

Análisis de los elementos minerales en el suelo y las plantas de cítricos en las condiciones de Jagüey Grande

Analysis of the mineral elements in the soil and the citric plants under Jagüey Grande conditions

Alina Puente¹, M. Aranguren¹ y L. Forteza²

1. Unidad Científico Tecnológica de Base Jagüey Grande-IIFT, Matanzas. Calle 24 No 1702 entre 17 y 17^a. CP:44540.
2. Empresa Citrícola "Victoria de Girón", Jagüey Grande, Matanzas.

Email alinap@citrovig.cu

RESUMEN. El contenido de nutrientes en las hojas se utiliza para la recomendación de fertilizantes, identificar deficiencias o excesos y mejorar los programas de fertilización a partir de la interpretación del estado nutritivo de las plantaciones. En la empresa citrícola "Victoria de Girón" de Jagüey Grande se compiló los resultados de los análisis de suelo realizados en 1995 y 2006 y los foliares de seis campañas en áreas de naranjo 'Valencia'. Se determinó el valor promedio de cada elemento por categoría foliar, se analizaron los contenidos de fósforo y potasio asimilables y en el suelo las relaciones foliares entre elementos minerales con el potasio foliar. El diagnóstico mostró la tendencia al incremento de los niveles de nitrógeno y la disminución del fósforo foliar y el potasio estuvo bajo durante casi todo el período considerado. Los suelos de las plantaciones analizadas presentaron un ligero aumento del pH en un periodo de 11 años mientras que los contenidos de fósforo y potasio asimilables en el suelo se encontraron en el rango óptimo lo que indica que las deficiencias foliares están dadas por las relaciones antagónicas entre los distintos elementos minerales y no por las deficiencias en el suelo. Los bajos niveles foliares de potasio se corresponden con el aumento de las relaciones de este elemento con los niveles de nitrógeno, calcio y magnesio foliares.

Palabras clave: Análisis foliares, *Citrus*, suelo.

ABSTRACT. The nutrient content in leaves is used to recommend the application of fertilizers, identify deficiencies or excess and improve fertilization programs from the interpretation of the nutritional status of the groves. The results of soils analyses carried out at the "Victoria de Girón" Citrus Enterprise, in Jagüey Grande, from 1995 and 2006 and the foliar analyses of six seasons in 'Valencia' orange trees, were gathered. The average value of each element by foliar category was determined and the phosphorus and assimilable potassium were tested. The foliar relations among mineral elements present on the soil and its relation with foliar potassium were also examined. The diagnostic showed an increasing tendency of nitrogen levels and a reduction of foliar phosphorus; potassium was low during almost all the period considered. The soil of the tested groves showed a slight pH increase in 11 years while assimilable phosphorus and potassium levels were found in the optimum range which indicates that foliar deficiencies are caused by the antagonistic relationship among different minerals and not by deficiencies in the soil. The low foliar potassium levels coincide with the increased relations of this element with the foliar nitrogen, calcium and magnesium levels.

Keywords: foliage analysis, *Citrus*, soil.

INTRODUCCIÓN

La fertilización es la segunda práctica después del riego en el cultivo de cítricos, para elevar la productividad (Quiñones *et al.*, 2004). El objetivo de la misma es incrementar el rendimiento de las cosechas con el aporte de fertilizantes que suplen los nutrientes que faltan en el suelo y restituye los extraídos por el cultivo. (De Mattos *et al.*, 2005)

Una deficiente nutrición de las plantas produce una reducción de la cosecha y en muchos casos del tamaño

del fruto, el exceso de fertilizante conduce a consecuencias adversas, entre las que destacan: la pérdida de calidad de los frutos, consumo de lujo de fertilizantes, la disminución de la rentabilidad de la plantación, desequilibrios nutricionales por antagonismo con otros elementos, alteraciones difícilmente reversibles de las características físicas o químicas del suelo y contaminación del medio ambiente. (Legaz y Primo, 2000)

Teniendo en cuenta que en los últimos años en las condiciones de la Empresa Citrícola de Jagüey Grande, se han incrementado los niveles de pérdidas por frutos pequeños (Aranguren, 2008), se observaron síntomas de deficiencias de varios elementos minerales en plantaciones, por lo que se hace imprescindible el análisis integral de la situación nutricional de las plantaciones, la situación del estado nutricional foliar y establecer las relaciones entre los diferentes elementos minerales a nivel foliar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron los análisis foliares y de suelo realizados a plantaciones en producción de naranjo 'Valencia' [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] con 20 y 23 años de edad, injertados sobre el patrón naranjo 'Agrio' (*Citrus aurantium* L.) y plantados a distancia de 4x8m, sobre suelos del tipo Ferralítico Rojo Típico con rocosidad y profundidad entre mediana y alta, según la nueva clasificación genética de los suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 1999) y catalogados como Ferralsol Rhodic y Nitisol Rhodic en correlación con el "World Reference Base" (Hernández *et al.*, 2004).

