

## **Caracterización y selección de localidades de prueba para resistencia a la enfermedad roya parda de la caña de azúcar en las condiciones de Cuba**

### **Characterization and selection of location for resistance to sugarcane brown rust disease under cuban conditions**

Joaquín Montalván Delgado, Isabel Alfonso Terry, Javier Delgado Padrón, Omelio Carvajal Jaime, Osmani Aday Díaz, José Rodríguez Zayas, Mónica Tamayo Isaac e Ivía Pouza Sierra

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Carretera al CAI Martínez Prieto Km 1½, Boyeros, La Habana, Cuba, C P 19390.

E-mail: jmontalvan@eticacm.azcuba.cu

---

**RESUMEN.** La roya parda de la caña de azúcar es causada por el hongo *Puccinia melanocephala* Sydow & P. Sydow y es una de las enfermedades de mayor importancia. El ambiente donde la caña se cultiva está constituido por numerosos factores y su combinación contribuye a la formación de diferentes condiciones para su desarrollo, producción y comportamiento de los cultivares ante las enfermedades. Con el objetivo de caracterizar y definir las localidades de pruebas de resistencia a la roya parda se realizaron experimentos en seis localidades del país. Se evaluaron 11 cultivares y seis patrones de resistencia. Se analizaron las variables climáticas durante el periodo en cada localidad y realizaron evaluaciones en diferentes edades de la planta, número de las hojas, teniendo en cuenta la cantidad de pústulas, largo de la pústula más frecuente, tamaño de la pústula mayor y porcentaje de área ocupada por pústulas. Los datos se analizaron estadísticamente. Además, fue comprobado el comportamiento diferencial de las localidades y la importancia de la humedad relativa y las temperaturas en la manifestación de la enfermedad. Todas las localidades resultaron ser importantes aunque existe similitud entre Matanzas y Villa Clara, así como Camagüey y Holguín. Mayabeque y Santiago de Cuba no presentaron similitud con otra localidad. Las seis localidades pueden utilizarse para las pruebas de resistencia. Para definir el comportamiento de los progenitores, se recomiendan las localidades de Santiago de Cuba, Holguín, Villa Clara y Mayabeque.

**Palabras clave:** Caña de Azúcar, Enfermedades, Interacción genotipo-ambiente, *Puccinia melanocephala*.

**ABSTRACT.** The sugarcane brown rust disease is caused by fungus *Puccinia melanocephala* Sydow & P. Sydow and it is one of the more importance diseases. The environment where the sugarcane is cultivated is constituted by numerous factors and its combination contributes to the formation of different development and production conditions, what influences in the varietal disease resistance. With the objective of to characterize and to define the resistance tests location to the brown rust disease were carried out experiments in 6 location of the country. Eleven varieties and six patterns were studied. The climatic variables were analyzed during the period in each location and they were carried out evaluations in different ages of the plant and number of the leaves. The quantity of pustules, long of the most frequent pustules, size of the biggest pustules and area percentage occupied by pustules were evaluated. The data were analyzed statistically. Differential behavior of the locations and the importance of the relative humidity and the temperatures in the manifestation of the disease symptoms were proven. All the locations were important although similarity exists between Matanzas and Villa Clara and between Camagüey and Holguín. Mayabeque and Santiago de Cuba didn't present similarity with any other one. These 6 locations can be used for the resistance tests and to define the progenitors' Santiago de Cuba, Holguín, Villa Clara and Mayabeque.

**Keywords:** Sugarcane, Disease, Genotype-environmental interaction, *Puccinia melanocephala*.

## INTRODUCCIÓN

La roya parda (común) de la caña de azúcar, causada por el hongo fitopatógeno *Puccinia melanocephala* Sydow & P. Sydow es considerada una de las enfermedades de mayor importancia que afecta al cultivo (Egan, 1989) y está ampliamente distribuida en casi todas las áreas cañeras del mundo (Asnaghi *et al.*, 2001; China *et al.*, 2014). Origina importantes pérdidas económicas, estimadas en más del 50 % del rendimiento del cultivo en cultivares susceptibles como B4362 (Comstock y Ferreira, 1986).

