

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMIA

ESCUELA DE PRODUCCION VEGETAL

TRABAJO DE DIPLOMA

**ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO DE GRANO DE DIECISEIS VARIETADES DE
FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.) EN ONCE AMBIENTES DE NICARAGUA.**

AUTORES:

Julio Molina Centeno
Rolando Rivas Castellón

ASESOR:

Ing. M.Sc. Eddy Castellón S.

Managua, Nicaragua 1992

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA

ESCUELA DE PRODUCCION VEGETAL

TRABAJO DE DIPLOMA

ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO DE GRANO DE DIECISEIS VARIEDADES DE
FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) EN ONCE AMBIENTES DE NICARAGUA.

AUTORES: JULIO MOLINA CENTENO
ROLANDO RIVAS CASTELLON

ASESOR : ING. MSc. EDDY CASTELLON S.

MANAGUA, NICARAGUA. 1992.

DEDICATORIA

A mi abuela paterna: Paula Rayo vda. de Molina

A mis padres: Socorro A. Molina Rayo
Carmen María Centeno López

A mi esposa: Francisca Fuentes Castellón

A mis hijos: Francis Julissa Molina Fuentes
Julio Cesar Molina Fuentes

Julio Molina Centeno

A la memoria de mi padre : Victorino Rivas R.

A mi madre: Juana Castellón

A mis hermanos: Raúl
Victorino José
Rosa María
Marvin Medardo

Rolando Rivas Castellón

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos especialmente a nuestro asesor, el Ing. MSc. Eddy Castellón S. por el tiempo dedicado y las orientaciones brindadas para la realización del presente trabajo.

A los técnicos de base que en las diferentes regiones colaboraron en la recolección de la información de campo, de manera particular a los compañeros: Filemón Díaz, Julián Rayo y Alejandro Rubí.

Al Programa Nacional de Investigación de Frijol por todo el apoyo brindado.

INDICE DE CONTENIDO

SECCION	PAGINA
INDICE DE FIGURAS	i
INDICE DE TABLAS	ii
RESUMEN	iii
I. INTRODUCCION	1
II. MATERIALES Y METODOS	4
2.1 Genotipos	4
2.2 Ambientes	5
2.2.1 Localidad Jalapa	6
2.2.2 Localidad Somoto	6
2.2.3 Localidad Pueblo Nuevo	7
2.2.4 Localidad Estelí	7
2.2.5 Localidad Santa Cruz	8
2.2.6 Localidad Diriomo	8
2.2.7 Localidad San Marcos	8
2.2.8 Localidad Estac. Exp. La Compañía	9
2.3 La Técnica Experimental y Manejo de los Ensayos	9
2.4 Los Análisis Estadísticos	10
2.4.1 Análisis de estabilidad	12
2.4.1.1 Método de Finlay y Wilkinson (F&W)	13
2.4.1.2 Modelo AMMI	18
III. RESULTADOS Y DISCUSION	21
3.1 Análisis de Varianza por Ambiente	21
3.1.1 Localidad Jalapa	22
3.1.2 Localidad Somoto	23
3.1.3 Localidad Pueblo Nuevo	24
3.1.4 Localidad Estelí	25
3.1.5 Localidad Santa Cruz	26
3.1.6 Localidad Diriomo	28
3.1.7 Localidad San Marcos	28
3.1.8 Localidad Est. Exper. La Compañía	29
3.1.9 Resumen de los Análisis individuales	29
3.2 Análisis de Varianza Combinados, Ambientes Reg. I	31
3.2.1 Modelo Finlay y Wilkinson	31
3.2.2 Modelo AMMI	33
3.3 Análisis de Varianza combinados ambientes de Región IV	40
3.3.1 Modelo Finlay y Wilkinson	40
3.3.2 Modelo AMMI	42
3.4 Análisis de Varianza combinados Regiones I y IV	45
3.4.1 Modelo Finlay y Wilkinson	45
3.4.2 Modelo AMMI	47
3.5 Análisis combinados eliminando datos de primera de Estelí	51
3.5.1 Región I	51
3.5.2 Regiones I y IV Combinadas	55

SECCION**PAGINA**

IV.	CONCLUSIONES	59
V.	RECOMENDACIONES	60
VI.	BIBLIOGRAFIA CITADA	61
VII.	APENDICE I	65
VIII.	APENDICE II	75

INDICE DE FIGURAS

FIGURA No.	PAGINA
1. Regresión de genotipos vrs. ambiente	15
2. Interpretación gráfica modelo F&W	17
3. Modelo F & W. Región I, estabilidad 18 cultivares de frijol ocho ambientes 1989	30
4. Modelo AMMI Región I, estabilidad 18 cultivares de frijol en ocho ambientes 1989	32
5. Modelo AMMI Región I, estabilidad 18 cultivares de frijol en ocho ambientes 1989	35
6. Modelo F&W Región IV, estabilidad de 19 cultivares de frijol en tres ambientes 1989	39
7. Modelo AMMI Región IV, estabilidad de 19 cultivares de frijol en tres ambientes 1989	41
8. Modelo AMMI Región IV, estabilidad de 19 cultivares de frijol en tres ambientes 1989	42
9. Modelo F&W Regiones I + IV, estabilidad de 16 cultivares de frijol en once ambientes 1989	44
10. Modelo AMMI Regiones I + IV, estabilidad de 16 cultivares de frijol en once ambientes 1989	46
11. Modelo AMMI Regiones I + IV, estabilidad de 16 cultivares de frijol en once ambientes	47
12. Modelo F&W Región I sin ES1, estabilidad de 18 cultivares de frijol en siete ambientes 1989	51
13. Modelo AMMI Región I sin ES1, estabilidad de 18 cultivares de frijol en siete ambientes 1989	52
14. Modelo AMMI Región I sin ES1, estabilidad de 18 cultivares de frijol en siete ambientes 1989	53

15. Modelo F&W Regiones I + IV sin ES1, estabilidad de 16 cultivares de frijol en diez ambientes 1989	55
16. Modelo AMMI Regiones I + IV sin ES1, estabilidad de 16 cultivares de frijol en diez ambientes 1989	55
17. Modelo AMMI Regiones I + IV sin ES1, estabilidad de 16 cultivares de frijol en diez ambientes 1989	57

APENDICE I

1. Precipitaciones en Jalapa	68
2. Precipitaciones en Somoto	69
3. Precipitaciones en Pueblo Nuevo	70
4. Precipitaciones en Estelí	71
5. Precipitaciones en Santa Cruz	72
6. Precipitaciones en San Marcos	73
7. Precipitaciones en Masatepe	74

INDICE DE TABLAS

TABLA No.		PAGINA
APENDICE I		
1.	Genealogía de las Variedades en estudio	66
2.	Características de las Localidades y épocas de siembra de los experimentos	67
APENDICE II		
3.	Características promedio de las Variedades de frijol evaluadas en 11 ambientes de Nicaragua 1989	76
4.	Rendimiento promedio (kg/a) de las variedades de frijolevaluadas en 11 ambientes de las regiones I y IV de Nicaragua 1989	77
5.	Análisis de varianza individual en los 11 ambientes de prueba	78
6.	Análisis combinado efectuado en las regiones I, IV, y I+IV	79
7.	Análisis combinado efectuado en 10 ambientes ambientes (sin Estelí primera)	80

RESUMEN

Dieciseis variedades de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) producto de cruzamientos realizados entre cultivares criollos y materiales mejorados, se evaluaron en once ambientes de las regiones I y IV de Nicaragua, con el propósito de estudiar la estabilidad del rendimiento de grano. Los cultivares se evaluaron en ambientes secos y húmedos, y en dos épocas de siembra. El diseño experimental utilizado fué bloque completos al azar con cuatro repeticiones. Los análisis estadísticos consistieron en análisis individuales para cada ambiente, análisis de varianza combinado y para el estudio de la interacción genotipo-ambiente se utilizaron los modelos de Finlay y Wilkinson en una versión aumentada y el modelo de efectos aditivos y multiplicativos para la interacción (AMMI).

Los resultados obtenidos indican que las variedades NIC-15 y NIC-9 fueron las más estables y de alta consistencia en rendimiento de grano, seguidas de NIC-18 y NIC-7. Además se observó que NIC-11 se presentó como una variedad, a los cambios de ambiente, adaptándose específicamente a ambientes catalogados como favorables en este estudio. Entre los ambientes de prueba el más favorable fué Estelí época de primera, siendo Somoto postrera el menos favorable. De los modelos de estabilidad aplicados en este estudio el que dió el mejor ajuste y mayor información sobre la interacción genotipo-ambiente fué el modelo AMMI.

I INTRODUCCION

En Nicaragua el frijol después del maíz, es el principal alimento básico porque es la fuente de proteína más importante y barata en la dieta nacional (el consumo per cápita promedio en los últimos diez años fue de 14 kg/año). Por se dedica buena parte de las tierras agrícolas al cultivo de esta leguminosa (el área sembrada en el ciclo 89/90 llegó a las 105 mil hectáreas) principalmente en las regiones I y IV del país.

A pesar de que las condiciones de suelo y clima en las regiones "frijoleras" pueden calificarse de buenas para el cultivo, el rendimiento promedio a nivel nacional es sólo de unos 600 kg/ha. Según Tapia y Camacho (1988), factores tales como variedades criollas altamente susceptibles a plagas y enfermedades, prácticas de manejo inadecuadas y tecnología generada poco difundida (entre otros), limitan la producción nacional de frijol a esos niveles. Por consiguiente, una manera de aumentar la productividad es mejorar los cultivares criollos (que tienen algunas ventajas en relación a los introducidos) corrigiendo los defectos que los hacen ineficientes (Tapia et al, 1985).

El programa nacional de frijol (sub-sede Estelí) inició en 1984 un programa de mejoramiento de cultivares criollos que empezó con la colecta y evaluación de estos cultivares; luego

continuó con la hibridación de los más destacados con cultivares mejorados del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Los cruzamientos se realizaron en el CIAT, y las poblaciones segregantes F2 fueron seleccionadas en Estelí, realizándose tres ciclos de selección masal, seguida de selecciones individuales en la F5 (Brauer, 1969; Allard, 1970). A partir de las evaluaciones progresivas (1986-1988), se obtuvieron materiales promisorios con buena arquitectura, precocidad y resistencia a algunas enfermedades fungosas y virales y con altos rendimientos de grano.

Antes de pasar a pruebas de validación y la posterior difusión entre los agricultores, los cultivares promisorios deben someterse a estudios de "estabilidad" en diferentes ambientes para tener conocimiento del fenómeno conocido como interacción genotipo-ambiente (Voss y Hanaway, citados por Mejía, 1971; Pérez et al, 1985). Esta fase del programa de mejoramiento es el que se reporta en este trabajo, presentando el estudio de la estabilidad del rendimiento de 16 variedades de frijol rojo en 11 ambientes de las regiones I y IV, que incluyen ambientes secos, húmedos y diferentes épocas de siembra, y en cual se plantearon los siguientes objetivos:

1. Determinar las características agronómicas de los cultivares en estudio principalmente los componentes del rendimiento.

2. Estudiar la estabilidad del rendimiento de los cultivares en los ambientes de estudio y su relación con la genealogía.
3. Seleccionar la(s) variedad(s) que muestren mejor adaptación, através de ambientes y en ambientes específicos.
4. Hacer una comparación práctica de dos modelos para estudiar la interacción genotipo-ambiente.

II MATERIALES Y METODOS

2.1 Genotipos.

En la Tabla 1 del Apéndice 1 aparece la genealogía de los cultivares promisorios que fueron estudiados. De estos, 18 fueron utilizados en la región I y 18 en la región IV; además, fueron incluidos como testigos locales a Cuarentano y Rev-79A en la región I, y Rev-84 en la región IV (vea Tabla 3 Apéndice 2).

Los cultivares criollos que sirvieron como hembras en las hibridaciones (Orguloso, Chile Rojo, Rojo de Seda, Rosado, Tico Rama, Cuarentano) se caracterizan por su precocidad, color de grano rojo y buena adaptación a las condiciones locales. Los materiales mejorados que sirvieron como padres (tipo BAT y RAO) provienen del CIAT, y se caracterizan por un alto potencial de rendimiento, buena arquitectura y resistencia al menos a una de las enfermedades que con frecuencia atacan al cultivo en nuestro país. Es oportuno destacar que varias líneas son hermanos completos, pero con diferencias en por lo menos alguna característica que se ha fijado en los ciclos de selección.

Todas las líneas promisorias presentan color de grano en tonalidades que van de rojo a rojo claro, poseen arquitectura de planta de los tipos 2A y 2B (arbustivos, erectos, de guía corta o larga), y alcanzan la madurez fisiológica entre los 63 y 66 días después de la siembra.

2.2 Ambientes.

Las localidades donde fueron plantados los ensayos son: Estelí, Santa Cruz, Pueblo Nuevo, Somoto y Jalapa, en la región I; en la región IV, Diriomo, San Marcos y la estación experimental La Compañía, durante el año 1989. En la región IV los ensayos se sembraron únicamente en postrera; en la región I se sembró en primera y en postrera, excepto en Jalapa y Pueblo Nuevo, en las que hubo sólo siembra de primera. Así fue posible tener 11 ambientes de prueba para los cultivares.

En el Cuadro 2 del Apéndice 1 aparecen algunos características físicas de los ambientes. Ahí puede verse que la altura sobre el nivel del mar de las localidades va de 300 a 900 m; la precipitación acumulada durante el ciclo del cultivo en la mayoría de los ambientes anduvo entre 200 y 240mm(exepciones fueron Jalapa con asi 400 mm y Somoto con menos del 100 mm), cantidad que para cultivares precoces como los ensayados, puede considerarse suficiente (generalmente se acepta que de 250 a 400 mm por ciclo es óptimo para el frijol). El tipo de suelo en todos los casos es franco (arenoso o arcilloso).

Una descripción detallada de las características ambientales es indispensable para el análisis apropiado de los estudios de interacción genotipo-ambiente. Esto es así porque la intención del análisis es lograr entender (en términos de la

producción por supuesto) cómo cada uno de los genotipos reacciona al medio en que se desenvuelve. Desafortunadamente se tuvieron dificultades para obtener los registros que permitieran lograr la descripción deseada, pero de la información pluviométrica de las estaciones metereológicas más cercanas al sitio experimental y las observaciones de campo, se puede ofrecer lo siguiente (vea figuras en el apéndice 1):

2.2.1 Localidad Jalapa (Nueva Segovia).

Es la localidad en la que llueve más y con más regularidad entre las localidades de la región I (figura 1). En casi todo el ciclo la precipitación acumulada por pentada anduvo arriba de los 20 mm, aunque un poco por debajo de lo esperado en las semanas siguientes a la siembra. Estas lluvias continuas y de esa magnitud, excesivas para los requerimientos del cultivo según la figura 1 favorecieron el desarrollo de la enfermedad "mustia hilachosa" causada por Thanatephorus cucumeris (Frank) Donk, que infestó a todos los cultivares en prueba.

2.2.2 Localidad Somoto (Madriz).

La serie histórica es similar a la de Estelí (Figura 2). Sin embargo, la precipitación en el año de los ensayos anduvo muy por debajo de lo esperado (superando pocas veces los 10 mm acumulados por pentada), especialmente en la época de primera. De la Figura 2 puede deducirse claramente el grado de estrés

hídrico que sufrió el cultivo en las dos épocas de siembra, tanto así que era evidente en el campo.

2.2.3 Localidad Pueblo Nuevo (Estelí).

Puede considerarse que fue un ambiente (precipitación) típico de Pueblo Nuevo (Figura 3). Nótese que en la época de primera la precipitación fue tan irregular como en Estelí, y en cantidades similares (excepto por un pico unas semanas antes de la cosecha), y con menos carencia hídrica (Figura 3).

2.2.4 Localidad Estelí (Estelí).

En la Figura 4 se ve que, en términos generales, la precipitación siguió el patrón histórico, por lo que, al menos en lo que a este parámetro se refiere, los resultados experimentales corresponden a los esperados en un año "Esteliano" típico. Cabe destacar que en los períodos previos a la floración y llenado de grano, la precipitación tuvo picos que fueron los más altos dentro del ciclo (primera o postrera). La siembra de postrera se desarrolló bajo condiciones de carencia hídrica, no así tanto la de primera que seguramente se vio favorecida por las reservas que dieron las lluvias al inicio del ciclo (Figura 4).

2.2.5 Localidad Santa Cruz (Estelí).

Todo el año fue claramente atípico (Figura 5), destacándose el hecho que muy pocas veces la precipitación acumulada por pentada fue superior a 10 mm. Tanto en la época de primera como en la de postrera la precipitación anduvo por debajo de los requerimientos del cultivo, aunque no tanto como en Somoto (Figura 5), pero con una postrera un poco más favorable que la de Estelí.

2.2.6 Localidad Diriomo (Masaya).

No tenemos datos de precipitación para esta localidad, pero por las observaciones de campo podemos decir que el cultivo no sufrió por déficit hídrico.

2.2.7 Localidad San Marcos (Carazo).

El patrón histórico de la precipitación en el ciclo de postrera es muy diferente al de las localidades de la región I (Figura 6). También es claro que el año no fue típico, con fluctuaciones en las semanas siguientes a la de siembra que pudieron afectar el crecimiento inicial del cultivo; no obstante, las precipitaciones previas y siguientes al inicio de la floración permitieron un cultivo que podríamos calificar de "normal" para la zona.

2.2.8 Localidad Estación Experimental La Compañía (Masatepe).

Como no tenemos datos de esta localidad presentamos los de Masatepe, que para propósitos prácticos pueden ser considerados como representativos de los de aquélla (Figura 7). Puede verse que tanto el patrón histórico como el de la época en que se hicieron los ensayos es similar al de la localidad de San Marcos, y por consiguiente valen para este caso los comentarios hechos en el inciso anterior. Por lo que aparece en la Figura 7, se puede decir que en este ambiente no hubieron problemas hídricos.

2.3 Técnica Experimental y el Manejo de los Ensayos.

El manejo de los experimentos siguió las recomendaciones agrotécnicas usuales: Distancia entre hileras de 0.5 m y 13 semillas por metro lineal, para una densidad esperada de 260 mil plantas por hectárea; fertilización básica al momento de la siembra con la fórmula completa 18-46-0, a razón de 129 kg/ha; aplicación de 1.3 kg/ha de carbofurán en el fondo del surco al momento de la siembra para combatir plagas del suelo y, en el transcurso del ciclo del cultivo, control de plagas y malezas cuando fué necesario.

En todos los ambientes de la región I utilizó el diseño experimental bloques completos al azar, con cuatro repeticiones en la región I (excepto en la postrera de Estelí con 3) y tres

en la región IV. La parcela experimental estuvo constituida por cuatro hileras de 5 m de largo y, como parcela útil, un área de 5 metros cuadrados en las dos hileras centrales, dejando los bordes de cabecera correspondientes.

Las variables medidas fueron: días a floración, días a madurez fisiológica, hábito de crecimiento, reacción a enfermedades, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de 100 semillas, peso y porcentaje de humedad del grano. La reacción a enfermedades se tomó en las etapas fenológicas R6 y R8 (inicio de floración a llenado de vainas), utilizando la escala de evaluación de germoplasma del CIAT propuesta por (Schoonhoven y Pastor Corrales, 1987).

2.4 Análisis Estadísticos (Análisis de Varianza).

En este trabajo se presentan solamente los análisis realizados con la variable rendimiento de grano, por ser esta la mayor importancia en el presente estudio. De las otras, se presentan únicamente los promedios por cultivar.

Previo a los análisis, la variable fue estandarizada a un mismo porcentaje de humedad (14%) para todas las parcelas y puesta en unidades kg/a (kilogramos por área), para evitar problemas de "overflow" en el paquete con el que se realizaron los análisis estadísticos (STAT-ITCF para análisis de varianza,

y MATMODEL para análisis de estabilidad y análisis de varianza combinados).

La estrategia del análisis fue la siguiente: empezar con los análisis de varianza por ambiente utilizando a todos los cultivares, para: contrastar a cada uno con los testigos locales usando la prueba de Dunnet y hacer algunas comparaciones de interés; indagar sobre la presencia de datos "aberrantes", obtener estimaciones del error experimental en cada ambiente para valorar la necesidad de hacer una transformación de los datos antes de realizar los análisis combinados y de estabilidad.

Tanto para los análisis de estabilidad como para los análisis de varianza combinados se encontró con la dificultad de cultivares no comunes (testigos locales y algunas líneas) a las dos regiones, así como desigualdad en el número de repeticiones. Para evitar procesos de análisis e interpretación más complicados, se decidió hacer los análisis a dos niveles: uno para cada región (incluyendo a los testigos locales), y otro combinando los datos de las dos regiones pero eliminando a los cultivares que no fueran comunes, descartando también, una repetición en aquellos ambientes donde habían cuatro.

2.4.1 Análisis de Estabilidad.

Debido a su importancia, se han inventado varios métodos para el estudio de la interacción genotipo-ambiente (también conocidos como análisis de estabilidad), de los que puede leerse un compendio en Freeman (1973), Westcott (1986), Lin et al, (1986), o Castellón (1991b).

Se han hecho algunos estudios, como el de Bacusmo et al, (1988), para comparar la "efectividad" de diferentes métodos. En la práctica, entre los genotecnistas han predominado el de Finlay y Wilkinson (1963), el de Eberhart y Russell (1968) y, de más reciente aceptación, el "modelo de efectos aditivos y multiplicativos para la interacción" (AMMI, en la literatura en inglés). En este trabajo los análisis de estabilidad se hicieron con una versión "aumentada" del modelo de Finlay y Wilkinson (1963) debida a Mandel (1961), con adaptaciones hechas por Kempton (1984). También se usó el modelo AMMI popularizado por Gauch (Gauch y Zobel, 1989; Kempton, 1984), descartando el método de Eberhart y Russell por las razones que se dan en Lin et al, (1986) y Castellón (1991a). Los cálculos fueron realizados con el programa MATMODEL.

Los métodos usados se desarrollan a partir de una identidad que se anotan a continuación para tomarla como referencia en la discusión posterior: defina

Y_{ij} := media del genotipo i -ésimo en ambiente j -ésimo.

$Y_{..}$:= media general de todos los datos.

$Y_{i.}$:= media del genotipo i -ésimo.

$Y_{.j}$:= media de genotipos en ambiente j -ésimo.

