

ANALISIS DE LA PRODUCCION DEL MAIZ EN LA REGION HUETAR ATLANTICA DE COSTA RICA

Sayra Munguía Ulloa

Escuela de Ciencias Agrarias,
Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica
(Recibido: 25-09-95 / Aceptado: 06-12-95)

RESUMEN

Se realizó un análisis de la producción del maíz en la región Huetar Atlántica de Costa Rica, con el fin de identificar las características del medio y del sistema de cultivo que afectan el rendimiento. El estudio se hizo a través del seguimiento de parcelas de agricultores y de encuestas sobre el papel e importancia del cultivo en la unidad de producción. Para analizar los niveles de rendimientos obtenidos por los productores, se compararon los rendimientos de las parcelas con el rendimiento potencial del cultivo en la región. Para el cálculo del rendimiento potencial, se utilizaron los valores máximos de los componentes del rendimiento obtenidos en un ensayo realizado en la región, utilizando una variedad local. El estudio muestra que el rendimiento del cultivo está limitado, principalmente, por una baja densidad a la cosecha y un bajo número de mazorcas comercializables, debido sobre todo a la pudrición. En consecuencia, es importante mejorar las técnicas usadas para el combate de los insectos del suelo, responsables de pérdidas importantes de plantas, y buscar variedades resistentes a la pudrición de mazorcas. Por otra parte, con el análisis económico de las parcelas, se constató que la remuneración obtenida con el maíz es generalmente inferior a la que se obtiene trabajando como asalariado en las fincas bananeras. Además, cada año, el aumento del precio de venta del grano no compensa el aumento en el costo de los insumos agrícolas, lo que reduce cada vez más el margen de ganancia de los productores. Esta situación ha provocado el abandono del cultivo por parte de numerosos agricultores, la reducción de las

áreas sembradas con maíz, el cambio hacia la producción de elotes (granos en estado de leche) y la búsqueda de actividades alternativas. Tomando en cuenta esta problemática, se considera necesario, realizar investigaciones sobre nuevas actividades productivas para los agricultores de la región.

ABSTRACT

A maize crop agronomic analysis was done in the Huetar Atlántica region of Costa Rica. The objective was to identify the environmental and cropping system characteristics affecting the yield. The diagnostic was done through monitoring farmers plots and a survey on the producing unit operation. To analyze the yielding levels in the region, the farmer's yield plot was compared with the crop potential yield. In order to establish the differences, the maximum yield component values were obtained in a field trial planted in the same region and sowing the same genetic material used by the farmers. The diagnostic showed two main yield limitation sources: low plant density at harvest and a low number of ears, due to the ear rots mainly. Therefore, it is important to improve the soil pest management, to reduce the number of plant loss and search for ear rot resistant varieties. The economic analysis demonstrate that the remuneration obtained by corn harvest is lower than a salary at the banana farms. Moreover, the sales price does not compensate the yearly input cost increase, reducing the farmer profit. The situation has stimulated the crop abandonment by numerous farmers, reduction of maize cultivated areas and the change for new production activities. Based on this problematic situation, it is necessary to research on new crops

and other alternative activities for the region small farm producers.

INTRODUCCION

El estudio se realizó, entre 1991 y 1993, en los cantones de Guácimo y Pococí, en donde el maíz se siembra principalmente como cultivo único, y se encuentra también, en menor grado, asociado con otros, como la yuca, el frijol y el ayote. Las condiciones climáticas de la región permiten la siembra del maíz dos veces al año. El primer ciclo de cultivo es denominado «veranera» por los agricultores, porque se realiza durante los meses más secos del año, es decir, entre enero y junio (en estos meses, la precipitación total promedio es de 1376 mm, o sea, 30% del total anual). El segundo ciclo es denominado «inverniz» y se efectúa durante la época más lluviosa del año: entre julio y diciembre. En esta época, la precipitación total promedio es de 3184 mm, o sea, 70% del total anual (IMN 1992).

En la época en que se inició este estudio, el objetivo principal de la producción del maíz era la venta del grano al Consejo Nacional de Producción (CNP), ya que las necesidades para el autoconsumo de la finca eran satisfechas con pequeñas áreas de siembra: entre 1/4 y 1/2 hectáreas (CNP 1990). El maíz era producido principalmente por pequeños productores, en explotaciones de 0,5 a 50 hectáreas (BONILLA y DAMAIS 1990). En 1990, del total de 1560 productores de maíz, un 62% sembraban áreas inferiores a 3 hectáreas, un 27% sembraban áreas entre 3 y 6 hectáreas y sólo un 11% más de 6 hectáreas (MASIS 1991). Sin embargo, a pesar de la importancia económica del cultivo para estos productores, la producción del maíz en la región Huetar Atlántica sufrió a partir de 1986 una evolución negativa, debido principalmente, a la política gubernamental de eliminar los subsidios en los precios de los granos básicos, y de favorecer los productos no tradicionales destinados a la exportación (MASIS 1991; MORALES 1994). Estas medidas ocasionaron cambios en el destino del producto y en las técnicas culturales utilizadas en el cultivo. Considerando esta problemática, surgió la necesidad de realizar en la región un análisis de la producción del maíz, con el fin de identificar los principales factores y las condiciones limitantes

del rendimiento, y de presentar recomendaciones sobre las investigaciones a realizarse en el futuro.

MATERIALES Y METODOS

La metodología que se utilizó en esta investigación, está basada en la realización de un diagnóstico agronómico, a través del seguimiento detallado de parcelas de agricultores y de entrevistas hechas a éstos. El objetivo del diagnóstico es la identificación y jerarquización de los factores limitantes del rendimiento de un cultivo en una región determinada, con el fin de presentar las opciones necesarias para mejorar la producción (FLEURY *et al.* 1982; MEYNARD y DAVID 1987).

El diagnóstico agronómico consistió en determinar: (i) cuáles son los factores del clima, del medio (suelo, malezas, insectos del suelo y del follaje, etc.) y de las técnicas de cultivo, responsables de las variaciones de rendimiento entre parcelas, (ii) las relaciones existentes entre los estados del medio y del cultivo y los itinerarios técnicos aplicados. También se analizaron los factores determinantes de las prácticas utilizadas por los agricultores.

El diagnóstico fue complementado con el análisis del rendimiento potencial del maíz en la región de estudio, a través de la utilización de referencias bibliográficas y de un ensayo realizado en la región, con una variedad local.

El estudio se realizó en cuatro ciclos de cultivo: «inverniz» 91, «veranera» 92, «inverniz» 92 y «veranera» 93. En todos estos ciclos se realizaron las siguientes actividades:

- Establecimiento en las parcelas de los agricultores, de microparcels o estaciones, homogéneas en cuanto al tipo de terreno (topografía y textura) y a las técnicas aplicadas, para analizar las diferentes etapas fisiológicas de elaboración del rendimiento y los factores limitantes de éste, en cada etapa del cultivo.
- Identificación sobre las microparcels, de los estados del medio y de los estados de crecimiento y desarrollo del cultivo.
- Realización de encuestas a los agricultores para identificar los itinerarios técnicos

utilizados, y conocer sobre el papel e importancia del maíz en la unidad de producción y sobre los aspectos socioeconómicos de la actividad.

