

SENSIBILIDAD DEL CULTIVO DE MAIZ AL CONTROL DE LOS FACTORES:  
VARIEDAD, FERTILIZACION, MALEZAS E INSECTOS EN CHIRIQUI, PA-  
NAMA (BOSQUE HUMEDO TROPICAL)\*

M. Navarro\*\*  
D. Carmona\*\*\*  
W. Bejarano\*\*\*\*  
P. Shannon\*\*\*\*

INTRODUCCION

Durante la primera etapa del programa de investigación que ejecutan IDIAP y CATIE, para el mejoramiento de los sistemas de producción en el área de Progreso, Panamá, se realizó un estudio de diagnóstico en 1979 ( ). Este estudio permitió determinar que el cultivo de maíz puede tener un futuro muy promisorio en el área, mejor aún si es sembrado en un sistema arroz-maíz. Aunque, los agricultores del área siembra relativamente poco maíz, las condiciones climáticas y los suelos, en su mayor parte inceptisoles de textura franco-arenosa y franco-arcillosa, son apropiados para su cultivo en una escala más amplia.

Adicionalmente, se considera que el área puede ayudar a satisfacer la demanda nacional de maíz ( ). Pues en la actualidad el país importa este producto para satisfacer su demanda interna. Por estas razones, en 1980, la segunda etapa del programa consistió en realizar estudios para determinar y cuantificar los factores limitantes en la producción de maíz. Los resultados de estos estudios constituyeron la base para el diseño de otros más detallados en el año subsiguiente, tendientes a generar una alternativa de manejo del cultivo para obtener una mayor productividad del sistema arroz-maíz

MATERIALES Y METODOS

El ensayo fué sembrado el 16 de octubre de 1980 en el Asentamiento Santa Rosa de Lima, localizado en Progreso, Barú, Panamá (8° 26' de latitud norte y 82° 50' de longitud oeste), a una a.s.n.m. de 20 m., con una precipitación y temperaturas medias anuales de 2,600 y 27° C respectivamente.

\* Presentado en la XXVIII Reunión Anual del PCCMCA, San José Costa Rica, 22 al 26 de marzo de 1982.

Trabajo realizado bajo el Acuerdo IDIAP-CATIE y el Proyecto No. 596-0083 CATIE/ROCAP.

\*\* Investigador Agrícola, IDIAP - David, Panamá

\*\*\* Investigador Agrícola, MIDA - David, Panamá

\*\*\*\* Técnico Residente de CATIE, Panamá

Ecológicamente la zona de vida corresponde a un bosque húmedo tropical. El diseño de tratamientos fue un factorial  $2^4$  con tres repeticiones, en el que se investigó los efectos de la aplicación de fertilizantes, del combate de malezas, combate de insectos y cambio de variedad.

Los niveles de los cuatro factores estudiados se presentan en el Cuadro 1. El tamaño de la parcela fué de 6 x 3.2 m. La preparación del suelo fue mecanizada y la siembra se hizo a mano con espeque a razón de 100,000 semillas/ha, posteriormente se raleó a 50,000 plantas/ha. El arreglo de las plantas fue de 80 cm entre surcos y 50 cm entre posturas. Las aplicaciones de fertilizante se hicieron a mano, dirigidas a la planta y las aplicaciones de herbicida mediante el uso de una bomba de espalda. El insecticida se aplicó a mano, en el mismo hueco de la semilla, la primera aplicación y en el cogollo la segunda. Otros estudios ( ), sugieren que esta segunda aplicación para controlar el cogollero *Spodoptera frugiperda*, no es necesaria debido a la poca influencia que tiene esta plaga, en épocas mas tardías de crecimiento, en el rendimiento. Este aspecto se analiza más en la discusión de los resultados.

