

ADAPTABILIDAD Y ESTABILIDAD DE NARANJILLA (*Solanum quitoense* LAM var. Septentrionale) Y COCONA (*Solanum sessiliflorum* DUNAL var. Sessiliflorum) EN FINCAS DE PEQUEÑOS AGRICULTORES DE GRANOS BÁSICOS EN JINOTEGA

Oscar José Gómez G¹, Pedro Joaquín Orozco Úbeda², Bayardo Emilio Centeno Gadea²

¹Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria, km 12.5 C. Norte, Managua, Nicaragua. Oscar.Gomez@una.edu.ni

²Fundación Jinotegana para el Desarrollo Sostenible (FUNJIDES), Jinotega. funjides@gmail.com



RESUMEN

La naranjilla (*Solanum quitoense* LAM), y la cocona (*Solanum sessiliflorum* DUNAL), son cultivadas mayormente en Jinotega y Matagalpa. Ambos cultivos son poco conocidos, al igual su manejo agronómico. El objetivo de este ensayo fue estudiar la adaptabilidad y estabilidad de ambos cultivos. Para esto se establecieron parcelas en 23 fincas, sin repeticiones dentro de cada finca. Entre los resultados se obtuvieron los siguientes: Tanto el factor finca como la interacción finca*variedad resultaron significativos.

En general la naranjilla mostró una mayor adaptabilidad a los ambientes más productivos, aunque resultó menos estable que la cocona ($b = 1.5$). La cocona mostró una estabilidad mayor ($b = 0.49$) y adaptada a los ambientes menos productivos. La grafica bidimensional del AMMI reflejó que ambos cultivos y las Fincas Siete y Ocho contribuyeron grandemente a la interacción detectada. En cuanto a la variación observada entre sitios las variables independientes profundidad de suelo, SiembraT y pendiente del terreno mostraron cierta asociación con la variación en el rendimiento observado entre fincas.

Abreviaturas: PROFUN, profundidad de suelo, PEND, pendiente del terreno, AVT, áreas de validación tecnológica, SIEMBRAT, fecha de siembra en el terreno definitivo, (msnm), metros sobre el nivel del mar, TEXT, textura, MO, contenido de materia orgánica CULTIANT, cultivo anterior sembrado en la parcela.

ABSTRACT

Naranjilla (*Solanum quitoense* LAM), and cocona (*Solanum sessiliflorum* DUNAL), are mainly cultivated in Jinotega and Matagalpa. Little is known about these crops and about their agronomic management. The purpose of this trial was to study the adaptability and stability of naranjilla and cocona. To get this purpose 23 plots were established in an similar number of farms without replications within farm. Field data were subjected to several statistical analysis and the main results were: Differences in yield between farms were significant. The interaction farm*variety was significant too. In general, Naranjilla responded better to changes in environment ($b=1.5$) and adapted to high yielding environments while cocona was more stable ($b=0.49$) and adapted to low yielding environments. The AMMI biplot showed that both crops and the farms Seven and Eight contributed the most to the interaction farm*crop. Finally, it was found that three independent variables (PROFUND, SiembraT and PEND) showed some relationship with the variation in yield (fruits/ha) observed among farms.

Los cultivos de naranjilla y de cocona pertenecen a la familia Solanaceae. Son relativamente nuevos en la región Centroamericana, aunque en países de América del Sur (Ecuador y Colombia) su cultivo data desde tiempos ancestrales (NAP, 1989). En estos últimos países, la naranjilla y la cocona, son de gran importancia económica, por su alto potencial de industrialización, así como por su rápida producción y productividad (Gallozzi y Duarte, 2007). Según estos autores, en Nicaragua, dichos cultivos pueden ser una alternativa económica atractiva para pequeños productores, ya que pueden permitir la obtención de ingresos económicos a lo largo del año y no solo durante la época de cosecha, como es el caso del maíz, fríjol y café.

En Nicaragua, tanto la naranjilla como la cocona crecen de forma natural y semi-domesticada principalmente en el norte del país concentrándose la producción en los departamentos de Jinotega y Matagalpa. El uso de estos cultivos presenta amplias posibilidades de producción en Nicaragua, aunque ésta aún se realiza de manera no sistematizada sembrándose en pequeñas áreas y en los patios de las fincas formando parte del sistema de cultivo de café (FUNJIDES, 2007). Hasta el presente la naranjilla y la cocona han recibido poca atención para su cultivo a escala comercial. Por otro lado, es posible que su diversidad genética no sea muy grande y consecuentemente su adaptación esté restringida a una gama estrecha de ambientes como los observados en Jinotega y Matagalpa. Estos dos últimos aspectos deben ser aclarados a través de la investigación.