La selección de las localidades y de los agricultores se hizo basándose, en primer lugar, en el registro de productores que el CNP realiza durante cada período de compra del grano. En cada cantón se seleccionaron aquellas localidades que presentaban el mayor número de productores de maíz.

Otro criterio para la selección, fueron las áreas sembradas con el cultivo. Los resultados de una encuesta realizada por el CNP en 1991, con 340 productores, muestran que las áreas sembradas con maíz eran en promedio, de 2,9 hectáreas en el cantón de Guácimo y de 1,6 hectáreas en el cantón de Pococí; la mayoría de los productores (el 81%) tenían superficies entre 0,5 y 4 hectáreas. La mayor parte de las fincas seleccionadas presentó áreas sembradas con maíz comprendidas en este intervalo.

Finalmente, otro criterio para la selección, fue la disposición de los agricultores a colaborar en el suministro de la información y en permitir el seguimiento de sus parcelas hasta la cosecha del grano.

El total de parcelas estudiadas en los cuatro ciclos fue de 52 y el número de fincas 24. De este total, 43 parcelas fueron analizadas hasta la cosecha, 4 fueron volcadas totalmente por el viento, 1 fue destruida por los pericos y 3 fueron cosechadas en elote, porque al agricultor se le presentó la oportunidad de vender en esta forma.

En cada finca se seleccionaron, una o dos parcelas, donde el maíz se sembró sin estar asociado con otro cultivo. En cada parcela se marcaron tres o cuatro microparcels, en las cuales se hicieron las mediciones y observaciones necesarias durante todo el ciclo del cultivo. Cada microparcels comprendía diez hileras de 10 m de largo.

Las entrevistas a los agricultores, para la recolección de información acerca de los itinerarios técnicos realizados en las parcelas (cultivos o actividades precedentes, fechas de realización, productos utilizados, cantidades y formas de aplicación,

etc.) y, sobre los aspectos socioeconómicos de la actividad (mano de obra utilizada, costos de producción, ingresos obtenidos, etc.), fueron hechas cada semana o cada dos semanas, dependiendo de la disponibilidad del agricultor. Las observaciones sobre los estados del medio y de la población vegetal se hicieron, generalmente, cada semana.

Las mediciones y observaciones realizadas en las parcelas fueron: determinación del porcentaje de germinación de la semilla utilizada por el agricultor (pruebas en el laboratorio), densidad obtenida a la emergencia, arreglo espacial de plantas, porcentaje de humedad de los granos cuando se realizó la «dobla», cobertura del terreno con malezas, presencia de plagas y enfermedades, y algunas características fenológicas del cultivo tales como: fechas de floración masculina y femenina, número de hojas totales, profundidad de raíces a la floración, altura de la planta y altura de la mazorca. En cada parcela se hizo un análisis de textura y de contenido mineral del suelo.

A la cosecha, se midieron sobre un surco de 10 m de cada microparcels, los componentes del rendimiento: número de plantas, número de mazorcas por planta, número de hileras de las mazorcas, número de granos por hilera y peso seco de los granos. También se identificaron el número de plantas estériles y el número de mazorcas no comercializables, es decir, las mazorcas podridas, comidas por los pájaros, con un mal llenado de granos, o con un tamaño muy pequeño (menos de 50 granos).

El peso seco de los granos se estimó mediante el secado total de éstos en la estufa a 75 °C durante 48 horas. El rendimiento promedio de la parcela se calculó utilizando los rendimientos obtenidos en todas las microparcels. El rendimiento de cada microparcels (calculado con 0% de humedad del grano) fue convertido posteriormente a toneladas métricas por hectárea.

RESULTADOS Y DISCUSION

Determinación del rendimiento potencial del maíz en la región

Para analizar el rendimiento del cultivo se compararon los rendimientos de las parcelas de los

agricultores con el rendimiento potencial del maíz en la región. Existen diferentes métodos para estimar el rendimiento potencial de un cultivo en una región determinada, tales como: potencial climático, crecimiento en biomasa en relación con la radiación interceptada y análisis de los componentes del rendimiento (ANDRADE 1992; BOLAÑOS 1993). En este estudio, debido a limitaciones materiales, se estimó el rendimiento potencial utilizando los valores de los componentes del rendimiento obtenidos en un ensayo realizado en la región, con una variedad local. Estos valores fueron obtenidos en condiciones óptimas en cuanto a la fertilización mineral y a la protección fitosanitaria del cultivo. El ensayo se instaló en Guápiles en la Estación Experimental «Los Diamantes», en la época «veranera 93», con un diseño de bloques al azar que comprendía cuatro repeticiones y cuatro densidades de siembra, seleccionadas de la gama de densidades utilizadas por los agricultores en la región (CNP 1991). Los resultados obtenidos en este experimento de rendimiento potencial se presentan en el cuadro 1.

El análisis estadístico de los componentes del rendimiento mostró que no existen diferencias significativas entre las cuatro densidades ($P < 0,05$), en cuanto al número de granos por mazorca y el peso seco de un grano. Esto significa, que con estas densidades, la reducción del número de granos por mazorca, producida como consecuencia del aumento de la densidad, no afecta significativamente el rendimiento. De igual manera, el peso seco de un grano de la mazorca principal permaneció casi constante y no fue afectado significativamente por la densidad. Según investigaciones realizadas

(TETIO-KAGHO y GARDNER 1988), posiblemente estos dos componentes hubiesen sido más afectados con densidades mayores que las utilizadas en el ensayo.

El número total de mazorcas por planta no presentó diferencias significativas entre los cuatro tratamientos. En cambio, el número de mazorcas sanas o comercializables por planta, afectado por la esterilidad de plantas y la pudrición de mazorcas, fue significativamente diferente entre densidades y presentó una correlación negativa con el incremento de la densidad ($r^2 = 0,96$. Pendiente = $-1,35$).

Considerando estos resultados, para hacer la comparación entre los rendimientos reales de las parcelas con los rendimientos potenciales, se calculó para cada parcela, el rendimiento potencial que habría permitido la densidad obtenida a la emergencia, mediante la siguiente relación:

$$\text{Rend potencial parcela} = \text{Densidad a la emergencia} * [1 - (\text{dens} * 1,35 / 100)] * 430 * 296$$

Donde:

Densidad a la emergencia: plantas por m^2 obtenidas a la emergencia.

430 y 296: son los valores promedios de los cuatro tratamientos, del número de granos por mazorca y el peso seco de un grano (en mg), respectivamente. El factor: « $1 - (\text{densidad a la emergencia} * 1,35) * 10^{-2}$ » corresponde al número potencial de mazorcas sanas por planta.