M := media general de todos los datos.

$$M = Y_{..}$$

G_i := efecto del genotipo i -ésimo.

$$G_i = Y_{i.} - Y_{..}$$

A_j := efecto del ambiente j -ésimo.

$$A_j = Y_{.j} - Y_{..}$$

Z_{ij} := interacción genotipo i -ésimo con ambiente j -ésimo.

$$Z_{ij} = Y_{ij} - Y_{i.} - Y_{.j} + Y_{..}$$

entonces, $Y_{ij} = M + G_i + A_j + Z_{ij}$ [5.0]

2.4.1.1 Método de Finlay y Wilkinson (F&W).

Hace casi 30 años F&W hicieron la propuesta de sintetizar el comportamiento de una variedad sembrada en varios ambientes, con dos estadísticas: la media del rendimiento ($Y_{i.}$) y el coeficiente de regresión lineal de la serie de datos (A_j, Y_{ij}): la primera como una valoración global de la variedad, y la segunda, como un indicador de la sensibilidad de la variedad a los cambios de ambiente; en resumen, postularon el modelo

$$Y_{ij} = M + G_i + B_i * A_j + \text{residuo} = Y_{i.} + B_i * A_j + \text{residuo},$$

en donde B_i es el coeficiente de regresión o "de sensibilidad".

La idea detrás de ésa interpretación del coeficiente de regresión es que, si la variedad diera rendimientos más o menos constantes a través de los ambientes (i.e., la variedad no es "sensible" a los cambios de ambiente), el coeficiente tendría un valor relativamente pequeño (porque los Y_{ij} variarían poco alrededor de Y_i .); en cambio, un valor alto del coeficiente se obtendría en el caso contrario: cuando los Y_{ij} sean más variables alrededor de Y_i , es decir, cuando la variedad sea "sensitiva". El coeficiente también puede interpretarse en términos de las interacciones - c.f. Castellón, 1991b -: coeficientes mayores que uno implica que las interacciones del genotipo con las medias de ambientes guardan una relación directamente proporcional; menores que uno, que dicha relación es inversamente proporcional; igual a uno, que las interacciones son prácticamente despreciables, es decir, que genotipo y ambientes se combinan de manera aditiva.

F&W también introdujeron el concepto de "variedad con estabilidad promedio": aquella cuyo rendimiento en el ambiente j -ésimo es igual al promedio de las variedades estudiadas en ese ambiente, es decir, una variedad tal que $Y_{ij} = Y_{.j}$. Es evidente que en este caso el coeficiente de regresión lineal del conjunto de datos $(A_j, Y_{ij}) = (A_j, Y_{.j})$ es igual a uno, lo que dió pie a que denominaran como variedades con estabilidad promedio (o con

adaptabilidad general) a las que tuvieran coeficientes cercanos a uno. Con esta como referencia, denominaron a las variedades con coeficientes relativamente más grandes que uno, como de estabilidad inferior, adaptadas a ambientes "favorables"; y aquellas con valores inferiores a uno, como de estabilidad superior, adaptadas a ambientes "desfavorables". La gráfica que viene adelante ayuda a comprender estas ideas.

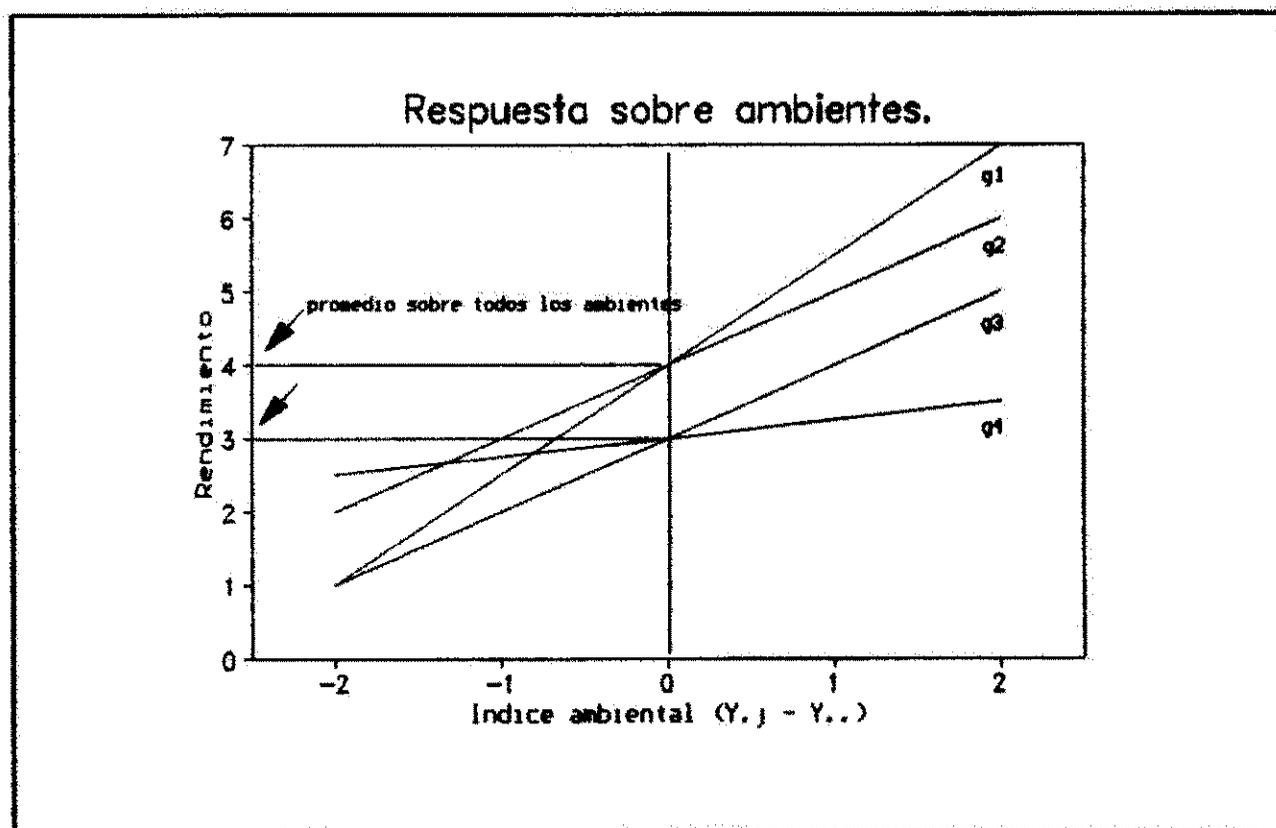


Figura 1. Regresión de genotipos vs ambientes.

Las variedades g2 y g3 tienen estabilidad promedio; g1 estabilidad inferior y g4 estabilidad superior. Es claro que

entre variedades con rendimiento promedio parecido, la de estabilidad promedio equilibra las expectativas y riesgos de los agricultores: rinde más que las de estabilidad inferior en los ambientes "desfavorables" ($Y.j < Y..$), más que las de estabilidad superior en los ambientes "favorables" ($Y.j > Y..$), pero menos en los ambientes donde aquéllas se adaptan mejor; en este sentido, representan un ideotipo, especialmente si dan rendimientos relativamente altos. No obstante, como bien anotan Lin et al. (1986), por razones obvias el ideal del genotecnista es la variedad con estabilidad superior y de alto rendimiento (una como g4 con el promedio de g1), ideal difícil de lograr en la práctica para ambientes diversos porque demanda una alta plasticidad del genotipo.

En la figura 2 se resume de manera conveniente las estadísticas obtenidas con el modelo F&W.

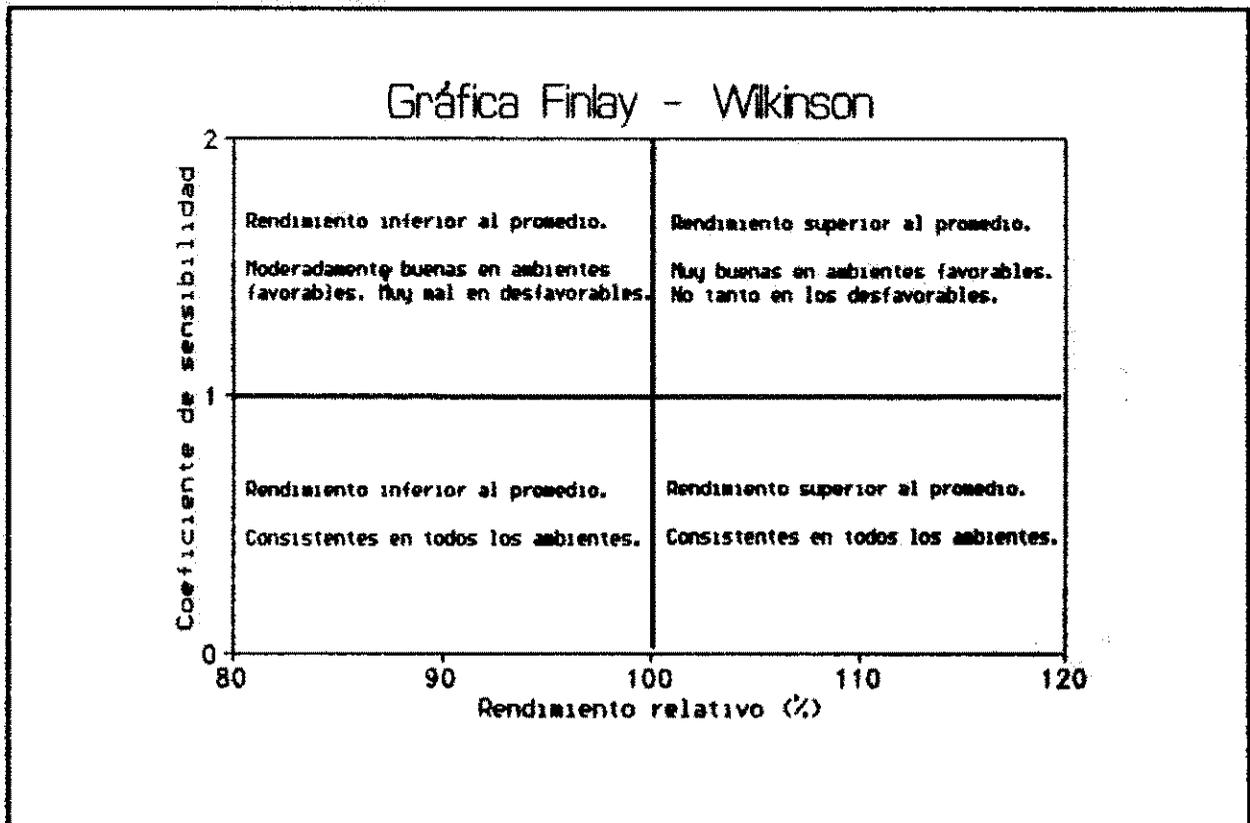


Figura 2. Interpretación gráfica modelo F&W.

La predicción del rendimiento relativo con el modelo F&W tiene una interpretación geométrica interesante, hecha notar por Kempton (1984). Ignorando el error (residuo)

$$Y_{ij}/M = Y_{i.}/M + B_i * A_{j}/M = g_{i1} * a_{j1} + g_{i2} * a_{j2}$$

en donde $g_{i1} = Y_{i.}/M$, $a_{j1} = 1$, $g_{i2} = B_i$ y $a_{j2} = A_{j}/M$.

El lado derecho de la ecuación no es más que el producto interior de dos puntos en el plano, con coordenadas (g_{i1}, g_{i2}) y (a_{i1}, a_{i2}) respectivamente. Dada la relación entre producto interior y la proyección de un punto sobre una recta, es posible aumentar la gráfica de F&W para tener una impresión visual de la jerarquía de los rendimientos relativos de las variedades en un ambiente particular, tal como la predice el modelo F&W: sólo hay que trazar una recta que pase por el origen formando un ángulo cuya tangente sea igual a A_j/M - vea Kempton (1984) para más detalles - y después proyectar sobre ella a los puntos que identifican a los genotipos.

2.4.1.2 El Modelo AMMI.

En éste, la interacción Z_{ij} es aproximada por la suma de varios términos que son el resultado de multiplicar factores asociadas a los genotipos y a los ambientes, de modo que el modelo queda representado por una ecuación como la que sigue:

$$Y_{ij} = M + G_i + A_j + g_{i1} * a_{j1} + g_{i2} * a_{j2} + \dots + \text{residuo}$$

Los factores g_i están asociados con los genotipos, y los a_j con los ambientes. Ellos se estiman a partir de las interacciones usando la técnica de componentes principales, y por ello es que son llamados coordenadas principales o "scores". Además, la técnica asegura una jerarquía descendente de las coordenadas en cuanto a su participación en la suma de cuadrados

de la interacción, de manera que la primera coordenada o componente siempre es la más importante de todas. Lo ideal entonces, es que la primera o las dos primeras componentes "expliquen" una fracción relativamente alta de la interacción, lo que con frecuencia es el caso. Es común que las primeras dos componentes absorban más del 60% de la suma de cuadrados de la interacción genotipo-ambiente, razón por la que el modelo se ha vuelto popular - c.f. Crossa et al, (1990), Kempton (1984) y Zobel et al, (1988).

La interpretación de los resultados es, como en F&W, básicamente descriptiva, usando la gráfica de la primera componente contra el promedio, y la de la segunda componente contra la primera. El propósito es descubrir alguna "estructura" en la interacción que pueda ser explicada en términos agronómicos, esto es, relaciones entre ambientes y variedades, similitudes y diferencias entre los ambientes y las variedades, relaciones con la genealogía y con las características físicas de los ambientes, etc.

La gráfica componente-media da información similar a la que se lee de una gráfica F&W, pues permite estudiar el tipo de relación que hay entre las interacciones y las medias de ambientes y de genotipos. Por otro lado, ya que en el modelo AMMI las componentes se combinan como el producto interior de dos puntos en el plano, la de componente-componente permite

inspeccionar rápidamente, proyectando los puntos correspondientes a los genotipos sobre la recta que pasa por el origen y el punto correspondiente a un ambiente, la jerarquía de la interacción que predice el modelo para el genotipo y ambiente en cuestión. Así, uno puede distinguir con facilidad cuáles genotipos y ambientes interaccionan positivamente y cuáles no, y a partir de ello buscar la estructura de la que se habló anteriormente.

III RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 3 Apéndice 2 aparecen los promedios de algunas características de los cultivares promisorios. Se puede apreciar que desde el punto de vista práctico no se diferencian en días a floración (unos 35 días), días a madurez fisiológica (unos 65 días), vainas por planta (alrededor de 10 vainas) y granos por vaina (6 granos). Se destacan NIC-17 y NIC-18 (descendientes de Cuarentano) por su resistencia a roya Uromyces phaseoli (Reben) Wint; la reacción de las otras va de intermedia a susceptible.

Los promedios de rendimiento de los cultivares en cada uno de los ambientes (en kg/área al 14% de humedad), las medias marginales de ambiente y cultivares, así como la desviación estándar de la media del cultivar, aparecen en la tabla 2 Apéndice 2:

3.1. Análisis de Varianza por Ambiente.

Además de la tabla usual del Análisis de Varianza, en cada ambiente se compararon los rendimientos de las líneas con el promedio de rendimiento de los testigos usando la prueba de Dunnet al 5% de significancia. También se analizó la relevancia de los contrastes que se describen más adelante, con el propósito de buscar alguna relación entre el parentesco de las variedades y su reacción a las condiciones ambientales (cf. Tabla 5 Apéndice 2):

1. Entre variedades descendientes de Rosado * BAT-1514.
2. Entre variedades de Orguloso * BAT-1836.
3. Entre variedades Orguloso * otros BAT.
4. Líneas Orguloso * BAT-1836 vs Orguloso * otros BAT
5. Entre variedades hijas de Cuarentano.
6. Entre variedades hijas de Chile Rojo.

En el resto de la exposición, cuando se hable de "significativo" o "significancia", se entenderá "significancia en sentido estadístico a un nivel del 10% o menos (casi siempre 5% o menos)"; y cuando se haga referencia al o los testigos, se tendrá implícita la prueba de Dunnet.

3.1.1. Localidad Jalapa (Nueva Segovia).

Los resultados a nivel de parcela fueron relativamente más variables en esta localidad que en cualquiera de las otras -c.f coeficientes de variación-. La presencia focalizada de mustia hilachosa Thanatephorus cucumeris (Frank) Donk, favorecida por las altas tasas de humedad relativa producto de la excesiva y continua precipitación a lo largo del ciclo del cultivo, contribuyó a que el error experimental fuese tan grande.

En general, los rendimientos no fueron muy altos debido al exceso de lluvia, pero sí lo bastante discrepantes como para que el contraste global de las medias de tratamiento fuera significativo al 10%. La variedad NIC-15 (Chile Rojo * RAO-33)

fue la que dió más peso de grano, con unos 600 kg/ha arriba del mejor testigo (Rev.-79A); además, la diferencia de unos 900 kg/ha c.r.a rendimiento de su medio hermano NIC-10, fue significativa.

Cabe destacar que las variedades susceptibles a roya estuvieron entre las de más bajo rendimiento, aunque para algunas como NIC-6, eso no parece haber significado gran desventaja.

3.1.2 Localidad Somoto (Madriz).

Los rendimientos obtenidos en esta localidad estuvieron entre los más bajos de todos los de la región I (sólo comparables con los de la postrera en Santa Cruz), debido a las condiciones de sequía en que se desarrollaron los ensayos. Los errores experimentales también estuvieron entre los más bajos, lo que contribuyó a la significancia en las dos épocas de siembra, del contraste global de medias de cultivares.

En la época de primera las variedades NIC-15, NIC-9, NIC-4 y NIC-1, dieron los rendimientos más grandes, superando a la media de los obtenidos con los testigos. El bajo rendimiento de NIC-5 hace que la comparación de las variedades hijas del cruce Orguloso*BAT-1836 sea significativa. También es significativa la diferencia en más de 500 kg/ha, de los rendimientos de NIC-15 y NIC-10.

En el ciclo de postrera el régimen de precipitaciones fue menos regular que en el de primera, hecho que ayuda a explicar la caída adicional en el rendimiento. Otra vez la variedad NIC-15 dió alto rendimiento, superando al promedio de los dos testigos; además, como en la primera, NIC-15 fue mejor que NIC-10 en unos 200 kg/ha.

Los contrastes Orgullosos*Otros BAT y Orgullosos*BAT-1836 vs Orgullosos*Otros BAT, fueron significativos, pero no se consideran de importancia práctica por los rendimientos muy pobres y el error experimental muy pequeño en relación a los de los otros ambientes.

3.1.3 Localidad Pueblo Nuevo (Estelí).

En general, los rendimientos en Pueblo Nuevo fueron mejores que los obtenidos en Jalapa, y mucho mejores que los de Somoto, debido a un régimen de lluvias más favorable para el cultivo.

La prueba para el contraste global de medias de cultivares fue significativa, pero ninguna variedad se destacó como significativamente superior o inferior en rendimiento a cualquiera de los testigos. La variedad NIC-18 (Cuarentanos * BAT-41) dió el rendimiento más alto, superando de manera significativa a su medio hermano NIC-17 en unos 600 kg/ha, y a Cuarentanos en unos 300 kg/ha. También fue significativo el contraste Rosados*BAT-1514, debido al rendimiento más alto de

NIC-12 con respecto a sus hermanos completos (una diferencia de unos 800 kg/ha). Entre las variedades hijas de Orguloso no se destacó ninguna, y NIC-15 estuvo entre las de rendimiento alto.

3.1.4 Localidad Estelí (Estelí).

En la época de primera no hubo diferencias significativas entre los cultivares ni en los contrastes, a pesar de que fue el ambiente en que los rendimientos de todos los cultivares fueron los más altos (arriba de los 2 mil kg/ha) de toda la serie de ensayos. Las precipitaciones acumuladas por pentada de unos 20 mm previas a la floración y llenado de grano, y de menos de 5 mm en la fase de cosecha, contribuyeron a este resultado.

La variedad NIC-11 (Rosado*BAT-1514) dió el rendimiento mayor, pero no superó significativamente al del peor testigo, Cuarentano. Cabe destacar que NIC-15 estuvo entre las de más bajo rendimiento, con diferencias de más de 500 kg/ha c.r.a sus medios hermanos NIC-10 y NIC-14.

En la postrera los rendimientos fueron sensiblemente menores que en primera: unos 1 000 kg/ha, en promedio. La baja precipitación en todo el ciclo (180 mm acumulados), principalmente en la fases de floración y llenado de grano, contribuyó a este bajo rendimiento. El error experimental también fue bajo: un poco menos que un quinto de lo que fue en la primera, y uno de los más bajos de toda la serie de ensayos.

lo que permitió identificar contrastes significativos en el análisis que bien pudieran no tener gran significado práctico.

La variedad NIC-4 (Orguloso * BAT-1836) dió el mayor rendimiento con una diferencia significativa de casi 400 kg/ha con respecto a Cuarentano, y de 700 kg/ha con respecto a Rev-79A. Las variedades NIC-13 y NIC-17 (hijas de BAT-1514), así como NIC-10, rindieron menos que los testigos. Los contrastes, Rosado * BAT-1514 (debido al bajo rendimiento de NIC-13), Orguloso * BAT-1836 (por el alto rendimiento de NIC-4), Orguloso * otros BAT (debido a NIC-1) y entre variedades de Cuarentano (NIC-18 superior a NIC-17), alcanzaron la significancia estadística.

3.1.5 Localidad Santa Cruz (Estelí).

En las dos épocas de siembra los datos dieron significancia para el contraste de medias de genotipos.

En la primera, la variedad NIC-18 dió el rendimiento más alto, superior al del testigo Cuarentano en unos 700 kg/ha. Los rendimientos de las variedades en este ciclo son (excepto algunos como NIC-11) similares a los obtenidos en Pueblo Nuevo, pero mucho menores que los correspondientes obtenidos en la localidad más cercana, Estelí. Una comparación de los patrones de precipitación y necesidades hídricas en estas localidades, hace ver que la satisfacción hídrica constante hasta el período de floración (sin sugerir que este haya sido el factor más

relevante) jugó un papel importante en la determinación de los rendimientos en estos ambientes.

De manera similar al caso de Estelí, los rendimientos en postrera fueron, en promedio, unas dos veces y media menores que los obtenidos en primera. Casi fueron del mismo orden de magnitud que los obtenidos en la primera de Somoto, pero claramente inferiores a los logrados en la postrera en Estelí, a pesar de que en términos de satisfacción hídrica, la postrera de Sta. Cruz fue más favorable que la de aquélla.