Dado lo disperso de la poca información disponible sobre la naranjilla y la cocona, se planteó la realización del presente trabajo cuyo propósito general fue la sistematización y complementación de la información disponible por los agricultores sobre naranjilla y cocona. En lo particular, se propuso determinar la adaptabilidad y esta-

bilidad fenotípica del rendimiento de la naranjilla y de la cocona entendiendo la adaptabilidad como la capacidad de los genotipos (en este caso naranjilla y cocona) de aprovechar ventajosamente los estímulos del ambiente. La estabilidad se refiere a la habilidad de los genotipos de comportarse de forma consistente a través de una amplia gama de ambientes (Lin y Binns, 1994; Anichiarico, 2002). Un segundo propósito fue determinar la contribución de los materiales genéticos estudiados y de los ambientes a la interacción finca*variedad (F*V) y conocer cual de las variables independientes registradas a nivel de finca o de parcela mostraban una mayor asociación con la variabilidad observada en el rendimiento entre fincas.

Como hipótesis de trabajo se plantearon las siguientes: tanto la naranjilla como la cocona presentan una adaptabilidad similar a los ambientes de producción, ambos cultivos presentan una estabilidad fenotípica del rendimiento mayor que la estabilidad promedio, la contribución de los materiales genéticos estudiados y de las fincas a la interacción finca*variedad es similar y el rendimiento promedio de frutos de naranjilla y de cocona no están influenciados por las variables independientes registradas en este estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal. El material vegetal en estudio consistió en dos variedades (poblaciones), una de naranjilla y otra de cocona. Ambos tipos de materiales son conocidos por la población de manera indistinta como naranjilla.

Sitios de estudio. En el estudio participaron en total 31 agricultores en cuyas fincas se establecieron las áreas de Validación Tecnológica (AVT). Por problemas técnicos, al final del estudio se registró información proveniente de 23 fincas. Parte de esa información se refleja en la tabla siguiente.

Tabla 1. Características generales de los suelos de las fincas consideradas en el estudio y su distribución por localidad. Ensayo de validación, Jinotega, 2008

Finca	Nombre del agricultor	Localidad	Textura	Altitud (msnm)	Profundidad del suelo (cm)	Materia orgánica (%)	Pendiente (%)	Siembra en Terreno definitivo (dds)
1	Francisco Landero Arauz	San Esteban	Franco Arcilloso	990	24	3.3	10	94
2	José Antonio Moran Aguilar	Cuyali	Franco Arcilloso	1000	22	4.7	8	103
3	José Encón Ríos Vásquez	Jiguina	Franco Arenoso	1100	25	4.1	10	103

4	Santos Martín Rivera Pineda	Cuyali	Arcilloso	1120	28	7.5	5	76
7	Cándida Rosa Altamirano	Gobiado	Franco Arcilloso	1400	24	5.2	10	58
8	Víctor Manuel Castro	Gobiado	Franco Arcilloso	1400	24	4.4	10	58
9	Leonidas Mora Téllez	Gobiado	Franco Arcilloso	1400	24	4.4	10	59
11	Armando González García	Jiguina	Franco Arcilloso	975	25	2.1	10	62
12	Antonio Vásquez	Jiguina	Franco Arcilloso	1050	25	3.2	5	73
13	Juan José Vásquez	Jiguina	Franco	1100	25	4.5	5	73
16	Álvaro Hernández Hernández	Lipululo	Franco Arcilloso	1300	30	6.8	40	95
17	Francisco A. Arauz Centeno	San Antonio	Franco Arcilloso	1130	28	4.9	15	93
18	Juan José Montenegro Chavarría	San Antonio	Arcilloso	1160	28	4.3	9	83
19	Dionisio Rubén Valdivia Suárez	San Esteban	Franco Arcilloso	990	27	5.2	5	84
20	Rito Elías Zeas Pérez	San Esteban	Franco Arcilloso	980	27	5.6	15	82
22	Concepción de Jesús Hernández	San Esteban	Franco Arcilloso	980	30	5.6	10	83
23	Leonardo de Jesús Hernández	San Esteban	Arcilloso	970	24	4.1	5	72
24	Juan Pablo González Manzanares	San Esteban	Arcilloso	1100	29	6.3	5	81
25	Pedro Pascual Granado Hernández	San Esteban	Franco Arcilloso	970	27	3.6	6	89
27	José Rómulo Romero Granados	San Esteban	Franco Arcilloso	975	24	5.7	5	57
28	Pedro Antonio González Manzanares	San Esteban	Arcilloso	1100	29	6.3	10	81
29	Laureana Del Carmen Torrez M.	San Esteban	Franco Arcilloso	995	25	6.6	10	59
30	Noel Antonio Martínez López	San Esteban	Arcilloso	970	24	6.7	15	59

msnsm: metros sobre el nivel del mar; dds: días después de la siembra en vivero o bandejas; %: Porcentaje.

Las fincas se encuentran distribuidas en las comunidades de Jiguina, San Esteban, El Gobiado, Cuyalí, Lipululo y San Antonio. Todas ellas pertenecientes al Departamento de Jinotega y están ubicadas entre los 975 y 1400 msnsm.

