

# 13

## Estudio del raquitismo de los retoños en dos agroecosistemas del Central Azucarero Ciudad Caracas

Study of ratoon stunting disease in two agroecosystems of the Sugar Mills Ciudad Caracas

---

Lisvany Rodríguez Pérez<sup>1</sup>

Email: [rodguezlisvany@gmail.com](mailto:rodguezlisvany@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0049-2679>

Héctor García Pérez<sup>2</sup>

Email: [hector.gaciaperez5922@gmail.com](mailto:hector.gaciaperez5922@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8310-0650>

Geraldo Blas Martín Martínez<sup>3</sup>

Email: [geraldoblas482@gmail.com](mailto:geraldoblas482@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8073-156X>

Felipe Del Sol González<sup>3</sup>

Email: [delsolloli028@gmail.com](mailto:delsolloli028@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9473-2789>

Laritzia Machado García<sup>1</sup>

Email: [larizamachado338@gmail.com](mailto:larizamachado338@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1938-4150>

<sup>1</sup> Estación Territorial de Protección de Plantas Lajas. Cienfuegos. Cuba.

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Villa Clara. Cuba.

<sup>3</sup> Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas. Lajas. Cienfuegos. Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Rodríguez Pérez, L., García Pérez, H., Martín Martínez, G. B., Del Sol González, F. y Machado García, L. (2024). Estudio del raquitismo de los retoños en dos agroecosistemas del Central Azucarero Ciudad Caracas. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(1), 112-117. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

### RESUMEN

Se presentan los resultados del estudio de la incidencia y severidad del raquitismo de los retoños en dos agroecosistemas del central azucarero Ciudad Caracas. Se utilizó el método de Tinción por Transpiración para su detección, así como se determinaron las pérdidas en el rendimiento agrícola. La enfermedad estuvo presente en todos los campos encuestados con mayor intensidad en La Lima y diferencias significativas entre variedades e incremento con el número de cosechas. Se requiere ampliar la prospección y asumir una mayor percepción de riesgo ya que las pérdidas pueden alcanzar desde el 39,6 % hasta el 55,1 %.

Palabras clave:

Raquitismos de los retoños, Severidad, Pérdidas.

### ABSTRACT

The results of the study of the incidence and severity of shoot rickets in two agroecosystems of the Ciudad Caracas sugar mill are presented. The Transpiration Staining method was used for its detection, as well as losses in agricultural yield were determined. The disease was present in all the fields surveyed with greater intensity in La Lima and significant differences between varieties and increase with the number of harvests. It is necessary to expand prospecting and assume a greater perception of risk since losses can reach from 39.6% to 55.1%.

Keywords:

Shoot rickets, Severity, Losses.

## INTRODUCCIÓN

El raquitismo de los retoños se informó por primera vez en 1945 en Queensland, Australia sobre el cultivar Q28 (Steindl, 1949). Muy rápidamente se diseminó por diferentes países, quizás por su fácil propagación a partir de semilla infestada. Hasta el presente, ha sido detectado en 70 países productores de caña de azúcar (Davis & Bailey, 2000; Rott & Davis, 2000; Yglesia, 2006; Chinea & Rodríguez, 2010).

Está presente en Cuba y a pesar de las afectaciones que produce la patología en el rendimiento, no está considerada dentro de las enfermedades mayores como el carbón (*Sporisorium Scitamineum* (Piepenbr) Sydow), roya marrón (*Puccinia melanocephala* Sydow y P. Sydow), escaladura foliar (*Xhantomonas albilineans* (Ashby) Dowson) y virus del mosaico.

La enfermedad es de origen bacteriano, *Leifsonia xyli subsp. xyli* es el organismo causal, quien obstruye los haces fibrovasculares de la xilema, como consecuencia de la producción de un fluido viscoso que interfiere el transporte de agua y nutrientes, afecta la fotosíntesis y retrasa el crecimiento de la planta. Los entrenudos se hacen más cortos y los tallos más delgados, con la consiguiente disminución del rendimiento agrícola.