Las variedades NIC-15, NIC-7 y NIC-9, dieron rendimientos significativamente más altos que el testigo Cuarentano. Debido al bajo rendimiento de la línea NIC-4 (que en la postrera de Estelí fue la mejor), la comparación de las variedades del cruce Orguloso*BAT-1836 fue significativa; además, estas rindieron menos que las de los otros cruces de Orguloso. También resultó significativa la comparación entre hijas de Cuarentano, pero al revés que en la postrera de Estelí, NIC-17 dió rendimiento más alto que NIC-18. Importa destacar que, como en la primera, NIC-15 superó a NIC-10, esta vez en casi 400 kg/ha.

3.1.6 Localidad Diriomo (Masaya).

Los datos (época de postrera) dieron diferencias significativas al 4 por mil en el rendimiento de los materiales en estudio. El más alto se obtuvo con la variedad NIC-11 (Rosado*BAT-1514), que superó al del testigo REV-84 en casi 600 kg/ha; también es por eso que el contraste "entre variedades de Rosado*BAT-1514" fue significativo.

Llama la atención que en esta localidad, el promedio del rendimiento de las variedades del cruce Orgullosa*BAT-1836 haya sido significativamente inferior al promedio de las otras variedades hijas de Orgullosa.

3.1.7 Localidad San Marcos (Carazo).

En este ambiente (postrera) los rendimientos fueron más homogéneos y por ello no se determinó significancia para el contraste de las medias de los cultivares en estudio.

El rendimiento más alto se obtuvo con NIC-9 y el más bajo con NIC-2, para una diferencia de sólo unos 400 kg/ha. La mayoría de los rendimientos anduvieron entre los 1 400 y 1 600 kg/ha.

3.1.8 Localidad Estación Experimental La Compañía.

Aquí la comparación de la medias de rendimiento fue significativa al 8 por mil. También, como en varios ambientes de la región I, la diferencia de unos 500 kg/ha entre el rendimiento de NIC-15 y el de NIC-10 fue significativa.

Por otro lado, las variedades (en orden decreciente de rendimiento) NIC-9 (Rojo de Seda*BAT-1554), NIC-15, NIC-17, NIC-16, NIC-18, y NIC-7, superaron de manera significativa al testigo, en por lo menos 400 kg/ha.

3.1.9 Resumen de los análisis individuales.

Como se esperaba, los rendimientos de los cultivares, y por ende las conclusiones a que llevaron los análisis, no fueron consistentes de un ambiente a otro, aunque con menos variabilidad en la región IV que en la región I, debido a la semejanza de los ambientes en esta última.

También se encontró (es frecuente en estudios como este) una relación más o menos proporcional entre la varianza (error experimental) y la media de rendimiento en el ambiente. Por eso, hicimos el análisis sugerido en Hinz y Eagles (1976) para determinar una transformación que homogenizara las varianzas en vistas al análisis combinado. Se encontró que la transformación logarítmica (como en Finlay y Wilkinson, 1963) era un cambio de escala adecuado para estos datos; pero al rehacer los análisis

de varianza individuales y el combinado, se llegó a conclusiones que esencialmente eran las mismas que las obtenidas en la escala original, por lo que se deshechó la transformación en favor de la interpretación en una escala más familiar.

Los contrastes, que fueron contruidos tomando en cuenta la genealogía de las variedades con el propósito de investigar la existencia de alguna relación entre aquélla y la naturaleza del ambiente, o de la persistencia de buenos rendimientos asociados a un cruzamiento o progenitor particular, tampoco dieron evidencias claras de las que se pudiera extraer una conclusión general. Vale la pena, sin embargo, destacar que el contraste "entre variedades Rosado*BAT-1514" fue significativo en cuatro de los once ambientes (3 de 8 de la región I y 1 de 3 de la región IV), con la particularidad que en la mayoría de los casos NIC-11 fue superior a NIC-12 y NIC-13. De significancia más consistente fue la comparación NIC-15 vs NIC-10, que resultó significativa en 6 de los 11 ambientes (5 de 8 en la región I y 1 de 3 en la región IV), en las que NIC-15 dio promedios más altos que NIC-10. Si a esto agregamos que en casi todos los ambientes NIC-15 estuvo arriba del promedio general por ambiente, particularmente en aquellos con estrés hídrico, se puede conjeturar con cierto fundamento que los cruzamientos de los criollos con RAO-33 pudieran ser más interesantes que los cruzamientos con las variedades del tipo BAT usadas en este estudio.

3.2 Análisis de Varianza Combinado, Ambientes de Región I.

3.2.1. Modelo Finlay y Wilkinson.

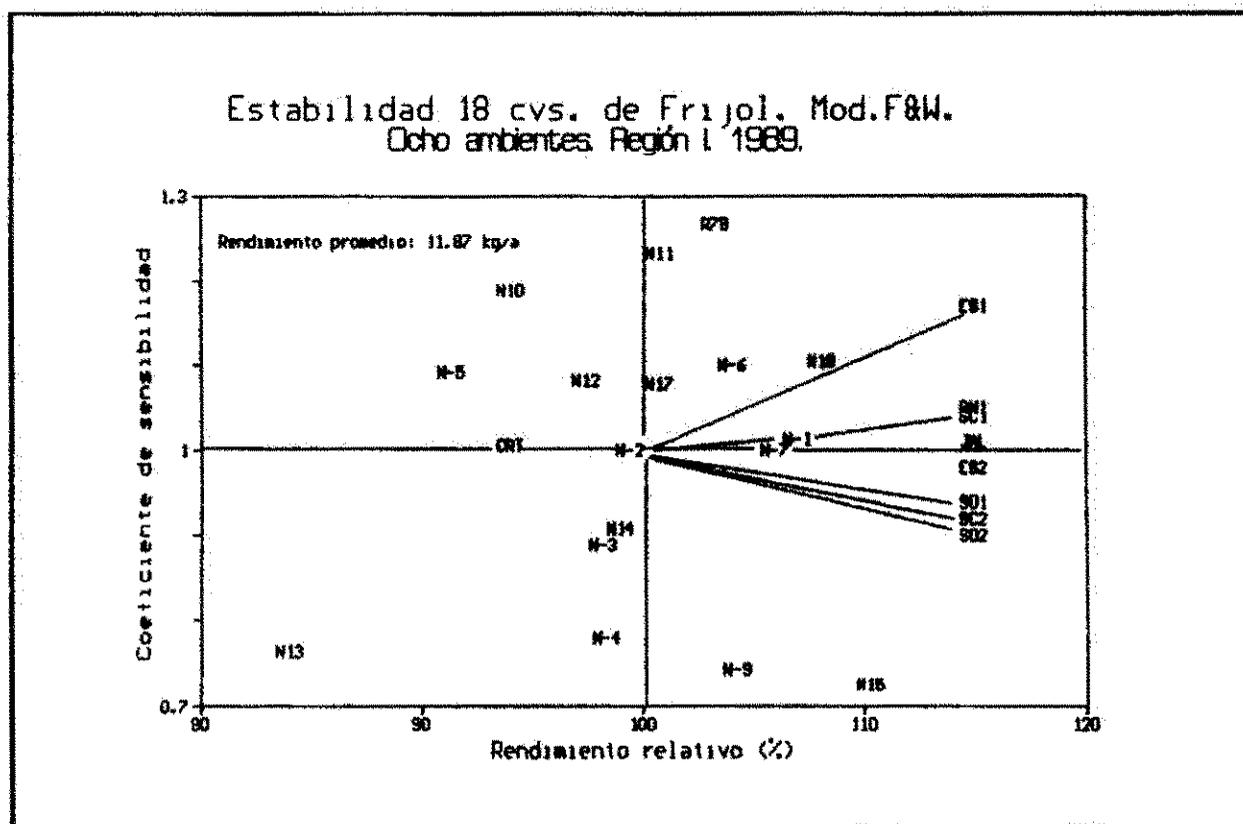
El análisis de varianza combinado para los ocho ambientes de la Región I (Tabla 6 Apéndice 2) indica diferencias altamente significativas para las fuentes de variación ambientes, genotipos e interacción genotipo*ambiente.

El modelo de Finlay y Wilkinson (F&W) aumentado no da una explicación satisfactoria de la interacción: apenas un 28% de la suma de cuadrados es absorbida por el modelo, dejando un residual que es significativamente mayor que el error experimental. La mayor parte de la variación que es explicada, se debe a la variación de los coeficientes de sensibilidad de los genotipos alrededor de uno - van desde 0.725 para NIC-15 hasta 1.27 para Rev-79A -, pero sin que se manifieste una relación directa entre coeficientes y promedios.

En la Figura 3 que viene más adelante, puede verse que los cultivares NIC-15 y NIC-9, además de rendimientos promedios relativamente altos, tienen coeficientes relativamente bajos (mayor homeostasis), lo que, a pesar de un rendimiento inferior al promedio en la primera de Estelí, los califica como los materiales más interesantes del grupo. En el otro extremo están NIC-13, Rev-79A y NIC-11: la primera por su bajo rendimiento, y las otras por su mayor sensibilidad, que las hace más

"susceptibles" al estrés ambiental. Las demás, quitando a NIC-10 y NIC-4, pueden considerarse como estables en el sentido de F&W, destacándose NIC-7, NIC-1 y NIC-18.

No se observa alguna asociación regular entre genealogía, coeficiente de sensibilidad y rendimiento: casos como el de NIC-11, NIC-12 y NIC-13 (hijas del mismo cruce); o el de los medios hermanos NIC-15 y NIC-10, NIC-9 y NIC-10, son un ejemplo. De la gráfica se desprende que los cruces donde intervinieron Tico Rama, Rojo de Seda, Rosado y Orgullosos*BAT-1836, no prometen mejoras importantes. Las variedades hijas de Cuarentano (NIC-17 y NIC-18), así como las de Orgullosos*otros BAT (NIC-1, NIC-6 y NIC-7), evidentemente son mejores.



Las "predicciones" del rendimiento según el modelo F&W, proyecciones de los puntos que identifican a los genotipos sobre las líneas que pasan sobre los que identifican a los ambientes, indican que en los ambientes donde hubo sequía grave (Somoto primera y postrera, Sta. Cruz postrera) el comportamiento relativo de las variedades fue similar; lo mismo puede decirse de Jalapa y postrera de Estelí, y de la primera de Sta. Cruz y Pueblo Nuevo. Se destaca claramente la excepcionalidad de la primera en Estelí. También puede verse con claridad que la variedad NIC-15 es, según la predicción del modelo, la de rendimiento más alto en todos los ambientes, excepto en la primera de Estelí, en donde es superada por NIC-11, Rev-79A, NIC-18, NIC-1, NIC-6 y NIC-7. La variedadd NIC-18 también promete mucho: va detrás de NIC-15 en todos los ambientes en donde NIC-15 es la mejor, y la supera en un buen ambiente como es la primera de Estelí.

3.2.2 Modelo AMMI.

Con este modelo se logra una mejor aproximación a la interacción que con F&W: absorbe un 67% de la suma de cuadrados, y no deja residual significativo. Como es frecuente (c.f. Gauch y Zobel, 1989; Córdoba, 1991; Urbina y Bruno, 1991), las dos componentes son significativas para el modelo (con 41% de información en la primera, y 26% en la segunda). En la figura 4 aparece la primera componente o coordenada puesta en relación

con el rendimiento promedio; y en la figura 5, una componente contra otra.

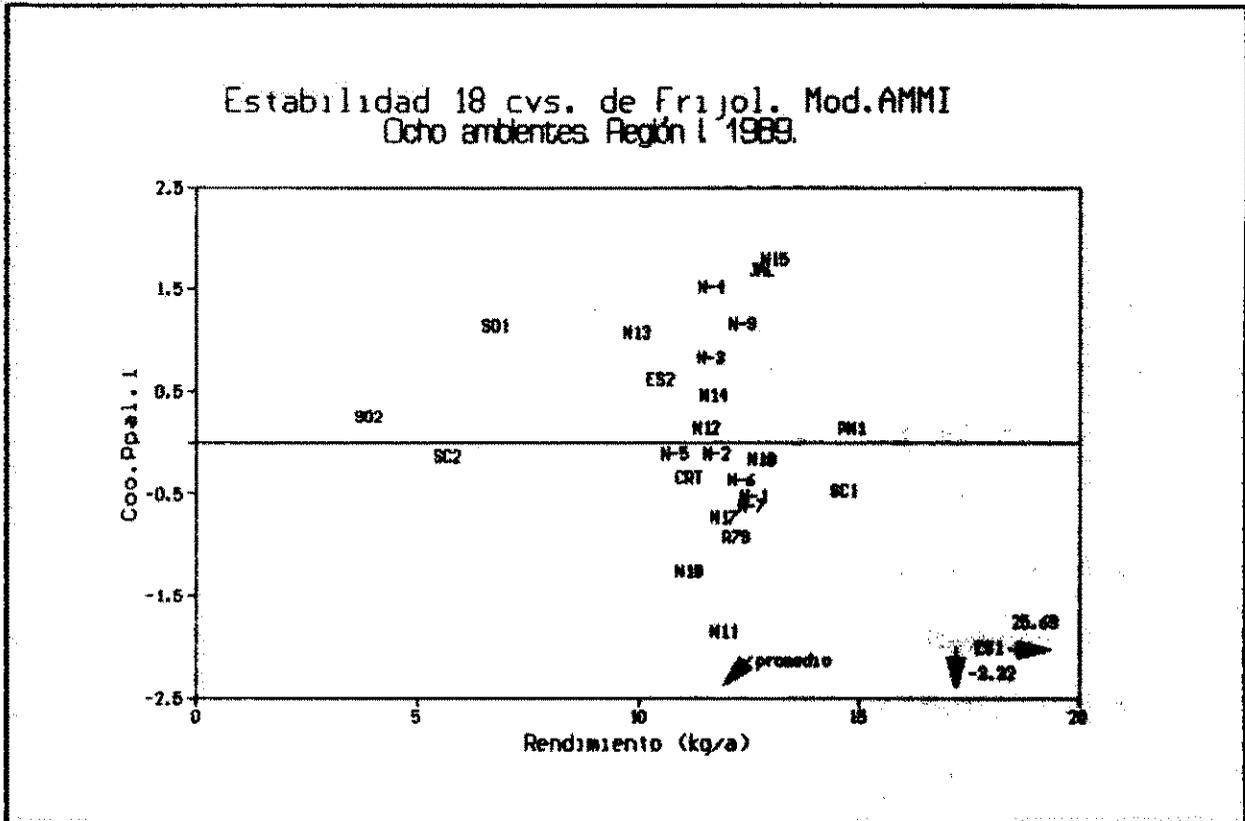


Figura 4. Modelo AMMI. Región I.

Lo primero que salta a la vista en la figura 4 es la excepcionalidad de la primera de Estelí (ES1) en rendimiento y en la contribución a la interacción. Después, fuera de Jalapa y la primera en Somoto, los ambientes contribuyen poco a ella, independientemente de la magnitud del promedio de rendimiento en esos ambientes, lo cual no es muy común; es más frecuente que se manifieste una relación directa, por lo que en este caso puede sospecharse un enmascaramiento por ES1.

En cuanto a las variedades, NIC-5, NIC-2, NIC-18, CUARENTANO, NIC-6 y NIC-12, interaccionan débilmente con los ambientes, destacándose NIC-18 por su rendimiento más alto. Se alejan notablemente de ese patrón, y de forma opuesta, NIC-11 y NIC-15.

Para relacionar ambientes y variedades en cuanto a interacción, se toman en cuenta los signos de las componentes que les corresponden: si son del mismo signo, la interacción es positiva (contribuye a aumentar el rendimiento); si son de signo contrario, es negativa y contribuye a deprimir el rendimiento de la variedad. Así, variedades como NIC-15, NIC-4 y NIC-9, aparecen interactuando fuerte y positivamente con ambientes tan disímiles como Jalapa (lluvioso) y primera de Somoto (muy seco); en cambio, su interacción con ES1 es fuerte pero negativa, lo que las ubica en una posición inferior al promedio de ese ambiente.

Otro aspecto a considerar es la magnitud de las componentes: mientras NIC-15 y NIC-11 tienen componentes de magnitud similar, la gran diferencia entre las de Jalapa y ES1 hace que la "influencia" positiva de ES1 sobre NIC-11 sea mucho mayor que la de Jalapa sobre NIC-15 y también en la otra dirección: la reducción en el rendimiento de NIC-15 en ES1, es proporcionalmente mayor que la sufrida por NIC-11 en Jalapa.

La genealogía no ofrece una explicación consistente de estos hechos, a pesar de que se detectan algunas regularidades como las hijas de Cuarentano (NIC-17 y NIC-18) y las variedades NIC-1, NIC-6 y NIC-7 (hijas de Orguloso). La selección dentro de un mismo cruce ha producido alguna divergencia, como en el caso de Orguloso*BAT-1836; es más espectacular la de las variedades NIC-11, NIC-12 y NIC-13 (del cruce Rosado*BAT-1514).

La figura 5 permite un análisis más amplio de la interacción. Aquí, las proyecciones de los puntos que identifican a las variedades sobre las rectas que unen a los identificadores de ambientes con el origen, reflejan el valor relativo de la interacción de las variedades con el ambiente (no al rendimiento, como las proyecciones en el modelo F&W). Por ejemplo, en orden descendente por la magnitud de la interacción en Jalapa, están: NIC-15, NIC-13, NIC-9, ..., Rev-79A, NIC-10. La longitud medida desde el origen es directamente proporcional a la magnitud de la interacción.

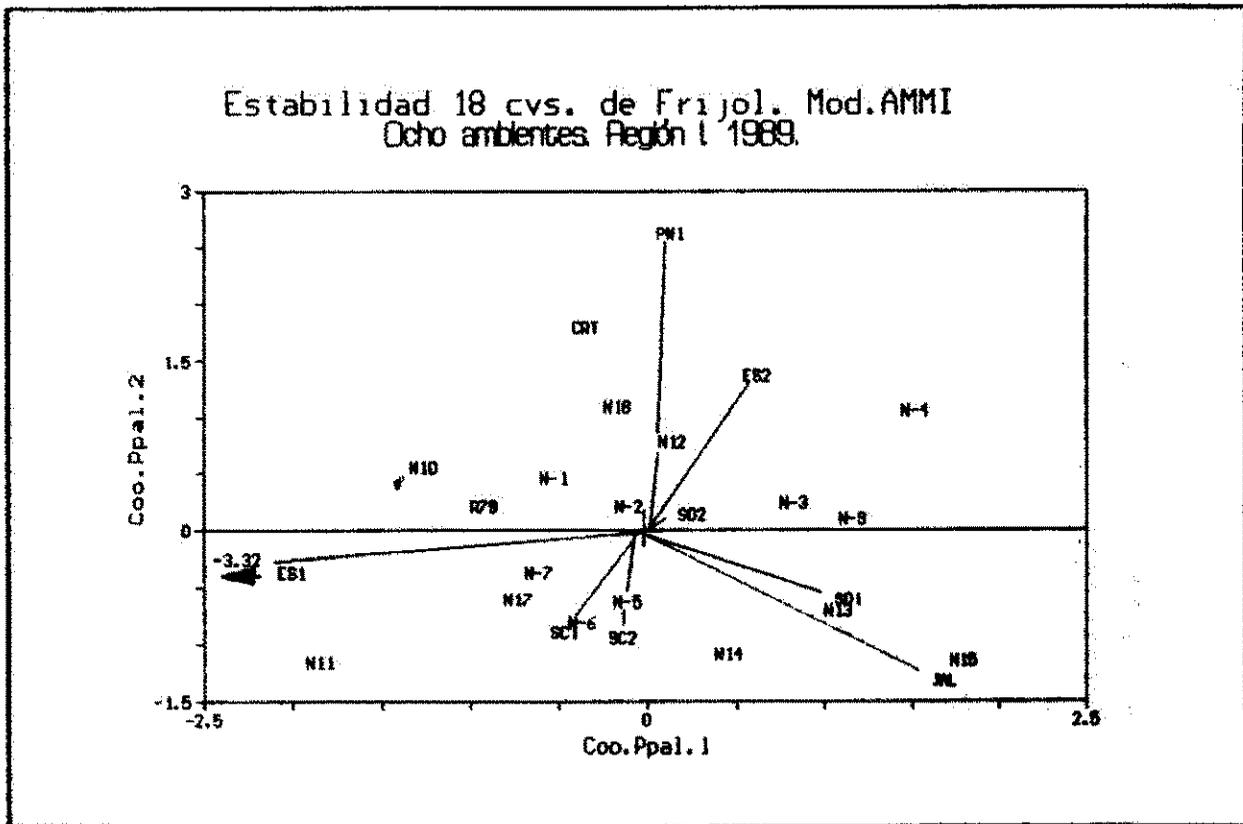


Figura 5. Modelo AMMI. Región I.

Todo lo dicho antes permite deducir por ejemplo, que la variedad NIC-2 prácticamente no interacciona con ninguno de los ambientes o, lo que es decir lo mismo, que el coeficiente B_i de F&W para esta variedad es prácticamente igual a uno (cf. figura 3). También puede afirmarse que en el ambiente postrera de Somoto, la interacción de todas las variedades es casi nula, lo que es explicable dado el grado extremo de estrés que prevaleció en ese ambiente.

Las similitudes son determinadas por relaciones de cercanía: dos variedades interaccionan poco a través de los

ambientes (conservan el orden relativo en cuanto a la magnitud del rendimiento) si aparecen cerca en la gráfica; la jerarquía de las variedades es similar en ambientes cuyos vectores tengan direcciones parecidas (el ángulo que forman en el origen es pequeño).

De acuerdo a lo anterior, la interacción de las variedades NIC-7 y NIC-17, vecinas en la gráfica, es muy débil a través de los ambientes. En efecto, inspeccionando la tabla de promedios puede verificarse que la línea NIC-7 en prácticamente todos los ambientes dio rendimientos más altos que NIC-17. Asimismo, como los vectores de Jalapa y primera de Somoto forman un ángulo relativamente cerrado, el modelo AMMI predice que la jerarquía de las variedades en esos dos ambientes debe ser prácticamente la misma, lo cual puede ser comprobado en la tabla de promedios.