Los valores de rendimientos obtenidos con esta relación fueron convertidos posteriormente a

Cuadro 1.
Valores promedios de los componentes del rendimiento del maíz obtenidos en el ensayo

Plantas/ m^2 a la emergencia	Mazorcas/planta	Mazorcas sanas por planta	Granos/mazorca	Peso seco de un grano (mg)
4,0	0,97	0,95	448,6	307,9
5,5	0,96	0,93	434,0	293,3
7,0	0,95	0,91	419,0	292,1
8,5	0,95	0,88	420,7	292,9

toneladas métricas por hectárea (con 0% de humedad del grano).

Para la identificación del (los) componente (s) del rendimiento más afectado (s) durante los cuatro ciclos, se obtuvo en cada parcela, para cada componente, un coeficiente dividiendo el valor real de cada componente por el valor potencial.

Resultados del diagnóstico agronómico

Características de las variedades utilizadas

Las variedades utilizadas en todas las parcelas fueron variedades locales de grano blanco, de polinización libre, seleccionadas y reproducidas por los agricultores durante varios años. Las principales razones señaladas por éstos, para no utilizar los híbridos comerciales, son las siguientes: mayor costo de la semilla, mala germinación, olote muy grueso y gran susceptibilidad de las mazorcas a la pudrición, debido a la mala cobertura de la mazorca. Las investigaciones realizadas por el CNP en la región, muestran que los porcentajes de pudrición de los híbridos son mayores que los de las variedades locales, y en la época de «inverniz» frecuentemente son superiores del 25% (CHACON 1988; ALPIZAR 1989). Las variedades locales presentaron las siguientes características:

- Altura de planta entre 3 y 3,5 metros y altura promedio de la mazorca de 1,9 m.
- Variedades no prolíficas: entre 1 y 2 mazorcas por planta (en general: 1 mazorca).
- Número total de hojas entre 19 y 21.
- Número de días para la floración masculina entre 54 y 59.

- Número de días para la floración femenina entre 56 y 61.
- Número de días promedio a la madurez fisiológica del grano: 110.
- Número de hileras por mazorca entre 12 y 16 (promedio: 12).
- Relación del peso del olote respecto al peso de la mazorca: 17,5% en promedio.
- Peso seco de un grano entre 240 y 300 mg, con excepción de las parcelas afectadas por algún factor limitante después de la floración, y en las cuales el peso seco de un grano fue aproximadamente de 200 mg.
- Índices de cosecha (fracción de la biomasa total destinada a los granos) de 0,40 en promedio.

Diagnóstico de condiciones y factores limitantes del rendimiento

Los niveles de rendimientos. Los rendimientos calculados en las parcelas de los productores fueron muy variables en cada ciclo de cultivo. Sin embargo, se observó en el total de las parcelas analizadas en los cuatro ciclos (figura 1), que la mayoría obtuvo rendimientos comprendidos entre 2 t/ha y 3 t/ha. El análisis estadístico de estos resultados (cuadro 2) muestra que solamente el ciclo «veranera 92», el cual presenta los mejores rendimientos, es significativamente diferente de los otros ciclos ($P < 0,05$, Test LSD).

Los rendimientos máximos de cada ciclo, fueron similares a los rendimientos máximos obtenidos en las parcelas de demostración y ensayos experimentales realizados por las instituciones que realizan investigación en la región (CNP y MAG).

Cuadro 2.
Rendimientos promedios obtenidos en cada ciclo y sus variaciones respectivas

Ciclo	Rend promedio t/ha	Desviación estándar	CV %	R máximo t/ha	R mínimo t/ha
Inverniz 91	3,0	0,57	18,9	3,7	1,9
Veranera 92	3,9	0,90	23,1	5,1	2,4
Inverniz 92	2,4	0,76	32,0	4,0	1,2
Veranera 93	2,6	0,63	24,7	4,0	1,5

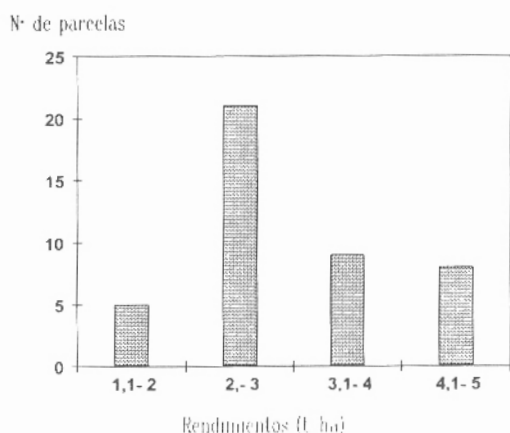


Figura 1. Distribución de los rendimientos obtenidos en los cuatro ciclos de cultivo. Parcelas de los agricultores.

En efecto, el análisis de los mejores rendimientos de los ensayos realizados por estas instituciones, entre 1988 y 1992, muestra para la época de «veranera» un rendimiento máximo de 4,6 t/ha para las variedades locales y de 4,4 t/ha para los híbridos (obtenidos con una densidad aproximada de 4,5 plantas por m²). Para la época de «inverniz», el rendimiento máximo para cada tipo de variedad fue respectivamente, 4,2 t/ha y 3,9 t/ha. Los rendimientos de las parcelas muestran que existe la posibilidad de que los productores de la región mejoren sus rendimientos, pero también revelan que existen limitaciones importantes para el cultivo.

En los cuatro ciclos, los rendimientos reales de las parcelas fueron inferiores a los rendimientos potenciales (figura 2); sin embargo, se observa que ciertas parcelas estuvieron próximas del potencial. En «veranera 92» y en «inverniz 91» se presentaron en promedio los valores más próximos del potencial, alcanzando respectivamente, 68% y 65% de ese rendimiento. Los rendimientos reales de los ciclos «inverniz 92» y «veranera 93» alcanzaron respectivamente 46% y 48% del potencial, debido principalmente a los menores valores en el número de mazorcas sanas por planta, obtenidos en esos ciclos.

Se observa en la figura 3 que los coeficientes más afectados en los cuatro ciclos corresponden

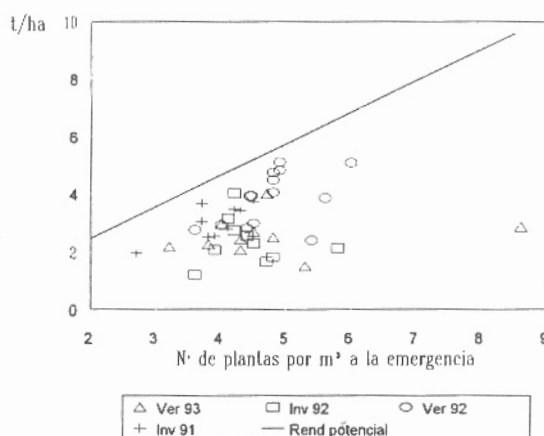


Figura 2. Comparación entre los rendimientos reales de las parcelas y los rendimientos potenciales. Cuatro ciclos de cultivo.

