

Zonificación agroecológica para el cultivo del mango (*Manguifera indica* L.) en la Unidad especial de frutales de Cienfuegos

Agro-ecological zoning for mango cultivation (*Manguifera indica* L.) in the special unit fruit of Cienfuegos

Eduardo Rodríguez Delgado¹, Héctor García Pérez², Leónides Castellanos³

1Unidad Empresarial de Base (UEB) Frutales Cienfuegos, Empresa Cítricos Arimao, Cienfuegos No. 137, Cumanayagua, Cienfuegos, Cuba, C.P. 57600.

2Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Villa Clara-Cienfuegos, Autopista Nacional km 246. Apartado 20, Ranchuelo, Villa Clara, Cuba, C.P. 53100.

3Centro de Estudios para la Transformación Agraria Sostenible (CETAS). Universidad de Cienfuegos, Carretera de Rodas, Km 4, Cienfuegos, Cuba, C.P. 55100.

E-mail: lcastellanos@ucf.edu.cu

RESUMEN. En el presente trabajo se presentan los resultados de un estudio conducido durante cinco años (2006-2010) con el objetivo de determinar zonas agroecológicas del mango (*Manguifera indica* L.) en la Unidad de Frutales de Cienfuegos, en aras de optimizar el proceso productivo del cultivo y hacer un uso más eficiente con la interacción genotipo-ambiente. Se utilizaron tres variedades (Chino, Haden y Super Haden), replicadas en los ambientes que formaron la combinación de tres unidades con los cinco años. Las lluvias tuvieron mayor poder discriminante de las zonas agroecológicas que las variables de suelo, principalmente las del período seco, determinándose la existencia de dos zonas; una conformada por la unidad tres, de menor potencial de rendimiento y otra por las dos unidades restantes, las que pueden contribuir en la eficiencia de la producción si se sigue un patrón de manejo por sitio específico. En la investigación se constató también que existe una interacción significativa entre las variedades y los ambientes, lo que sugiere que sean utilizados estos resultados en el uso de los genotipos de acuerdo a su estabilidad y adaptabilidad.

Palabras clave: mango, interacción genotipo ambiente.

ABSTRACT. In this paper the results of a study conducted over five years (2006-2010) with the objective of determining agroecological zones occur handle (*Manguifera indica* L.) in Unit Fruit of Cienfuegos, in order to optimize the production process culture and make more efficient use with the genotype-environment interaction. Three varieties (Chino, Haden and Super Haden), replicated in environments that formed the combination of three units with five years were used. The rains were more discriminating power of agroecological zones soil variables, mainly dry period, determining the existence of two areas; one consisting of the unit three lower yield potential and another for the remaining two units, which can contribute to the efficiency of production management if a pattern is followed by specific site. The investigation also found that there is significant interaction between cultivars and environments, suggesting that these results are used in the use of genotypes according to their stability and adaptability.

Key words: mango, genotype ambient interaction .

INTRODUCCIÓN

La Crisis Alimentaria se mantiene en la actualidad como uno de los problemas más graves de la humanidad, millones de seres humanos están amenazados de morir por hambre, a causa de políticas irresponsables de gobiernos, lo que pone en peligro la extinción de la propia especie humana (Castro, 2008). Ante tal situación la FAO, ha hecho un llamado a tomar conciencia de la importancia

del problema y a la unión de gobiernos y pueblos para de manera conjunta, actuar en la atenuación y erradicación del hambre (FAO, 1999).

El cultivo de frutales puede contribuir en llevar alimentos a un volumen grande de población, por la poca exigencia en cuanto a fitotecnias, los altos rendimientos por unidad de superficie que pueden

alcanzarse y la longevidad de las plantaciones una vez establecido el cultivo.

El mango es un ejemplo de esos cultivos debido a su gran diversidad de uso como alimento y las producciones complementarias que de él pueden extraerse, muchas de ellas con fines curativos de numerosas enfermedades de animales y del hombre, por lo que constituyen rubros exportables (Mora y Reboucas, 2001).