Numerosos factores influyen en el desarrollo de la caña de azúcar, algunos de los cuales pueden ser controlables. Su combinación contribuye al desarrollo y producción del cultivo lo que determina el comportamiento específico de los cultivares. Así mismo, las enfermedades del cultivo, están fuertemente determinadas en su desarrollo y distribución, por las variaciones edafoclimáticas locales (Sahni y Chona, 1965).

El clima en los últimos años es más variable y cálido en Cuba, la temperatura promedio anual se incrementó 0,6 °C desde mediados del pasado siglo y el nivel del mar ha subido hasta 8,56 cm en los últimos 40 años. Por otra parte, la actividad ciclónica ha sido muy variable, la frecuencia de los periodos de sequía se ha incrementado, con mayor incidencia en la región oriental del país (CITMA, 2011). Por lo antes expuesto es lógico suponer que estos cambios pueden estar influyendo en los resultados de las pruebas de resistencia a roya parda.

La definición de las localidades de prueba más idóneas, o sea, aquellas donde los cultivares expresen su máximo potencial de susceptibilidad para la realización de estudios de resistencia a enfermedades, es un aspecto importante a tener en cuenta a la hora de determinar el comportamiento de los cultivares frente a las enfermedades.

Por lo antes expuesto este trabajo tuvo como objetivo la caracterización y definición de las localidades propicias en el desarrollo de estudios de resistencia para definir comportamiento varietal ante la roya parda de la caña de azúcar.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios se plantaron en las localidades de Quivicán (Mayabeque), Jovellanos (Matanzas), Ranchuelo (Villa Clara), Florida (Camagüey), Guaro (Holguín) y Palma Soriano (Santiago de

Cuba). Se evaluaron las cepas de planta y primer retoño.

Los cultivares estudiados fueron: C 1051-73, C 132-81, C 266-70, C 323-68, C 86-12, C 86-503, C 86-56, C 88-380, C 90-530, Co 997 y SP 70-1284, además, se emplearon los patrones de resistencia a la enfermedad para los estudios en foco infeccioso de roya parda PR 980 (AR: Altamente Resistente), Ja 64-11 (R: Resistente), C 334-64 (MR: Moderadamente Resistente), Ja 60-5 (S: Susceptible), My 5514 (S) y B 4362 (AS: Altamente Susceptible) (Jorge *et al.*, 2011).

Se analizaron las variables climáticas durante el periodo de estudio. El diseño utilizado fue un diseño de bloques al azar con tres réplicas. Cada parcela contó con un área de 9,6 m<sup>2</sup> (6 m de longitud y 1,6 m de ancho) en cada réplica. Cada dos cultivares y como borde de los experimentos se plantó B 4362 para incrementar y homogeneizar la presión de inóculo.

Las evaluaciones se realizaron en las hojas +1, +3 y +5 de las diez plantas centrales de cada réplica, según notación de Kuijper (Dillewijn, 1952), durante las edades de 3, 4, 5, 6 y 9 meses del cultivo. Se analizaron 2 cm<sup>2</sup> del tercio central de cada hoja (Rodríguez *et al.*, 2007; Tamayo, 2010 y Tamayo *et al.*, 2010a), teniéndose en cuenta la cantidad de pústulas (CPUST), el largo de la pústula más frecuente (LPUST), el tamaño de la pústula mayor (TPM) y el porcentaje de área ocupada por pústulas (AREAPUST).

Con los datos meteorológicos tomados durante el periodo de estudio (en las localidades donde se desarrollaron los experimentos en foco de infección natural de roya parda) y los resultados obtenidos de los estudios descritos, se realizaron análisis de varianza, prueba de Tukey, análisis de componentes principales y análisis discriminante, para agrupar los ambientes evaluativos. Se utilizó en los análisis el paquete estadístico IBM SPSS Statistic. Versión 21.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al analizar los diferentes parámetros estudiados para las localidades en caña planta y primer retoño (Tablas 1 y 2) se puede apreciar claramente la formación de los grupos en cada una de las variables, lo que denota un comportamiento diferente de las localidades de prueba. La mayor cantidad de pústulas correspondió a la de Mayabeque con una media de 3,98 y 4,48 para ambas cepas, respectivamente, seguida por Santiago de Cuba de la cual se

Tabla 1. Resultados de la prueba Tukey para los parámetros analizados durante caña planta