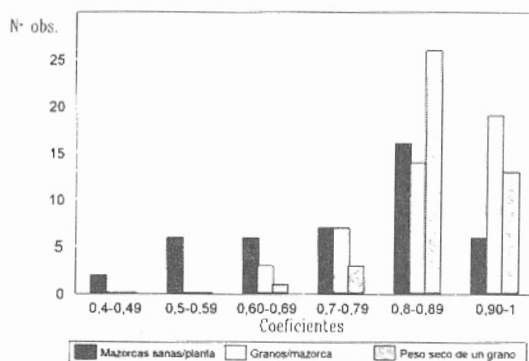


Figura 3. Distribución de coeficientes (valores reales/valores potenciales) obtenidos para cada uno de los componentes del rendimiento. Cuatro ciclos de cultivo.

al componente «número de mazorcas sanas o comercializables por planta emergida». Este componente es el que mejor explica las diferencias de rendimiento obtenidas entre ciclos y entre parcelas de un mismo ciclo, y revela que hubo limitación importante en la región en cuanto a este componente.

Por otra parte, los valores de los componentes, número de granos por mazorca y peso seco de un grano, estuvieron más cerca del potencial y la mayoría de los coeficientes están ubicados entre 0,8 y 1,0. Esto indica que estos componentes tuvieron

un menor peso en la variabilidad de rendimientos observada en las parcelas.

Análisis de los componentes del rendimiento. En los cuatro ciclos, el rendimiento se encontró estrechamente relacionado con el número de granos por m^2 (figura 4), con un valor promedio de $r^2 = 0,94$. El peso seco de un grano mostró menos variación entre parcelas, y con la excepción de algunas, sus valores estuvieron generalmente más próximos del potencial, lo cual muestra que hubo menos influencia de la fase de llenado del grano sobre la variabilidad del rendimiento. El análisis de varianza del número de granos por m^2 y del peso seco de un grano muestran que, únicamente, el ciclo de «veranera 92» fue estadísticamente diferente, en cuanto a estos dos componentes ($P < 0,05$).

Se observa en la figura 5 que existe una tendencia a obtener mayores valores del peso seco de un grano cuando el número de granos por m^2 es mayor ($r^2 = 0,52$), o sea, que con las densidades utilizadas en las parcelas, no se presenta todavía una relación negativa entre el número de granos por m^2 y el peso seco del grano, la cual se obtiene cuando el número de granos por m^2 es muy elevado (NAVARRO 1984).

El número de granos por m^2 se presenta bastante relacionado con el número de mazorcas sanas por m^2 ($r^2 = 0,77$, figura 6). Por el contrario, ese componente se encontró poco relacionado con

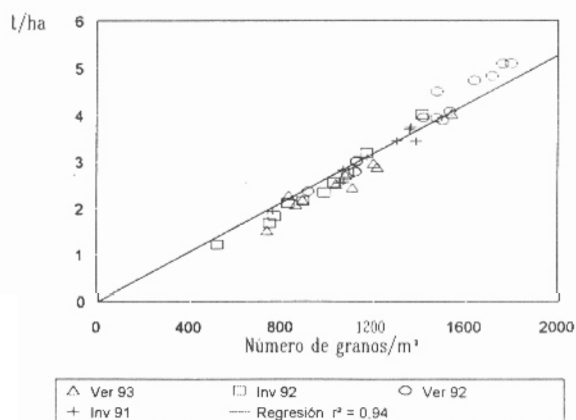


Figura 4. Relación obtenida en las parcelas entre el número de granos por m^2 y el rendimiento del cultivo.

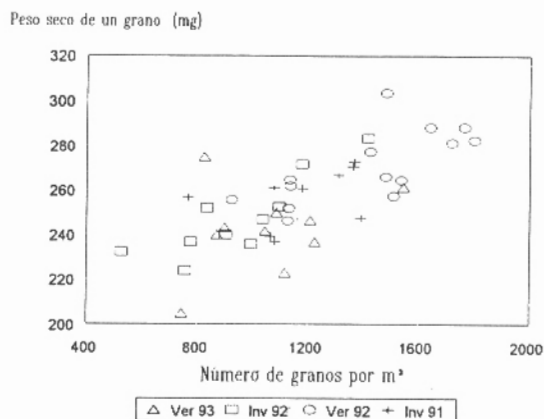


Figura 5. Relación obtenida en las parcelas entre el número de granos por m^2 y el peso seco de un grano.

el número de granos por mazorca ($r^2 = 0,19$). El número de mazorcas sanas por m^2 muestra cierta relación con el número de plantas cosechadas por m^2 ($r^2 = 0,43$, figura 7) y dependió menos del número de mazorcas sanas por planta ($r^2 = 0,28$).

El valor promedio del número de granos por mazorca, obtenido en cada ciclo, varió entre 355 y 386 y el análisis de varianza de este componente no mostró diferencias significativas entre los cuatro ciclos ($P < 0,05$). Los valores más bajos se presentaron

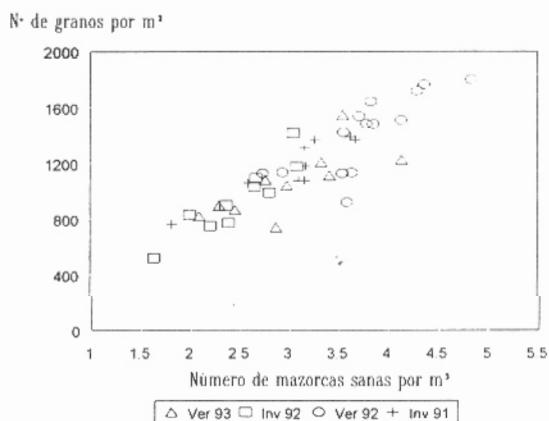


Figura 6. Relación obtenida en las parcelas entre el número de mazorcas sanas por m^2 y el número de granos por m^2 .

Mazorcas sanas por m²

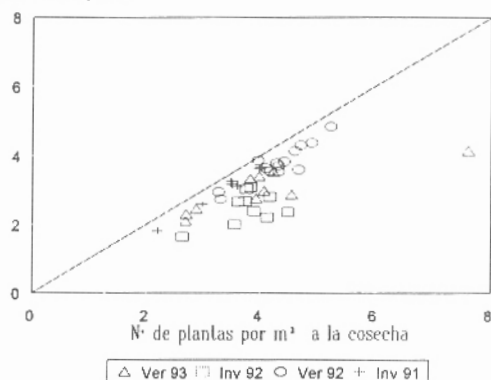


Figura 7. Relación obtenida en las parcelas entre el número de plantas cosechadas por m² y el número de mazorcas sanas por m².

en algunas parcelas de las siembras de «veranera» afectadas por la presencia de un déficit hídrico en los días cercanos a la floración, y en aquellas parcelas donde hubo una alta competencia del cultivo con las malezas. En las otras parcelas, el número de granos por mazorca no afectó el rendimiento del cultivo.