La identificación del raquitismo de los retoños en condiciones de campo es muy difícil, debido a que sus síntomas pueden estar asociados a otros factores, como deficiencias nutricionales, prácticas culturales inadecuadas (Gillaspie & Teakle, 1989; Comstock & Lentini, 2005), así como por la presencia de estrés ambiental por sequía, salinidad y la competencia con arvenses. Cuando aparecen asociados con otras enfermedades, pueden también adelantar la aparición respecto a otros tallos no afectados por estos tipos de estrés (Taher-Kani, 2010).

Comúnmente se presenta enanismo generalizado en las plantaciones, acompañado por el desarrollo raquíptico de varios tallos de un plantón o de plantones completos, que se incrementa de forma paulatina, a medida que aumenta el número de cosechas (Comstock, 2008).

Desafortunadamente y quizás por razones económicas o por una baja percepción de riesgo, la detección masiva no ha sido sistemática, y los estudios realizados no han sido todo lo representativo que se necesita, tanto desde el punto de vista de la propagación, severidad, así como de las afectaciones. Se presume que la enfermedad esté entre los disímiles factores que actualmente inciden en la depresión de los rendimientos.

El agroecosistema del central azucarero Ciudad Caracas se caracteriza por su elevado potencial de rendimiento 84,5 t. ha<sup>-1</sup> de caña, según estudios de la evaluación de la aptitud física de sus tierras (Villegas & Beniez, 2003), sin embargo, los resultados del último decenio (2014-2023) indican un descenso en la producción de caña de 61 % y 50 % del rendimiento agrícola que significa que se aproveche apenas el 49 % del potencial de los suelos. Se

requiere entonces confirmar cuánto de ese resultado está asociado a la incidencia del raquitismo de los retoños.

La presente investigación se diseñó con el objetivo de examinar la presencia de dicha patología en dos de sus agroecosistemas, desde el punto de vista de su incidencia, severidad y afectaciones que inciden en su desempeño productivo.

## Materiales y métodos

Las evaluaciones, recolección de datos y procesamiento estadístico se desarrolló en el periodo comprendido entre el mes de abril de 2022 y 2023. En ese tiempo el comportamiento de las variables climáticas se enmarcó dentro de los promedios históricos, de manera que las variaciones fueron las mismas y no influyeron en los resultados.

Se tuvieron en cuenta dos agroecosistemas del central, que responden a las unidades productoras de caña Yumurí y La Lima en las que fueron rastreados todos los bloques de más de una cosecha (cepa retoño) con edades entre 11 y 13 meses, para totalizar entre el 78 % y el 81 % del área de los mismos, en la que estuvieron representados cuatro cultivares. (Tabla 1).

**Tabla 1.** Unidades de Tierra que participaron en el estudio.

Cultivar	Agroecosistema	Cepa	Bloque	Campo
B80250	Yumurí	R1	324	4
B80250	Yumurí	R2	328	4
C86-12	Yumurí	R1	324	1
C86-12	Yumurí	R2	331	3
C90-469	Yumurí	R1	334	2
C90-469	Yumurí	R2	315	1
C86-156	La Lima	R1	106	2
C86-156	La Lima	R2	109	1
C90-469	La Lima	R1	104	1
C90-469	La Lima	R2	104	4

R1. Primer retoño R2. Segundo retoño

**Fuente:** Elaboración propia

Para determinar la incidencia y severidad se aplicó el muestreo de juicio o selección intencionada (Casal & Mateu, 2003), para ello en cada campo, en cinco estaciones de muestreo, todas a 20 m hacia el interior de los campos, se tomaron muestras de 10 tallos primarios, a los que se les determinó por el método de Tinción por transpiración (Chagas & Tokeshi, 1994; Giglioti, Comstock, Davis, Matsuoka, & Tokeshi, 1997) el porcentaje de colonización por el organismo causal de la enfermedad de los vasos del xilema.

