2354	1823	535
Total		87	88.8		62	665	67.0	1782	1803	1483	521
C. Superior o igual al testigo ($R > (T-DMS)$)											
80		25	89.3		8	178	79.5	1278	1458	1072	439
81		10	100.0		7	57	81.4	1391	1411	1435	430
82		14	87.5		7	66	58.9	1663		1733	461
83		14	100.0		15	162	77.1	1626	1532	1417	558
84		11	100.0		11	111	91.7	2168	1931	1929	644
85		19	100.0		14	217	81.6	2174	2388	1894	538
Total		93	94.9		58	791	79.7	1760	1821	1580	520

¹ Por lo menos una línea superó significativamente al testigo

² Ensayos que cumplen lo señalado en 1

Cuadro 4. Rendimiento de las líneas experimentales y testigos en los casos en que éstas igualaron o superaron significativamente al testigo local. IBYAN Grano Rojo Moteado 1981-1985.

Año	No. de ensayos			No. de líneas		Casos de líneas sign.		Rendimiento ²		
	Total	Signif. ¹	%	Total	Signif.	Total	%	Líneas	T.Local	DMS
A. Superior al testigo										
81	21	7	33.3	6	6	26	20.6	1636	954	405
82	20	2	10.0	8	3	3	1.9	997	679	257
83	20	8	40.0	9	9	22	12.2	1268	813	225
84	12	8	66.7	11	11	32	24.2	1270	634	239
85	35	9	25.7	18	18	62	9.8	1230	774	237
TOTAL	108	34	31.5	52	47	145	11.9	1313	780	266
B. Superior o igual al testigo ($R > (T-0.5 \text{ DMS})$)										
81		18	85.7		6	78	61.9	1470	1198	461
82		16	80.0		8	62	38.8	1502	1494	411
83		20	100.0		9	123	68.3	1369	1164	442
84		12	100.0		11	95	72.0	1295	1040	371
85		32	91.4		18	331	52.5	1426	1313	389
TOTAL		98	90.7		52	689	56.7	1410	1254	406
C. Superior o igual al testigo ($R > (T-\text{DMS})$)										
81		21	100.0		6	93	73.8	1544	1394	470
82		17	85.0		8	88	55.0	1289	1363	388
83		20	100.0		9	143	79.4	1307	1177	446
84		12	100.0		11	116	87.9	1366	1217	387
85		32	91.4		18	413	65.6	1432	1403	399
TOTAL		102	94.4		52	853	70.2	1399	1336	412

¹ Por lo menos una línea superó significativamente al testigo

² Ensayos que cumplen lo señalado en 1

Cuadro 5. Rendimiento de las líneas experimentales y testigos en los casos en que éstas igualaron o superaron significativamente al testigo local. IBYAN Grano Crema 1980-1984.

Año	No. de ensayos			No. de líneas		Casos de líneas sig.		Rendimiento ²		
	Total	Signif. ¹	%	Total	Signif.	Total	%	Líneas	T.Local	DMS
A. Superior al Testigo										
80	17	10	58.8	13	13	40	18.1	2099	1422	413
81	12	4	33.3	9	9	15	13.9	2877	1615	601
82	5	2	40.0	18	2	3	3.3	2701	1866	677
83	21	6	28.6	16	15	28	8.9	1759	1203	362
84	7	1	14.3	11	1	1	1.3	3619	2604	634
Total	62	23	37.1	67	40	87	10.7	2162	1414	441
B. Superior o igual al testigo ($R > (T-0.5 \text{ DMS})$)										
80		17	100.0		13	146	66.1	1720	1498	484
81		11	91.7		9	58	53.7	2250	1876	477
82		5	100.0		18	56	62.2	2712	2626	695
83		20	95.2		16	232	73.7	2102	1830	507
84		6	85.7		11	41	53.2	2799	2791	633
Total		59	95.2		67	533	65.7	2131	1912	527
C. Superior o igual al testigo ($R > (T-\text{DMS})$)										
80		17	100.0		13	177	80.1	1698	1584	493
81		12	100.0		9	81	75.0	2161	1995	472
82		5	100.0		18	69	76.7	2580	2589	678
83		20	95.2		16	269	85.4	2019	1839	509
84		7	100.0		11	57	74.0	2690	2791	611
Total		61	98.4		67	653	80.5	2067	1964	527

¹ Por lo menos una línea superó significativamente al testigo

² Ensayos que cumplen lo señalado en 1

Cuadro 6. Rendimiento (kg/ha) de la línea más productiva, las 3 más productivas y las 5 más productivas y el testigo a largo plazo en los ensayos IBYAN Grano Negro, 1976-1985.