Diseño de campo. Inicialmente se planteó estudiar en cada finca dos factores: variedades (naranjilla y cocona) y dos formas de manejo agronómico (orgánico y convencional). En total se tenían cuatro tratamientos equivalentes a la combinación de todos los niveles del primer factor

con todos los niveles del segundo factor. Al inicio del ensayo, por cada tratamiento se estableció una parcela de 443.5 m² en la que se sembraron 125 plantas de naranjilla y/o de cocona. Esta parcela correspondió a las AVT las que se establecieron en las 23 fincas estudiadas (Octubre y Diciembre del 2006). El diseño propuesto consistió en un diseño en franjas, también conocido como criss-cross design (Mutsaers *et al.*, 1997). Debido a dificultades técnicas en mantener los dos niveles del factor conocido como manejo agronómico del cultivo, se decidió ignorar esta estructura inicial de los tratamientos en campo por lo que la información se registró considerando únicamente los dos niveles del factor variedades. Como consecuencia de este cambio, el AVT de cada variedad, al igual que el número de plantas, se duplicó quedando en 889.1 m² y 250 plantas, respectivamente. La variable rendimiento expresado en número de frutos por hectárea se determinó en base al área antes mencionada. En resumen, al final del ensayo, en cada finca se contó con dos AVT una de naranjilla y otra de cocona, considerando cada una de las 23 fincas como repeticiones.

Variables en estudio. La variable de interés en este ensayo consistió en el rendimiento total expresado en número de frutos por unidad de área. En Nicaragua ésta es la forma como se comercializa el producto de los cultivos en estudio. Los resultados presentados, el rendimiento obtenido a partir de cosechas realizadas en diferentes momentos. En general, el período de cosecha a través de todas las fincas, se extendió aproximadamente por nueve meses, desde Abril del 2007 hasta Enero del 2008. Dentro de cada finca, sin embargo, hubo fluctuaciones en la duración del período de cosecha. Dicho período se extendió entre 2 y 8 meses, como consecuencia de la pérdida de las AVT debido a diferentes problemas (plagas, sequía, enfermedades, etc.). El número de cortes a través de todas las fincas osciló entre 4 y 43, con una frecuencia promedio de una semana. En ambos cultivos la producción de frutos es permanente, en la planta siempre se encuentran flores y frutos en diferentes estados de desarrollo o maduración.

Adicionalmente se consideraron otras variables a nivel de parcela y/o de finca cuya variación en el tiempo y espacio no estuvo sujeta a control. Entre estas variables están: fecha de siembra en el terreno definitivo (SiembraT, metros sobre el nivel del mar (msnm), textura (Text) y profundidad del suelo (PROFUN), contenido de materia orgánica (MO), pendiente del terreno (PEND), cultivo anterior sembrado en la parcela (Cultiant) etc.

Análisis estadísticos. Con el propósito de identificar los factores que afectaron el comportamiento de la tecno-

logía en estudio (cultivo de la naranjilla y de cocona) bajo las condiciones de manejo en finca y entender mejor las causas de variación entre fincas, los datos de campo fueron analizados empleando las herramientas estadísticas que se enumeran a continuación:

Análisis de varianza (ANDEVA). El propósito de este análisis fue determinar en forma general la significancia o no de los efectos principales y su interacción. Para tal fin, el ANDEVA se realizó sobre los datos de campo transformados (transformación logarítmica), aunque en los resultados se presentan los valores no transformados. Se consideraron, además, algunas variables cuya variación no estuvo sujeta a control. Los datos de estas variables se utilizaron en el análisis estadístico como covariables y/o regresores en los análisis de covarianza y de regresión lineal múltiple, respectivamente.

Análisis de adaptabilidad. Se empleó este análisis a fin de entender un poco más la interacción F*V detectada en el ANDEVA. El valor promedio de la variable rendimiento de frutos de naranjilla y de cocona por finca (ambiente) se utilizó como índice ambiental (IA). Este IA engloba en un sólo valor la diversidad de factores (variables) no controladas que pudieron haber afectado positiva o negativamente las variables de interés. Posteriormente se relacionó dicho IA (ambiente) con el rendimiento promedio de frutos de cada una de las variedades en estudio. Para ello, se utilizó un análisis de regresión en base al modelo siguiente: $Y_i = \alpha + \beta X$; en donde:

Y_i = es el rendimiento de la variedad i ; α = es el intercepto de la línea de regresión con el eje Y; β = es el coeficiente de regresión lineal y X = es el valor del índice ambiental (variable independiente)

Análisis de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI). Este análisis se realizó para determinar la contribución de los ambientes y de las variedades a la interacción detectada en el ANDEVA. De igual forma permite determinar la estabilidad de las variedades en estudio. Lo anterior se puede determinar visualmente en la gráfica (biplot) del AMMI, tal como lo sugiere Gauch, (1992). El modelo estadístico empleado para el análisis de los datos fue el propuesto por el autor antes mencionado. Dicho modelo se describe a continuación:

$$Y_{gar} = \mu + \alpha_g + \beta_a + \sum_{n=1}^N \lambda_n + \gamma_{gn} + \delta_{an} + \rho_{ga} + \varepsilon_{gar};$$

en donde:

Y_{gar} = Rendimiento observado del genotipo g en el ambiente a para la repetición r .