Durante el ciclo del cultivo, se tomaron datos de las siguientes variables de respuesta: población inicial de plantas (después de ralear), incidencia de malezas a los 125 días después de siembra (DDS), estimada por ojo en una escala de 1-5 donde 1 = un cultivo limpio y 5 = un cultivo 100% enmalezado; altura de las plantas y de las mazorcas, el promedio de diez mediciones por parcela a los 87 DDS; el número de días a floración; el número de plantas caídas; el número total de mazorcas; el largo promedio de 10 mazorcas por parcela; el número total de mazorcas podridas y el número total de plantas cosechadas a los 125 DDS y rendimiento, ajustado a kg/ha a 14% de humedad.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los rendimientos promedios obtenidos como resultado de aplicar fertilizante, mejorar el combate de malezas, combatir insectos y cambiar la variedad, se presentan en el Cuadro 1.

Es posible observar que:

1. El rendimiento aumenta cuando se aplica fertilizante y cuando se mejora el combate de malezas por los controles subsiguientes a la siembra.
2. El incremento producido al mejorar el combate de malezas, no se intensifica cuando se aplica fertilizante o insecticida.

Cuadro 1. Promedios de rendimientos de maíz al 14% humedad y detalles de los tratamientos, Progreso, 1980-1981.

Fertilización 1 2763 kg/ha		Fertilización 2 5509 kg/ha	
Combate de malezas		Combate de malezas	
1 2162	2 3365	1 4882	2 6135
Combate de Insectos		Combate de Insectos	
1 2344	2 4980	1 3320	2 3409
Combate de Insectos		Combate de Insectos	
1 4238	2 5526	1 5016	2 7254

Variedad 1 = 4012 kg/ha

Variedad 2 = 4260 kg/ha

Fertilización 1 = Sin fertilizante

2 = 150 kg/ha de 12-24-12 a la siembra  
200 kg/ha de urea (46%) a los 32 DDS

Combate de malezas

1 = 2.5 kg p.c./ha de Gesaprim 80 a la siembra  
2 = 2.5 kg p.c./ha de Gesaprim 80 a la siembra  
3.0 l p.c./ha de Prowl + 2 l p.c./ha de gramoxone a los 25 DDS  
Limpia manual a los 36 DDS

Combate de insectos

1 = Sin aplicación  
2 = 1.5 kg i.a./ha de Furadán a la siembra  
1.0 kg i.a./ha de Furadán al cogollo a los 36 DDS

Variedad

1 = Criolla  
2 = Tocumen 7428

3. Hay muy poco efecto al combatir insectos en ausencia de fertilizante, pero el efecto es marcado en presencia de éste.
4. El rendimiento máximo se alcanza al aplicar fertilizante e insecticida y mejorar el combate de malezas.
5. El efecto del cambio de variedad es mínimo, no es significativo.

En el Cuadro 2, se resumen los efectos significativos obtenidos en los análisis de varianza realizados para las principales variables de respuesta, que se midieron.

Para el rendimiento, se encontró que los efectos de los factores en orden de importancia fueron: aplicación de fertilizante (F), combate de malezas mejorado (M), la interacción aplicación de fertilizante por combate de insectos (FI) y combate de insectos (I). En la Figura 1, se puede observar que el aumento de rendimiento logrado por la aplicación de fertilizante fue de 2,745 kg/ha, la información correspondiente para las otras variables también se presenta en esta Figura. La interacción FI presenta un caso interesante. Aparentemente, el efecto del combate de insectos puede ser negativo en ausencia de fertilizante, sin embargo, en presencia el efecto es grande (Un aumento de 1,763 kg/ha) y supera el efecto de cualquier factor, excepto aplicación de fertilizante. Esto sugiere que de alguna manera, el insecticida está influyendo en la habilidad del maíz para aprovecharse del fertilizante. En ausencia de fertilizante, lógicamente no se expresaría esta influencia.

El efecto en el rendimiento, de mejorar el combate de malezas, parece actuar independientemente de los otros factores bajo estudio, lo cual facilita las investigaciones posteriores.