	<u>1976</u>	<u>1977</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>	<u>1980</u>	<u>1981</u>	<u>1982</u>	<u>1983</u>	<u>1984</u>	<u>1985</u>
	PI 309804 ¹	LINEA 29	ICA COL 10103	BAT 58	BAT 58	BAT 804	EMP 84	BAT 1481	NAG 42	NAG 13
Más rendidor	1576	1723	1668*	1635	1682	1852	1981	2623*	2303*	2107
3 más rend.	1562	1681	1632	1615	1648	1840	1914	2535*	2272*	2014
5 más rend.	1542	1657	1587	1600	1627	1795	1871	2482	2250	1977
JAMAPA	1572	1627	1498	1579	1656	1723	1852	2358	2221	1907

¹
Línea más rendidora

*
Significativamente diferente del Jamapa (0.05)

Cuadro 7. Rendimiento estimado de la mejor, 3 mejores, 5 mejores líneas y el testigo de largo plazo estimado por regresión. IBYAN, Grano Negro, 1976-1985.

Año	Todas las localidades - 10 años				Todas las localidades - 9 años ¹				16 localidades - 8 años ²			
	Mejor línea	3 mejores	5 mejores	Jamapa	Mejor línea	3 mejores	5 mejores	Jamapa	Mejor línea	3 mejores	5 mejores	Jamapa
1976	1524	1509	1483	1482	1542	1523	1499	1496	1646	1617	1589	1555
1977	1605	1582	1557	1549	1610	1586	1561	1552	1727	1695	1666	1623
1978	1686	1658	1630	1616	1678	1649	1622	1609	1808	1772	1742	1691
1979	1767	1733	1704	1682	1746	1712	1684	1666	1890	1849	1819	1759
1980	1848	1808	1778	1749	1814	1775	1746	1722	1971	1927	1895	1827
1981	1930	1884	1851	1815	1882	1838	1807	1778	2053	2004	1972	1895
1982	2011	1959	1924	1882	1950	1901	1869	1835	2134	2081	2048	1963
1983	2092	2034	1998	1948	2018	1964	1930	1891	2215	2158	2125	2031
1984	2173	2111	2072	2015	2085	2027	1992	1948	2297	2236	2202	2099
1985	2254	2185	2145	2082	2153	2090	2054	2004	2378	2313	2278	2167
Incremento	730	678	662	599	612	567	554	508	733	696	689	612
% genético	17.9	11.7	9.5		16.9	10.4	8.3		16.5	12.0	11.2	

¹ Eliminado 1983

² Eliminados 1977, 1982

Cuadro 8. Resultados de la regresión del rendimiento sobre el tiempo de la mejor, 3 mejores, 5 mejores líneas y el testigo de largo plazo. IBYAN Grano Negro 1976-1985.

	<u>Todas las localidades - 10 años</u>				<u>Todas las localidades - 9 años</u>				<u>16 localidades - 8 años</u>			
	Intercept	b	Sb	R ²	Intercept	b	Sb	R ²	Intercept	b	Sb	R ²
MEJOR	1443.1	81.1	20.0	0.67	1473.7	68.0	13.2	0.79	1564.2	81.4	10.4	0.90
3 MEJORES	1431.4	75.4	19.3	0.66	1460.3	63.0	13.3	0.76	1540.1	77.3	11.1	0.87
5 MEJORES	1409.8	73.5	18.9	0.65	1437.7	61.6	13.4	0.75	1512.3	76.6	11.5	0.86
TESTIGO	1415.9	66.6	17.8	0.64	1439.6	56.5	14.3	0.69	1487.1	68.0	13.5	0.78

Cuadro 9. Estadísticas de la regresión lineal de rendimiento sobre años para la mejor línea y Jamapa e incremento estimado IBYAN Grano Negro, 1976-1985.

Estadísticas	Samán Mocho ¹		Palmira ²		Chillán ³		América Central ⁴	
	Mejor	Jamapa	Mejor	Jamapa	Mejor	Jamapa	Mejor	Jamapa
Intercept	1168.9	1212.2	1804.2	1216.4	2351.3	1580.2	1420.5	1116.8
$b_{y.x}$	122.5	98.2	122.1	118.9	131.8	177.5	51.9	61.3
Sb	48.1	41.3	52.3	75.5	46.1	47.7	16.5	29.5
R^2	0.57	0.53	0.41	0.24	0.54	0.66	0.55	0.35
Incremento	1102	884	1099	1070	1186	1598	468	551
% genético	19.8		2.6		-34.6		-18.1	

1 5 años

2 10 años

3 9 años

4 5 localidades-10 años

Cuadro 10. Rendimiento de la mejor, 3 mejores, 5 mejores líneas y testigo de largo plazo estimado por regresión. IBYAN Grano Rojo Pequeño 1980-85 y Grano Blanco Pequeño 1980-83.