El análisis de los componentes del rendimiento revela que la variabilidad de rendimientos, observada en las parcelas provino principalmente del número de granos por m² obtenido a la cosecha. Este componente se encontró relacionado con: (i) la densidad de plantas a la cosecha, y en menor grado, con el número de granos por mazorca (problemas presentados durante el período siembra-

floración), (ii) con el número de mazorcas sanas obtenido por planta (problemas presentados después de la floración, sobre todo por pudrición de las mazorcas).

Efecto de los estados del medio y de los estados de crecimiento y desarrollo del cultivo sobre los componentes del rendimiento

La densidad. La densidad obtenida a la cosecha fue muy importante en la determinación del rendimiento de las parcelas. La densidad de siembra promedio, por ciclo, varió entre 5 y 5,8 plantas por m², la densidad a la emergencia entre 3,9 y 4,8 y la densidad a la cosecha entre 3,4 y 4,3 plantas por m².

Las diferencias de densidad entre siembra y cosecha fueron debidas a pérdidas importantes de semillas y de plantas, ocurridas en ese período. Estas pérdidas fueron muy variables entre parcelas de un mismo ciclo (cuadro 3) y no presentaron diferencias significativas entre los cuatro ciclos (P<0,05).

Las principales causas de las pérdidas de plantas ocurridas en las parcelas fueron:

- La calidad de la semilla.

La semilla sembrada en las parcelas provenía de la cosecha anterior y la mayoría tenía un tiempo de almacenamiento inferior a dos meses. En consecuencia, estas semillas tuvieron, en general, buenos porcentajes de germinación: entre 85% y 95%. Sin embargo, en unas pocas parcelas se

Cuadro 3.

Porcentajes promedios de pérdidas de plantas obtenidas en diferentes etapas de cada ciclo

Ciclo	Pérdidas a la emergencia			Pérdidas entre cosecha y emergencia			Pérdidas totales		
	%	Desv est	CV	%	Desv est	CV	%	Desv est	CV
Inverniz 91	21,4	7,3	34,3	11,5	5,0	43,6	30,5	6,5	21,3
Veranera 92	13,3	7,5	56,3	9,6	4,9	50,4	21,6	8,7	40,2
Inverniz 92	15,0	2,1	13,8	14,7	6,8	46,1	27,4	7,0	25,5
Veranera 93	19,0	6,0	31,3	15,0	8,3	55,7	31,0	9,5	30,8

presentó un menor porcentaje de germinación de la semilla, debido a la contaminación con hongos o al daño producido por los gorgojos.

-Las condiciones del medio durante la emergencia.

Las pérdidas de plantas a la emergencia, no debidas a la calidad de la semilla, fueron producidas mayoritariamente por daños provocados por gusanos cortadores (*Agrotis spp.*, *Diabrotica spp.* y *Phyllophaga spp.*) y hormigas. En algunas parcelas las semillas fueron comidas por animales (pájaros, ratas, gallinas) y en éstas, los porcentajes de pérdidas fueron mayores (hasta un 30%). También hubo pérdidas por asfixia y pudrición de la semilla ocasionadas por el exceso de agua después de la siembra, lo cual ocurrió particularmente durante los ciclos de «inverniz». No se observó una relación directa entre las pérdidas a la emergencia ocasionadas por los insectos del suelo y el número de años de la parcela sembrada con maíz, pues se encontraron parcelas sembradas consecutivamente con este cultivo por muchos años, con pocas pérdidas. El 60% de las parcelas (26) presentaron monocultivo con maíz por más de 5 años. Las que recibieron tratamiento del suelo con insecticidas-nematicidas tuvieron menos pérdidas (máximo 7%) que las que no recibieron (máximo 14%). La semilla usada en la mayoría de las parcelas fue tratada con un insecticida, principalmente, al momento de la siembra.

- Las condiciones del medio entre la emergencia y la cosecha.

Las pérdidas de plantas después de la emergencia fueron producidas por: daños por insectos del suelo, gallinas y taltuzas, plantas volcadas y quebradas por el viento, plantas quebradas accidentalmente, muerte de plántulas por exceso de agua y eliminación por el agricultor de plantas débiles y estériles. Se presentó una gran variabilidad entre parcelas en cuanto a estas pérdidas, las cuales fueron mayores cuando hubo daños por el viento o por el exceso de lluvia (hasta un 32%). En las parcelas afectadas por los gusanos cortadores, se observó que, con la excepción de unas pocas, las pérdidas fueron superiores en aquellas donde el número de años en monocultivo del maíz fue mayor. El porcentaje de pérdidas en las parcelas que

recibieron tratamiento del suelo con un insecticida-nematicida, varió entre 1,4% y 8,5%, y en general fueron menores que en las parcelas sin tratamiento (entre 4,4% y 18,9%). Estudios realizados por el CNP en la región, señalan que las pérdidas producidas por insectos, en las parcelas sin ningún tratamiento del suelo, pueden ser hasta de un 30% (ALPIZAR 1989).

Número total de mazorcas por planta. El número total de mazorcas por planta, incluidas las no comercializables, no presentó diferencias significativas entre los cuatro ciclos. Este componente fue afectado por la esterilidad de plantas, la cual fue muy variable entre parcelas: entre 1,5% y 29%. El valor promedio de esterilidad, en los cuatro ciclos, varió entre 5% y 10%. Se observó, en la gama de densidades de cosecha de las parcelas (entre 2,3 y 7,6 plantas por m²), que no hubo un efecto de la densidad sobre el grado de esterilidad, con excepción de la parcela que presentó la más alta densidad. Los mayores porcentajes de esterilidad fueron obtenidos en esa parcela (29%), en algunas de las épocas de «veranera» que sufrieron por la falta de agua en los días cercanos a la floración (entre 10% y 19%), y en una que estuvo inundada totalmente entre la emergencia y la floración (27%).

Número de mazorcas sanas o comercializables por planta. El número de mazorcas comercializables por planta fue afectado por la pudrición de mazorcas, por el ataque de gorgojos y pájaros y por la presencia de mazorcas muy pequeñas o con un mal llenado de granos (cuadro 4).

Los ciclos de «inverniz 91» y de «veranera 92», diferentes estadísticamente de los otros dos ciclos, presentaron los mejores valores en el número de mazorcas comercializables por planta. Los ciclos de «inverniz 92» y de «veranera 93», diferentes estadísticamente entre sí, obtuvieron los valores más bajos.