Los parámetros aditivos son:

- μ = La media general
- α_g Desviación con respecto a la media general del genotipo g .
- β_a Desviación con respecto a la media general del ambiente a

Los parámetros multiplicativos son:

- N = Número de ejes considerados en el Análisis de Componentes Principales (ACP)
- λ_n = El valor singular para el eje n del ACP1 (IPCA1 por sus siglas en inglés)
- γ_{gn} = El vector propio unitario del genotipo para el eje n
- δ_{an} = El vector propio unitario del ambiente para el eje n
- ρ_{ga} = Residuo
- ε_{gar} = Término del error

Regresión múltiple: El propósito de este análisis fue el de determinar la existencia o no de cierta asociación entre el rendimiento de frutos y algunas variables no controladas (MO, msnm, PROFUN, SiembraT y PEND) que fueron utilizadas como regresores. La técnica para identificar el mejor conjunto de variables regresoras consistió en la de “pasos sucesivos” (Stepwise). El modelo de análisis fue el siguiente:

$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k$; en donde: Y = es la variable dependiente;
 α = es el intercepto de la línea en el eje Y;
 $\beta_i (i = 1, \dots, k)$ = El coeficiente parcial de correlación asociado con la variable independiente X_i . Los datos de campo fueron analizados utilizando los paquetes estadís-

ticos SAS versión 9.1 y CROPSTAT versión 7.0, ambos para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inicialmente los datos de campo se sometieron a un ANDEVA tal y como si provinieran de un ensayo convencional. Se determino la significancia estadística de los factores finca (F), variedad (V) y de su interacción (F*V). En vista de que no se tenían repeticiones dentro de cada finca para la determinación de la significancia de la interacción F*V, se procedió a la creación de una nueva variable: el índice ambiental, el cual no es mas que el rendimiento promedio por finca, determinado a partir de los rendimientos individuales de las dos variedades evaluadas en dicha finca. Esta nueva variable refleja, en términos generales, la productividad de un determinado ambiente (Finlay y Wilkinson, 1963).

Según el ANDEVA realizado, los efectos principales de finca y variedad resultaron no significativos ($p = 0.50$ y 0.67 , respectivamente, información no mostrada), pero sí la interacción F*V ($p = 0.03$, valor no mostrado). Durante la ejecución del ensayo de campo se registró información a nivel de finca sobre variables no controladas por agricultores y técnicos (ver información anterior). Estas variables se utilizaron en calidad de covariables o regresores a fin de determinar si estaban asociadas con los tratamientos en estudio, para reducir la varianza residual, y aumentar la sensibilidad del ensayo. Los resultados mostraron que la variable pendiente del terreno (PEND) fue la mas propicia para ser incluida en el análisis de covarianza. Como resultado se apreció un cambio en la significancia del factor finca, para el cual el valor de p varió de 0.50 (no significativo) a 0.01 (significativo). Para el resto de fuentes de variación en el ANDEVA (Tabla 2) no se detectaron cambios significativos.

La pendiente de los terrenos en las fincas estudiadas osciló entre 5 y 40% predominando aquellas fincas (70%) con pendientes cuyos valores fueron de 5 ó 10% (suelos suavemente inclinados o inclinados (SSDS, 1993). En dichos terrenos se establecieron las AVT de naranjilla y de cocona, tal a como lo considerara más conveniente el agricultor. Es posible, aunque no se evaluó, que diferencias en ciertas propiedades del suelo debido al efecto de la pendiente, en particular lo relacionado con la disponibilidad de agua en las diferentes partes de las

Tabla 2. Significancia estadística de las diferentes fuentes de variación para la variable rendimiento de frutos de naranjilla y cocona. Ensayo de validación, Jinotega , 2008

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	F	P
ANDEVA				
Finca	22	6.28	2.63	0.01
Variedad	1	0.21	1.95	0.20
Finca*Variedad	1	0.57	5.22	0.03
Covariable				
Pendiente	1	2.10	19.1	0.0003

AVT, pudo estar relacionado con la variación observada en el rendimiento de frutos entre fincas.