Año	Grano Rojo Pequeño				Grano Blanco Pequeño			
	Mejor línea	3 mejores	5 mejores	A 21	Mejor línea	3 mejores	5 mejores	Ex Rico 23
1980	1339	1256	1210	1386	1713	1689	1656	1557
1981	1526	1454	1414	1547	2217	2140	2092	1966
1982	1713	1652	1618	1708	2721	2592	2527	2375
1983	1900	1850	1823	1869	3225	3044	2963	2784
1984	2087	2048	2027	2030				
1985	2274	2247	2231	2191				
Incremento	935	991	1021	806	1512	1355	1307	1228
% genético	13.9	18.7	21.1		18.8	9.4	6.1	

Cuadro 11. Resultados de la regresión del rendimiento sobre el tiempo de la mejor, 3 mejores, 5 mejores líneas y el testigo a largo plazo. IBYAN Grano Rojo Pequeño 1980-85 y Grano Blanco Pequeño, 1980-83.

	<u>Grano Rojo Pequeño</u>				<u>Grano Blanco Pequeño</u>			
	Intercept	b	Sb	R ²	Intercept	b	Sb	R ²
Mejor	1151.9	187.0	29.9	0.93	1208.6	504.0	36.5	0.99
3 Mejores	1057.8	198.1	29.9	0.94	1236.8	451.8	39.4	0.99
5 Mejores	1006.0	204.2	31.9	0.93	1220.0	435.8	39.4	0.99
TESTIGO	1224.8	161.1	48.2	0.79	1147.3	409.3	159.4	0.77

Cuadro 12. Número de ensayos en los cuales se seleccionaron las mismas líneas que fueron seleccionadas en CIAT-Palmira. IBYAN Grano Negro 1976-1985.

% de selección en Palmira sobre total de líneas	Ensayos / año										Total ensayos		
	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	Por nivel acumulado	%	
> 80													
70-80				2			2				4	4	1.2
60-70	1				2		1			1	5	9	2.8
50-60	1			2	4		2				9	18	5.5
40-50	3			4	8	1	6				29	47	14.5
30-40	5		2	1	2			1	2	2	15	62	19.1
20-30	4		3	6	5	1	5	2	3		29	91	28.0
10-20	7	4	10	6	9	7	6	3	5	3	60	151	46.5
< 10		6	7	6	7	7	4	7	2	3	49	200	61.5
Selección	21	10	22	27	37	16	26	13	12	16			
Ensayos													
Total	43	33	37	36	47	27	32	19	20	31		325	
%	48.8	30.3	59.5	75.0	78.7	59.3	81.3	68.4	60.0	51.6			61.5
Total	10	20	20	18	13	12	12	15	11	13		144	
Líneas													
Selección	7	3	8	16	9	6	11	6	4	9		79	59.0

Cuadro 13. Localidades en las cuales la selección de materiales coincidió con la hecha en Palmira - CIAT. IBYAN Grano Negro, 1976-1985.

% de selección en Palmira ¹	Localidad		Año
70-80	Alquizar	CUBA	1979
	Celaya	MEX	1979
	Villaflores	MEX	1982
	Popayán	COL	1982
60-70	Sapporo	JAPON	1976
	Masaya	NIC	1980
	Fort Collins	USA	1982
	Santa Cruz	BOL	1985
50-60	Pato de Minas	BRA	1976
	San Juan de la Maguana	RDOM	1979
	Tucumán	ARG	1979
	Ahuachapán	SALV	1980
	San Juan de la Maguana	RDOM	1980
	Acarigua	VEN	1980
	Bega	LIBANO	1980
	Rosario de la Frontera	ARG	1982
	Alquizar	CUBA	1982

¹ % sobre total de materiales probados

Cuadro 14. Número de ensayos en los cuales se seleccionaron las mismas líneas que fueron seleccionadas en CIAT-Popayán. IBYAN Grano Negro 1976-1985.

% de selección en Popayán sobre total de líneas	Ensayos / año										Total ensayos		
	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	Por nivel acumulado	%	
> 80									2		2	2	0.6
70-80									1		1	3	0.9
60-70						1			1	1	3	6	1.8
50-60			1				4	1	5	4	14	20	6.1
40-50			1		4	2	4	3		3	16	36	11.1
30-40	1			3	5		3	2	2		16	52	16.0
20-30	4		5	6	6	6	3	2		1	28	80	24.6
10-20	11	1	13	8	8	4	5	5	4	6	52	132	40.6
< 10		8	3	6	10	8	7	1		4	44	176	54.2
Ensayos													
Selección	16	9	23	23	33	21	26	14	15	19		176	
Total	43	33	37	36	47	27	32	19	20	31		325	
%	37.2	27.3	62.2	63.9	70.2	77.8	81.3	73.7	75.0	61.3			54.2
Líneas													
Total	10	20	20	18	13	12	12	15	11	13		144	
Selección	3	2	13	7	6	10	9	11	10	9		80	59.7

Cuadro 15. Localidades en las cuales la selección de materiales coincidió con la hecha en CIAT-Popayán. IBYAN Grano Negro. 1976-1985.