Localidades	CAÑA PLANTA			
	CPUST	LPUST	TPM	AREAPUST
	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA
Holguín	0,9975 <sup>a</sup>	0,5540 <sup>b</sup>	0,6740 <sup>b</sup>	0,9960 <sup>b</sup>
Matanzas	1,2778 <sup>a</sup>	0,3486 <sup>a</sup>	0,6057 <sup>b</sup>	0,5275 <sup>a</sup>
Villa Clara	1,2484 <sup>a</sup>	0,7706 <sup>c</sup>	1,0810 <sup>d</sup>	0,8677 <sup>b</sup>
Camagüey	1,2925 <sup>a</sup>	0,5033 <sup>b</sup>	0,8198 <sup>c</sup>	0,7604 <sup>ab</sup>
Santiago de Cuba	2,8961 <sup>b</sup>	0,9155 <sup>d</sup>	1,0098 <sup>d</sup>	1,8014 <sup>c</sup>
Mayabeque	3,9779 <sup>c</sup>	0,2999 <sup>a</sup>	0,3642 <sup>a</sup>	0,8851 <sup>b</sup>
Sx	0,054	0,014	0,020	0,042

\*\*\* Significación  $p \leq 0,01$ 

Tabla 2. Resultados de la prueba Tukey para los parámetros analizados durante el Retoño

Localidades	RETOÑO			
	CPUST	LPUST	TPM	AREAPUST
	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA
Holguín	0,7895 <sup>b</sup>	0,6272 <sup>b</sup>	0,7288 <sup>a</sup>	0,4600 <sup>a</sup>
Matanzas	2,1791 <sup>d</sup>	1,1527 <sup>e</sup>	1,2898 <sup>c</sup>	1,4082 <sup>c</sup>
Villa Clara	0,5794 <sup>a</sup>	0,7152 <sup>c</sup>	0,8090 <sup>ab</sup>	0,4643 <sup>a</sup>
Camaguey	1,8828 <sup>c</sup>	0,7147 <sup>c</sup>	1,1102 <sup>bc</sup>	1,0498 <sup>b</sup>
Santiago de Cuba	2,5231 <sup>e</sup>	1,0026 <sup>d</sup>	1,1127 <sup>bc</sup>	1,6282 <sup>d</sup>
Mayabeque	4,4470 <sup>f</sup>	0,3618 <sup>a</sup>	0,7118 <sup>a</sup>	1,0005 <sup>b</sup>
Sx	0,043	0,015	0,083	0,026

\*\*\* Significación  $p \leq 0,01$ 

diferenció significativamente. Las otras cuatro localidades formaron el grupo de menor número de pústulas en caña planta diferenciándose de las dos anteriores mencionadas.

Las menores medias de caña planta correspondieron a la localidad de Holguín con 0,9975 y en retoño, todas las localidades mantuvieron comportamiento diferente. Los menores valores pertenecieron a Villa Clara (0,58 mm). En contraste con la CPUST, el LPUST fue menor para el caso de Mayabeque (0,30 y 0,36 mm) que formó grupo con la localidad de Matanzas en caña planta. Por otra parte, Holguín y Camagüey forman grupo en caña planta, pero está última localidad se agrupó con Villa Clara al evaluar el retoño. Las pústulas en caña planta fueron mayores en Villa Clara (0,77) y Santiago (0,91), diferenciándose entre ellas y con el resto de las localidades. Sin embargo, la cepa de retoño expone que fueron mayores en Matanzas (1,15) y Santiago (1,00 mm).

El TPM mantuvo una tendencia similar al largo de la pústula más frecuente, con las menores medias en Mayabeque y las mayores en

Santiago de Cuba y Villa Clara para caña planta y Camagüey, Santiago y Matanzas para retoño.

Alfonso *et al.* (2011) utilizaron el parámetro de TPM como un aspecto importante a tener en cuenta para evaluar la resistencia de los cultivares en diferentes localidades, estableciendo así nuevos criterios que contribuyen a perfeccionar las metodologías actuales de evaluación.