Se considera en la discusión subsiguiente el grado de asociación entre las variables medidas y el rendimiento, pero vale anotar que los factores bajo estudio, afectan a las variables más asociadas con él, que son, tamaño y número de mazorcas. Se puede observar (Cuadro 2), que la aplicación de fertilizante afecta la de tamaño y número de mazorcas, pero en el caso de número de mazorcas, la aplicación de insecticida tiene el mayor efecto. El efecto de mejorar el combate de malezas, obviamente tiene un efecto fuerte sobre la incidencia de malezas, no existe otro efecto significativo de esta práctica, excepto sobre el rendimiento. Parece que el cambio de práctica no afecta a las variables seleccionadas para medir. Vale mencionar que la maleza principal fue *Cyperus sp* que no compete con el maíz por la luz. Por lo tanto, no sorprende que no había un efecto del combate mejorado sobre la población de

Cuadro 2. Efectos significativos de tratamientos e interacciones en maíz en Progreso, 1980-81. Valores de F calculados (b)

Fuente de variación (a)	Población de plantas a los 11 DDS	Población de plantas cosechadas	Incidencia de malezas	Altura de las plantas	Días a floración	Tamaño de mazorca	No. de mazorca	Rendim al 14% humed.
F	5,418	4,798	9,045	18,377	--	27,656	25,719	104,788
I	20,836	28,534	5,789	--	16,694	--	31,041	9,187
M	--	--	8,407	--	--	--	--	20,956
V	6,602	7,445	9,045	16,605	--	--	--	--
FI	--	--	--	--	--	--	--	12,555
FM	--	--	--	--	--	--	--	--
FV	--	--	13,025	8,279	--	--	--	--
MI	--	--	--	--	--	--	--	--
MV	--	--	--	--	--	--	--	--
IV	--	7,031	--	--	--	--	--	--

(a). F= fertilización, I= combate de insectos, M= combate de malezas, V= variedad