Al conocer las bondades de la comercialización del mango se observa que durante los últimos años se ha incrementado la misma tanto en los mercados nacionales como internacionales, por lo que este frutal se ubica después del cítrico, como renglón exportable, ingresando 936 USD por tonelada de pulpa a nuestro país. Ante tal situación constituye un reto para los fruticultores, elevar los volúmenes de producción y que ellos realmente satisfagan las demandas de la población cubana, además de incrementar los volúmenes de exportación, de manera que pueda contribuir a la inyección de divisas a la economía del país (Farrés, 2001).

El municipio de Cienfuegos cuenta con una Unidad de Frutales cuyo principal cultivo es el mango, extendiéndose por más de 160 ha, con una tradición de 48 años; sin embargo aún quedan muchos aspectos en la tecnología del cultivo para llegar a la implementación de una agricultura de precisión, que permita incrementar los rendimientos con la mayor eficiencia y el mayor sentido de sostenibilidad. Actualmente se dan los primeros pasos en la Zonificación Agroecológica unido al máximo aprovechamiento de los potenciales genéticos de las variedades, a través del uso de la interacción genotipo-ambiente (Annicchiarico, 2002; Blanche y Myer 2006), con la finalidad de que pueda extenderse el período de cosecha, aspecto muy poco estudiado en los últimos años. También se requiere el ajuste del paquete tecnológico con el objetivo de que pueda alargarse la vida útil de las plantaciones, lo que se adecuaría a las condiciones específicas requeridas según cada nicho agroecológico de la unidad.

En consideración a la problemática anterior fue desarrollada la presente investigación con el objetivo de determinar zonas agroecológicas para el cultivo del mango en la Unidad de Frutales Cienfuegos, a

partir de la identificación sobre la existencia, magnitud y los patrones de interacción genotipo-ambiente, de manera que contribuyan al máximo aprovechamiento del potencial de los cultivares.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios se desarrollaron en el período comprendido entre enero de 2006 y diciembre de 2010, en la Unidad Especial de Frutales Cienfuegos, provincia de Cienfuegos. Dentro del área de estudio se asumieron de manera tentativa o preliminar tres unidades como candidatas a zonas agroecológicas en las que fueron seleccionados campos homogéneos (misma variedad del cultivo y tiempo de explotación de la plantación) que estuvieron recibiendo el mismo manejo fitotécnico durante el período de estudio. Se conformó una matriz con tres unidades, tres variedades y cinco campos por cada variedad, los que se consideraron como repeticiones.

La edad de explotación de las plantaciones consideradas superaba los 35 años y las variedades que se incluyeron en el estudio fueron: Chino, Haden y Super Haden.

Durante el período de estudio (cinco años), en cada componente de la matriz creada (unidad, año, variedad, campo) se llevó un registro de la producción basado en el rendimiento según el comportamiento de las precipitaciones. Se completó la matriz de datos (teniendo en cuenta que las tres unidades están clasificadas como suelo pardo con carbonato) con la siguiente información del suelo:

- ◆ **Profundidad efectiva:** Fue determinada en cinco puntos de cada campo con la utilización de una barrena
- ◆ **Altura sobre nivel del mar:** Determinada en cinco puntos de cada campo con la utilización del GPS
- ◆ **Pendiente:** Fue tomada del mapa de suelo en la escala 1:25000

Las zonas agroecológicas se corroboraron mediante un análisis estadístico de Componentes Principales a partir de la matriz de correlaciones entre las variables estudiadas y la ejecución de un análisis

discriminante donde la variable discriminatoria fueron las unidades.

La matriz unidad, año y variedad se utilizó en la determinación de la existencia, magnitud y patrón de la interacción genotipo-ambiente. Para ello, cada combinación unidad-año fue considerada como un ambiente.

Como variable a analizar se utilizó el rendimiento agrícola. La normalidad y homogeneidad de la varianza de los datos originales fue comprobada mediante las pruebas de Chí cuadrado y Bartlett-Box F. Ulteriormente se realizó un análisis de varianza de clasificación doble (Cruz y Regazzi, 1994), para conocer la influencia en la varianza genética, de los factores ambientales, y de sus interacciones, tomando como factores las variedades y los ambientes que fueron considerados como efectos aleatorios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al comenzar con el análisis de los resultados se apreció que fueron necesarias cuatro iteraciones del Análisis de Componentes Principales para explicar el 73 % de la variación total contenida en los datos, y lograr con ello una simplificación de las variables iniciales a tres variables, quedando finalmente con 14.