Al analizar el parámetro porcentaje de área ocupada por pústula, los resultados muestran que en la cepa de caña planta Matanzas tiene los menores valores, diferenciándose de Santiago de Cuba, Villa Clara, Holguín y Mayabeque, aunque mantiene un comportamiento similar a Camagüey. La localidad de Santiago de Cuba tiene las mayores medias, formando un grupo independiente. En la cepa de retoño los menores valores corresponden a Villa Clara y Holguín mientras que las mayores afectaciones, a Santiago de Cuba y Matanzas. Estos resultados nos permiten aseverar el comportamiento diferencial que poseen los cultivares en las diferentes localidades como una manifestación de la interacción Genotipo - Ambiente.

El análisis de componentes principales para identificar las variables más importantes de la caracterización de los ambientes y la manifestación de la enfermedad se muestra en la tabla 3.

La primera componente extrajo el 45,48 % de la variabilidad total de los datos, la segunda el 28,22 % y la tercera el 17,91 %. La suma del porcentaje de las tres componentes abarca el 91,61 % de la variabilidad.

La tabla 3 muestra los valores propios de las componentes y las coordenadas de los vectores que resultaron más importantes para la caracterización de los ambientes evaluados. Dentro del primer componente las variables de mayor peso fueron la temperatura máxima, el porcentaje de área ocupada por pústulas, el tamaño de pústula y la humedad relativa. Esta última se encuentra en sentido contrario del eje con respecto a las tres primeras.

**Tabla 3. Análisis de componentes principales para la caracterización de las localidades de prueba. Valores y vectores propios**

<b>Valores propios</b>	<b>Comp. 1</b>	<b>Comp. 2</b>	<b>Comp. 3</b>
Valor	4,09	2,54	1,61
%	45,48	28,22	17,91
Valor acumulado	4,09	6,63	8,24
% Acumulado	45,48	73,7	91,61
<b>Coordenadas de los vectores propios</b>			
Cantidad de pústulas	0,009	<b>0,44</b>	<b>- 0,54</b>
Humedad relativa	<b>- 0,41</b>	- 0,18	0,28
Lluvia	- 0,35	- 0,11	<b>- 0,46</b>
Largo de la pústula	0,37	<b>- 0,38</b>	- 0,06
Porcentaje de área ocupada por pústula	<b>0,42</b>	0,16	- 0,34
Temperatura máxima	<b>0,45</b>	- 0,1	0,02
Temperatura media	0,16	<b>0,50</b>	0,14
Temperatura mínima	0,13	<b>0,43</b>	<b>0,52</b>
Tamaño de pústula mayor	<b>0,37</b>	- 0,37	0,07

Las variables de mayor contribución dentro del segundo componente fueron la cantidad de pústulas, la temperatura media y la temperatura mínima en sentido positivo, mientras que el largo de la pústula fue sentido negativo. Además, la variable que resultó relevante en la tercera componente fue la lluvia, pero repiten su importancia en esta componente las variables cantidad de pústulas y temperatura mínima.

El gráfico aportado por este mismo análisis para las dos primeras componentes (figura) muestra que existe la formación de diferentes grupos caracterizados por las distintas localidades que se estudiaron.

Las localidades de Camagüey y Holguín forman un grupo de características similares respecto al comportamiento de la enfermedad, otro grupo es formado por las localidades de Matanzas y Villa Clara. Esto nos permite realizar una valoración para seleccionar una o dos localidades y no mantener las cuatro de prueba en estas provincias mencionadas. El análisis

sugiere además la importancia que tienen las dos provincias restantes, donde se hace indispensable el mantenimiento de estas como localidades de prueba basado en su comportamiento diferencial respecto a las anteriores.

De acuerdo con estas consideraciones se puede formar cuatro grupos con los ambientes en ambas cepas para la variable porcentaje de área ocupada por pústula, el grupo uno formado por las localidades de Villa Clara y Matanzas, el dos por Camagüey y Holguín, el tres por Mayabeque y el cuarto por Santiago de Cuba.