El porcentaje promedio de pudrición de mazorcas, en los cuatro ciclos, varió entre 4% y 23% y solamente la «inverniz 92», con el mayor porcentaje de pudrición, fue diferente estadísticamente. Las mayores pérdidas de este ciclo fueron debidas, además de la presencia de hongos, a la pudrición de las mazorcas provocada por el volcamiento de

Cuadro 4.
Valores promedios de mazorcas sanas por planta y porcentajes de pérdidas de mazorcas

Ciclo	Mazorcas sanas por planta	Pudrición de mazorcas			Mazorcas dañadas o muy pequeñas	
		%	Desv est	CV	%	Desv est
Inverniz 91	0,89 a*	5,9	2,0	33,8	0,60	1,4
Veranera 92	0,88 a	4,0	4,1	54,1	1,25	1,3
Inverniz 92	0,66 b	23,0	11,4	49,3	3,70	5,1
Veranera 93	0,75 c	8,9	5,2	58,9	6,10	4,2

* Valores con letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre tratamientos.

las plantas por el viento, ocurrido después de la floración. En este ciclo, el porcentaje de pudrición producido únicamente por los hongos, y no por el volcamiento, fue en promedio de 16%. Las pérdidas ocasionadas por la presencia de mazorcas dañadas, muy pequeñas o con un mal llenado de los granos, fueron menos importantes y se presentaron principalmente en los últimos dos ciclos.

En resumen, las pérdidas totales de mazorcas producidas por la esterilidad de plantas, la pudrición de mazorcas y la producción de mazorcas no comercializables, fueron muy variables entre parcelas, y fueron mayores en los ciclos de «inverniz 92» y de «veranera 93».

Número de granos por mazorca y peso seco de un grano. En unas pocas parcelas, el número de granos por mazorca fue afectado negativamente por las siguientes razones: bajas precipitaciones en los días cercanos a la floración (seis parcelas), combate deficiente de malezas durante todo el ciclo del cultivo (tres parcelas) e inundación total ocurrida en una parcela. El número de granos por mazorca fue afectado también, en cuatro parcelas de «inverniz 91», por daños de pericos que comieron los extremos de algunas mazorcas.

En cuanto al peso seco de un grano, en algunas parcelas se obtuvieron valores muy bajos (alrededor de 200 mg), debido a estados particulares del medio: alto recubrimiento del terreno con malezas (en tres parcelas) e inundación sufrida por una parcela.

Efecto de las técnicas utilizadas por los agricultores sobre el rendimiento

La densidad. Las parcelas sembradas con bajas densidades y que además, tuvieron pérdidas importantes de plantas después de la siembra se mostraron muy afectadas en su rendimiento. Una razón señalada por los agricultores, para no sembrar con una densidad mayor a la utilizada, es que si deja poca distancia entre plantas se produce un fenómeno que denominan «quema», el cual consiste en el secado de las hojas inferiores. Este fenómeno se observa, principalmente, en la época de «veranera» y según los agricultores produce la esterilidad de plantas y mazorcas muy pequeñas. Otra razón mencionada, es que altas densidades favorecen el volcamiento de las plantas, debido a la gran altura de las variedades locales. Además, que el uso de altas densidades requiere de un mayor tiempo de trabajo para la siembra y una mayor utilización de insumos.

La fecha de siembra. La fecha de siembra durante la época de «veranera», ya sea en el mes de enero o de febrero no es limitante del rendimiento del cultivo. En efecto, la probabilidad de que se presenten períodos sin lluvias como los que se presentaron en los meses de marzo y abril de los años 1992 y 1993 (figura 8) es del 20% (estadísticas del IMN, años 1964-1990). La precipitación total que se presentó en los dos ciclos de «inverniz» analizados (1855 y 1997 mm, respectivamente), corresponde al régimen normal de lluvias esperado para esa época (IMN 1992).

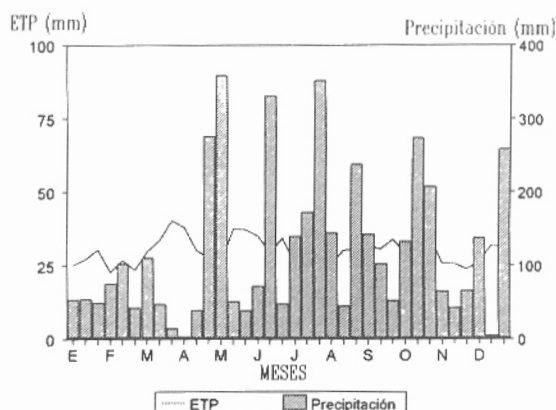


Figura 8. Datos de precipitación y de evapotranspiración potencial (ETP) calculados por períodos de 10 días. Año 1992. Estación Meteorológica «Los Diamantes».

Fertilización mineral. Entre las técnicas utilizadas por el agricultor, la fertilización nitrogenada es la que explica mejor las diferencias de rendimiento encontradas en las parcelas, porque el rendimiento se encontró relacionado ($r^2 = 0,69$) con las dosis de nitrógeno usadas (figura 9). El mismo tipo de relación se presentó entre el número de granos por m^2 y las dosis de nitrógeno ($r^2 = 0,68$). Estos resultados, se explican porque el rendimiento estuvo correlacionado con las densidades obtenidas a la

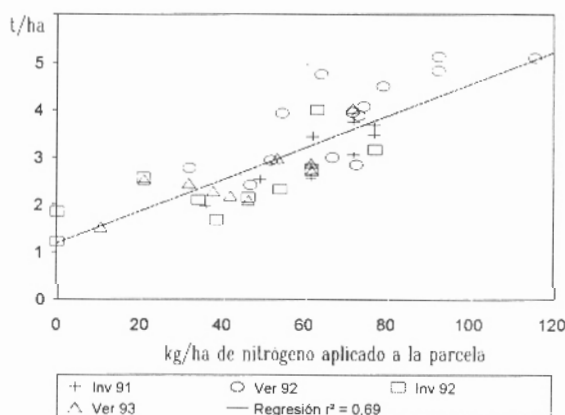


Figura 9. Relación obtenida en las parcelas entre la dosis de nitrógeno usada por el agricultor y el rendimiento del cultivo.

cosecha y con las dosis de nitrógeno utilizadas. En efecto, se observó en dos tercios de las parcelas, una relación proporcional entre la densidad utilizada y las cantidades de nitrógeno aplicadas, es decir, las parcelas con mayores densidades recibieron una mayor cantidad de este elemento. En las otras parcelas se aplicó poco nitrógeno, debido al mal estado que presentaban éstas desde el inicio del cultivo (terreno con muchas malezas, inundación de la parcela, etc.), o por razones de índole económica. Las mayores cantidades de nitrógeno se aplicaron en algunas parcelas de «veranera 92», las cuales obtuvieron los máximos rendimientos, lo cual explica parcialmente el mejor rendimiento promedio logrado en esa época. En ese ciclo, se aplicó en promedio 70,5 kg/ha de nitrógeno. En «inverniz 91», «inverniz 92» y «veranera 93» se aplicaron en promedio, respectivamente, 63 kg/ha, 39,5 kg/ha y 44 kg/ha de nitrógeno. Cuando se usaron fórmulas completas, las dosis promedios de fósforo y potasio aplicadas fueron respectivamente, 21,6 kg/ha y 10,6 kg/ha.