(b). F 0.05 [1,35] = 4.12 F 0.01 [1,35] = 7.42

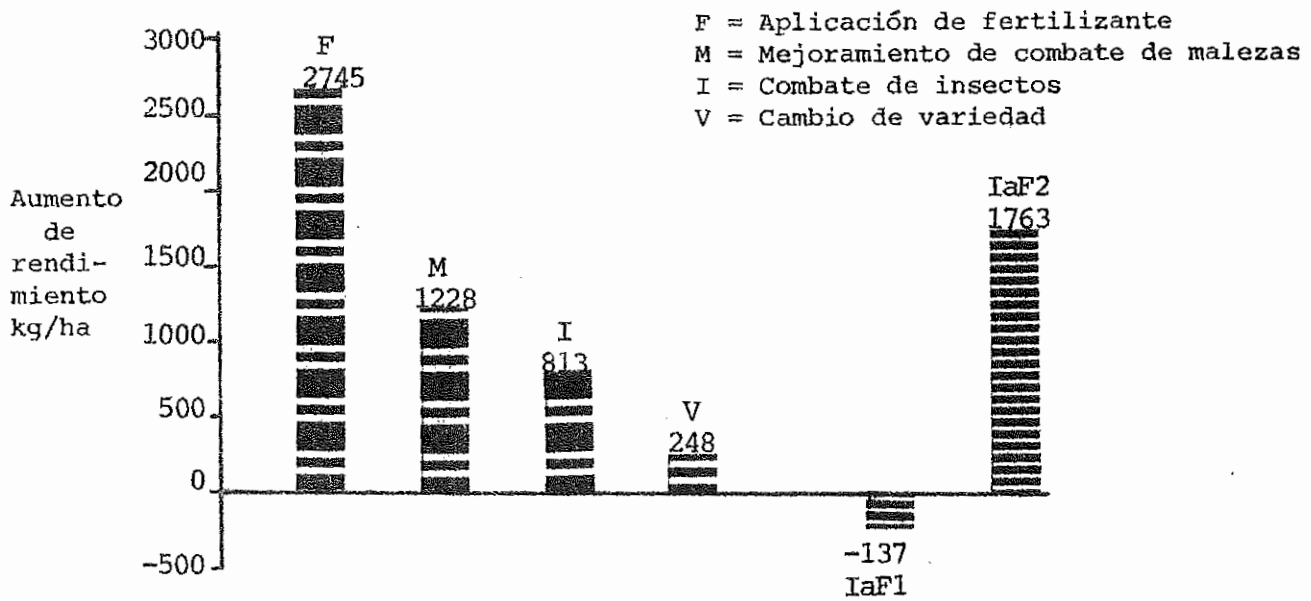


Figura 1. Efectos principales de los factores y la interacción, fertilizante x combate de plagas, en los rendimientos de maíz, Progreso, 1980-1981.

plantas, ni la altura de plantas. Es posible que, al competir por los nutrientes, las malezas tuvieran un efecto sobre la habilidad de la planta de llenar los granos y que esto no se refleje en el tamaño, ni número de mazorcas. Sin embargo, esto es especulativo.

Finalmente, se observa un efecto significativo del combate de insectos en la reducción del número de días a la floración. Aunque, en este ensayo hubo una relación débil entre días a la floración y rendimiento, en siembras más tardías este efecto pudiera ser más importante debido a la escasez de humedad en los meses en los cuales la planta llena los granos.

En la Figura 2, se presentan los coeficientes de correlación entre los factores y las variables principales de respuesta, incluyendo rendimiento. Los resultados confirman lo que ya se ha observado en los análisis anteriores:

1. Que, en orden de importancia, la aplicación de fertilizante, el mejoramiento de combate de malezas y el combate de insectos son los factores que son más relacionados con el rendimiento.
2. Que, en orden de importancia, el tamaño de la mazorca, el número de mazorcas y la incidencia de malezas, son las variables que están más relacionadas con el rendimiento.
3. Que hay una relación relativamente fuerte entre la aplicación de fertilizante y el tamaño y número de mazorcas.
4. Que el combate de malezas mejorado, se relaciona principalmente con la incidencia de malezas y rendimiento y que las relaciones con otras variables son relativamente débiles.
5. Que el combate de insectos se relaciona más fuertemente con el número de mazorcas y con el número de plantas cosechadas.

Consideraciones sobre los rendimientos obtenidos con cada uno de los tratamientos, también confirman las observaciones de los análisis anteriores (Ver Cuadro 3). Los más altos rendimientos se obtuvieron cuando los factores fertilización y combate de malezas e insectos estuvieron presentes a sus niveles altos.

Para determinar la factibilidad económica de los tratamientos, se consideraron los efectos principales y las interacciones significativas sobre el rendimiento. En el Cuadro 4, se puede observar que las tasas marginales de retorno para el uso de fertilizantes, el mejoramiento del combate de malezas y la combinación I2F2 son muy significativas (mayores de 40%).

Según los incrementos en el beneficio neto/ha, la aplicación de fertilizantes y la combinación de aplicación de fertilizantes con el combate de insectos, parecen ser casi iguales. Sin