Entre los ambientes se dan algunas relaciones que llaman la atención - de hecho podría hablarse de cuatro grupos de ambientes: Jalapa y primera de Somoto, postrera de Estelí y Pueblo Nuevo, primera de Estelí, y las dos épocas de siembra en Santa Cruz -. La similitud destacada anteriormente de Jalapa y primera de Somoto, llama la atención porque se trata de ambientes disímiles en cuanto a satisfacción hídrica del cultivo se refiere: el primero en exceso, el segundo deficitario. ¿Cómo explicar entonces que la variedad con rendimiento más alto (bajo) en uno de ellos también lo sea en el otro? ... cuando

mucho podría argumentarse que tanto exceso como déficit implican un estrés para el cultivo. También son interesantes las relaciones de oposición entre la primera de Sta. Cruz (SC1) y la postrera de Estelí (ES2), la postrera de Sta. Cruz (SC2) y Pueblo Nuevo (PN1). En ambos casos las jerarquías están invertidas: NIC-17 por ejemplo, rinde más que NIC-3 en SC1, pero ocurre lo contrario en ES2.

En todos estos análisis e interpretaciones hay que tener presente que las predicciones pueden no concordar con los datos, debido a que el modelo no se ajusta a ellos de manera perfecta. Un caso es el de NIC-17 y NIC-18 en SC1 y ES2. La predicción es que NIC-17 rinde más que NIC-18 en SC1, y que ésta más que aquélla en ES2; sin embargo, una inspección a la tabla de promedios permite corroborar que en los dos ambientes NIC-18 rinde más que NIC-17.

No tenemos explicaciones satisfactorias para estos resultados. Ni la genealogía ni los datos climáticos de los que disponemos permiten ofrecer tal explicación, seguramente porque las aproximaciones no son lo suficientemente buenas -los datos de precipitación no fueron registrados en los sitios experimentales.

3.3 Análisis de varianza combinado, ambientes de Región IV.

El análisis combinado de la varianza para los tres ambientes de la Región IV (Tabla 6 Apéndice 2) indica diferencias altamente significativas entre los genotipos y una fuerte interacción genotipo*ambiente, pero la variación entre los ambientes no es significativa - la diferencia mayor entre promedios de ambiente es sólo de unos 300 kg/ha.

3.3.1. Modelo Finlay y Wilkinson.

F&W explica muy poco la interacción de los genotipos con los ambientes: si sólo se consideran los genotipos absorbe un 20% de la suma de cuadrados de la interacción; agregando los ambientes, queda una suma de cuadrados residual significativa que representa casi el 75% de la interacción. Es interesante que casi el 50% de la variación de los coeficientes de sensibilidad de los genotipos sea debido a la relación positiva entre promedio de rendimiento y coeficiente ("regresión conjunta"), lo cual es evidente en la gráfica que sigue.

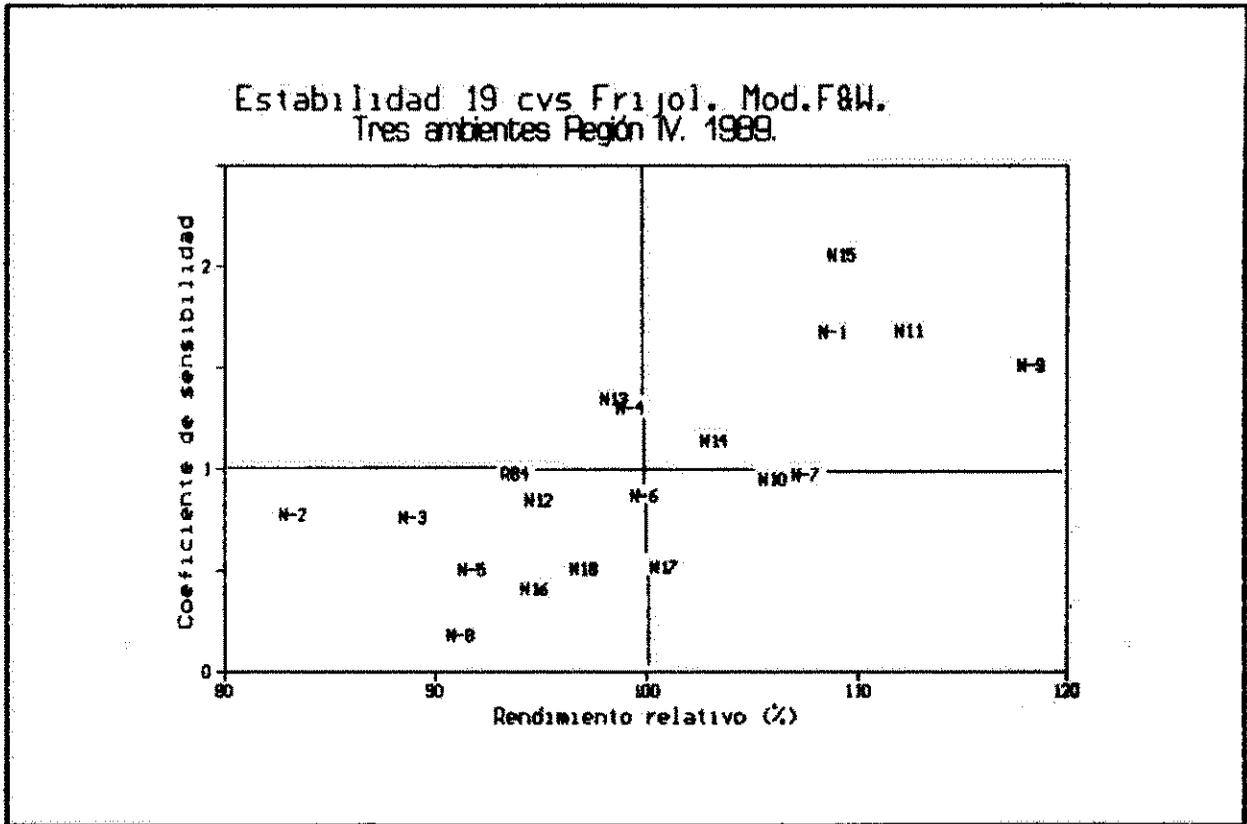


Figura 6. Modelo F&W. Región IV.

Los cultivares "estables" y con rendimientos arriba del promedio son: NIC-7, NIC-10 y NIC-14. NIC-1, NIC-9, NIC-11 y NIC-15 dieron los rendimientos y coeficientes más altos, destacándose NIC-9 por su mayor rendimiento y por el coeficiente más pequeño entre las de este grupo. El testigo Rev-84 aparece como estable y con rendimiento un tanto menor que el promedio.

Igual que en la región I, no se aprecia que haya una relación fuerte genealogía-rendimiento o genealogía-coeficiente de sensibilidad, viéndose la mayor discordancia en la descendencia de Rosado*BAT-1514. Los hijos de Cuarentano dieron un rendimiento (cercano a la media) y coeficiente similar; los

de Chile Rojo dieron rendimiento similar (arriba de la media) pero coeficientes muy distintos; y finalmente, excepto por NIC-4, la descendencia de Orguloso*BAT-1836 muestra cierta regularidad que faculta sugerir que tal cruce no es prometedor en los ambientes estudiados en la región.

La diferencia máxima entre los promedios de ambientes fue de unos 300 kg/ha, que no es significativa. No fueron trazadas las rectas de rendimientos relativos que predice el modelo porque todas prácticamente coinciden con la horizontal, lo cual significa que el rendimiento predicho en cada ambiente, es casi igual al promedio de la variedad sobre todos los ambientes.

Un resultado que llama la atención es la significancia de la fuente de variación "coeficientes ambientales". Según esto, la variación intra-ambiente del rendimiento de las variedades no fue uniforme entre los ambientes; no obstante, como fue señalado en el párrafo anterior, la jerarquía de las variedades fue casi la misma en los tres ambientes de la región.

3.3.2 Modelo AMMI.

Este modelo ajusta muy bien los datos de esta región: la primera componente absorbe el 83% de la suma de cuadrados de la interacción, mientras la segunda apenas un 16%; en conjunto, las dos componentes hacen el 99% de esa suma de cuadrados.

En la Figura 7 es claro que la mayor contribución a la interacción viene de los ambientes, principalmente del contraste entre los rendimientos en Diriomo (DMO) y La Compañía (CIA) - dicho sea de paso, los ambientes donde se obtuvieron los rendimientos más altos -. Se observa una tendencia positiva entre rendimiento e interacción de las variedades, de la que se aleja notablemente NIC-9; otras como NIC-7 y NIC-15 no lo hacen tan claramente, pero sí lo suficiente como para tenerlo en cuenta.

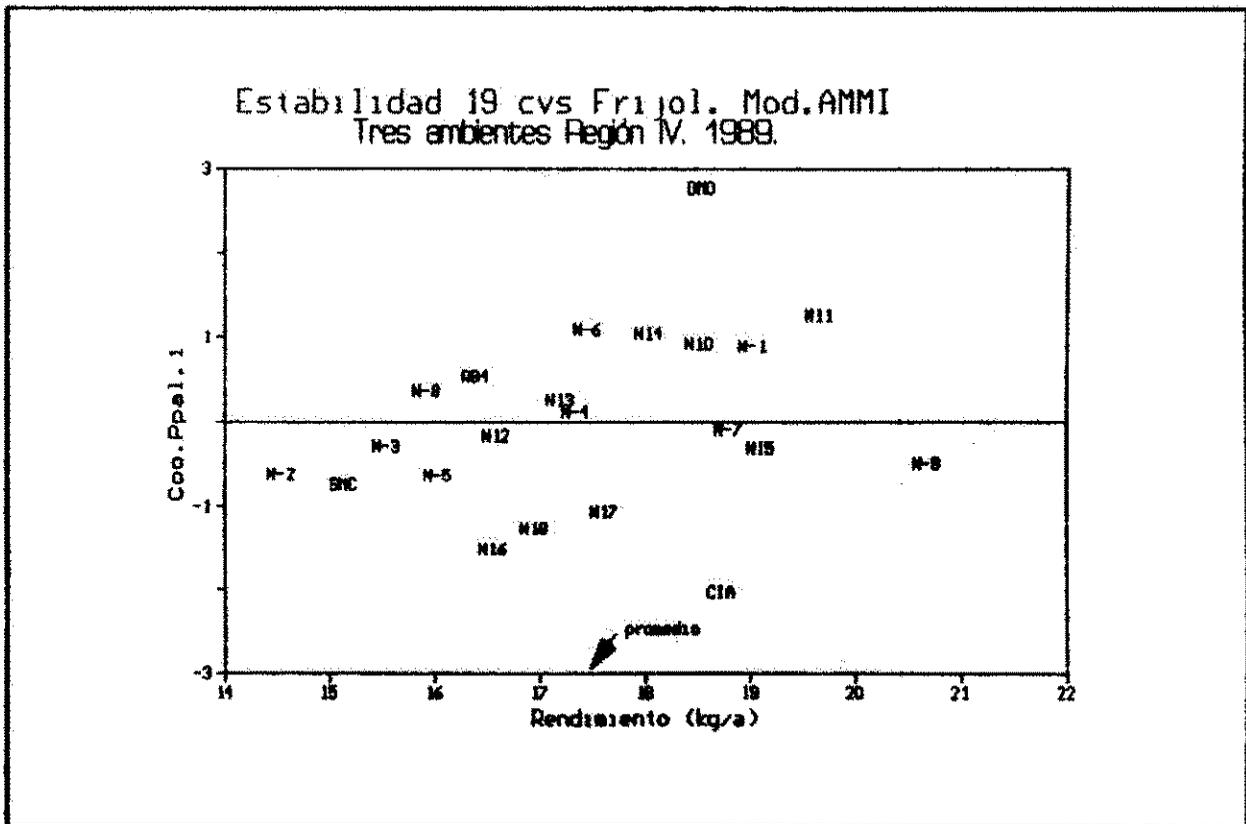


Figura 7. Modelo AMMI. Región IV.

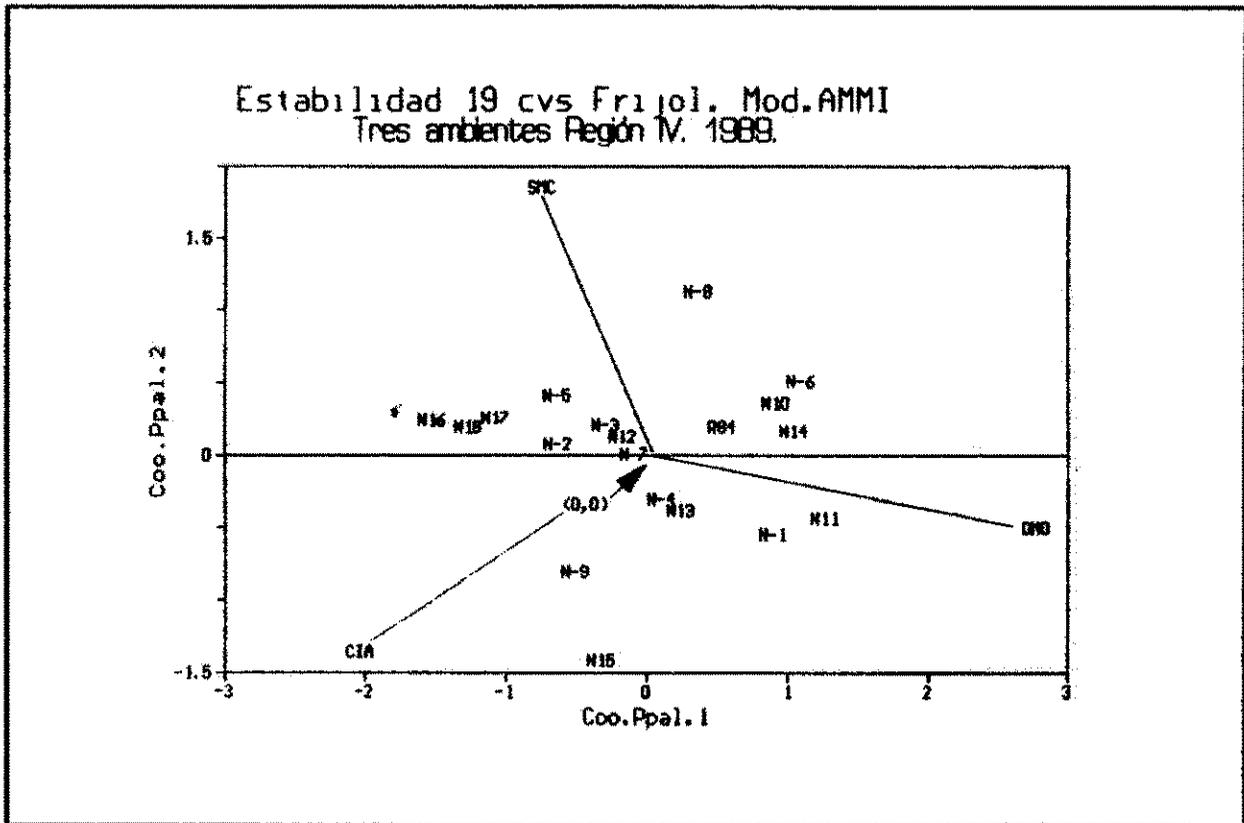


Figura 8. Modelo AMMI. Región IV.

La divergencia de los ambientes se destaca más en la Figura 8. Ahí se destacan algunos conglomerados de variedades como el formado por NIC-16, NIC-17 y NIC-18; NIC-6, NIC-10 y NIC-14; NIC-2, NIC-3 y NIC-5, algunos de los cuales pueden reflejar efectos de su genealogía común. Por otro lado, NIC-8, NIC-9 y NIC-15, presentan patrones de interacción muy particulares.

3.4 Análisis de Varianza Combinado, Regiones I y IV.

En la Tabla 6 Apéndice 2 aparecen los resultados de los análisis para los once ambientes. Hay diferencias significativas en las medias de ambientes, genotipos e interacción, como era de esperar.

3.4.1 Modelo Finlay y Wilkinson.

Incluyendo las regresiones de genotipos y ambientes en el modelo, el residuo es significativo y con un 82% de la suma de cuadrados de la interacción. Tampoco esta vez F&W dio un ajuste aceptable.

En la Figura 9 se resume la información que usualmente se deduce del modelo. Se ve que un numeroso grupo de variedades tienen "estabilidad promedio", sobresaliendo por su rendimiento NIC-1, NIC-6, NIC-7 y NIC-18. Las variedades NIC-9 y NIC-15 dieron los rendimientos promedios más altos y coeficientes de sensibilidad relativamente bajos, es decir, con rendimientos más estables a través de los ambientes. La variedad NIC-11 destaca por su mayor sensibilidad.

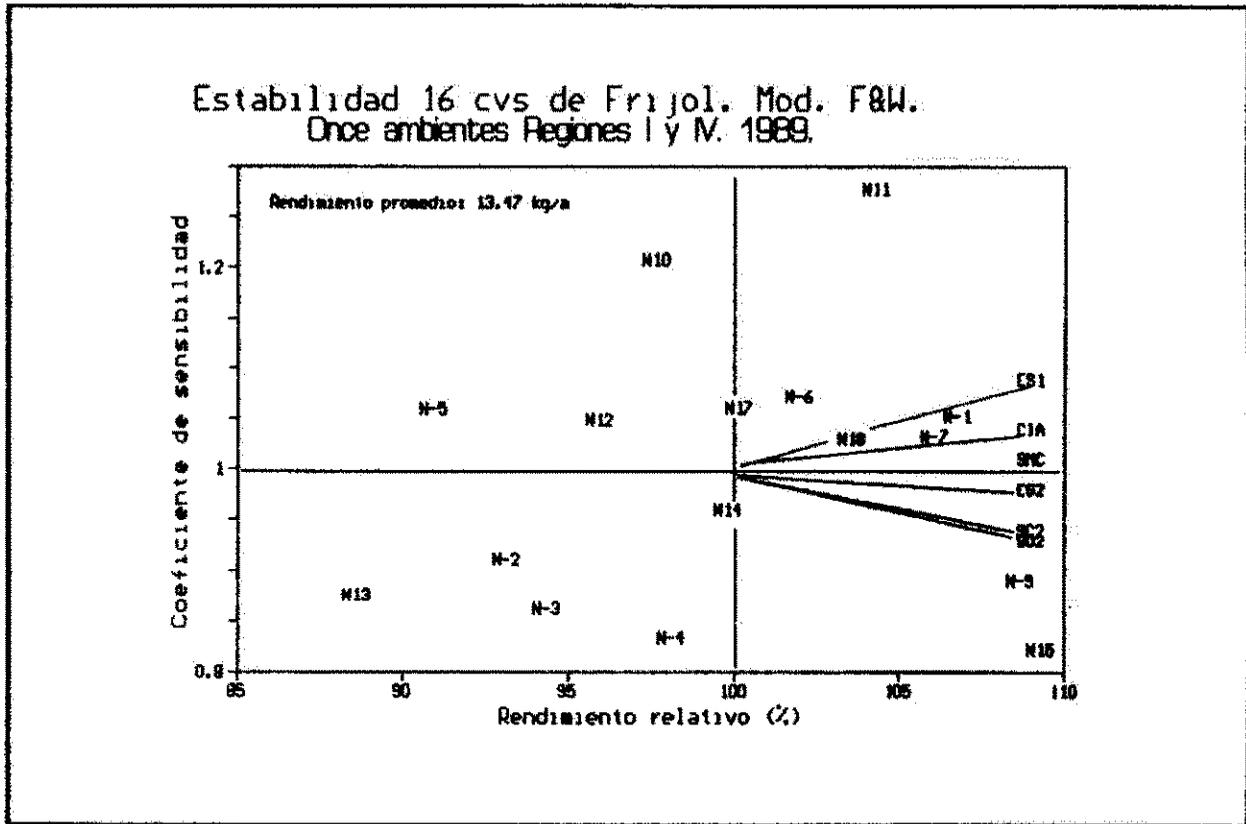


Figura 9. Modelo F&W. Regiones I + IV.

En las dos siembras de Somoto y la postrera de Sta. Cruz las variedades dieron los rendimientos más bajos. El más alto lo dieron en la primera de Estelí, seguido por los de la región IV. El promedio de los otros ambientes es casi igual al promedio general, por lo que las líneas que les corresponden en la gráfica casi coinciden con la horizontal, es decir, en ellos el rendimiento predicho por F&W es prácticamente el mismo que el determinado por el promedio marginal del rendimiento (de las variedades).

La predicción de los rendimientos no es muy buena porque el ajuste del modelo no lo es, pero hay cierta consistencia. Por

ejemplo, proyectando sobre las líneas de los ambientes se deduce que las variedades NIC-9 y NIC-15 son las dos primeras en rendimiento en todos los ambientes; al inspeccionar la tabla de promedios uno encuentra que, excepto en la primera de Estelí, esas variedades siempre están entre las de mayor rendimiento, especialmente en aquellos donde la sequía fue problema.

También se identifica cierta consistencia por la genealogía. Es el caso de las variedades hijas de Orguloso, que no fueron muy sensibles a los cambios de ambiente. Entre estas se nota que la cruce con BAT-1836 no fue tan buena como las otras, entre las que destacan NIC-1 y NIC-7. En cambio, la cruce Rosado*BAT-1514 dio amplia variación en la descendencia.

3.4.2 Modelo AMMI.

El modelo con dos componentes principales explica un 63% de la variabilidad de las interacciones de las variedades con los ambientes.

En la Figura 10 se aprecia una tendencia a que la participación del ambiente sea directamente proporcional al rendimiento promedio. Sobresalen Diriomo (DMO) y La Compañía (CIA) de la región IV, y Jalapa (JAL), Pueblo Nuevo (PN1) y primera de Estelí (ES1) de la región I. La contribución a la interacción de los demás ambientes no es tan fuerte.

Entre las variedades se dan algunas aglomeraciones que sugieren la ausencia de interacción entre ellas. Las hijas de Orgullosa*BAT-1836 se separan en dos grupos: NIC-3 y NIC-4, NIC-2 y NIC-5. El primero es más favorecido por ambientes como JAL y PN1, mientras el segundo (con rendimiento inferior) es casi "indiferente" a los cambios de ambiente. El cruzamiento de Orgullosa con otros BAT parece más favorable; llama la atención NIC-7 (Orgullosa*BAT-1654). Otro grupo es el de los hermanos completos NIC-12 y NIC-13.