En las parcelas analizadas, durante tres o cuatro ciclos consecutivos, se observó una reducción a través del tiempo, en las dosis de fertilizantes usadas por el agricultor. Esto forma parte de la estrategia de los productores para bajar los costos de producción, debido a las políticas agrícolas de los últimos años con respecto a los granos básicos. Se observó, también, que existe una tendencia a disminuir el uso de las fórmulas completas, las cuales son 40% más caras que los fertilizantes nitrogenados. Tomando en cuenta que la mayoría de las parcelas presentaron un bajo contenido en fósforo (menos de 10 μg por ml de suelo), la eliminación del uso de esas fórmulas podría tener consecuencias en el futuro sobre el rendimiento del cultivo.

El combate de las malas hierbas. Este fue efectuado en la mayoría de las parcelas mediante herbicidas aplicados, principalmente, en los dos primeros meses del cultivo, es decir, entre la siembra y la floración. Hubo diferencias entre parcelas en cuanto a las formas de combate y en las dosis de herbicidas usadas. Del total de 43 parcelas, en 38 se utilizaron herbicidas, en 2 se utilizó únicamente el machete y en 3 parcelas no hubo ningún combate de malezas después de la siembra. En estas últimas

parcelas, el número de granos por mazorca y el peso de los granos fueron afectados considerablemente. Todos los productores hicieron al menos una aplicación del herbicida de contacto, paraquat. En 13 parcelas, además de los herbicidas, se utilizó el machete en la época cercana a la floración. En general, las prácticas usadas por los agricultores para eliminar las malezas, permitieron mantener niveles bajos de éstas en los dos primeros meses del cultivo en la mayoría de las parcelas.

La «dobla». La práctica tradicional de la «dobla», que consiste en doblar el tallo debajo de la mazorca principal, al final del llenado del grano, para proteger las mazorcas del exceso de lluvia y del ataque de los pájaros, fue realizada en 40 parcelas (el 93%). En promedio, esta práctica fue realizada por los productores 40 días después de la floración, y la humedad de los granos al momento de su realización varió entre 52% y 36% (promedio de 40%). Los ensayos de fechas de «dobla» realizados en la región (CALDERON y PEREZ 1992) muestran que no hay un efecto negativo de la «dobla» sobre el rendimiento, cuando ésta se realiza a partir de los 85 días después de la siembra, o sea, aproximadamente 30 días después de la floración. En la mayoría de las parcelas, la «dobla» fue realizada después de esta fecha, con la excepción de una parcela de «inverniz 91», en la cual se efectuó muy tempranamente (con 52% de humedad de los granos) debido a un ataque precoz de los pájaros. Sin embargo, en esta parcela el peso seco de un grano (261 mg) fue similar al obtenido en otras parcelas del mismo ciclo.

Importancia económica del maíz en la unidad de producción

El número de horas por hectárea destinadas al cultivo del maíz, en las parcelas de «inverniz 92» y de «veranera 93», varió entre 135 y 225 horas y fue en promedio de 182 horas. La mano de obra utilizada fue generalmente familiar pero en ciertas labores de más larga duración, como la preparación del terreno, la siembra y la cosecha, se requirió de la contratación de mano de obra. En 24 de las 43 parcelas analizadas hasta la cosecha se utilizó mano de obra asalariada en algún momento del ciclo del cultivo.

Los costos de producción por hectárea variaron en función de la contratación de mano de obra y de los insumos agrícolas aplicados al cultivo. La cantidad de mano de obra asalariada fue muy variable y representó, en el caso de las parcelas en que se utilizó, entre el 6% y el 62% de los costos totales de producción. Los costos producidos por la utilización de productos químicos representaron entre el 38% y el 100% del costo total, y provinieron principalmente de la compra de herbicidas y de fertilizantes químicos.

El análisis económico de la producción de las parcelas de «inverniz 92» y de «veranera 93» mostró un ingreso por hectárea muy variable entre parcelas. Sin embargo, en promedio este ingreso fue superior en «veranera 93» (20 260,00 colones) que en «inverniz 92» (17 670,00 colones), debido a los mejores rendimientos obtenidos en el primer ciclo.

La remuneración de la mano de obra familiar por hora trabajada fue también muy variable entre parcelas. En promedio, fue de 124 colones por hora en «inverniz 92» y de 149 colones por hora en «veranera 93». Este indicador económico permite determinar si la producción del maíz es económicamente interesante para el agricultor, en particular si se la compara con la remuneración obtenida con el trabajo asalariado en las compañías bananeras o en empresas agrícolas de exportación. En la época en que se realizó este estudio, la remuneración obtenida por hora trabajada en esas compañías variaba entre 225 y 300 colones y era generalmente superior a la obtenida con el maíz. Por lo tanto, en el caso de las fincas que disponían de mano de obra familiar joven, era más conveniente enviar su mano de obra a trabajar como asalariada y contratar ocasionalmente mano de obra para los trabajos de la finca a un costo de 110 a 120 colones por hora. Esta situación se confirma con el hecho de que en la mayoría de las fincas analizadas en los dos últimos ciclos, al menos un miembro de la familia trabajaba como asalariado en esas empresas. En esas fincas se constató que gran parte del ingreso de la familia provenía del trabajo asalariado y que la producción del maíz y de otros cultivos como yuca, ayote o chamol, se habían convertido en actividades complementarias. Se observó, además, que la disponibilidad de mano de obra asalariada para las fincas

de los pequeños productores era cada vez menor, debido precisamente a la competencia por mano de obra con esas compañías.

Por otra parte, la evolución presentada en los últimos diez años en los precios de compra del maíz y en el costo de los principales insumos agrícolas, han reducido los márgenes de ganancia del cultivo (MORALES 1994) y aumentan cada año las diferencias en remuneración obtenidas con los dos tipos de actividades (trabajo asalariado y producción de maíz).

Como resultado de esta situación, al finalizar el estudio, del total de 24 productores, 6 habían abandonado el cultivo; 4 lo sembraban con un doble objetivo, es decir, para la venta en elote o en grano; 2 lo producían para venderlo en elote y 12 continuaban la producción para la venta en grano.

CONCLUSIONES

El estudio realizado muestra que la variación del rendimiento observada en las parcelas provino principalmente del número de plantas por m² y del número de mazorcas sanas o comercializables por planta, y en consecuencia del número de granos por m². El rendimiento se mostró también correlacionado con la cantidad de nitrógeno aplicada por el agricultor en la parcela.

Los principales factores limitantes del rendimiento fueron los factores climáticos (vientos fuertes y exceso de lluvia) que provocaron las pérdidas de plantas y de mazorcas, así como la presencia en las parcelas de un ataque importante de insectos del suelo, favorecido por el monocultivo.