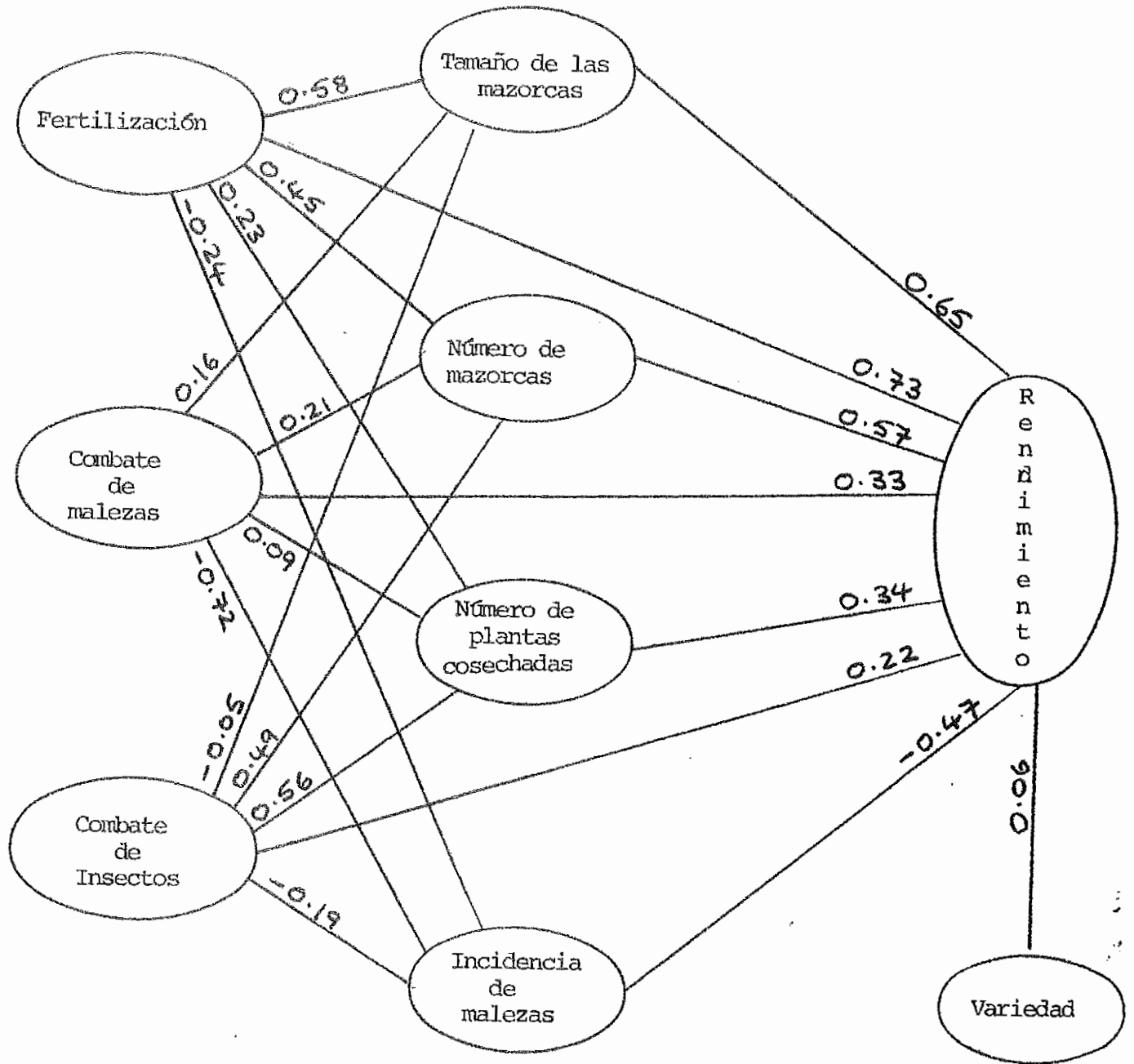


Figura 2. Resumen de las correlaciones principales entre tratamientos, variables y rendimiento de maíz, Progreso, 1980-81.



Cuadro 3. Rendimientos de tratamientos individuales en maíz, Progreso, 1980-1981.

Tratamiento	Rendimiento kg/ha a 14% humedad. <sup>a</sup>
F2 M2 I2 V2	7480 a
F2 M2 I2 V1	7029 ab
F2 M1 I2 V2	5785 abc
F2 M2 I1 V2	5304 bcd
F2 M1 I2 V1	5268 bcd
F2 M2 I1 V1	4729 cde
F1 M2 I1 V1	4490 cde
F2 M1 I1 V2	4462 cde
F2 M1 I1 V1	4014 cdef
F1 M2 I2 V2	3586 cdef
F1 M2 I2 V1	3232 defg
F1 M1 I2 V2	2790 efg
F1 M1 I1 V2	2522 efg
F1 M1 I1 V1	2166 fg
F1 M2 I1 V2	2151 fg
F1 M1 I2 V1	1171 g

a. Prueba de Duncan al 1% nivel de significancia

Cuadro 4. Incremento en beneficio neto y tasas marginales de retorno para los efectos significativos de los distintos tratamientos.