El rendimiento relativamente alto de NIC-11 parece deberse únicamente a su interacción positiva con DMO y, particularmente, con ES1. El de la variedad NIC-15, en cambio, parece determinado por los ambientes "malos e intermedios", notan buenos como ES1.

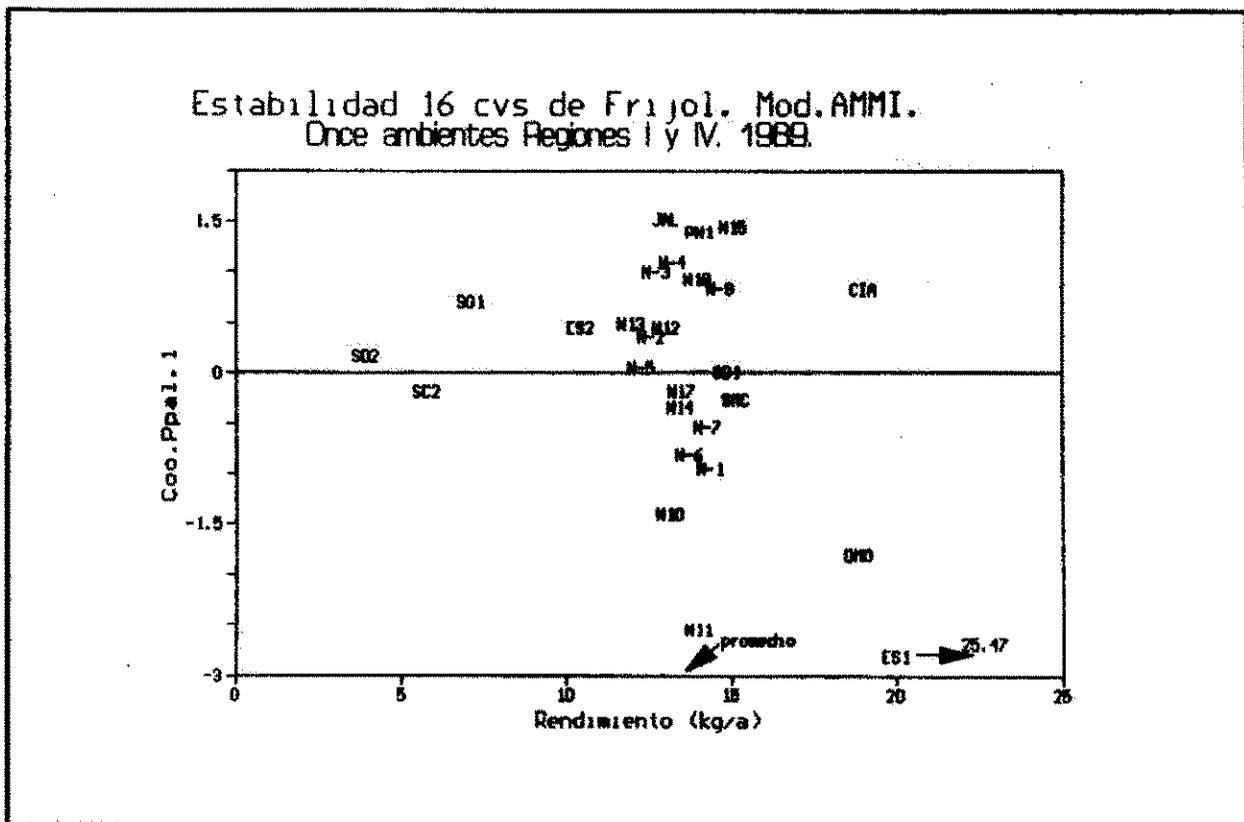


Figura 10. Modelo AMMI. Regiones I + IV.

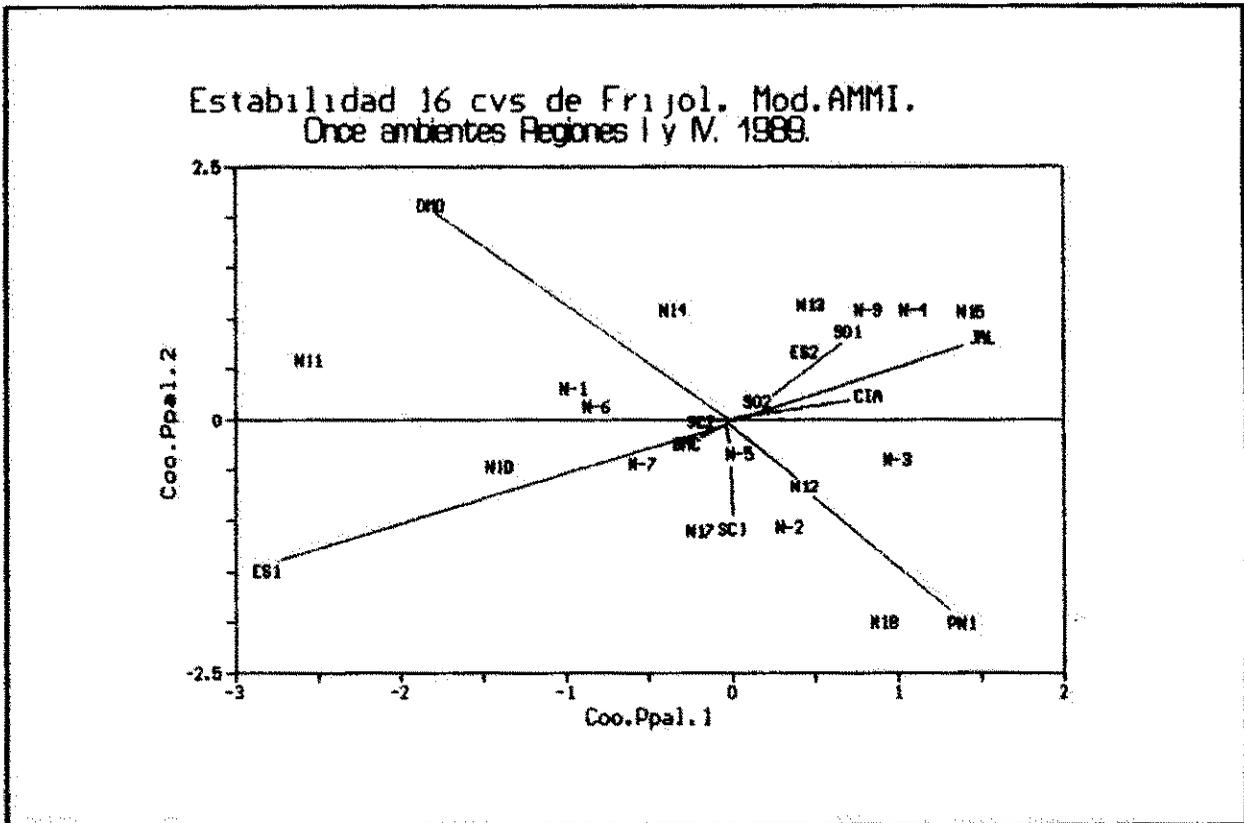


Figura 11. Modelo AMMI. Regiones I + IV.

De la Figura 11 se deduce que casi toda la interacción depende de DMO, ES1, PN1 y JAL. Es particularmente interesante la relación de oposición que guardan entre ellos: DMO opuesto a PN1, ES1 opuesto a JAL. Los ambientes de Sta. Cruz (SC1 y SC2), postrera de Somoto (SO2) y San Marcos (SMC), interaccionan débilmente con las variedades; los otros, postrera de Estelí (ES2) y primera de Somoto (SO1) casi coinciden, lo mismo que JAL y CIA. Entonces podemos formar seis grupos de ambientes por la manera en cómo se da la interacción con las variedades: los grupos DMO, ES1, PN1, CIA-JAL, SO1-ES2 y el resto, en los que las variedades tienen un comportamiento "aditivo", con una jerarquía de rendimiento uniforme.

Llama la atención cómo están asociados algunas variedades con algunos ambientes. Tal es el caso de NIC-18 y PN1, de NIC-11 con ES1 y DMO, de NIC-15 con CIA-JAL y SO1-ES2. Mientras NIC-11 interacciona fuerte y positivamente con ambientes "muy favorables" como ES1 y DMO, con ambientes en los que hay problemas de estrés hídrico (por exceso o por déficit), lo hace fuerte y negativamente; NIC-15 en cambio, presenta más plasticidad.

3.5 Análisis combinado eliminando datos de primera de Estelí (ES1).

Dado lo extraordinario de los rendimientos en la primera de Estelí, se rehicieron los análisis para verificar si las conclusiones para los demás ambientes continuaban siendo similares a las anteriores (ver Tabla 7 Apéndice 2).

3.5.1 Región I.

En el caso del modelo F&W, la significancia de las fuentes de variación sigue llevando a las mismas conclusiones. Sin embargo, el porcentaje de las sumas de cuadrados explicada por el modelo ahora es más reducido, y los coeficientes de sensibilidad de algunos cultivares (NIC-11 y NIC-15 en particular), muy distintos, como se ve en la gráfica que viene adelante. Ya habíamos destacado la fuerte interacción de tales cultivares con ES1: la comparación de esta gráfica con la correspondiente en la sección 3, permite apreciarlo de otra manera.

La variedad NIC-18 se destaca como la más sensible, y la NIC-15 como la de mayor rendimiento y con estabilidad promedio en el sentido de F&W.

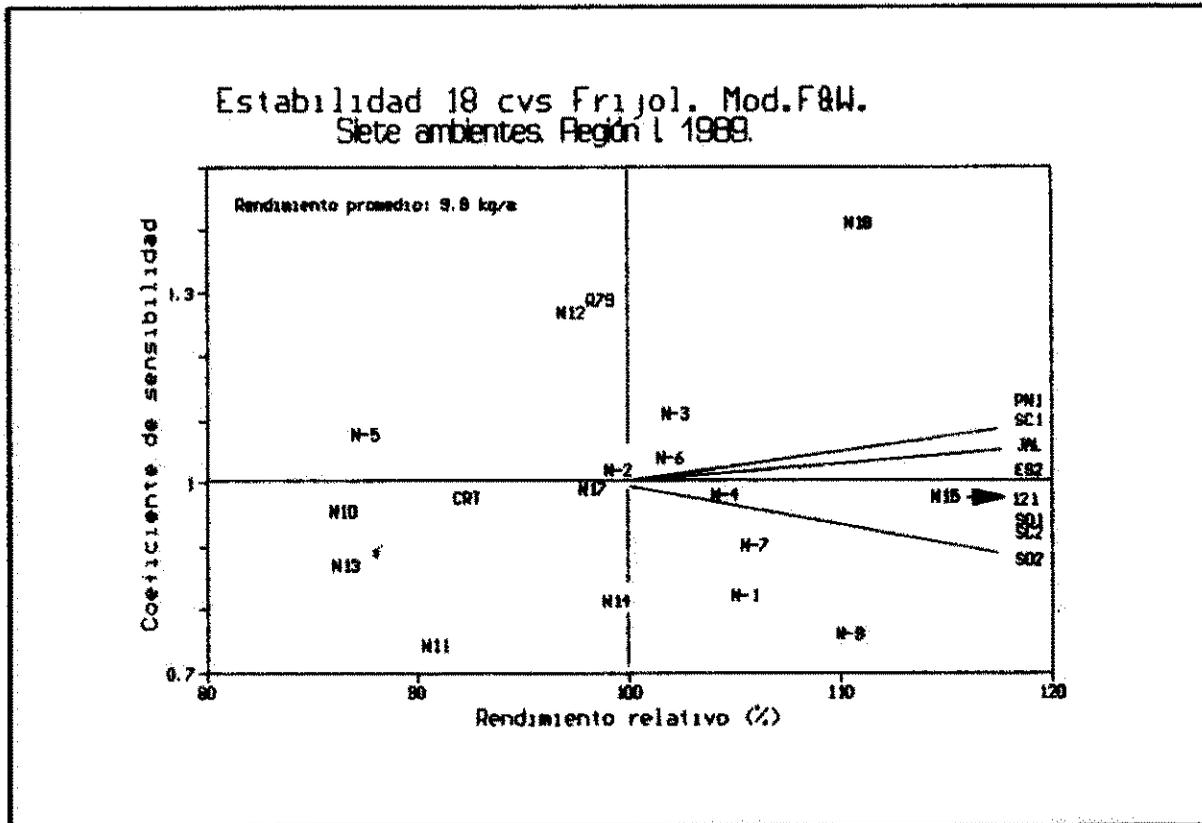


Figura 12. Modelo F&W. Región I sin ES1.

Sólo pocas variedades tienen ahora un coeficiente casi igual al de antes. Entre ellas están CAURENTANO, NIC-2, NIC-5, NIC-6 y, en general, aquellas con coeficiente cercano a uno y rendimiento promedio parecido al promedio general. Casos interesantes son NIC-9 y Rev-79A, que prácticamente conservan el mismo coeficiente a pesar de que en el primer análisis aparecieron como no estables; pero es de destacar que en ese primer análisis, el modelo F&W dió el mejor ajuste (R^2) para estos materiales.

El efecto de la exclusión de ES1 en el análisis con el modelo AMMI, puede deducirse contrastando las gráficas que

siguen con las correspondientes de la sección 3, teniendo en cuenta que un cambio simultáneo de signo en los componentes de ambiente y variedad, por las reglas de multiplicación algebraica, no afecta el resultado (interacción).

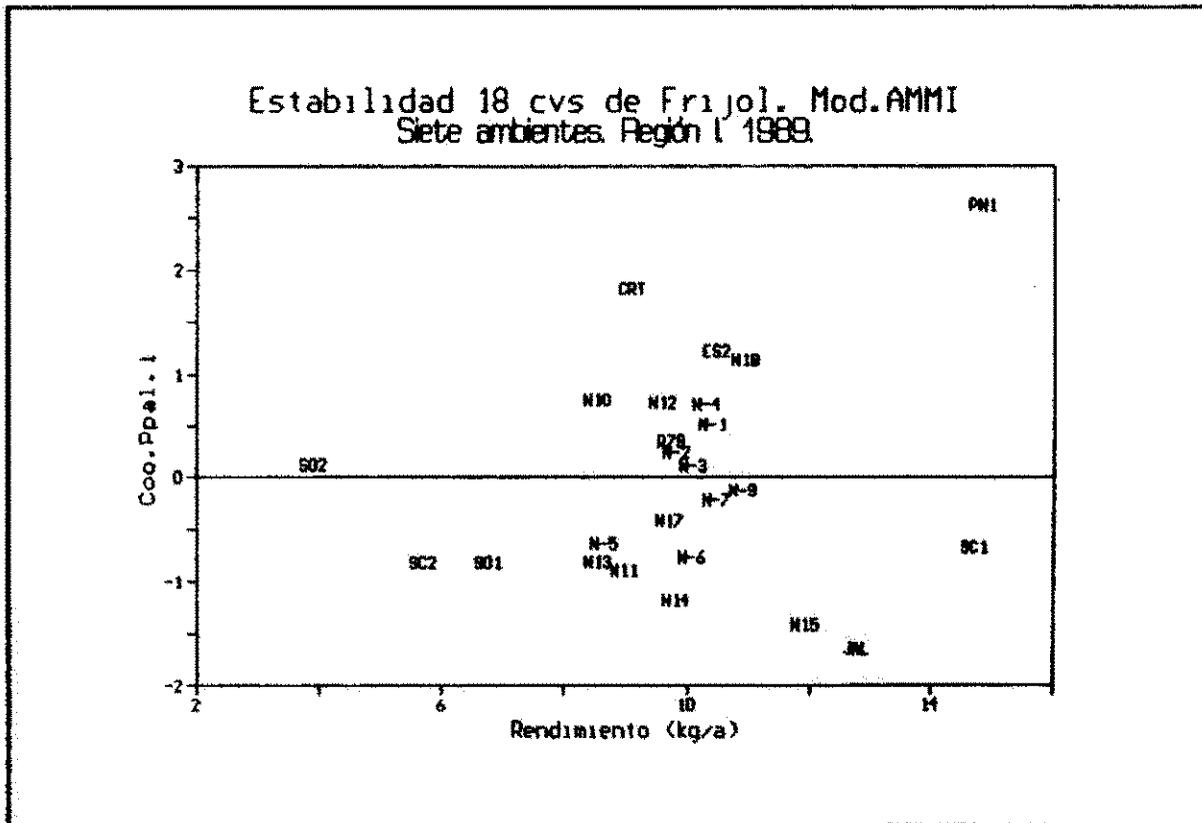


Figura 13. Modelo AMMI. Región I sin ES1.

Entre los ambientes, el cambio más notable es Pueblo Nuevo (PN1), pudiendo apreciarse ahora la asociación positiva, promedio rendimiento ambiental-interacción. Observe además, que las relaciones de similitud y oposición son similares a las de antes, y también, en términos generales, las relaciones entre ambientes y variedades: NIC-15 y NIC-14 asociados a JAL; NIC-18 y CRT a PN1; NIC-4 a ES2, etc. El único caso discordante de manera obvia (que era de esperar), es la relación de NIC-11 con SO1, que ahora aparecen interactuando positivamente.

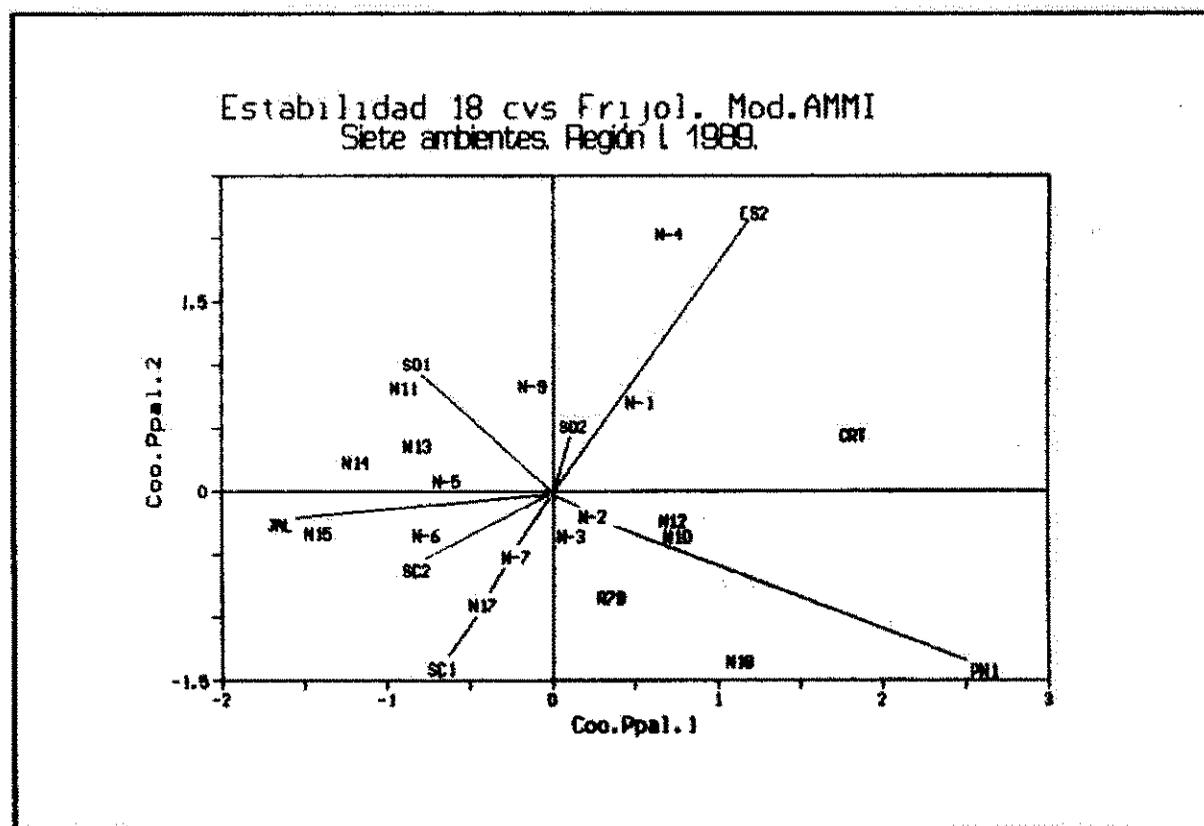


Figura 14. Modelo AMMI. Región I sin ES1.

3.5.2 Regiones I y IV combinadas.

Otra vez, el modelo F&W dió un muy pobre ajuste de la interacción. Además, los coeficientes resultaron, en promedio, no significativamente diferentes de uno, como puede ser apreciado en la gráfica que viene más adelante.

Comparando con la gráfica correspondiente de la sección 4, los materiales que se destacaron por su interacción con ES1 son los que se vieron afectados en mayor grado en el valor del coeficiente; a saber: NIC-11, NIC-9 y NIC-15. No concuerda con esta apreciación el cultivar NIC-2, que más bien en los análisis de la sección anterior siempre apareció entre los con estabilidad promedio. NIC-9 también aparece ahora con un comportamiento diferente al discutido en la sección previa, pues el valor del coeficiente tuvo una variación importante al eliminar ES1. Una explicación satisfactoria puede ser la siguiente: en la región I, tanto NIC-9 (excepto en ES1) como NIC-2, dieron rendimientos casi igual al promedio por ambiente; en la región IV, NIC-2 rindió bastante por debajo del promedio por ambiente, mientras que NIC-9 lo hizo bastante por arriba.

El ajuste con AMMI, aunque muy superior al logrado con F&W, no es tan bueno como el obtenido en todos los casos anteriores; de hecho, el análisis de varianza sugiere la conveniencia de una tercera componente.