La incidencia se determinó sobre la base del porcentaje de tallos infestados, para lo cual se consideraron sanos cuando tenían más de 90 % de los vasos funcionales, mientras que para la severidad se tuvieron en cuenta tres clases: baja en los casos que menos de 15 % de los vasos estuvieran no funcionales, media entre 15 y 30 % y

alta con más de 30 % (Taher-Kani, 2010). En análisis estadístico aplicado fue el de Tablas de Contingencia con el estadígrafo Ji cuadrado ( $p=0,05$ ), de manera particular por agroecosistemas y variedades.

También fueron estimadas las pérdidas causadas por la enfermedad sobre el rendimiento agrícola ( $t. ha^{-1}$  de caña). Para dicho objetivo en las unidades de muestreo también fueron contados el número de tallos molibles en una longitud de 10 m de hilera para finalmente expresarlos en tallos.  $ha^{-1}$  y estimar el rendimiento agrícola a partir del peso promedio de un tallo. Los tallos utilizados para la tinción por transpiración fueron pesados y medidos en longitud según lo establecido en las Normas y Procedimientos del Programa de Fitomejoramiento del INICA (Jorge et. al., 2011), lo que permitió la comparación entre enfermos y sanos y así cuantificar las pérdidas.

En todos los casos para el procesamiento estadístico se utilizó el paquete InfoGen (Balzarini & Di Rienzo, 2012).

## RESULTADOS

En el agroecosistema Yumuri la enfermedad estuvo presente en todos los campos y variedades muestreados, lo que confirmó la alta capacidad de reinfección de la misma; o bien a través de la semilla con presencia de la bacteria, o mediante los medios de corte usados en la cosecha. No es práctica común en el mismo la desinfección de machetes y cosechadoras en su tránsito en el corte de un campo a otro, por razones organizativas y más aún por la baja percepción de riesgo de dicha enfermedad (Tabla 1).

**Tabla 1.** Valores de Ji cuadrado para la comparación de la incidencia entre variedades, agroecosistema Yumurí.

Variedad		B80250	C90-469	C86-12	B80250	C90-469	Incidencia (%)
	Cepa	R2	R2	R1	R1	R1	
C86-12	R2	0,0	0,0	2,2	6,6	8,6	100A
B80250	R2		0,0	2,2	6,6	8,6	100A
C90-469	R2			2,2	6,6	8,6	100A
C86-12	R1				1,9	3,3	80A
B80250	R1					0,2	50B
C90-469	R1						40B

Ji cuadrado (tab). = 3,84 Valores superiores a Ji cuadrado (tab). refieren diferencias significativas  $p=0,05$

R1. Primer retoño R2. Segundo retoño

**Fuente:** Elaboración propia

En el caso de la semilla, son posibles los escapes del saneamiento a través de la hidrotermoterapia, medida que solo está implementada en las categorías de Básica y Registrada I del sistema de semilla categorizada, dado los altos volúmenes que son necesarios para la categoría Certificada y las plantaciones comerciales.

De acuerdo al análisis estadístico las variaciones en los porcentajes de incidencia fueron significativas en variedades y cepas, con un comportamiento contrastante en C90-469 ubicada en los grupos de mayor y menor incidencia, lo que es un indicio de lo complejo que resulta obtener resistencia genética en las nuevas variedades. Se hace razonable de esa forma que las vías de control más efectivas están en las medidas profilácticas, como la desinfección de los medios de corte y el uso de semilla

categorizada, donde se cumplen las exigencias fitosanitarias. Igual situación, pero menos acentuada presentó B80250 con valores de incidencia de 100% y 50%.

La situación en el agroecosistema La lima se presentó más compleja, no se detectaron tallos sanos y la infección no tuvo diferencias ni entre variedades ni cepas (100 % de incidencia), lo que ratificó el alto poder de transmisión que caracteriza la patología y la necesidad de establecer todas las practicas que se requieran, para evitar o disminuir la transmisión y asumir y concientizar el riesgo de la misma.

Respecto a la severidad también fueron significativas ( $p=0,05$ ) las diferencias entre variedades y cepas en el agroecosistema Yumurí. (Tabla 2).