De acuerdo con el peso de las variables en los dos primeros componentes, las precipitaciones tienen

mayor incidencia en la conformación de las zonas agroecológicas que las variables de suelo pues estas últimas extrajeron la mayor varianza del segundo componente (Tabla 1).

De las variables de precipitaciones, las que más contribuyeron con la variabilidad entre las zonas preliminarmente conformadas, fueron las del período más seco del año (correspondiente a los meses de diciembre, enero y febrero) mientras que las del período lluvioso que más influyeron fueron las de mayo y septiembre. Las precipitaciones de los meses restantes aportaron poca variabilidad a las zonas. Además, más importante que el acumulado anual fue la distribución de las precipitaciones por los diferentes meses del año.

Las variables de suelo utilizadas, por estar enclavadas las zonas sobre un mismo tipo de suelo, pudieron aportar poco. El mayor peso de estas variables sobre la influencia de las mismas lo extrajeron del segundo componente; aunque fue importante corroborar la variabilidad inicial que se les atribuyó, por lo que deberán continuar siendo utilizadas.

La representación bidimensional de los componentes 1 y 2 permitió identificar la existencia de similitudes entre las dos primeras unidades, al tiempo que la tercera se aisló de tal agrupamiento (Figura 1). Asimismo, los años tienen un aporte significativo en los rendimientos, con una mayor connotación de ese efecto en las unidades 3 y 1 con respecto a la dos

Tabla 1. Importancia de las variables estudiadas en la definición de las zonas agroecológicas

Componente	1	2	3
Valor	4,915	3,508	1,901
Porcentaje explicado	35,1	25,1	13,6
Porcentaje acumulado	35,1	60,2	73,7
Altitud	0,041	0,477	-0,137
Precipitaciones de enero	0,322	0,123	0,417
Precipitaciones de Febrero	-0,339	0,047	0,362
Precipitaciones de Marzo	-0,274	-0,037	-0,400
Precipitaciones de Mayo	0,396	0,077	0,039
Precipitaciones de Junio	0,013	0,271	-0,188
Precipitaciones de Julio	-0,273	0,166	0,477
Precipitaciones de Agosto	-0,269	0,213	-0,314
Precipitaciones de Septiembre	-0,387	0,133	0,201
Precipitaciones de Diciembre	0,304	0,134	0,076
Total de Precipitaciones	-0,290	0,302	0,202
Pendiente	0,036	0,384	-0,138
Prof. efectiva	-0,043	-0,491	0,149
Rendimiento	-0,268	-0,293	-0,157