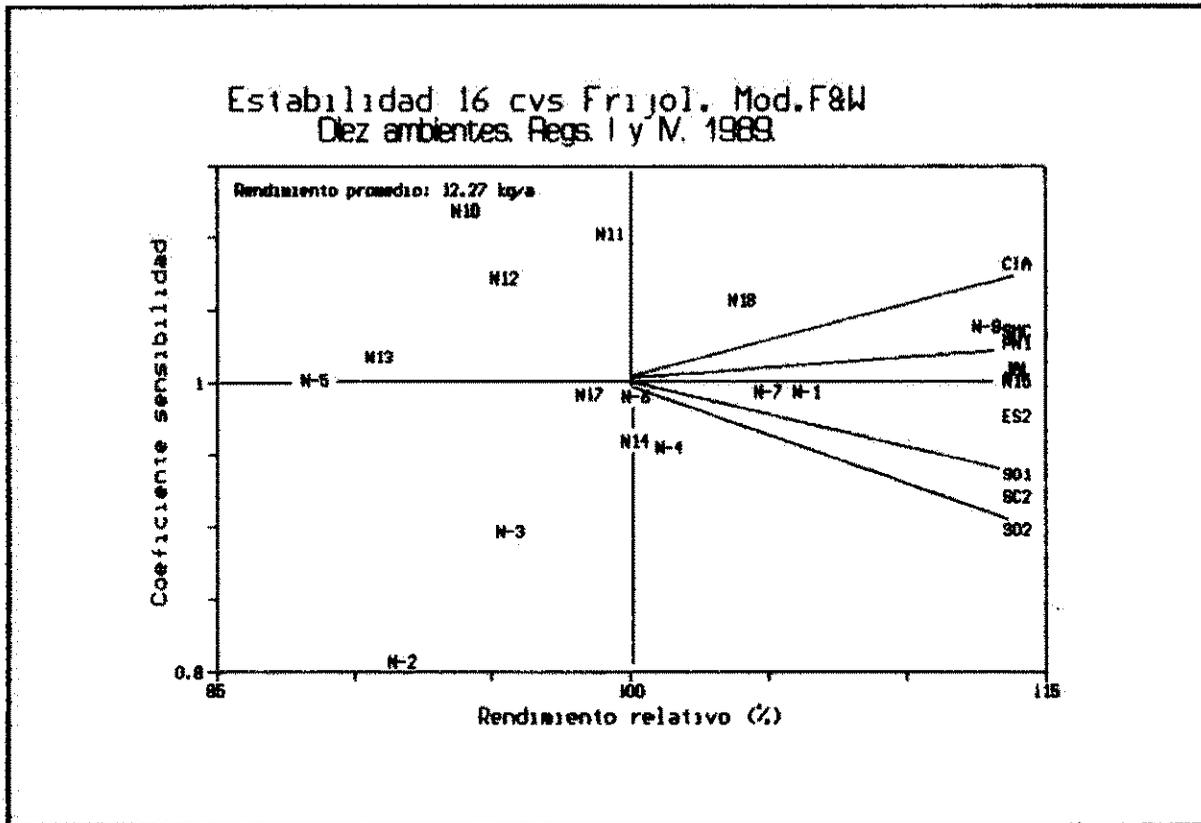


Figura 15. Modelo F&W. Regiones I+IV sin ES1.

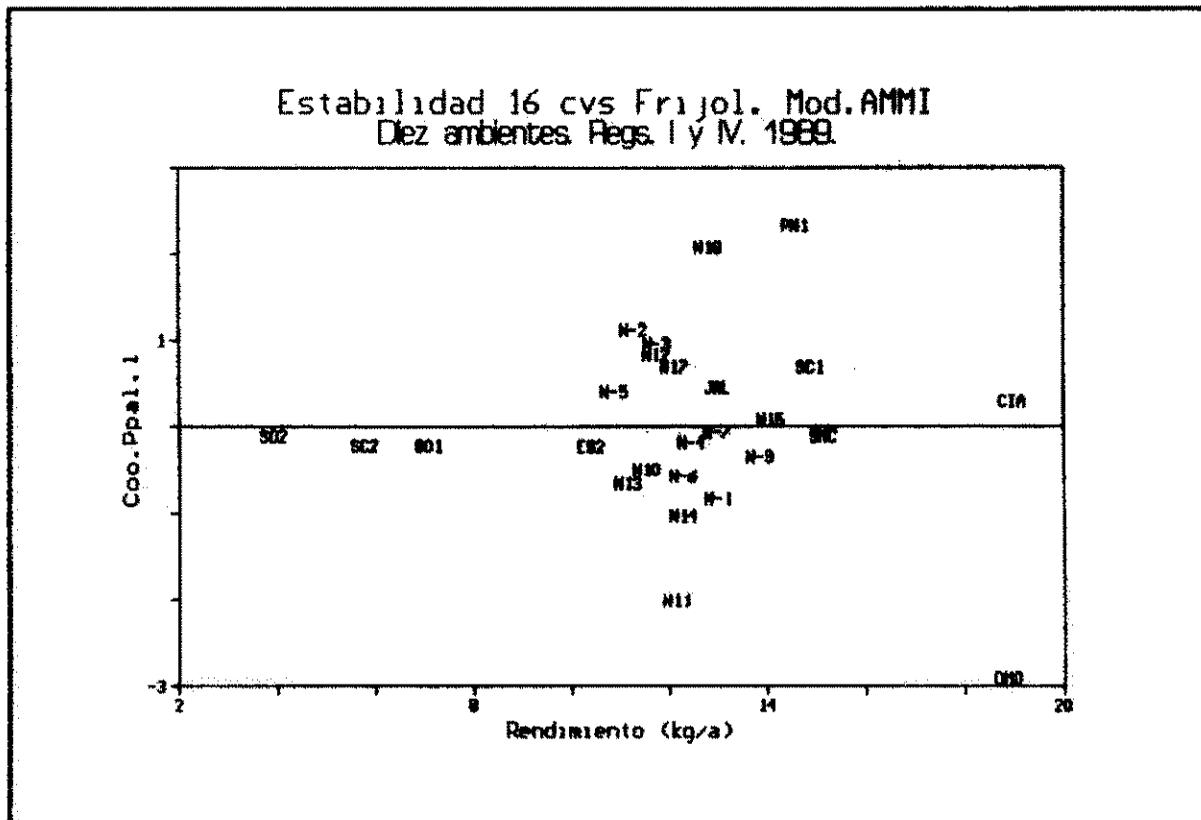


Figura 16. Modelo AMMI. Regiones I + IV sin ES1.

En la primera coordenada del modelo, todos los ambientes, menos Diriomo (DMO) y Pueblo Nuevo (PN1), contribuyen muy poco a la interacción, según lo que se deduce de la figura 4 que viene líneas atrás. Entre los materiales, se destacan en este aspecto NIC-11 y NIC-18.

En la figura 17 se despliegan las dos componentes y puede verse que la asociación entre variedades y ambientes se mantiene en términos generales. Es claro que los ambientes La Compañía, Sn. Marcos y las dos siembras en Somoto, casi no contribuyen a la interacción, siendo la oposición entre PN1 y DMO (igual que antes) la fuente más importante; más importante que la de Jalapa (JAL) con postrera de Estelí (ES2), porque esta última depende principalmente de la segunda componente.

Llama mucho la atención los cambios en la relación de los ambientes. Mientras en presencia de ES1 las interacciones de las variedades con ES2 son parecidas a las de JAL, en su ausencia son opuestas en signo; algo similar puede decirse de JAL con las dos siembras en Sta. Cruz: ahora resulta que tienen el mismo signo, mientras que en los análisis presentados en la sección 4 aparecieron como de signo contrario.

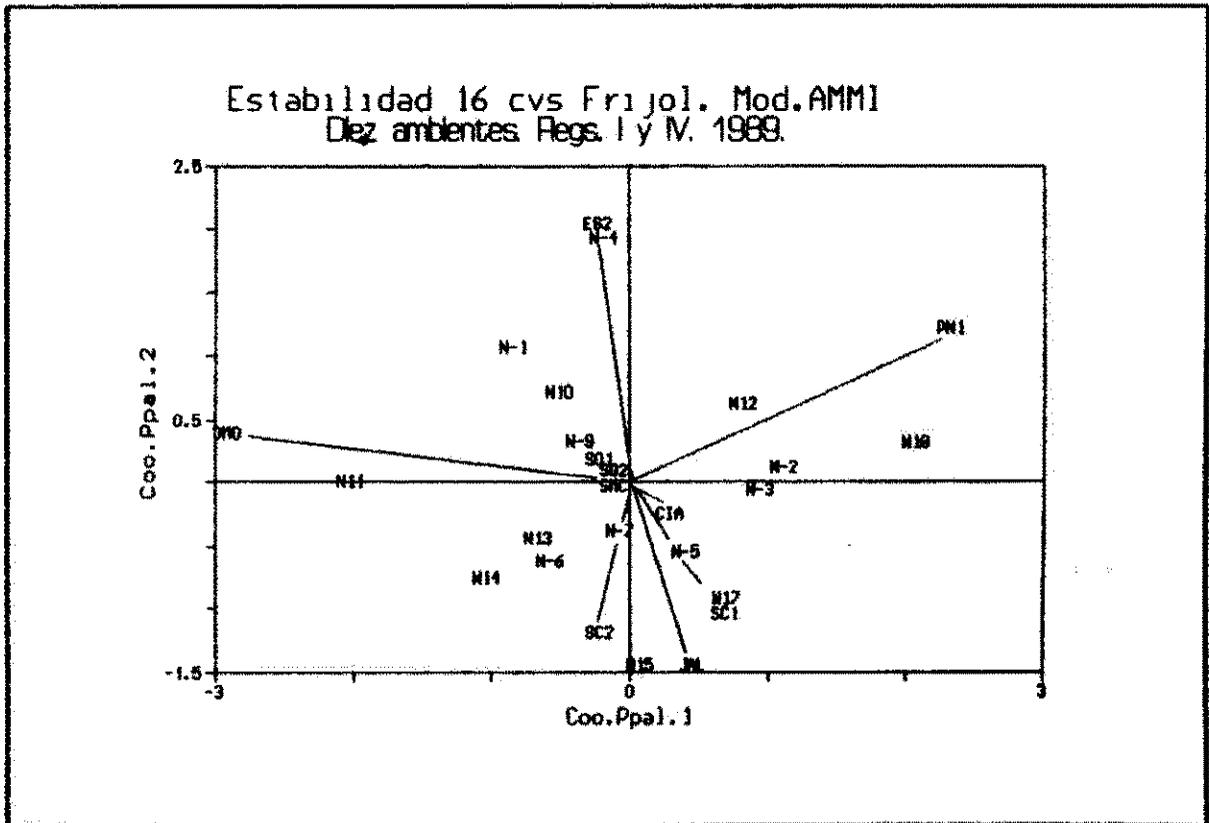


Figura 17. Modelo AMMI. Regiones I + IV sin ES1.

IV CONCLUSIONES

- 1.- Las variedades NIC-15 y NIC-9 presentaron la mayor estabilidad en este estudio, mostrando consistentemente altos rendimientos.
- 2.- Las variedades NIC-18 y NIC-7 se destacan entre las variedades con estabilidad promedio.
- 3.- NIC-11 fue la variedad de mayor sensibilidad a los cambios de ambiente, expresando su mayor potencial en los ambientes favorables de este estudio.
- 4.- No se encontró una tendencia clara entre la estabilidad de las variedades evaluadas y la genealogía de las mismas.
- 5.- El ambiente más favorable en este estudio fué Estelí en época de primera, y el más desfavorable fué Somoto en época de postrera.
- 6.- Los ambientes de mayor contribución a la interacción fueron: Estelí en época de primera, Pueblo Nuevo, Jalapa y Diriomo.
- 7.- De los métodos de estabilidad utilizados el modelo AMMI dió una mejor aproximación para el estudio de la interacción que el modelo de Finlay y Wilkinson.

V RECOMENDACIONES

- 1.- Incrementar semilla y validar el uso de las variedades NIC-15, NIC-9, NIC-18, y NIC-7.
- 2.- Validar la variedad NIC-11 en ambientes que presenten óptimas condiciones para el cultivo.
- 3.- Para obtener una información más amplia en los estudios de interacción genotipo-ambiente, usar el modelo AMMI.

VI BIBLIOGRAFIA

- ALLARD, R. W. 1970. Principios de la mejora genética de las plantas. Cuba, Instituto del libro. 489 p.
- BACUSMO, J., COLLINS, W. and JONES, A. 1988. Comparison of methods of determining stability and adaptation of sweet potato. Theor. Appl. Genet. 75 (3): 492-497.
- BRAUER, O. 1969. Fitogenética aplicada. Editorial Limusa, México. 518 p.
- CASTELLON S., E. 1991a. Comentarios sobre el estudio de la estabilidad de los genotipos y el modelo de Eberhart y Russel. Seminario. UNA, Managua, Nicaragua. 7 p.
(mimeografiado).
- CASTELLON S., E. 1991b. Conferencia acerca de los estudios de la interacción genotipo-ambiente. Seminario. UNA, Managua, Nicaragua. 32 p. (mimeografiado).
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1987. Sistema Estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Aart Van Schoonhoven y Marcial A. Pastor Corrales (comps.) Cali, Colombia. 56 p.

- CORDOBA O., H. 1991. Respuestas diferenciales para rendimiento de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) evaluados en ambientes contrastantes de Latinoamérica, PCCMCA 1990. XXXVII Reunión Anual del PCCMCA, Panamá, Panamá. 24 p.
- CROSSA, J., GAUCH, G. H. and ZOBEL, R. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. *Crop. Science* 30: 439-500.
- EBERHART, S. S. y W. A. RUSSEL. 1966. Stability parameter for comparing varieties. *Crop. Sci.* 6: 36-40.
- FINLAY, K. W. Y G. N. WILKINSON. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Aust. J. Agric. Res.* 14: 742-754.
- FREEMAN, G. 1973. Statistical methods for the analysis of genotype-environments interaction. *Heredity.* 31(3): 339-354.
- GAUCH, H. G. Y R. W. ZOBEL. 1989. Accuracy and selection success in yield trial analysis. *Theor. Appl. Genet.* 77: 473-481.

- HINZ, P. and EAGLES, H. 1976. Estimation of a transformation for the analysis of some agronomic and genetic experiments. *Crop. Science* 16(2): 280-283.
- KEMPTON, R. 1984. The use of biplots in interpreting variety by environment interactions. *Jour. Agric. Sci.* 103(1): 123-135.
- LIN, C., BINNS, M. and LEFKOVITCH, L. 1986. Stability analysis: where do we stand?. *Crop. Science* 26(5): 894-900.
- MANDEL, J. 1961. Non additivity in two way analysis of variance. *Jour. Amer. Statist. Assoc.* 56(296): 878-888.
- MEJIA, A., H. 1971. Selección de maíz por rendimiento y estabilidad para áreas de temporal del Valle de Puebla. Tesis M.C. Colegio de Postgraduado, Chapingo, México.
- PEREZ, P., A. CASANOVA Y J. DIEGUEZ. 1985. Análisis de la interacción genotipo-ambiente en un estudio de población del tomate (Lycopersicon esculentum). *Ciencia y Técnica en la Agricultura* Vol.4, No1, La Habana, Cuba. 45-54 p.

- TAPIA B., H. A. LLANO y D. PELAEZ. 1985. Estabilidad fenotípica de cuatro variedades comerciales y dos líneas de generación avanzada de frijol común en nueve ambientes de Nicaragua. Informe anual 1985. Programa Nacional de frijol. DGB/DGA/MIDINRA. Managua, Nicaragua. 61-69.
- TAPIA B., H. y A. CAMACHO 1988. Manejo integrado de la producción de frijol basado en labranza cero. GTZ. Managua, Nicaragua. 181.
- URBINA A., R. Y A. BRUNO. 1991. Estabilidad del Rendimiento de Cultivares de maíz en ambientes contrastantes de Nicaragua. Centro Nacional de Investigación de Granos Básicos. MAG-FAO, Managua, Nicaragua. 20 p.
- WESTCOTT, B. 1986. Some methods of analysing genotype-environment interaction *Heredity*. 56: 243-253.
- ZOBEL, R., WRIGHT, M. and GAUCH, H. 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agron. Jour.* 80(3) 388-393.

APENDICE 1

Tabla 1. Genealogía de las variedades en estudio

 **	 *	ORGULLOSO	ROJO DE SEDA	CHILE ROJO	ROSADO	TICO RAMA	CUARENTANO	PICA PICA
BAT 1576		NIC-1						
BAT 1836		NIC-2, NIC-3 NIC-4, NIC-5						
BAT 1629		NIC-6						
BAT 1654		NIC-7						
BAT 1554			NIC-9	NIC-10				
BAT 1514					NIC-11 NIC-12 NIC-13		NIC-17	
BAT 41							NIC-18	
RAO 33				NIC-15 NIC-16		NIC-14		
PORRILLO SINTETICO								NIC-8

* Progenitor Materno

** Progenitor Paterno

Tabla 2. Características de las localidades y épocas de siembra de los experimentos 1989.

LOCALIDAD	ALTITUD (msnm)	TIPO DE SUELO	EPOCA	PRECIPITACION(mm) (en el ciclo)
Jalapa	650	Franco arenoso	1ra.	398
Somoto	600	Franco arcilloso	1ra. Postr.	157 138
Pueblo Nuevo	585	Franco arcilloso	1ra.	284
Santa Cruz	900	Franco arcilloso	1ra. postr.	210 165
Estelí	817	Franco arcilloso	1ra. postr.	239 188
Diriomo	300	Franco	Postr.	223
San Marcos	480	Franco arenoso	Postr.	225
La Compañía	450	Franco	Postr.	221

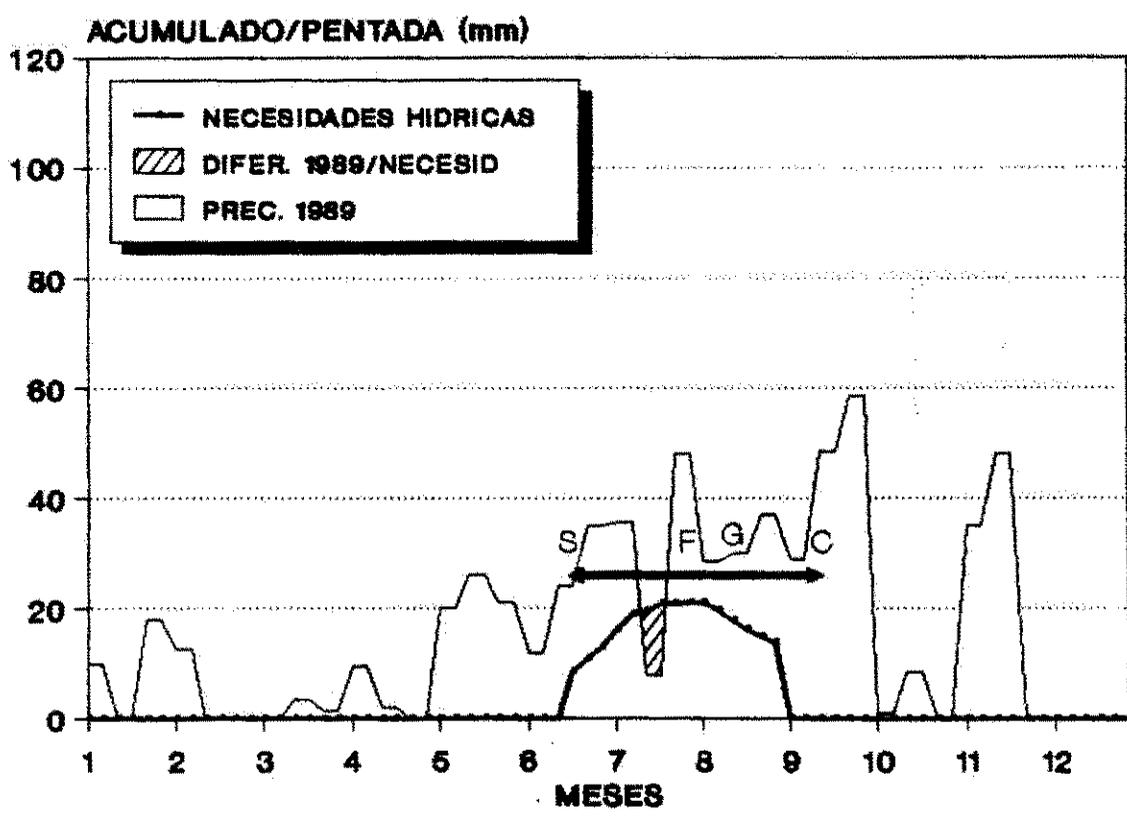
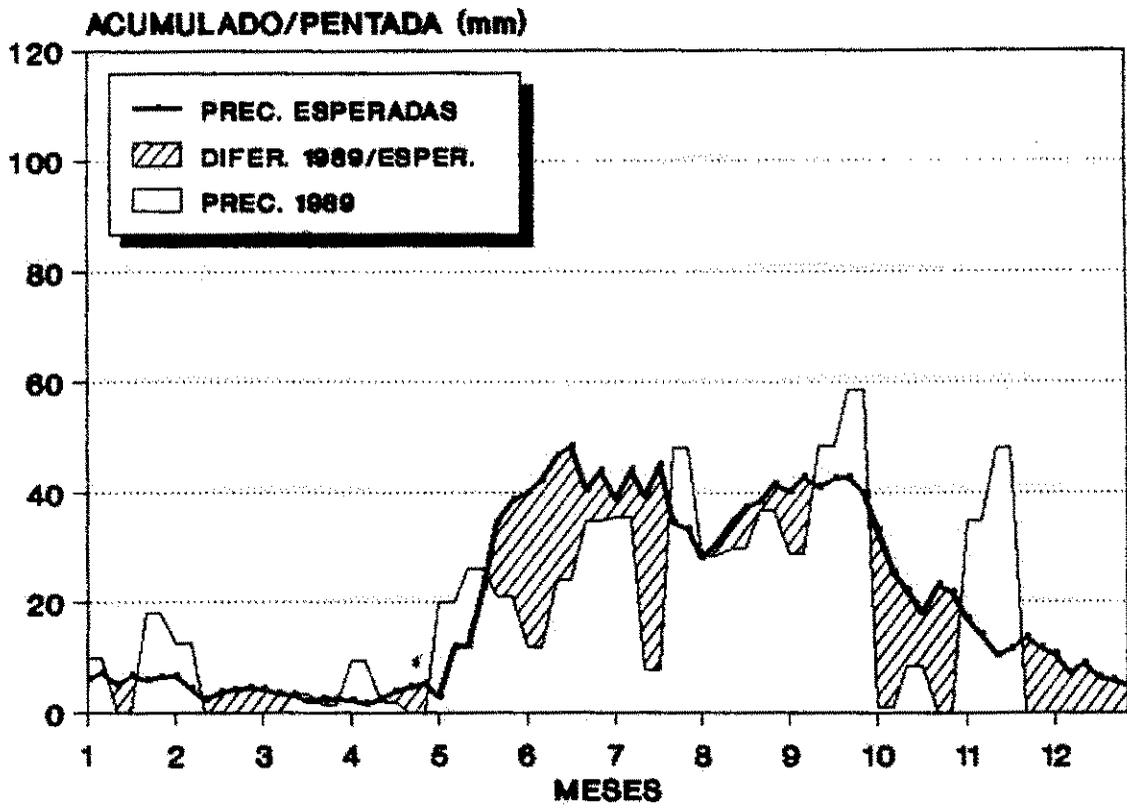


Figura 1. Precipitaciones en Jalapa.