La combinación de los genotipos y localidades constituyen la interacción genotipo ambiente y se considera un problema muy específico por lo que se debe tener precaución al hacer generalizaciones de los casos (Infante *et al.*, 2009)

Los resultados anteriores se confirmaron con un análisis discriminante, el cual muestra el 81,99 % de buena clasificación (Tabla 4). Este análisis denota la importancia de las localidades evaluadas en la clasificación de los cultivares,

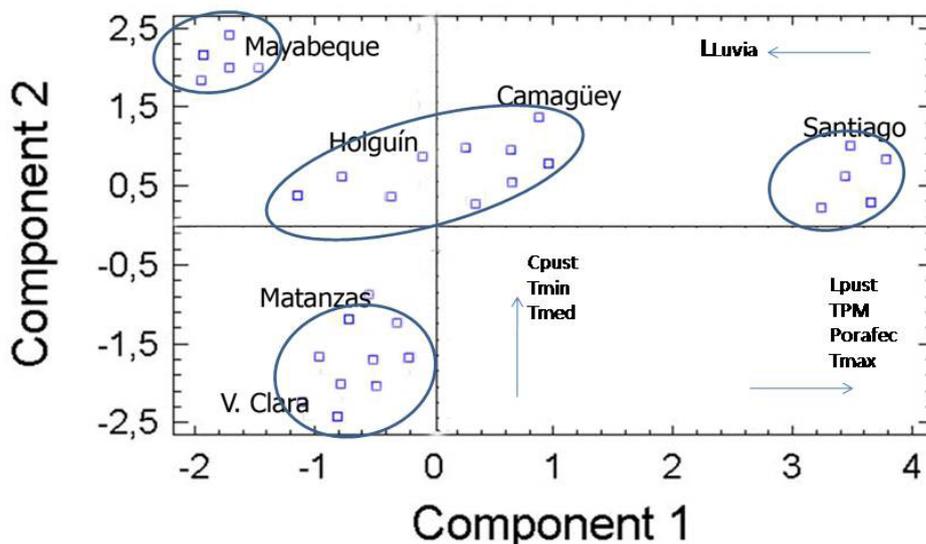


Figura. Representación de los ambientes estudiados en el plano de las dos primeras componentes

Tabla 4. Resultados del análisis discriminante por localidades

Clasificación observada	Porcentaje de buena clasificación	Clasificados según modelo					
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Mayabeque (1)	71,76	366	0	0	73	69	2
Matanzas (2)	89,41	0	456	0	0	0	54
Villa Clara (3)	100	0	0	510	0	0	0
Camagüey (4)	70	53	0	0	357	46	54
Holguín (5)	60,98	44	0	0	102	311	53
Santiago de Cuba (6)	99,80	1	0	0	0	0	509
Total	81,99	464	456	510	532	426	672

pudiendo mantenerse las seis, sin descartar en un futuro, por razones económicas, utilizar cuatro (Santiago, Mayabeque, Camagüey y Villa Clara). Estas últimas pueden ser utilizadas además como ambientes de prueba para definir el comportamiento de los progenitores a utilizar en las campañas de obtención de nuevos cultivares.

Los resultados de este análisis corroboran los obtenidos mediante el análisis de componentes principales al sugerir la utilización de cuatro localidades para definir la reacción de los cultivares en el Programa de Mejora frente a la roya parda.

Al evaluar la caracterización climatológica de las localidades se aprecia que la localidad de Santiago se caracterizó por poseer las menores precipitaciones y una humedad relativa del 71,33 %, inferior al resto de las localidades (tabla 5). En Matanzas y Villa Clara se observan las mayores precipitaciones y menores temperaturas mínima y media. Además, las temperaturas en sentido general mantienen un comportamiento similar, aunque, estas no son uniformes y cada localidad presenta sus características, lo que se manifiesta en la formación de los grupos contrastantes mostrados en la figura.

Tabla 5. Caracterización Climatológica de las localidades de estudio

Localidad	Lluvia	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Temperatura media	Humedad relativa
Camagüey	965,63	31,51	21,51	26,33	77,07
Holguín	1266,2	28,08	20,56	25,18	76,26
Matanzas	1943,7	30,97	19,33	24,22	79,58
Mayabeque	1365	30,49	20,07	25,28	76,09
Santiago de Cuba	836,5	31,2	19,69	25,45	71,33
Villa Clara	1614,4	31,17	19,53	19,53	78,33

## CONCLUSIONES

1. Existe respuesta diferencial entre las diferentes localidades evaluadas, por lo que cada localidad mantiene su importancia.

2. Las localidades de Matanzas y Villa Clara, así como Camagüey y Holguín presentan similitud en la manifestación de la enfermedad.