Adaptabilidad de naranjilla y de cocona a las fincas en estudio. La interacción F*V resultó significativa ($p = 0.03$), por lo que se procedió a la realización del análisis de adaptabilidad a fin de entender mejor dicha interacción. Los resultados del análisis de regresión ($p = 0.02$), se aprecian en la Figura 1.

un punto cercano a la media general que fue de 42 359 frutos/ha. Sin embargo, la respuesta lineal determinada por medio del análisis de regresión no es la más apropiado sobre todo para la cocona ($R^2 = 0.22$). Una notable mejoría, en base a los valores de R^2 , se puede apreciar en la Figura 1 (b) al estudiar la respuesta curvilínea (potencial y polinómica de segundo grado) del rendimiento de frutos de naranjilla y de cocona al ambiente cuyos valores de R^2 fueron 0.81 y 0.37, respectivamente.

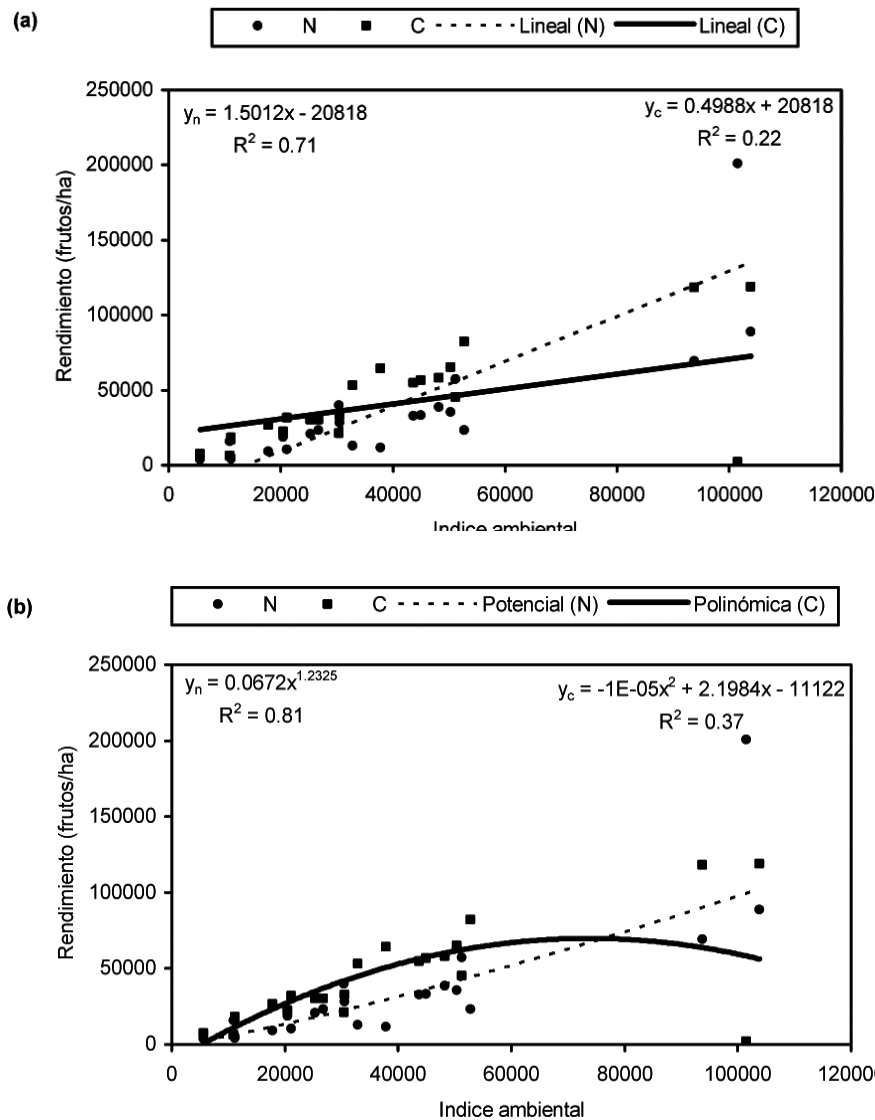


Figura 1. Respuesta lineal (a) y curvilínea (b) del rendimiento (frutos/ha) de las variedades (N) naranjilla y (C) cocona, al ambiente. Ensayo de validación, Jinetega, 2008.

La interacción F*V detectada en este estudio fue del tipo cualitativa. En la Figura 1 (a) se aprecia que las rectas de regresión lineal de naranjilla y de cocona se cruzan en

Al comparar la Figura 1 (a) con la (b), la estructura de la interacción cambia un poco aunque la interpretación de dicha figura en lo referente a la delineación de los dominios de recomendación de naranjilla y de cocona son similares. Por otro lado, la interacción sigue siendo de la misma naturaleza: cualitativa. A como se aprecia en la Figura 1 (b), el cultivo de cocona mostró un mejor comportamiento agronómico en comparación con la naranjilla en aquellos ambientes cuyos valores de índices ambientales fueron menores a 80 000; sin embargo, a medida que el ambiente iba mejorando (mayor índice ambiental) la naranjilla fue superior a la cocona. Sin embargo, la sobrerrepresentación de las fincas distribuidas en una sola localidad: San Esteban (11 de un total de 23) donde las condiciones ambientales fueron más propicias para el cultivo de la cocona (Tabla 1). En cambio el resto de fincas (12 de 23) se encontraban distribuidas en cinco localidades. Es posible que lo anterior haya influido en el tipo y magnitud de la interacción detectada en este estudio.