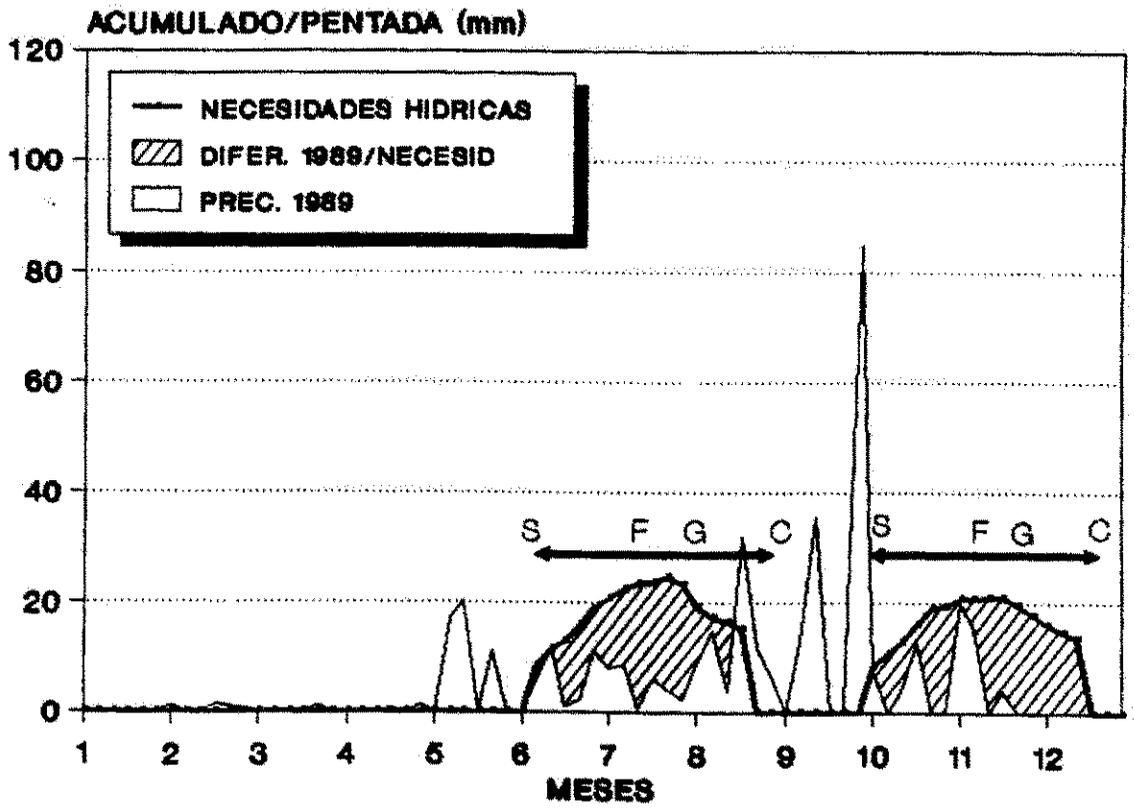
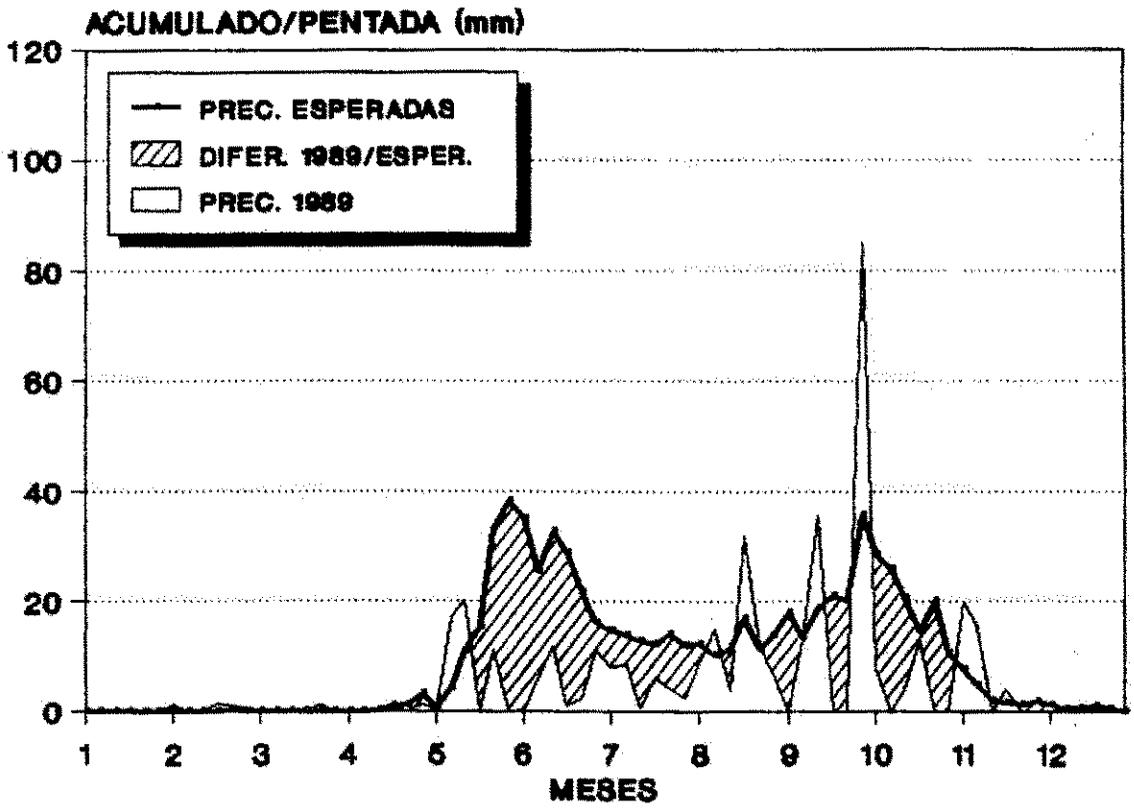


Figura 2. Precipitaciones en Somoto.

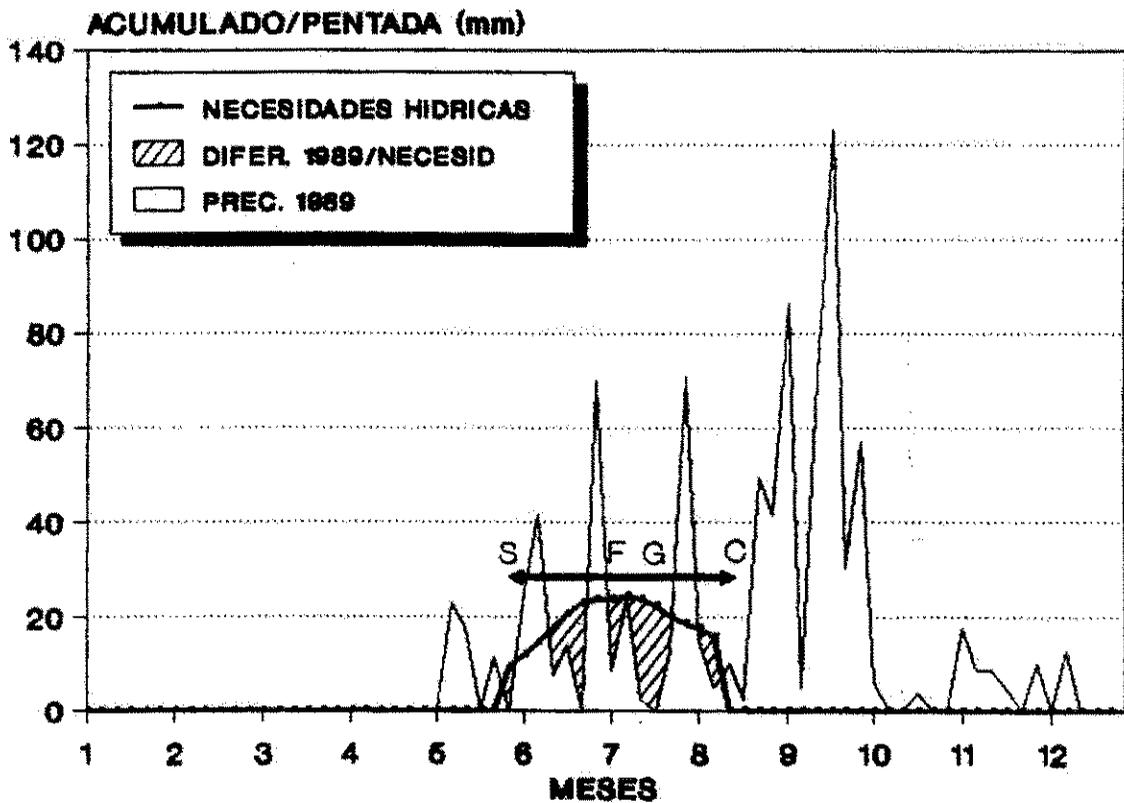
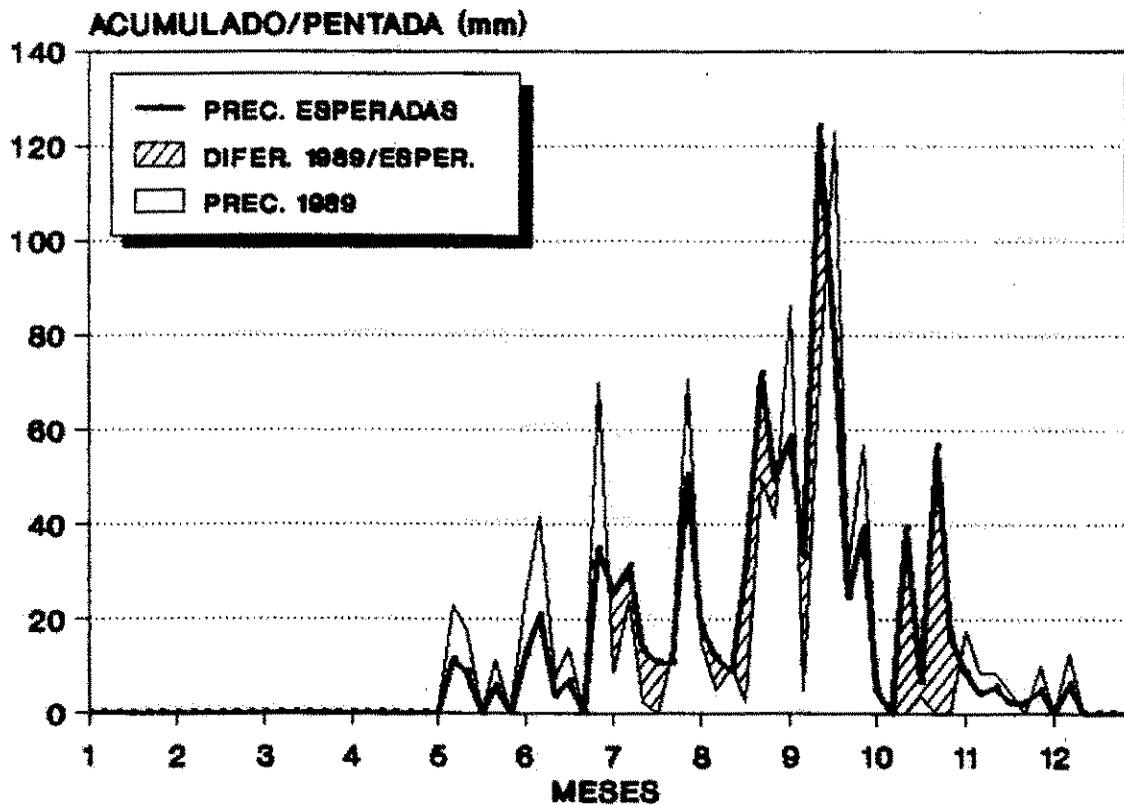


Figura 3. Precipitaciones Pueblo Nuevo.

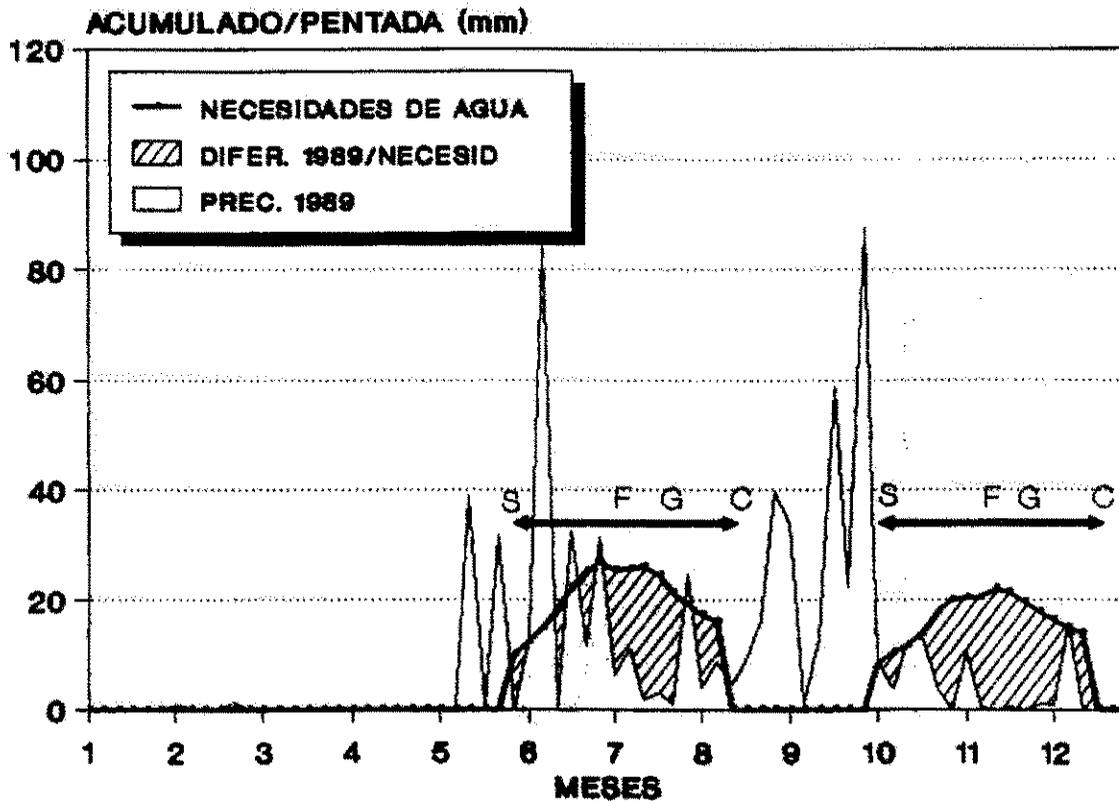
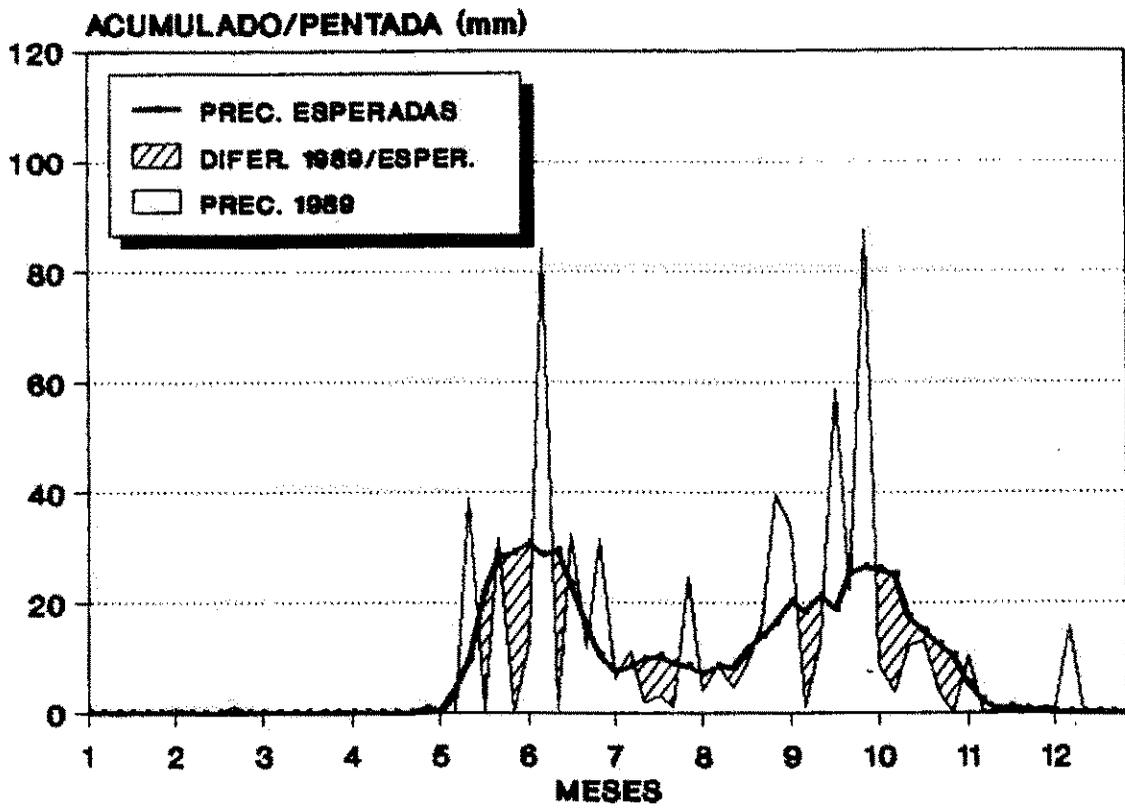


Figura 4. Precipitaciones en Estelí.

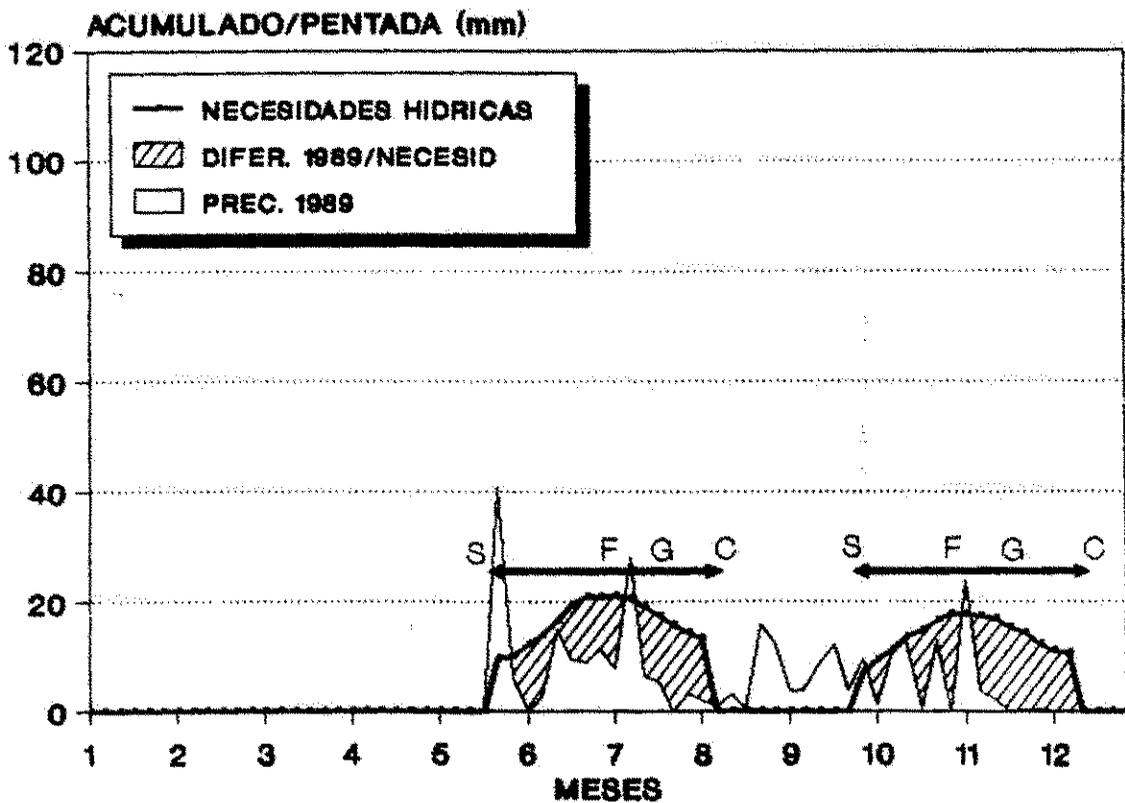
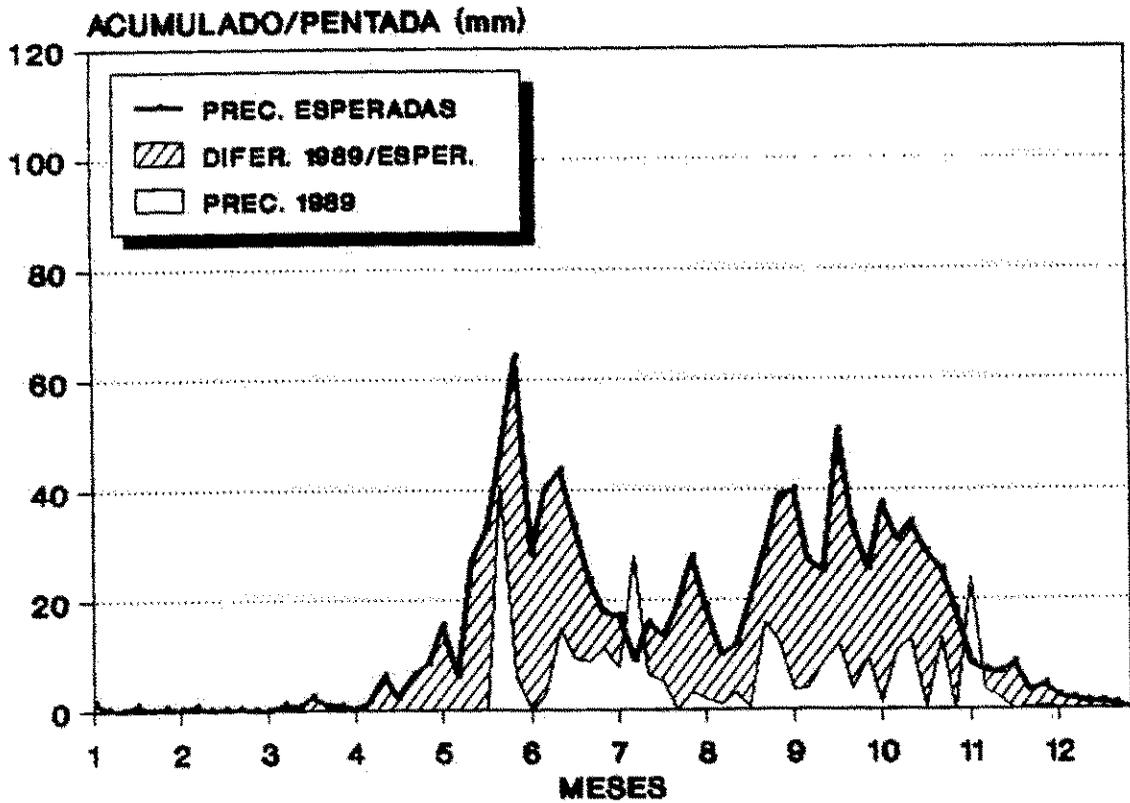


Figura 5. Precipitaciones en Sta.Cruz.