*Se resaltan las variables de mayor contribución

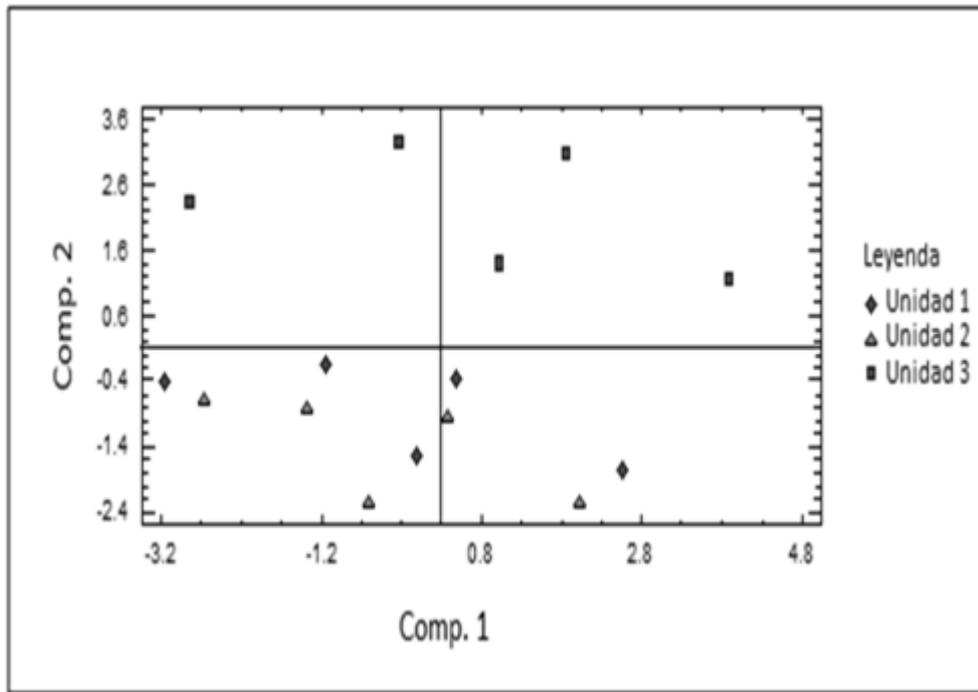


Figura 1. Representación bidimensional de las componentes 1 y 2

donde fue menos variable, lo que quedó demostrado al apreciarse cierta variabilidad entre los mismos dentro de cada unidad.

La corroboración de disimilitud entre la unidad tres respecto a las otras dos unidades, se hizo efectiva en el análisis discriminante. Los valores de casos bien clasificados según el modelo de la función discriminante, indicaron que la unidad tres conforma una entidad independiente de las otras dos unidades (100 % de casos bien clasificados); igualmente, se corroboró la similitud del 20-40 % entre las unidades 1 y 2 (Tabla 2). Los resultados obtenidos se corresponden con los obtenidos por Estévez *et al.* (1998), quienes clasificaron los principales ambientes para el cultivo de la papa, en la región occidental de Cuba.

La representación bidimensional de cada uno de los elementos, de las tres unidades con sus respectivos centroides (Figura 2), confirmó la hipótesis sobre la

independencia de la tercera unidad, por lo que puede considerarse, según esta primera aproximación, como una zona agroecológica independiente que requerirá de un manejo diferenciado de todo el paquete tecnológico. Lo que es necesario en el tránsito hacia una agricultura de precisión cuando hay que hacer un uso más razonable de los insumos disponibles y la fuerza de trabajo.

Los resultados analizados indican que el manejo de la producción podría simplificarse respecto a la situación actual, si se consideran dos zonas agroecológicas, lo que podría representar un considerable ahorro de recursos, al tener en cuenta solamente la racionalización del personal administrativo y técnico.

Referente al rendimiento se pudo apreciar como la tercera unidad evaluada (Figura 3),

Tabla 2. Matriz de pertenencia del análisis discriminante

Grupo	Clasificación preliminar	Porcentaje bien clasificado	Clasificación según modelo		
			U 1	U 2	U 3
U 1	5	60,0	3	2	0
U 2	5	80,0	1	4	0
U 3	5	100,0	0	0	5
TOTAL	15	80,0	4	6	5