Tratamiento	Incremento en beneficio neto / ha B/ <sup>a</sup>	Base del análisis	Tasa de retorno marginal
Aplicación del fertilizante	250	F2-F1	170%
Combate de insectos	9	I2-I1	8%
Mejoramiento de combate de malezas	118	M2-M1	203%
Combinada de fertilización y control de insectos	259	I2F2-I1F1	102%

a B/. 1 = U.S.\$ 1

embargo, como se mencionó anteriormente, la segunda aplicación de insecticidas posiblemente no contribuyó al rendimiento.

Existen diferentes opiniones sobre el efecto de *S. frugiperda* en el rendimiento cuando ataca en la etapa vegetativa del maíz. Van Huis en Nicaragua (4) considera que es necesario controlar 2 ó 3 semanas después de la emergencia si hay más del 20% de plantas infestadas. Otros estudios (3) en Costa Rica, indican que el efecto durante esta etapa es mínimo. Probablemente su efecto depende mucho de las condiciones prevalentes tales como disponibilidad de agua, fertilidad del suelo, etc. Por eso, se presenta aquí el análisis económico basado en las dos suposiciones de que la segunda aplicación tenía y no efecto. Si se asume que no tenía efecto el incremento en beneficio neto para la combinación de aplicación de fertilizantes con el combate de insectos sube a B/.304/ha y la tasa de retorno marginal a 145%, lo cual hace mucho más económico el uso de ambos, fertilizantes e insecticidas. En el caso del combate de malezas, este se encuentra en un tercer lugar ya que, aunque tiene una alta tasa de retorno marginal (203%), sus beneficios netos son inferiores a los anteriores.

#### CONCLUSIONES

Las conclusiones principales son:

1. Que los factores individuales que más aumentan el rendimiento, en orden de importancia, son, aplicación de fertilizante, combate mejorado de malezas y combate de insectos.
2. La combinación de aplicación de fertilizante con combate de malezas aumenta más el rendimiento que cualquier factor individual. La interacción de estos dos factores debe tomarse en cuenta en el diseño de estudios subsiguientes.
3. El cambio de variedad de la criolla a una variedad mejorada, Tocumen 7428, no produce aumento en el rendimiento.
4. La combinación de aplicación de fertilizante y combate de insectos es la alternativa más rentable, seguido muy de cerca por la aplicación de fertilizante solo. Sin embargo, el mejoramiento del combate de malezas constituye la alternativa más segura ya que tiene la mayor tasa de retorno marginal.
5. Los esfuerzos de la investigación futura deben ser dirigidos, a corto plazo, a determinar los niveles de fertilizantes más adecuados para el área, así como dirigir esfuerzos en el combate de insectos y malezas, ya que estos son los

componentes que pueden ofrecer mejores oportunidades para desarrollar alternativas tecnológicas viables para los agricultores. Estudios para establecer los niveles adecuados de fertilizantes deben tomar en cuenta la influencia del combate de plagas.

BIBLIOGRAFIA

1. CUELLAR, M., SARMIENTO, M., BEJARANO, W., LI PUN, H. y otros. Diagnóstico de Pequeñas y Medianas Explotaciones Agropecuarias en tres áreas de Panamá. (Aserrío de Gariché, Progreso y Guarumal). Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria. 1980. 115 p.
2. MINISTERIO DE DESARROLLO AGROPECUARIO. Desarrollo Rural Integrado del Distrito de Barú, Santiago de Veraguas. Panamá. 1977. 169 p.
3. SAUNDERS, J.L., KING, A.B.S y SHANNON, P.J. (Datos no publicados).
4. VAN HUIS, A. Integrated pest management in the small farmer's maize crop in Nicaragua. Meded. Landbouwhogeschool Wageningen. 1981. 81 (6).