En otros resultados, los valores de b (pendiente de la recta) fueron 1.5 y 0.49, para naranjilla y cocona, respectivamente. Ambos diferentes significativamente de la unidad (1). Basado en el valor de la pendiente (b) el cultivo de naranjilla mostró una alta sensibilidad (por debajo de la estabilidad promedio) y adaptabilidad a los ambientes más productivos (índice ambiental alto).

En cambio, el cultivo de cocona mostró una mayor resistencia a los cambios ambientales (por arriba de la

estabilidad promedio) y una adaptación a los ambientes menos productivos (índice ambiental bajo). Lo anterior obliga rechazar la primera hipótesis y a aceptar al menos para cocona la segunda hipótesis.

Contribución de las fincas y variedades a la interacción detectada. A como se mencionó anteriormente en este ensayo no se tuvieron repeticiones de los tratamientos dentro de fincas, por lo que no se pudo determinar la significancia de los ejes del análisis de componentes principales de la interacción (IPCA, por sus siglas en ingles) por el método de Gollob (Cubero y Flores, 1994). Se presenta, no obstante, la gráfica bidimensional (Figura 2) obtenida del análisis AMMI con el propósito de visualizar las relaciones resultantes entre las variedades (naranjilla y cocona) y las fincas (ambientes), e identificar un posible patrón visual en los datos registrados.

Los resultados del AMMI muestran que la naranjilla y la cocona presentaron rendimientos promedios, a través de todas las fincas, bastante similares (Figura 2). La contribución de ambos cultivos a la interacción observada (valores de IPCA1 alejados de cero) fue también similar.

Los mejores rendimientos promedios se registraron en las Fincas Once, Siete y Ocho, sobresaliendo en la primera el cultivo de la cocona y en las dos últimas el cultivo de la naranjilla. La primera de las fincas antes mencionadas se encuentra ubicada en la localidad de Jiguina a 975 msnm y las dos últimas en la localidad de

“El Gobiado” a 1400 msnm, la mayor altitud en comparación con el resto de localidades.

Varios autores (Gallozzi y Duarte, 2007; SPT-TCA, 1998) han reportado un comportamiento diferenciado de naranjilla y de cocona en dependencia de la altura (msnm) del sitio donde se lleve a cabo la producción. Los autores señalan que el cultivo de naranjilla se desarrolla mejor, en comparación con la cocona, en lugares ubicados a mayores altitudes sobre el nivel del mar. Según la SPT-TCA (1998) la producción de cocona disminuye por sobre los 1000 msnm, y a los 1500 no produce nada económicamente. En la práctica, se persigue explotar la interacción F*V, es decir, determinar la adaptabilidad específica de los materiales genéticos a determinados ambientes.

En el resto de fincas, el rendimiento promedio de naranjilla y de cocona fue más estable, aunque inferior a la media general y su contribución a la interacción F*V, menor. Entre ese grupo de fincas sobresalen la 1, 17 y 25. Las fincas antes mencionadas se encuentran en las localidades de: San Esteban (Fincas 1 y 25) y San Antonio (Finca 17). En base a los resultados anteriores se puede aceptar parcialmente la tercera hipótesis planteada en este trabajo ya que si bien la contribución de los materiales genéticos a la interacción F*V fue similar, lo anterior no resultó cierto para fincas ya que unas contribuyeron más que otras a la interacción F*V detectada.

Factores asociados con la variabilidad entre fincas.

Los resultados del análisis de varianza (Tabla 2) mostraron que hubieron diferencias altamente significativas ($p = 0.01$) entre fincas para la variable rendimiento de frutos. Por lo anterior, fue de interés determinar si existía o no cierta asociación entre ciertas variables independientes medidas a nivel de parcela y/o de finca y el rendimiento de fruto obtenido en las diferentes fincas. El resultado del análisis de varianza se describe en la tabla siguiente:

El resultado anterior muestra la significancia ($p = 0.01$) del modelo de regresión múltiple.