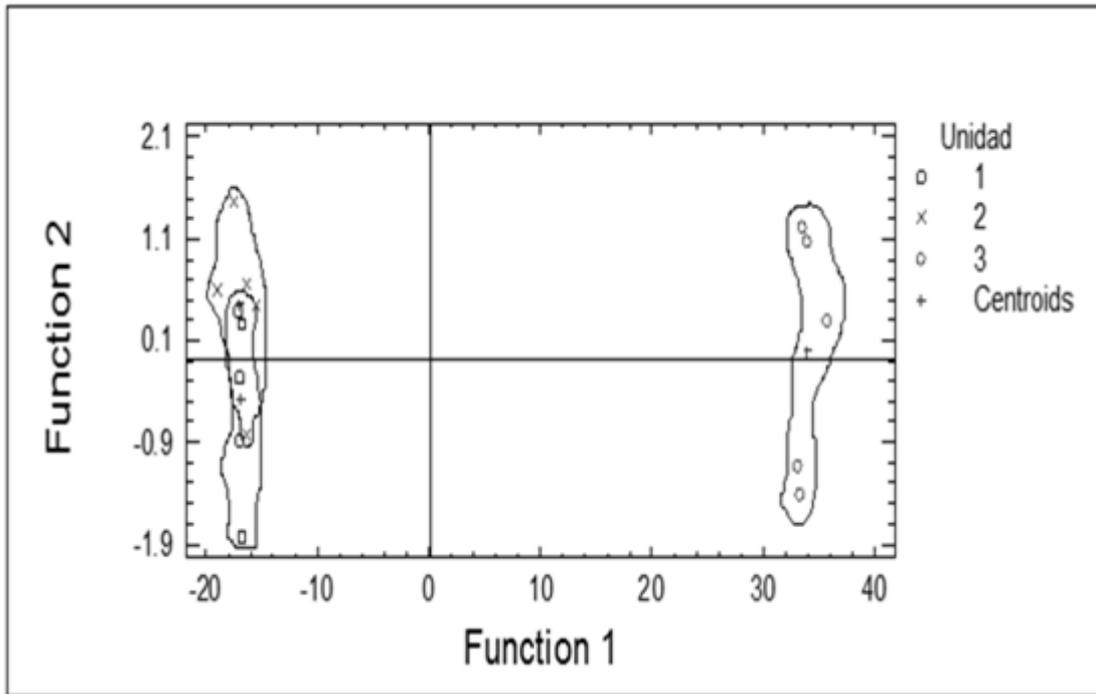


Figura 2. Representación bidimensional de las funciones discriminantes

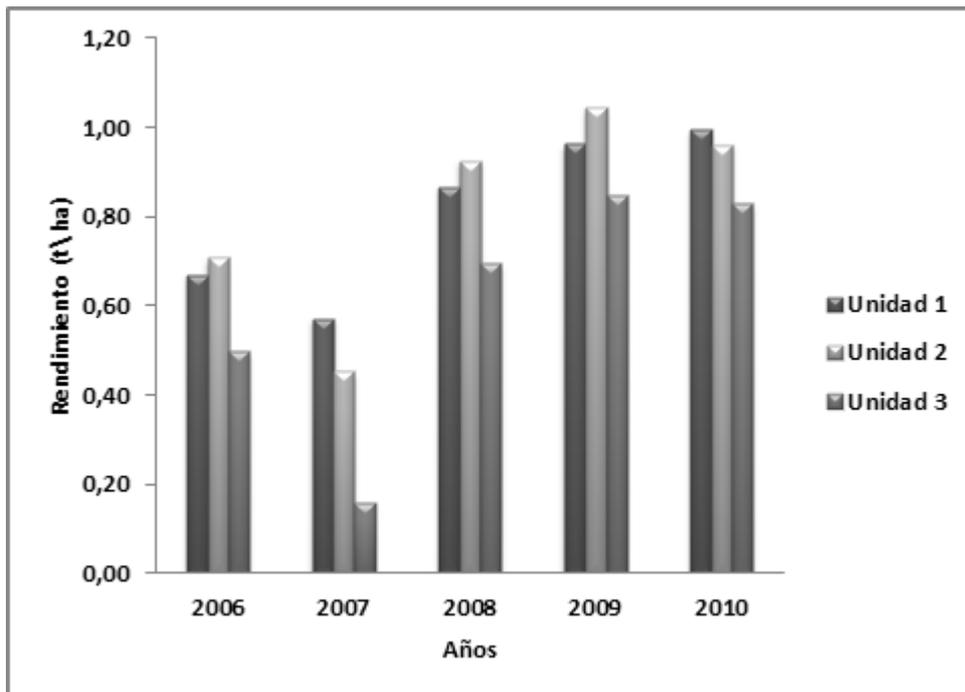


Figura 3. Comparación del rendimiento agrícola entre unidades

correspondiente a una zona agroecológica, presenta rendimientos de campo inferiores que difieren significativamente de las dos unidades restantes, entre las cuales es más homogéneo. Por estas razones se deben plantar variedades de mayor potencial en la unidad, de manera que no se afecte el rendimiento o se priorice un manejo más específico a la misma.

El resultado anterior está estrechamente relacionado con el régimen pluviométrico presente en esa zona agroecológica (unidad 3), el cual durante el período el período seco del año (meses de diciembre, enero y febrero), se comporta con marcadas diferencias sobre la otra zona evaluada (unidades 1 y 2), con un mayor registro de precipitaciones (Figura 4) que interfieren en el proceso de floración y fructificación (Figura 5).