Las pérdidas también se relacionaron con las prácticas culturales utilizadas por el agricultor, como la forma de almacenamiento de la semilla y *la ausencia o la poca eficiencia en el combate de los insectos del suelo.*

En algunas parcelas, la interacción del clima con ciertas técnicas como la fertilización química y el combate de las malezas, fueron también limitantes del rendimiento. Muchas de estas técnicas fueron impuestas por factores socioeconómicos, entre ellos, las posibilidades financieras del

agricultor, la disponibilidad en mano de obra y el objetivo principal de producción (venta en elote o en grano).

Las variedades locales, generalmente, más resistentes a la pudrición que los híbridos comerciales, presentaron dos limitaciones importantes: una altura elevada de plantas (3,5 m en promedio) que las hace más sensibles al volcamiento e índices de cosecha bajos: de 0,40, en promedio.

Considerando estos resultados, es importante realizar investigaciones sobre las técnicas más adecuadas para mejorar el combate de los insectos del suelo, responsables de pérdidas importantes de plantas, y buscar variedades resistentes a la pudrición de mazorcas.

El análisis económico de la producción del maíz puso en evidencia, que la remuneración de la mano de obra obtenida con el cultivo es generalmente inferior a la que se obtiene trabajando como asalariado en las compañías bananeras o en las empresas productoras de plantas ornamentales. Esto ha ocasionado que la siembra del maíz sea realizada, principalmente, por personas mayores, mujeres o niños que no pueden vender su fuerza de trabajo, generando obligatoriamente una pérdida en el dinamismo de la producción.

Para que la rentabilidad obtenida con el maíz, sea comparable con el ingreso obtenido trabajando como asalariado en las grandes compañías agrícolas, es necesario lograr un incremento considerable en el rendimiento. Sin embargo, esto es posible solamente con una intensificación del manejo del cultivo, lo cual acarrea mayores costos de producción y es incompatible con la estrategia actual del productor.

Como consecuencia de esta problemática, *el futuro del cultivo en la región es realmente incierto, y a pesar de que existan posibilidades técnicas, se necesita voluntad política para incentivar de nuevo la producción para grano.* La actividad del maíz podría mantenerse con la producción de elotes, pero ésta presenta el inconveniente de tener un mercado limitado que está lejos de compensar la pérdida del mercado en grano. Sin embargo, es necesario realizar investigaciones para este

tipo de producción: sobre variedades, densidad de siembra, arreglo espacial de plantas y fertilización mineral. Probablemente, la siembra del maíz se continuará en pequeñas áreas, para el autoconsumo de la unidad de producción (alimentación humana y de animales domésticos) y la venta ocasional de los excedentes.

Tomando en cuenta que existe actualmente una tendencia de los agricultores a diversificar la producción, se considera necesario realizar en la región investigaciones sobre actividades productivas alternativas para los pequeños productores, y sobre las técnicas más apropiadas para desarrollar esas actividades.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi profundo agradecimiento al grupo de agricultores de la Zona Atlántica que permitieron el seguimiento detallado de sus parcelas de maíz y soportaron pacientemente mis múltiples visitas e interrogatorios. Agradezco mucho la desinteresada y generosa colaboración brindada por el personal de la Estación Experimental Los Diamantes en Guápiles, en especial del Ing. Carlos Calderón y Hugo Pérez. Finalmente agradezco el gran apoyo que me dieron algunos colegas de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional. Todos ellos, con su valiosa colaboración, hicieron posible que se realizara éste y otros trabajos de investigación en el cultivo del maíz.

REFERENCIAS

- Alpizar, D. 1989. Principales aspectos de la producción de maíz en la zona de Guácimo basados en la experiencia de 3 parcelas modelos. Dirección Regional del Atlántico, MAG, Guápiles, Costa Rica. 17 p.
- Andrade, F. 1992. Radiación y temperatura determinan los rendimientos máximos de maíz. Bol. tec. 106, INTA, Balcarce, Argentina. 16 p.
- Bolaños, J. 1993. La fenología y fisiología del maíz. Programa Regional para Centroamérica y el Caribe, CIMMYT. 32 p.
- Bonilla, A. y G. Damais. 1990. Caracterización de los productores de granos básicos de Costa Rica. Tipología y políticas agrarias. CADESCA-CEE-MIDEPLAN-SEPSA, San José, Costa Rica. 75 p.
- Bullock, D. G., R. L. Nielsen y W. E. Nyquist. 1988. A growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. Crop Sci., 28, 254-258.
- Calderón, C. y H. Pérez. 1992. Evaluación de épocas de dobla en dos cultivares de maíz en la Zona Atlántica de Costa Rica. MAG, Costa Rica. 14 p.
- Chacón, M. 1988. Establecimiento de parcelas demostrativas de maíz B-883. CNP, Región Huetar Atlántica, Costa Rica. 16 p.
- Consejo Nacional de Producción, Costa Rica. 1990. Resultados de fincas modelo, época de veranera 1990. Dirección Regional Huetar Atlántica. 25 p.
- Consejo Nacional de Producción, Costa Rica. 1990. Registro de compras de maíz. Cosechas de veranera y de invermiz, 1988-1990. Dirección Regional Huetar Atlántica. 20 p.
- Consejo Nacional de Producción, Costa Rica. 1992. Resultados de encuestas realizadas sobre fincas de pequeños productores en los cantones de Guácimo y Pococí. Dirección Regional Huetar Atlántica. 25 p.
- Fleury, A., J. Masle y M. Sebillote. 1982. L'analyse de l'élaboration du rendement, un outil de jugement du milieu. Bull. Tech. Inf., 370-372: 357-362.
- Instituto Meteorológico Nacional, Costa Rica. 1992. Descripción preliminar del clima de Los Diamantes. 23 p.
- Masis, G. 1991. La situación de la producción de maíz en el marco del ajuste estructural. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 26 p.
- Meynard, J. M. y G. David. 1987. Diagnostic sur l'élaboration du rendement des cultures. In: «Fertilité du sol et nutrition des plantes», Colloque, Soc. Ital. Sci. Sol, Sorrento (Italie). 21 p.
- Morales, L. F. 1994. Ajuste estructural y participación del CNP en la producción, precios y comercialización de maíz blanco y frijol, 1985-1993. Tesis de posgrado UCR, San José, Costa Rica. 113 p.
- Navarro, H. 1984. L'analyse des composantes du rendement du maïs. Application à l'étude de la variabilité du rendement dans une petite région. Thèse de Docteur-Ingénieur. Sciences Agronomiques, INA Paris-Grignon. 283 p.
- Sebillote, M. 1978a. Itinéraires techniques et évolution de la pensée agronomique. C. R. Acad. Agric. Fr., 64 (11), 906-914.
- Tetio-Kagho, F. y F. P. Gardner. 1988. Responses of maize to plant population density. Reproductive development, yield, and yield adjustments. Agron. J., 80, 935-940.