Se utilizaron como referencia los datos obtenidos de los análisis de suelo realizados en 1995 y se compararon con los realizados en el 2006, en muestras tomadas entre 0 y 40cm de profundidad en cada banda según Del Castillo *et al.* (1981).

El análisis de suelo en el laboratorio incluyó estimaciones del pH, materia orgánica (%), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O) asimilables según ONIANI (expresados en mg x 100g de suelo). Las determinaciones se realizaron siguiendo la Norma Ramal No 279 (1981).

Los contenidos de potasio y fósforo asimilable se clasificaron por magnitud según el Instructivos Técnicos para el Cultivo de los Cítricos (MINAGRI-UNECIT, 1990), en los rangos : bajo, óptimo y alto, y se calculo la desviación con respecto a la media para cada año. Se utilizaron los datos de los contenidos foliares de nitrógeno fósforo, potasio, calcio y magnesio obtenidos de muestreos realizados a cuatro lotes T-01, 2 A, B, C y D; T-06, 1 y 2 C y D; T-14, 1 A y B y T-21, 2 A, para un total de 306.48ha (11 bandas), en los años 1999, 2000, 2001, 2002, 2004 y 2006.

Para el muestreo foliar en cada campo de 6.02ha se tomaron 72 hojas en una unidad de muestreo de

36 árboles por campo. Las hojas se colectaron de ramas fructíferas, entre la primera y tercera hoja después del fruto, en los meses de septiembre a octubre. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Suelo y Agroquímica Provincial, según el Manual de Técnicas Analíticas Foliares (Dirección Nacional de Suelo y Fertilizantes, 1978).

Para cada uno de los años analizados se determinó el valor promedio de cada elemento mineral a partir de los datos obtenidos de las once bandas muestreadas, los resultados se compararon con los rangos establecidos en el Instructivo Técnico para el Cultivo de los Cítricos (MINAGRI-UNECIT, 1990) de bajo, óptimo y alto.

Se estableció la regresión lineal entre las relaciones foliares de N/K, K/P, K/Mg, K/Ca, K/(Ca+Mg) y K+Ca+Mg como variables independientes y el contenido foliar de potasio como variable dependiente. Se determinó el coeficiente de determinación y la significación del modelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se aprecia que el pH del suelo entre 1995 y el 2006 se incrementa de mediano a ligeramente ácido, que se considera adecuado para el cultivo de los cítricos que se desarrollan bien entre 5.5 a 8.0 (De Mattos *et al.*, 2005).

Las variaciones de pH del suelo pueden favorecer cambios en la biodiversidad edáfica e influir en el equilibrio entre los componentes del ecosistema en su conjunto (Hernández, 2005); además este comportamiento puede incidir considerablemente en el contenido de materia orgánica y ambos a su vez en la disponibilidad de los nutrientes a las plantas.

Con relación a los contenidos de materia orgánica del suelo se observó que se mantuvo en valores bajos de acuerdo con la clasificación de Martín (2000), aunque se apreció una ligera disminución que puede estar relacionada con el empleo de la tecnología cultivo a suelo desnudo.

En cuanto al fósforo asimilable se observó que los valores mantuvieron cierta estabilidad en el suelo ubicándose en el rango óptimo para el correcto desarrollo del cultivo, según el Instructivo Técnico para el Cultivo de los Cítricos (MINAGRI-UNECIT,

Tabla 1. Características químicas del suelo a profundidad de 0-30 cm en las plantaciones de naranjo ‘Valencia’ en dos momentos durante el desarrollo del cultivo

Año	pH	MO	P ₂ O ₅	K ₂ O
	H ₂ O	(%)	mg x 100 g*	
1995	5,85 ± 0.07	2.89 ± 0.02	6,75 ± 0.78	27,40 ± 1.27
2006	6.61 ± 0.26	2,61 ± 0.05	6.41 ± 0.81	14.80 ± 3.46

Datos promedios de análisis realizados a once bandas en cada año ± D.S.x* P y K asimilables por Oniani

1990). Maldonado *et al.* (2001) plantean que donde existan altas concentraciones de carbonato de calcio, el fósforo con frecuencia no se encuentra disponible en el suelo, no obstante los resultados del análisis no se corresponden con estas observaciones, atendiendo a que en esta zona donde las posibilidades de que el carbonato de calcio se encuentre alto, el fósforo se encontró asimilable en el suelo.