3. La mayor cantidad de pústulas se presentó en la localidad de Mayabeque y el tamaño mayor de las mismas en Santiago de Cuba.

4. Se recomienda mantener como centros de prueba de resistencia a la roya parda de los nuevos cultivares obtenidos por el proceso de mejora en caña de azúcar las seis localidades evaluadas.

5. Se recomienda establecer como localidades de prueba para definir el comportamiento de los progenitores a utilizar en las campañas de cruzamiento las provincias de Santiago de Cuba, Holguín, Villa Clara y Mayabeque.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Alfonso, I.; J. Delgado; Y. Rufin; O. Aday; J. Montalván; M. Tamayo; E. Rodríguez; R. Acevedo, M. La O y R. González: Tamaño de Pústula mayor, una variable categórica para evaluar la roya parda en Caña de Azúcar. Seminario Internacional de Sanidad Agropecuaria (SISA). DM 64 pp. 278-279 Palacio de las Convenciones de La Habana 3 – 6 mayo 2011.

2. Asnaghi, C.; A. D'Hont; J.C. Glaszmann y P. Rott: Resistance of sugarcane cultivar R570 to *Puccinia melanocephala* isolates from different geographic locations. *Plant Diseases*, 21 (3):282-286, 2001.

3. China, A.; R. Acevedo; E. Rodríguez y M. LaO: Enfermedades de la caña de azúcar y evolución

de las técnicas para su detección y diagnóstico en Cuba. Memorias del evento por el 50 Aniversario del INICA. Matanzas – Villa Clara, pp. 41-47, 10- 14 Noviembre 2014

4. CITMA: El cambio climático y la zona costera cubana. Nuestros científicos alertan. Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio ambiente. Cuba, 2011, 12 p. ISBN 978-959-300-017-8

5. Comstock, J. C. y S. A. Ferreira: Sugarcane rust: Factors affecting infection and symptom development. In: Proc. International Society of Sugar Cane Technologists, 19 Congreso, Jakarta, Indonesia, 1986, pp. 403-410.

6. Dillewijn, C. V.: Botánica de la caña de azúcar. Ediciones Revolucionarias, Instituto del Libro, La Habana, Cuba, 1952, 460 p.

7. Egan, B. T.: Rust. En: Diseases of sugar cane: Major diseases. C. Ricaud; B.T. Egan; A.G. Gillaspic Jr. y C.G. Hughes. (Eds). Elsevier Science Publishers B. V. 400 p. 1989.

8. Infante, D.; B. Martínez; E. González y N. González: *Puccinia kuehnii* (Krüger) Butler y *Puccinia melanocephala* H. Sydow y P. Sydow. En el cultivo de la caña de azúcar. *Rev. Protección Veg.*, 24 (1): 22-28, 2009.

9. Jorge, H.; R. González; M. Casas; J. Ibis: Normas y Procedimiento del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba. Boletín Cuba-Caña, INICA, Cuba. Actualización 2011. 346 p. ISSN 1028-6527.

10. Rodríguez, J.; A. Molina; A. Céspedes y L. Cabrera: Consideraciones sobre la evaluación de la roya común de la caña de azúcar. Problemas de

la escalas. Estación Provincial de Investigaciones de la EPICA Mayarí, Holguín. Informe Técnico, 2007, 7 p.

11. Sahni, M.L. y B.L. Chona: Studies of sugar cane rust in India. *Indian Phytopathology*, 18 (2):191-203, 1965.

12. Tamayo, M.: Perfeccionamiento Metodológico para evaluar roya parda *Puccinia melanocephala*

Sydow y P. Sydow en caña de azúcar. Tesis Presentada en opción al título académico de Master en Sanidad Vegetal. Mención Fitopatología. Universidad Agraria de la Habana, Mayabeque, Cuba, 2010.

13. Tamayo, M.; J. Montalván; Y. Purchades; I. Alfonso; P. Pablos; R. González; V. Chacón; O. Rodríguez y H. Solís: Estudio metodológico para evaluar roya parda de la caña de azúcar. *Revista ATAC*, 2: 33 – 36, 2010<sup>a</sup>.

---

Recibido el 24 de mayo y aceptado el 7 de septiembre de 2015