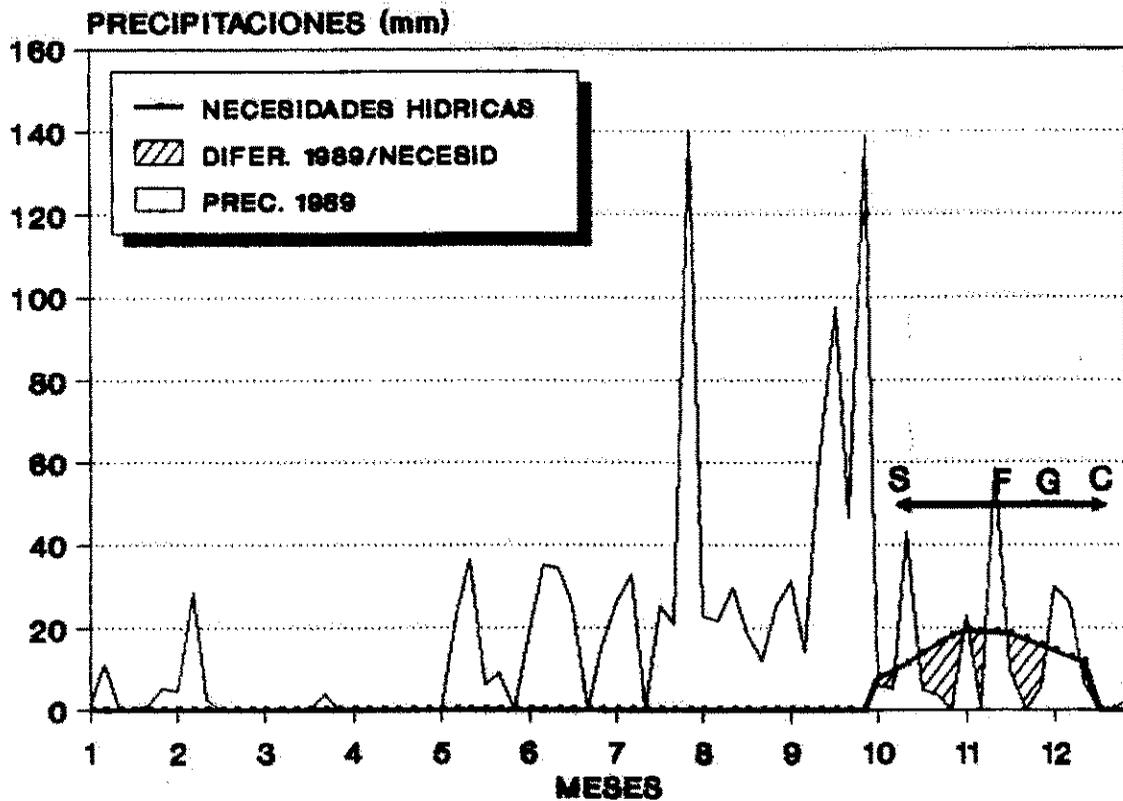
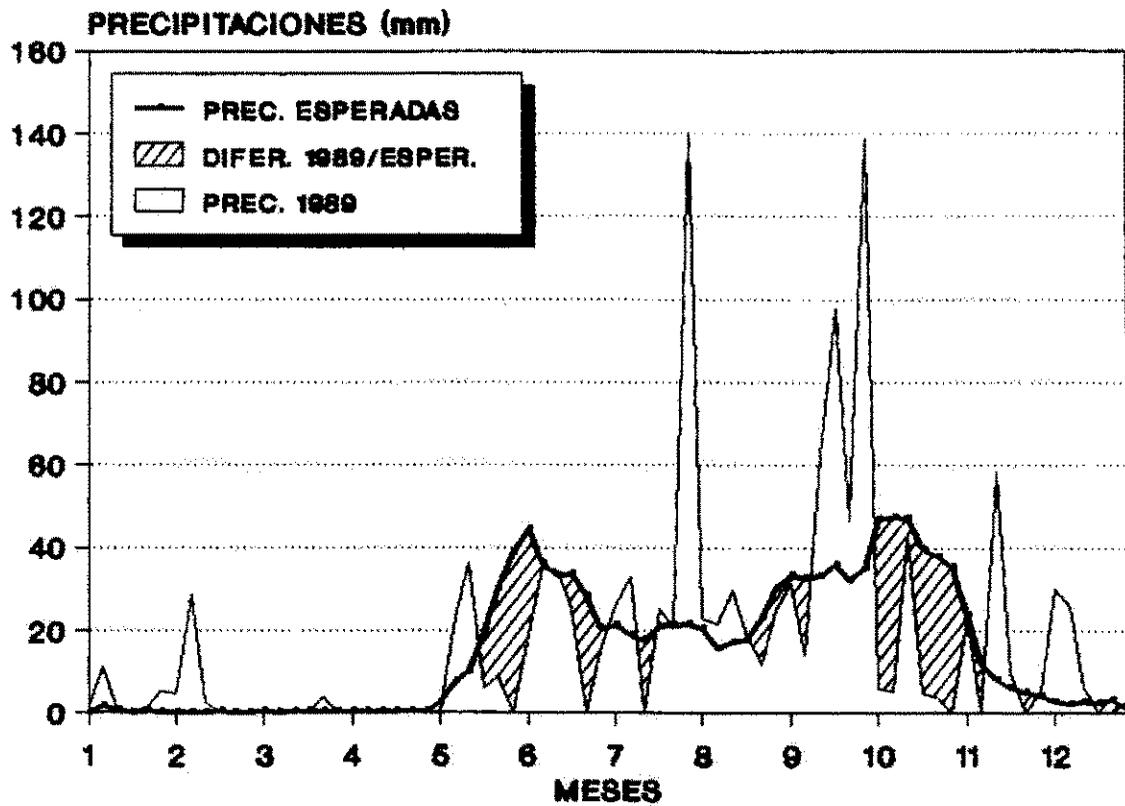


Figura 6. Precipitaciones en Sn.Marcos.

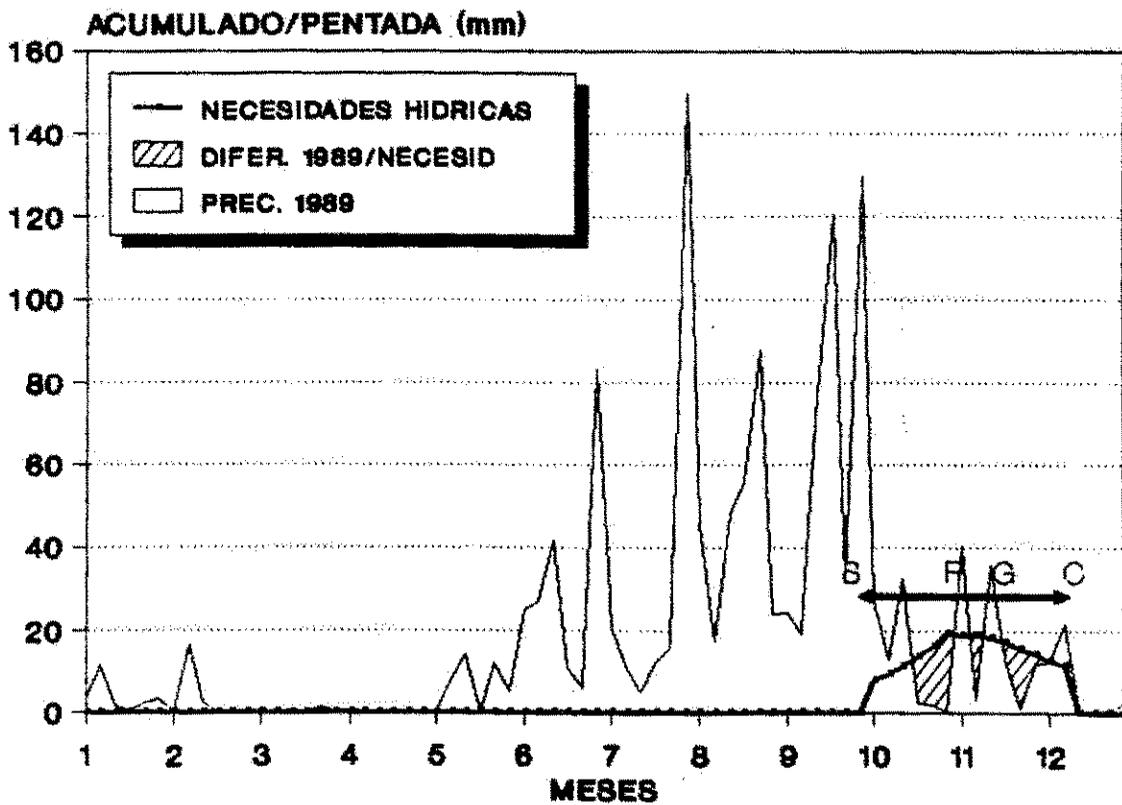
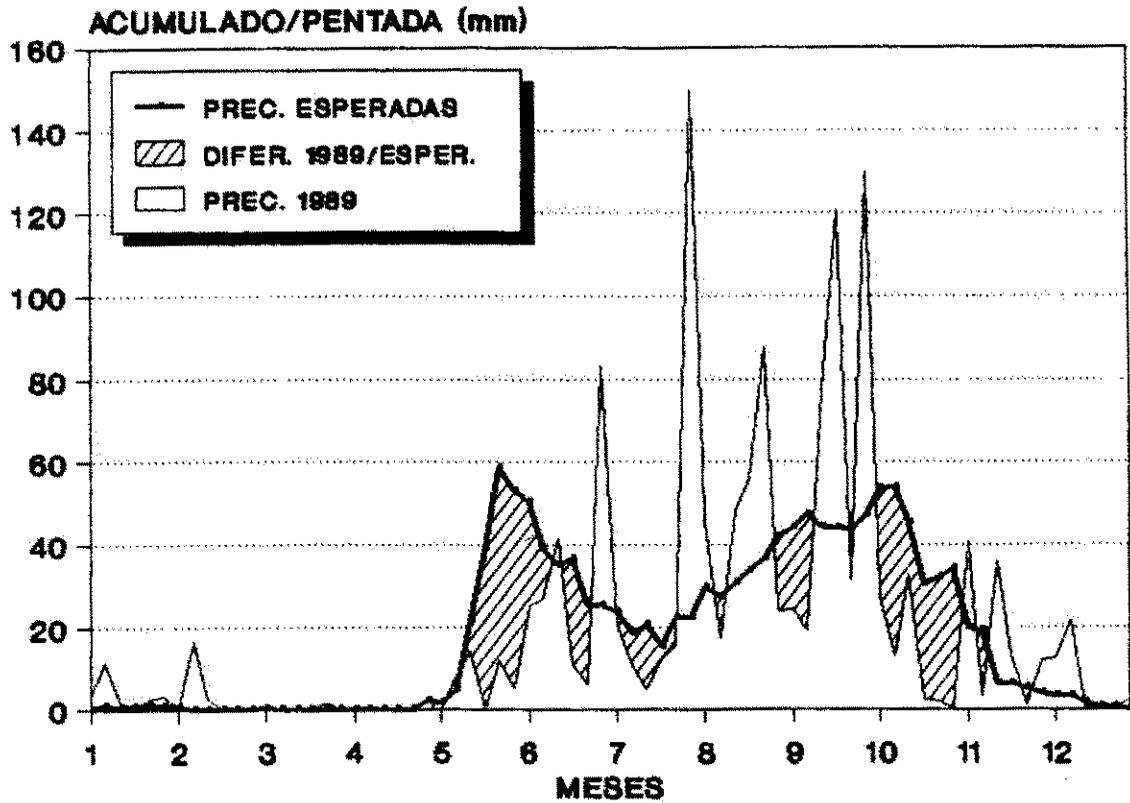


Figura 7. Precipitaciones en Masatepe.

APENDICE 2

Tabla 3. Características promedio de las variedades de frijol evaluadas en 11 ambientes de Nicaragua 1989

Variedad	Floracion (días)	Madurez (días)	Habito de crecimiento	Vainas/plta	Granos/vaina	Reaccion a Roya (**)	Rendimiento kg/ha
NIC-1	33	66	IIA	11	6	I	1438
NIC-2	33	65	IIB	10	6	I	1254
NIC-3	34	66	IIB	9	7	I	1271
NIC-4	35	65	IIB	9	6	S	1322
NIC-5	32	65	IIB	12	6	I	1224
NIC-6	33	66	IIB	10	6	S	1374
NIC-7	33	64	IIB	11	6	I	1429
NIC-9	33	65	IIB	12	6	I	1464
NIC-10	34	65	IIB	12	6	S	1316
NIC-11	34	64	IIA	10	6	S	1404
NIC-12	34	65	IIB	11	6	I	1293
NIC-13	33	65	IIA	9	6	S	1194
NIC-14	34	66	IIB	9	6	I	1344
NIC-15	31	63	IIB	10	6	I	1472
NIC-17	32	64	IIA	10	6	R	1349
NIC-18	34	65	IIB	11	6	R	1395
NIC-8	33	65	IIB	8	6	-	1593
NIC-16	31	63	IIB	9	6	-	1656
Rev.79A	33	64	IIB	12	6	R	1225
Rev.84	35	66	IIA	12	6	R	1638
Cuartno	33	63	IIIA	10	6	S	1115

(**) I= intermedio
S= Susceptible

R= resistente

IIA= Indeterminado Arbustivo Guia corta
IIB= Indeterminado Arbustivo Guia larga

Tabla 4. Rendimiento promedio (kg/a) de las variedades de frijol evaluadas en 11 ambientes de las regiones I y IV de Nicaragua 1989

	NIC-2	NIC-3	NIC-4	NIC-5	NIC1	NIC-6	NIC-7	NIC-8	NIC-10	NIC-15	NIC-14	NIC--11	NIC-12	NIC-13	NIC-17	NIC-18	CRDO	REV.79A	NIC-9	NIC-16	REV.84	PROM.AMB.	D.E.	PROMEDIO
JALAPA1	11.44	14.13	12.04	14.43	10.64	14.05	11.21	14.02	9.74	19.05	15.72	9.73	13.6	12.57	11.59	12.35	8.79	13.56				12.78		2.28
SOMOTO1	7.05	7.00	9.66	4.62	7.61	7.16	7.31	9.96	4.69	10.15	7.46	6.9	4.92	6.02	6.48	6.29	3.52	4.96				6.78		0.88
SOMOTO2	3.75	3.14	4.05	2.95	5.3	2.46	4.77	4.50	3.75	5.12	4.47	3.89	3.14	4.21	3.48	4.09	4.92	2.31				3.92		0.38
P.NURVO1	15.64	16.63	14.89	11.82	15.3	13.86	14.77	15.3	18.02	14.62	11.85	8.86	17.27	10.42	14.32	20.91	17.92	17.12				14.86		1.55
ESTELI1	25.45	22.42	20.91	26.1	26.11	28.18	27.43	22.5	29.32	21.17	24.96	32.69	25.00	19.73	27.54	25.8	25.28	29.62				25.68		2.47
ESTELI2	10.15	9.81	16.40	9.32	13.10	9.47	9.7	12.39	9.41	9.66	9.09	11.25	11.02	8.79	7.84	16.04	12.88	9.58				10.5		0.54
ST.CRUZ1	15.23	14.21	12.39	14.17	14.13	15.23	17.19	12.24	12.54	16.7	13.6	16.44	14.21	14.43	16.89	18.18	11.29	15.57				14.7		1.17
ST.CRUZ2	5.64	5.79	2.2	3.20	6.93	7.61	8.41	6.83	4.92	6.26	6.63	5.76	3.25	3.56	7.5	4.96	4.62	5.26				5.7		0.87
MEDEA REG. I	11.79	11.65	11.06	10.89	12.65	12.35	12.6	12.38	11.16	13.09	11.72	11.95	11.56	9.97	11.98	12.83	11.15	12.25				11.87		
DIRIOMOZ	13.85	15.71	18.86	15.12	22.85	21.3	19.58	20.73	21.93	19.94	21.09	24.4	17.09	19.12	15.53	14.4			17.41	13.26	18.84	18.52		1.96
SHARCOS2	12.82	13.8	14.31	14.91	14.99	15.23	16.55	17.24	16.16	14.34	15.25	15.58	14.64	14.03	16.55	15.93			15.46	15.81	14.03	15.14		1.15
COMPANIA2	16.06	17.06	18.86	17.99	19.15	15.77	20.23	24.63	17.39	22.9	16.94	18.88	17.96	18.41	20.68	20.47			14.92	20.6	16.28	18.71		2.31
MEDE. REG. IV	14.54	15.53	17.34	16.61	19	17.43	18.79	20.67	18.49	19.06	18.03	19.82	16.57	17.19	17.59	16.93			15.93	16.58	16.38	17.46		
MEDE. REG. I+IV	12.54	12.71	13.22	12.24	14.36	13.74	14.29	14.64	13.16	14.72	13.44	14.04	12.93	11.94	13.49	13.95	11.15	12.25	15.93	16.58	16.38	13.59		

Tabla 5. Analisis de Varianza individual en los 11 ambientes de prueba.

Localidad	glE	CME	CMT	significancia p(0.10)						
				Ttmt	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Jalapa	51	20.84	33.68	-	-	-	-	-	-	-
Somoto1	51	3.16	17.74	+	-	+	-	-	-	+
Somoto2	51	0.59	2.98	+	-	-	+	+	-	+
P.Nuevo1	51	9.71	22.57	+	+	-	-	-	+	-
Esteli1	51	24.48	29.60	-	-	-	-	-	-	-
Esteli2	34	0.89	13.20	+	+	+	+	-	+	-
S. Cruz1	51	5.50	10.94	-	-	-	-	-	-	+
S. Cruz2	51	3.09	12.49	+	-	+	-	+	+	+
Diriomo2	36	11.58	32.64	+	+	-	-	+	-	-
Sn. Marcos2	36	3.99	3.69	-	-	-	-	-	-	-
La Compania2	35	16.07	11.40	-	-	-	-	-	-	+

+: Significativo al $p < 0.10$

-: No significativo

C1: Contraste Rosado x BAT 1514

C2: Contraste Orguloso x BAT 1836

C3: Contraste Orguloso x Otros BAT

C4: Contraste C2 x C3

C5: Contraste entre variedades hijas de Cuarentano

C6: Contraste entre variedades hijas de Chile Rojo

Tabla 6. Analisis combinado efectuado con los datos obtenidos en las regiones I, IV y I+IV 1989

Fuente de Var.	Region I				Region IV				Region I+IV			
	gl	SC	p(F)	%SC(int.)	gl	SC	p(F)	%SC(int.)	gl	SC	p(F)	%SC(int.)
Ambientes	7	18237.16	0.000		2	461.19	0.136		10	19643.01	0.000	
Genotipo		242.93	0.007		18	386.42	0.000		15	356.34	0.000	
G x A	119	1884.57	0.000		36	551.23	0.000		150	2265.82	0.000	
Modelo F y W												
Regres. Conjunta	1	0.716	0.714		1	53.66	0.005	10	1	3.47	0.469	0.15
Regres. de Genotipo	16	473.93	0.000	25	17	54.32	0.956	10	14	308.84	0.000	14
Regres. de Ambiente	6	51.79	0.272	2.7	1	31.16	0.032	6	9	93.37	0.125	4
Residual	96	1357.93	0.000	72	17	412.07	0.000	75	126	1860.12	0.000	82
Modelo AMMI												
PCA 1	23	778.27	0.000	41	19	459.72	0.000	83	24	850.39	0.000	38
PCA 2	21	484.94	0.000	26	17	91.51	0.677	16	22	577.49	0.000	25
Residual	75	621.35	0.132	33					104	837.94	0.103	37
Residuo	272	1852.74			108	717.29			330	2192.3		

Tabla 7. Analisis combinado efectuado en 10 ambientes (sin Esteli primera) 1989

Fuente de Var.	Region I				Regiones I+IV			
	gl	SC	p(F)	%SC(int.)	gl	SC	p(F)	%SC(int.)
Ambientes	6	6453.12	0.000		9	12043	0.000	
Genotipos	17	292.23	0.000		15	374.42	0.000	
G x A	102	1245.44	0.000		135	1707.4	0.000	
Modelo F y W								
Regres Conjunta	1	2.4	0.502	0.19	1	1.68	0.588	0.098
Regres de Genotipo	16	198.96	0.003	16	14	63.7	0.67	4
Regres de Ambiente	5	51.16	0.091	4	8	79.53	0.091	5
Residual	80	992.91	0.000	80	112	1562.5	0.000	91
Modelo AMMI								
PCA 1	22	490.63	0.000	39	23	659.47	0.000	38
PCA 2	20	336.85	0.000	27	21	328.26	0.000	19
Residual	60	417.95	0.082	33	91	719.65	0.024	42
Residuo	238	1267			300	1725.5		