Los contenidos de potasio en suelo mostraron una apreciable disminución, de valores altos a óptimos, no obstante Rodríguez (1994), informó la persistencia de carencias de este elemento en los suelos de esta región. Los contenidos foliares promedios de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio alcanzados entre 1999 y 2006 en las plantaciones de naranjo ‘Valencia’ de Jagüey Grande se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Contenidos foliares promedio de los macroelementos durante seis campañas en las plantaciones de naranjo ‘Valencia’ de Jagüey Grande. Período 1999-2006

Elementos	Contenido foliar por elemento (%)						Rango valores óptimos ^z
	1999	2000	2001	2002	2004	2006	
Nitrógeno (N)	2,54	2,50	2,44	2,86	2,59	2,75	2,20-2,70
Fósforo (P)	0,14	0,13	0,13	0,14	0,11	0,10	0,12-0,18
Potasio (K)	0,89	0,89	0,82	1,05	0,75	0,89	1,00-1,70
Calcio (Ca)	3,88	4,25	4,12	3,78	4,55	*	3,00-6,00
Magnesio {Mg}	0,43	0,45	0,53	0,47	0,64	*	0,30-0,60

^z Valores óptimos según Instructivo Técnicos para el Cultivo de los Cítricos (1990)

* Análisis no realizado para este elemento en esa campaña

Se aprecia que el nitrógeno foliar promedio se mantuvo dentro del rango óptimo hasta el 2004 y en el 2006 se ubicó en la categoría de alto con 2,75 %. Este tendencia al incremento en los niveles foliares, se puede atribuir a que los productores han relacionado el aumento de los rendimientos con la aplicación de dosis crecientes, sin tener en cuenta el balance nutricional.

El análisis de los contenidos foliares medios de fósforo en las plantaciones, indicó que este elemento se mantuvo con valores óptimos entre 1999 y 2002. Sin embargo, a partir del 2004 se apreció una disminución de los niveles foliares hasta el rango de bajo, tendencia que se mantuvo hasta el 2006. Estos resultados no mostraron correspondencia con contenido en el suelo y pueden estar relacionados con los altos valores foliares de nitrógeno y al empleo del naranjo ‘Agrio’ como patrón, el que resultó poco eficiente en la absorción de fósforo (Ferguson *et al.*, 1990 y Pérez, 2004).

Por otra parte las afectaciones a la masa foliar de las plantaciones en los años 2001 y 2005 a causa de los huracanes que azotaron esta región, influyeron en que las plantas mantuvieran un crecimiento vegetativo intenso y por tanto se incrementaran las necesidades de este elemento para su reposición, lo que pudo incidir en la respuesta foliar del fósforo y por lo tanto en el metabolismo de los carbohidratos, grasas, proteínas y transporte de energía en la fotosíntesis y la respiración. (Mengel y Kirkby, 1982)

El promedio anual de potasio estuvo por debajo del rango óptimo durante casi todos los años y como se encontró en el análisis realizado para el fósforo, el potasio tampoco mostró relación su contenido en el suelo con el foliar. Estos resultados se pueden relacionar de acuerdo a las observaciones de Pérez *et al.* (2001), al antagonismo entre varios elementos y el potasio, de forma particular a la influencia del nitrógeno y el calcio.

El nitrógeno influye de manera considerable en el contenido de potasio foliar y es un elemento que varía en proporción inversa (Sosa, 2005). En este sentido Du-Plessis y Koen (1988) y Aranguren *et al.* (2004) señalaron el efecto antagónico que sobre el potasio tiene el aumento de las tasas de aplicación de nitrógeno, lo que ocasionó una reducción del status foliar del potasio según Marsh *et al.* (2000), lo que se corresponde con el diagnóstico realizado. Sin embargo Del Vallín y Saavedra (2005) señalaron el efecto sinérgico del anión nitrato en la absorción del catión potasio.