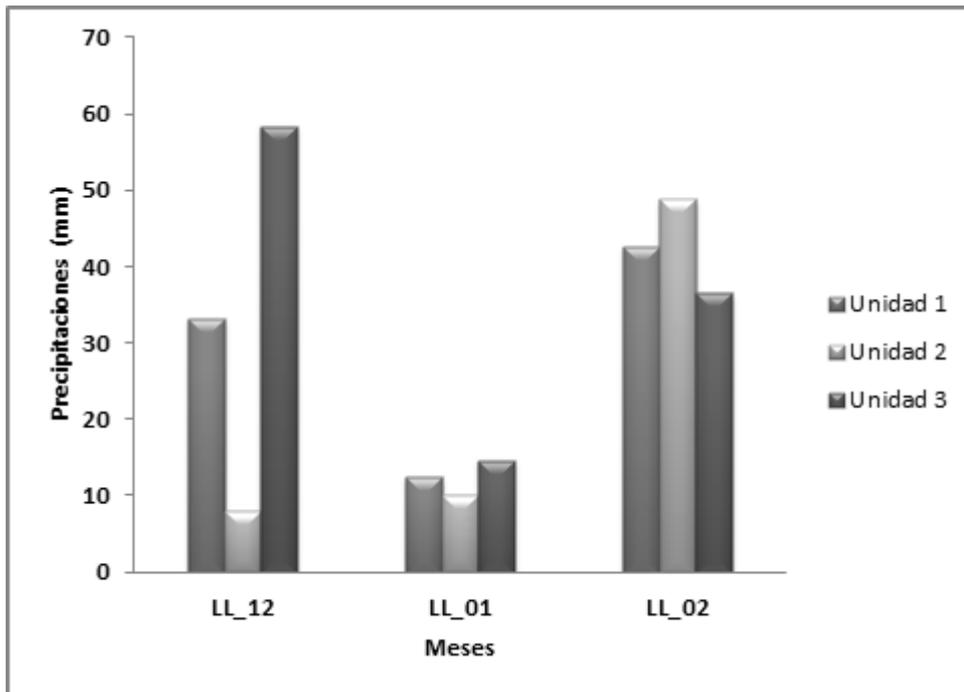


Figura 4. Registro de las precipitaciones en el período seco

LL_12-Precipitaciones en diciembre; LL_01-Precipitaciones en enero; LL_02-Precipitaciones en febrero