**Tabla 2.** Valores de Ji cuadrado para la comparación de la severidad entre variedades.

Variedad	Cepa	B80250	C90-469	C86-12	B80250	C90-469	Incidencia (%)
		R2	R2	R1	R1	R1	
C86-12	R2	0,0	0,0	3,06	13,20	16,80	100A
B80250	R2		0,0	3,06	13,20	16,80	100A
C90-469	R2			3,06	13,20	16,80	100A
C86-12	R1				10,73	14,00	53,50A
B80250	R1					1,09	19,25B
C90-469	R1						13,50B

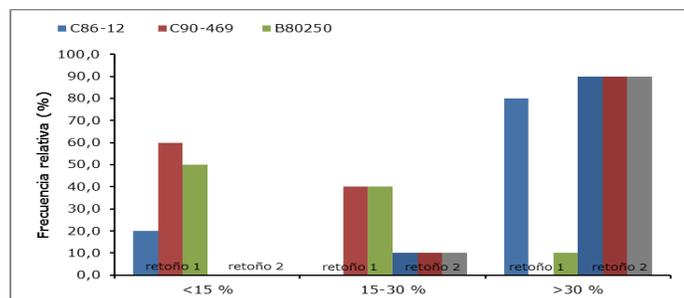
Ji cuadrado (tab). = 5,99 Valores superiores a Ji cuadrado (tab). refieren diferencias significativas  $p=0,05$

R1. Primer retoño R2. Segundo retoño

**Fuente:** Elaboración propia

Las mayores frecuencias correspondieron al estrato de más de 30 % de los vasos de la xilema colonizados por la bacteria (Figura 1). De ese modo fueron más los casos en que la infección se consideró alta. Las tres variedades estudiadas tuvieron más de 90 % de los tallos analizados en esa categoría, con la coincidencia de corresponder a los campos de mayor número de cosechas (tres, segundo retoño), así se ratificó la hipótesis de la infección y reinfección a través de los medios de corte.

**Fig. 1.** Distribución de frecuencias de la severidad agroecosistema Yumurí.



**Fuente:** Elaboración propia

La alta percepción de riesgo de la enfermedad quedó realizada con el resultado de que, C86-12 independientemente del número de cosechas, tuvo prevalencia de tallos con alta severidad (más de 30 % de haces vasculares colonizados por la bacteria), al sumar el 80 % y 90% respectivamente en las cepas de primer y segundo retoño.

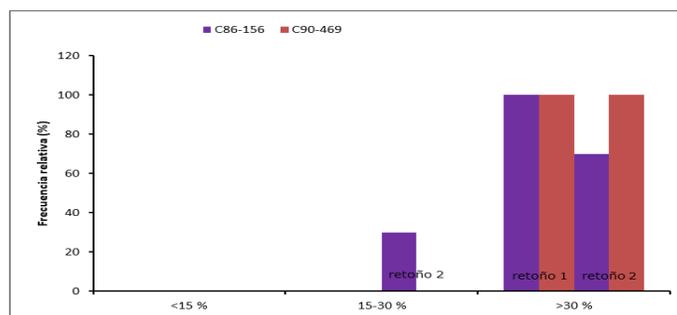
Otra razón del incremento de la enfermedad a medida que aumenta el número de cortes se constató en que el estrato de menor severidad (<15 % de vasos no funcionales), solo se encontró en la cepa de primer retoño y en frecuencias siempre inferiores a los de mayor severidad.

Además de las medidas preventivas para evitar la propagación de la enfermedad, como el uso de semilla sana y la desinfección de los medios de corte, el uso de variedades

resistentes o tolerantes constituye un paliativo; ya que no significa que no puedan infestarse, sino que la severidad no es tan intensa. Los resultados de C90-469 así lo ratifica, la cual no tuvo afectaciones de más de 30 % de vasos no funcionales, con prevalencia de infección baja.