Con relación a los contenidos foliares promedios de calcio y magnesio estos elementos se encontraron en los rangos óptimos durante todo el período analizado, con la particularidad que el magnesio mostró una tendencia al incremento con el tiempo.

Relaciones foliares entre elementos minerales y el potasio foliar

Existen pocas referencias sobre las interacciones y antagonismos que presentan los macronutrientes foliares en cítricos. En la Figura 1a, se muestra la relación inversa que se obtuvo entre los niveles foliares de potasio y la relación N/K; lo que indicó el antagonismo que para el potasio representó el aumento en los niveles de nitrógeno foliar, que contribuyó a elevar la relación y al menor contenido foliar de potasio.

Con respecto a la relación K/P y el potasio foliar (Figura 1 b) se apreció que la disminución del fósforo foliar favoreció el aumento del potasio y por tanto de la relación. En cuanto a la relación K/Mg con el potasio foliar (Figura 1 c), al aumentar el magnesio disminuyó la relación foliar y por tanto la asimilación del potasio.

El análisis de la relación K/Ca con el potasio foliar (Figura 1 d), indicó que la relación se hizo menor a medida que el contenido de calcio aumentó, lo que se relacionó con una menor proporción de potasio foliar y se atribuyó al antagonismo del calcio con el potasio.

Maldonado *et al.* (2001) encontraron que en suelos alcalinos la presencia de síntomas de clorosis en las plantaciones y lo se asocian a la inmovilización del potasio en el floema de las hojas, por el incremento de la relación K/Ca. Sin embargo Obreza *et al.* (1998), plantean que se afecta la disponibilidad del potasio con el aumento de esta relación.

En cuanto a la relación $K/(Ca+Mg)$ con el potasio foliar, los resultados se corresponden con el análisis anterior, donde además del efecto antagónico del calcio se une el del magnesio, cuando estos elementos se incrementan en las hojas con respecto al potasio la relación disminuyó y también su contenido foliar. En este sentido Pérez (2004) encontró al relacionar el contenido foliar de potasio con la suma de los niveles de calcio y magnesio en naranjo 'Valencia' que el cociente $K/(Ca+Mg)$ se incrementó linealmente al aumentar la concentración de potasio en hoja.

En la Figura 6 f, se muestra la relación de la suma de los porcentajes de potasio, calcio y magnesio foliares ($K+Ca+Mg$) con los contenidos de potasio, donde se observó que el aumento de la sumatoria entre estos elementos se relacionó con una disminución del potasio foliar, lo que indicó los fenómenos de antagonismo del calcio y el magnesio con el potasio.

Entre estos nutrientes se observó una marcada interacción negativa lo que puede estar asociado a un desbalance catiónico en el suelo (KALI-GBMH, 2009).

Rodríguez y Rodríguez (2000) refieren, que una menor disponibilidad del potasio está relacionada con deficiencias en la relación $K+Ca+Mg$. Por otra parte Ciudad (2007) señaló que esta relación proporciona conocimientos sobre la adecuada nutrición del cultivo y plantean que suele permanecer prácticamente constante durante todo el ciclo, lo que no se apreció en estas condiciones por el desbalance en la nutrición como resultado del antagonismo del calcio y al magnesio con respecto al potasio.

Maldonado *et al.* (2007) en aguacatero encontraron que mientras existan deficiencias y excesos de elementos nutritivos, se afectará la nutrición del cultivo por antagonismo, sinergismo o por la influencia de factores ambientales que limitan la disponibilidad y absorción de nutrimentos.

Estas interacciones son un ejemplo preciso de la necesidad de proporcionar un abastecimiento nutritivo balanceado, teniendo en cuenta que ningún elemento debe ser descuidado ni suministrado unilateralmente en la fertilización.