Por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula de que la variabilidad observada en el rendimiento de frutos de naranjilla

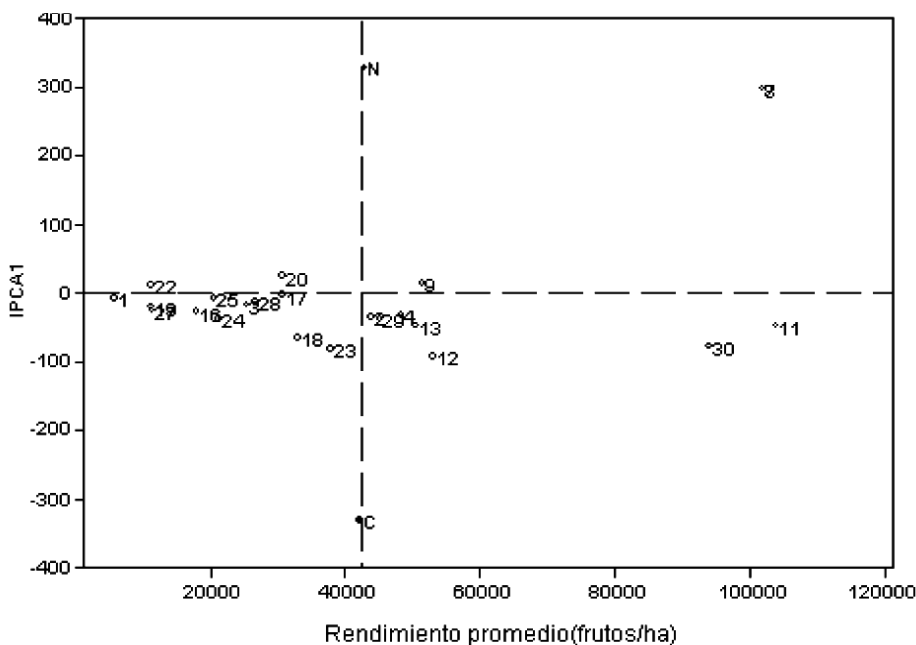


Figura 2. Medias de rendimiento y puntuaciones del primer eje del análisis de componentes principales de la interacción (IPCA1) de naranjilla (N) y cocona (C) y de 23 fincas. Ensayo de validación, Jinotega, 2008.

y de cocona (variable respuesta o dependiente) fuese debido al azar. Lo anterior muestra la existencia de algún tipo de asociación entre la variable dependiente y las independientes consideradas en este estudio. Esto último sugiere el rechazo de la última hipótesis de trabajo planteada al inicio del trabajo. Los resultados del análisis para la selección de variables y determinación del modelo de regresión múltiple más ajustado a los datos se reflejan en la tabla 4.

terreno donde se establecieron las AVT de naranjilla y de cocona, (PEND) y fecha de siembra en el terreno definitivo (SiembraT).

De las variables independientes antes mencionadas, las dos primeras son difíciles de controlar por parte del agricultor, no así la última. A fin de reducir fluctuaciones drásticas en el rendimiento de frutos de naranjilla y de cocona entre fincas en las diferentes localidades, los agricultores podrían ajustar las fechas de siembra en el

Tabla 3. Análisis de varianza de la regresión múltiple del rendimiento de fruto de naranjilla y de cocona versus siete variables independientes. Ensayo de validación, Jinotega, 2008.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	F
Regresión	7	3.10755e10	4.43936e9	2.96	0.01
Residuo	38	5.69751e10	1.49935e9		
Total	45	8.80507e10			

De las variables estudiadas, tres de ellas: PROFUN, PEND Y SiembraT, cuyos valores de p (Tabla 4) resultaron significativos al incluirlas en el modelo de regresión múltiple, permitieron explicar una mayor parte de la variabilidad observada en la variables respuesta. El modelo de regresión múltiple final fue el siguientes: $Y = 281712.0 - 6284.9 \text{ PROFUN} + 1837.9 \text{ PEND} - 1214.6 \text{ SiembraT}$; ($R^2 = 0.29$). Parte de la variabilidad observada en el rendimiento promedio por finca estuvo asociada mayormente a diferencias entre fincas en lo concerniente a: profundidad de los suelos (PROFUN), pendiente del

terreno definitivo buscando el momento óptimo, lo que podría permitir la obtención de mayores rendimientos de frutos acorde con el potencial de cada localidad. Esto podría significar mayores ingresos económicos para los agricultores.

A pesar de la asociación detectada mediante el análisis de regresión múltiple entre las variables antes mencionadas, se hace necesario, el establecimiento de ensayos de campo más controlados a fin de determinar relaciones de causalidad entre las variables independientes antes descritas y el rendimiento promedio por finca.

CONCLUSIONES

Los cultivos de naranjilla y de cocona mostraron un comportamiento agronómico diferenciado a través de las fincas en estudio en cuanto a su adaptabilidad: La naranjilla resultó más adaptada a los ambientes más productivos (índice ambiental alto) y la cocona mostró una mayor adaptación a los ambientes menos productivos (índice ambiental bajo). Los ambientes con mayor índice ambiental corresponden a las fincas ubicadas a mayor altitud en msnm y todo lo contrario ocurre para aquellos ambientes con índices ambientales bajos.