% de selección en Popayán ¹	Localidad		Año
> 80	San Miguel	VEN	1984
	Alajuela	CRI	1984
70-80	Alquizar	CUBA	1984
60-70	San Juan de la Maguana	RDOM	1981
	Siqueros Mazatlán	MEX	1984
	Desronville Gonaives	HAITI	1985
50-60	Rosario de la Frontera	ARG	1982
	Villaflores	MEX	1982
	Popayán	COL	1982
	Fort Collins	USA	1982
	B. San José	CRI	1983
	Samán Mocho	VEN	1984
	Graneros	CHILE	1984
	Graneros	CHILE	1984
	Mairana	BOL	1984
	La Ramada	ARG	1984
	Acarigua	VEN	1985
	Alquizar	CUBA	1985
	Santa Cruz	BOL	1985
	Rosario de la Frontera	ARG	1985

¹ % sobre total de materiales probados

Cuadro 16. Número de ensayos en los cuales se seleccionaron las mismas líneas que fueron seleccionadas en CIAT-Palmira. IBYAN Grano Rojo Pequeño, 1980-1984.

% de selección en Palmira sobre total de líneas	Ensayos / año				Total ensayos	
	80	81	83	84	Por nivel acumulado	%
> 50						
40-50		1			1	2.0
30-40		1		3	4	10.0
20-30		1	2	1	4	18.0
10-20		3	3	1	7	32.0
< 10			4	1	5	42.0
Selección	0	6	9	6	21	
Ensayos						
Total	12	6	11	10	50	
%	0	100	82	60		42.0
Total	8	7	15	11	41	
Líneas						
Selección	0	3	4	4	11	29.7

Cuadro 17. Número de ensayos en los cuales se seleccionaron las mismas líneas que fueron seleccionadas en CIAT-Popayán. IBYAN Grano Rojo Pequeño, 1980-1984.

	% de selección en Popayán sobre total de líneas	Ensayos/año				Total ensayos	
		80	81	83	84	Por nivel	acumulado %
> 50							
40-50				1	1	1	2.0
30-40				2	2	3	6.0
20-30			1		1	4	8.0
10-20				3	3	7	14.0
< 10			7	2	9	16	32.0
<hr/>							
Ensayos	Selección	0	0	8	8	16	
	Total	12	6	11	10	39	
	%	0.0	0.0	72.7	80.0		41.0
<hr/>							
Líneas	Total	8	7	15	11	41	
	Selección	0	0	2	5	7	18.9

Cuadro 18. Porcentajes de concordancia en la selección de líneas superiores al testigo entre diversas localidades. IBYAN Grano Negro, 1976-1985.

Localidad ¹ Selección	de (L)	País	% Sel.	% de materiales probados			
				Seleccionados en (L)		No seleccionado en (L)	No seleccionado en ninguna (L)
				SS	SN	NS	NN
PALMIRA		COL	59.0	19.8	42.8	27.7	9.7
POPAYAN		COL	59.7	18.5	39.0	31.5	11.1
ALQUIZAR		CUB	44.0	12.5	29.1	42.6	15.8
STGO. IXCUINTLA		MEX	30.6	9.6	23.0	48.9	18.5
ALAJUELA		CRI	29.6	7.9	17.0	53.9	21.2
MARACAY		VEN	24.6	7.5	18.6	52.5	21.4
CHILLAN		CHI	12.8	3.7	8.9	61.5	25.9
GRANEROS		CHI	10.7	3.0	6.0	64.9	26.2

¹ SS Seleccionados en (L) y otras localidades

SN Seleccionados solo en (L)

NS Seleccionados solo en otros sitios

NN No seleccionado en ninguna localidad

Cuadro 19. Porcentajes de concordancia en la selección de líneas superiores al testigo entre diversas localidades.
IBYAN, Grano Rojo Pequeño, 1980-1984.

Localidad ¹ Selección	de (L)	País	% Sel.	% de materiales probados			
				Seleccionados en (L)		No seleccionado en (L)	No seleccionado en ninguna (L)
				SS	SN	NS	NN
COSTA RICA		CRI	43.2	21.4	21.4	21.1	36.1
HONDURAS		HON	32.4	16.0	17.7	26.5	39.8
PALMIRA		COL	29.7	13.0	14.2	30.3	42.5
ALQUIZAR		CUB	18.9	8.8	8.0	33.7	49.5
POPAYAN		COL	18.9	8.0	11.4	35.3	45.3

¹

SS Seleccionados en (L) y en otras localidades

SN Seleccionados solo en (L)

NS Seleccionados solo en otros sitios

NN No seleccionado en ninguna localidad