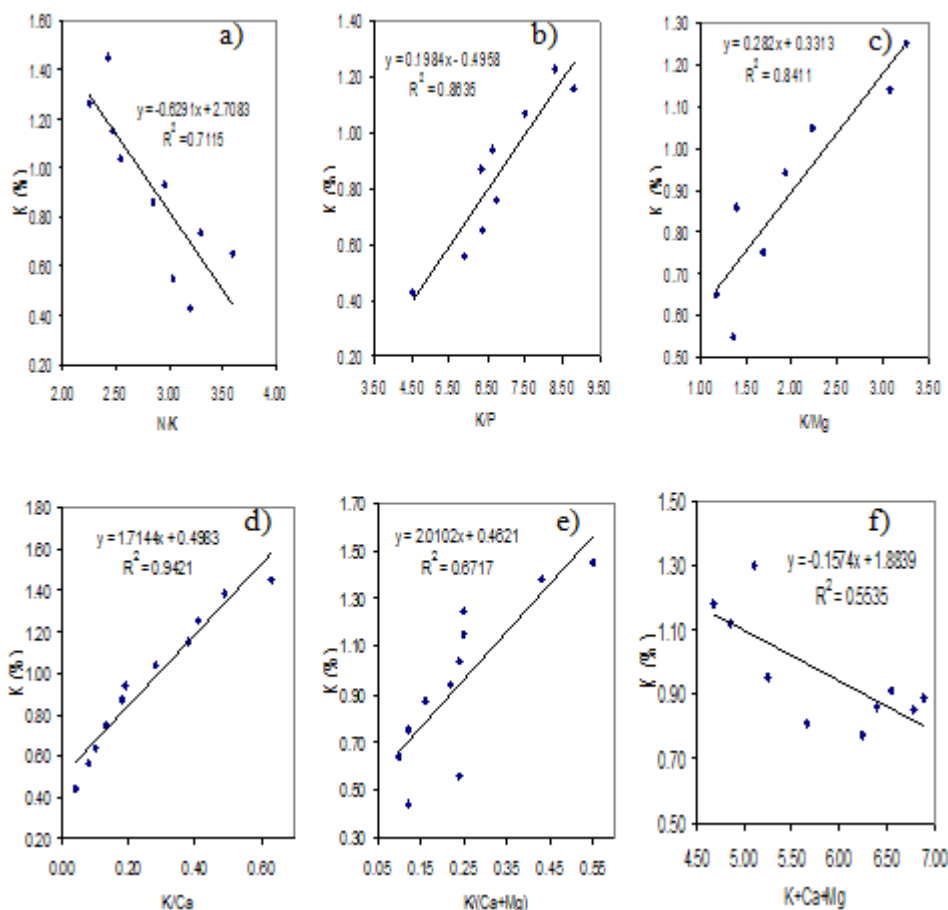


Figura 1. Interacciones del potasio foliar con el nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio en plantaciones de naranjo ‘Valencia’ de Jagüey Grande

CONCLUSIONES

1. El diagnóstico anual de la concentración foliar de los diferentes nutrientes en las plantaciones de naranjo ‘Valencia’, mostró tendencia al incremento de los niveles de nitrógeno y disminución del fósforo. El potasio fue bajo durante casi todo el período, mientras que el calcio y el magnesio se mantuvieron en el rango óptimo.
2. Los suelos de las plantaciones analizadas presentaron un ligero aumento del pH y una disminución del contenido de materia orgánica, lo que indica posibles afectaciones a su fertilidad con el tiempo.
3. Los contenidos de fósforo y potasio asimilables en el suelo se encontraron en el rango óptimo, lo que indica que las deficiencias foliares están dadas por las relaciones antagónicas entre los elementos minerales.
4. Los bajos niveles foliares de potasio se corresponden con el aumento de las relaciones de este elemento con los niveles de nitrógeno, calcio y magnesio foliar.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aranguren, M. Pronósticos de madurez y otras especificaciones de calidad para el ordenamiento de la cosecha en los cítricos de Jagüey Grande. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. La Habana, Cuba. 2008. p.114.
2. Aranguren, M.; Puentes, Alina; Fortaleza, L. y García, María. Niveles foliares de nitrógeno y potasio en Naranja Valencia: su relación con los rendimientos y el tamaño de los frutos. En: Memoria XIV Congreso Científico del INCA (14:2004, nov 9-12, La Habana). Memorias CD ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. ISBN 959-7023-27-X, 2004.
3. Ciudad, J. El diagnóstico nutricional en el análisis de hoja. [en línea]. mayo, 2007. Disponible en: <http://www.csrserVICIOS.es> [Consulta: junio, 2008]
4. De Mattos, D.; Quaggio, J.A. E Cantarella, H. Nitrogênio e potássio afetam a produção e a qualidade de laranjas. *Informações Agrônomicas*. 2005.n 110. p. 1-2.