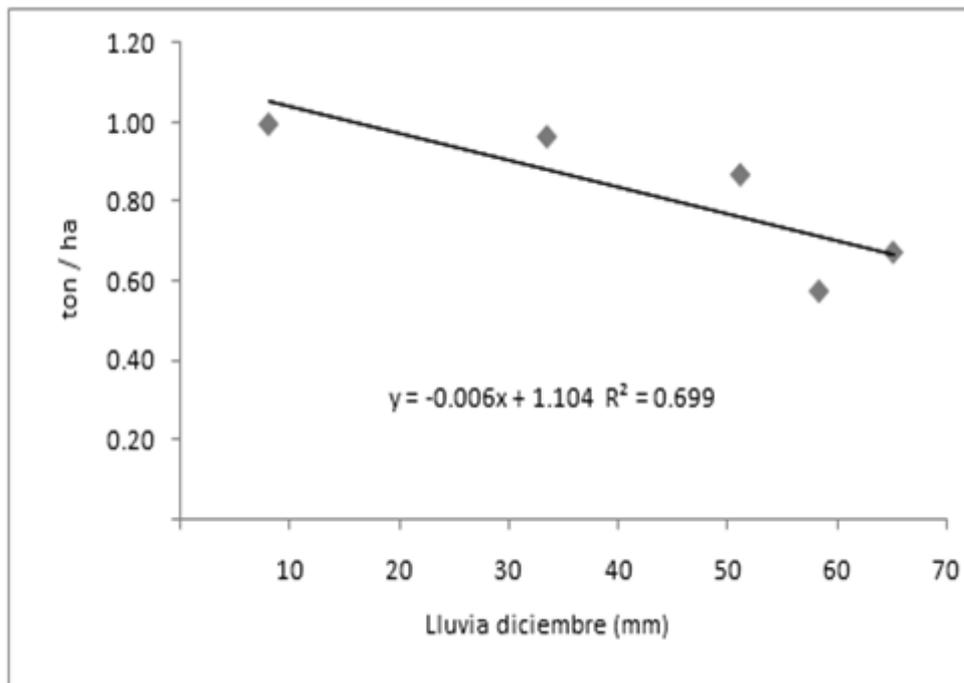


Figura 5. Caracterización de las zonas en cuanto a la relación entre las precipitaciones y el rendimiento

Los resultados del análisis de varianza indicaron que en las condiciones de la Unidad Especial de Frutales Cienfuegos, entre las tres unidades productoras o entre las dos zonas agroecológicas, con las actuales variedades en producción, se producen interacciones significativas de las variedades con los distintos

ambientes a que son sometidas (G X A) (Tabla 3). Esto podrá ser aprovechado en la función de obtener los potenciales máximos por cada variedad, concordando con lo referido por Jorge *et al.* (1989) para el cultivo de la caña de azúcar en la provincia Cienfuegos.

Tabla 3. Resultados del Análisis de Varianza realizado

Causas de Variación	CM	F	Sig	PVT
Genotipos (G)	0,001	0,04	0,959	0,02
Ambiente (A)	0,452	16,61	0,000	49,64
G x A	0,054	1,99	0,004	11,91
Error	0,027			38,43
Efecto genético				0,02
Efecto ambiental				88,07
Efecto I. G XA				11,91
Promedio general				0,76
CV (%)				22,00

PVT- Porcentaje de la Variación Total

CONCLUSIONES

1. Las precipitaciones tuvieron mayor incidencia que las variables de suelo en la determinación de las zonas agroecológicas; siendo más importante su distribución anual que el acumulado de las mismas.
2. La unidad tres puede considerarse como una zona agroecológica de bajo potencial, mientras que la similitud presente en la uno y la dos sugieren que se agrupen en una sola zona, lo que propicia el manejo específico para cada una.
3. La interacción genotipo-ambiente está presente en la Unidad Especial de Frutales Cienfuegos, con un efecto significativo sobre el rendimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Annicchiarico, P.: Genotype x environment interactions. Challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations. FAO Plant Production and Protection Paper. 174: 2-4, 2002.
2. Blanche, S.B.; G.O. Myers: Identifying discriminating locations for cultivar selection in Louisiana. Crop Sci. 46:946-949, 2006.
3. Castro, F.: Un tema para meditar. Reflexiones del compañero Fidel. Periódico Granma, Cuba, octubre 3:2, 2008.
4. Cruz, C.D.; A.J. Regazzi: Modelos biometricos aplicados ao melhoramento genetico. Universidad Federal de Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil, 390 p., 1994.
5. Estévez, A.; M. Álvarez; M.E. González: Aplicación del análisis multivariado en la clasificación de variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). Cultivos Tropicales, 10(4): 68-73, 1998.
6. Farrés, A.E.: Fincas integrales de frutales. Instituto de Investigaciones de Fruticultura Tropical. La Habana, Cuba, 20 p., 2009.
7. FAO: Agro-ecological assessment for national planning: the example of Kenya. FAO Soils Bulletin N° 67. Rome, Italy. Also nine technical annexes issued as World Soil Resources Reports 71/1 -71/9, 1999.
8. Jorge, H.; H. García; E. Rodríguez; N. Jiménez: Clasificación de las localidades en experimentos de variedades de caña de azúcar en la provincia de Cienfuegos. Revista ATAC, No. 4, pp. 28-36, 1989.
9. Mora, A.A.; P.A. Vega: El manejo integrado del mango en México. En: El manejo Integrado de Plagas. Eds. Sociedad Mexicana de Entomología y Sociedad Mexicana de Fitopatología. Querétaro, México, pp. 36 - 50, 2001.

Recibido:04/12/2013

Aceptado:12/10/2014