Tabla 4. Resultado del análisis de regresión múltiple del rendimiento promedio por finca versus diferentes variables independientes medidas en el ensayo de validación de naranjilla y de cocona Jinotega, 2008

Fuente de variación	Estimado	Grados de libertad	P
Intercepto	281712.0	1	1.00
msnm*	.	1	0.25
Text*	.	1	0.35
Cultiant*	.	1	0.45
PROFUN	-6284.9	1	0.04
MO*	.	1	0.40
PEND	1837.9	1	0.04
SiembraT	-1214.6	1	0.01

*Variables excluidas del modelo de regresión lineal; msnm: metros sobre el nivel del mar; Text: Textura del suelo; Cultiant: Cultivo anterior; PROFUN: Profundidad del suelo; MO: Materia orgánica; PEND: Pendiente; SiembraT: Siembra en el terreno definitivo

El rendimiento promedio de naranjilla fue más inestable ($b = 1.5$) en comparación con el de cocona ($b = 0.49$).

Tanto la naranjilla como la cocona contribuyeron de manera similar a la interacción F*V (valores del IPCA1 alejados de cero) pero no así las fincas ya que algunas (principalmente la Siete y Ocho) contribuyeron más a la interacción F*V que otras.

Se logró determinar cierta asociación entre algunas variables independientes (PROFUN, PEND y SiembraT) y la variación en el rendimiento de frutos entre fincas (variable dependiente), aunque se requiere de estudios más controlados para poder establecer relaciones de causalidad entre las variables antes mencionadas.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a COSUDE/IICA/PROYECTO RED SICTA por el apoyo financiero para llevar a cabo la presente investigación. Igualmente agradecemos la idea inicial y la colaboración de los agricultores y agricultoras antes, durante y después de la culminación del proyecto. Nuestra muestra de gratitud a la Fundación Jinotegana para el Desarrollo Sostenible (FUNJIDES) por su ardua labor de todos los días para asegurar la buena marcha y finalización del proyecto. Por último, pero no menos importante, es el papel desempeñado por la Universidad Nacional Agraria (UNA) quien con sus estudiantes y personal siempre estuvo interesada en que se lograsen los objetivos planteados al inicio del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANNICCHAIRICO, P.** 2002. Genotype x Environment interactions: challenges and opportunities for plant breeding and plant recommendations. FAO Production and Protection paper # 174, Rome. 159 pp.
- CROP RESEARCH INFORMATICS LABORATORY-INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (CROP-IIRR).** 2007. CROPSTAT for windows version 7.0. Metro Manila, Philippines
- CUBERO, J.I. Y F. FLORES.** 1994. Métodos estadísticos para el estudio de la estabilidad varietal en ensayos agrícolas. A.G. Novograf. S.A., Sevilla, España. 179 pp.
- FINLAY, K.W. AND G.N. WILKINSON.** 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. Australian Journal of Agricultural Research 14: 742-754.
- FUNDACIÓN JINOTEGANA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE (FUNJIDES).** 2007. Establecimiento y manejo agronómico del cultivo de la naranjilla. Jinotega, Nicaragua. 13 pp.
- GALLOZZI C., R. Y O. DUARTE.** 2007. Guía práctica de manejo agronómico, cosecha poscosecha y procesamiento de naranjilla. IICA, COSUDE, Red SICTA, APA???, FUNJIDES, UNA. Managua, Nicaragua. 49 pp.
- GAUCH, H.G. JR.** 1992. Statistical analysis of regional yield trials: AMMI analysis of factorial designs. Science Publishers B.V., Amsterdam, London; New York, Tokyo. 278 pp.
- LIN, C.S AND M.R. BINNS.** 1994. Concepts and methods for analyzing regional trials data for cultivar and location selection. Plant Breeding Review 12:271-297.
- MUTSAERS, H.J.W., G.K. WEBER AND N.M. FISHER.** 1997. A field guide for on-farm experimentation. CABI, AGROVOC. IITA/CTA/ISNAR. 233 pp.
- NATIONAL ACADEMY PRESS (NAP).** 1989. Lost Crops of the Incas. Little-Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation, Washington D.C. *Disponible en:* <http://books.nap.edu/openbook.php?isbn=030904264X>. Visitado: 20 de Mayo de 2008. Copyright © 2008. National Academy of Sciences. All rights reserved. 500 Fifth St. N.W., Washington, D.C. 20001
- SAS INSTITUTE.** 2004. SAS/STAT user's guide. SAS versión 9.0. SAS Inst. Cary, NC.
- SECRETARÍA PROTEMPORE-TRATADO DE COOPERACIÓN AMAZÓNICA (SPT-TCA).** 1998. Cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal): cultivo y utilización. *Disponible en:* <http://www.otca.org.br/publicacao/SPT-TCA-VEN-SN%20cocona.pdf>. Visitado: 26 de Mayo 2008.
- SOIL SURVEY DIVISION STAFF (SSDS).** 1993. Soil survey manual. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18. Washington D.C. 437 pp.