5. Del Castillo, A.; Del Vallín, G.; Ovcherenke, M. Y Rodríguez, S. Metodología para las investigaciones agroquímicas en el cultivo de los cítricos. IAMS, La Habana. 1981. p. 18.
6. Del Vallín, G.; y Saavedra, G. Nutrición de plantas fertirrigadas. Fertilización a través del sistema de riego localizado. IIFT-INIFAT, Ministerio de la Agricultura, Ciudad de la Habana. 2005.p. 39.
7. Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes. Manual de técnicas analíticas foliares. La Habana, 1978.
8. Du Plessis, S. F. and Koen, T. J. The effect of N and K fertilization on yield and fruit size of Valencia. Proceeding of the Sixth International Citrus Congress Middle-East. 1988. v. 2, p. 663-672.
9. Ferguson, L.; SAKavich, N. and Roose, M. California citrus rootstocks. University of California. Davis, n. 21477, p. 18, 1990.
10. Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D.Y Rivero, L. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. Ed. AGRINFOR. Ciudad Habana. 1999. p. 64
11. Hernández, A.; Ascanio, M.; Cabrera, A.; Morales, M. y Medina N. Correlación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de cuba con World Reference Base. Postgrado de Clasificación de suelo. INC. 2004. p. 14.
12. Kali-GMBH. Cítricos. [en línea]. noviembre, 2007. Disponible en: http://www.kali-gmbh.com/profil/kali-gmbh_en.cfm. [Consulta: noviembre, 21 2007].
13. Legaz, F.; Bañuls, J. y Primo-Millo, E. Influencia del abonado en la calidad del fruto. Levante Agrícola, España. 2000. n. 350. p. 12-18.
14. Maldonado, R.; Etchevers, J. D; Alcantar, G; Rodríguez, J. and Molina, M. T. Estado nutrimental del 'Limón mexicano' en suelos calcimórficos. *TERRA Latinoamericana*. 2001. 19:2.162-174.
15. Maldonado, R.; Álvarez, M. E.; Almaguer, G; Barrientos, A. F. y García, R. Estándares nutrimentales para aguacatero 'Hass'. *Revista Chapingo*, Serie Horticultura. 2007. 13:1. 103-108.
16. Marsh, K. B.; Richardson, Annette and Erner, Y. Effects of environmental conditions and horticultural practices on citric acid content. Proceeding of the International Society of Citriculture. IX Congress. Orlando. 2000.v.1.p.640-643.
17. Martin, N. J. Tabla de interpretación del análisis de suelos. Universidad Agraria de La Habana, Departamento de Riego, Drenaje y Ciencias del Suelo. La Habana. 2000. p.7.
18. Mengel, K. and Kirby, E. A. Principles of plant nutrition. International Potash Institute, Switzerland. 1982, p. 295-491.
19. MINAGRI-UNECIT. Instructivo técnico para el cultivo y beneficio de los cítricos. CIDA, La Habana. 1990. v.1. p. 31-56.
20. Norma Ramal. No.279. Manual de técnicas analíticas de suelo. La Habana. 1981. p.26.
21. Obreza, A. T., A. K. Ashok, and D. V. Calvert. Citrus fertilizer management on calcareous soils. Document CH086. University of Florida. Gainesville. 1998.p. 9.
22. Pérez, María C.; Correa, A.; Morera, Sonia. y Ruiz, P. La industria cítrica cubana. Todo Citrus, La Habana. 2001.n. 15, p. 34-45.
23. Pérez, O. Concentración nutrimental en hojas, rendimiento, eficiencia de producción, calidad de jugo e índices nutrimentales de naranjo Valencia injertado en portainjertos de cítricos. *Agrociencia*, México. 2004. n.38. 141-154.
24. Quiñones, Ana.; Bañuls, J.; Primo-Millo, E.; Legaz, F. Fertilización nitrógeno en cítricos. III. Dinámica en el sistema planta-suelo del nitrógeno procedente del fertilizante. *Levante Agrícola*, España. 2004. n.369. 8-17.
25. Rodríguez, A. Comportamiento de los contenidos de calcio y magnesio en los suelos de las áreas cítricas de Jagüey Grande. Ponencia Presentada en el XI Forum de Ciencia y Técnica, Estación Experimental de Cítricos de Jagüey Grande. IICT. 1994. p. 6.
26. Rodríguez, O. y Rodríguez, V. Desarrollo, determinación e interpretación de normas DRIS para el diagnóstico nutricional en plantas. Una revisión. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 2000. n. 17, p. 449-470.
27. Sosa, Y. Factores agroecológicos que determinan la producción y calidad de los frutos cítricos. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo, UMCC, 2005. p. 39.

Recibido: 1602/2011

Aceptado: 21/05/2011