Coincidentemente con los resultados de la incidencia de la enfermedad, el agroecosistema La lima se caracterizó por presentar una severidad. Todas variedades independientes del número de cosechas presentaron el 100 % de los tallos analizados con severidad alta (más de 30 % de vasos de la xilema no funcional), excepto C86-156 en primer retoño que registró frecuencias de 30 % y 70 % en los estratos de severidad media y alta respectivamente (Figura 2).

**Fig. 2.** Distribución de frecuencias de la severidad, agroecosistema La lima.



**Fuente:** Elaboración propia

Este resultado es reiterativo del peligro que representa la enfermedad, pues en cosechas sucesivas la infección se hace irreversible, de ahí la importancia de las medidas encaminadas a su prevención y a evitar su propagación. Dicha percepción de riesgo se hace más clara cuando se determinan las afectaciones y pérdidas del rendimiento que ocasiona.

Como era de esperar las pérdidas en el rendimiento agrícola se acrecientan en la medida que aumenta el número de cosechas, así quedó demostrado en el agroecosistema Yumurí (Tabla 3).

Las mermas de las t. ha<sup>-1</sup> de caña a causa de la enfermedad en segundo retoño, fueron desde 39,6 % hasta 41,0 % en las variedades C86-12 y C90-469, que representaron de 22,74 a 23,5 t. ha<sup>-1</sup> de caña menos que en las plantas sanas; respecto a 19,4 - 32,8 % rango de las mismas en primer retoño.

**Tabla 3.** Pérdidas en el rendimiento agrícola por el raquitismo de los retoños agroecosistema Yumurí.

Variedad	Cepa	Tallos Sanos	Tallos Enfermos	Pérdidas Absolutas (t. ha <sup>-1</sup> de caña)	Pérdidas Relativas (%)
C90-469	Retoño 2	57,45	33,87	23,58	41,04
B80250	Retoño 2	57,45	34,28	23,17	40,33
C86-12	Retoño 2	57,45	34,71	22,74	39,59
C86-12	Retoño 1	56,39	37,88	18,51	32,83
B80250	Retoño 1	57,52	43,07	14,44	25,11
C90-469	Retoño 1	58,45	47,08	11,36	19,44
Promedio general		57,77	38,48	19,29	33,39

Fuente: Elaboración propia

Las pérdidas de este agroecosistema tanto en valores absolutos como relativos (%) fueron inferiores a las que se registraron en la Lima que fueron de 37,56 % hasta 55,11 % (Tabla 4). Pareciera contradictorio que dicho rango correspondiera a un solo cultivar C86-156, pero coincidentemente ratifica resultados anteriormente presentados, de que la infección se hace más severa donde se hayan ejecutado mayor número de cosechas.

**Tabla 4.** Pérdidas en el rendimiento agrícola por el raquitismo de los retoños agroecosistema La lima.

Variedad	Cepa	Tallos Sanos	Tallos Enfermos	Pérdidas Absolutas (t. ha <sup>-1</sup> de caña)	Pérdidas Relativas (%)
C86-156	Retoño 2	57,45	25,79	31,66	55,11
C90-469	Retoño 2	57,45	29,94	27,51	47,88
C90-469	Retoño 1	57,45	31,82	25,63	44,61
C86-156	Retoño 1	57,45	35,87	21,58	37,56
Promedio general		57,77	30,86	26,92	46,59

Fuente: Elaboración propia

## DISCUSIÓN

A partir de la determinación de la incidencia de la enfermedad en plantaciones comerciales de 13 ingenios azucareros de Cuba, Delgado et al. (2018) alertaron de la necesidad de ampliar el sondeo de la enfermedad en un mayor número de agroecosistemas, dado su alta peligrosidad. Confirmaron su presencia mediante la inmuno impresión directa de tejidos en el 74,3 % de las 350 muestras analizadas, correspondientes a solo 35 campos. De

los 12 cultivares comerciales estudiados, en siete el porcentaje de infección superó el 90 %, entre los mismos C86-12 y C90-469, resultados que están en correspondencia con los de la presente investigación.

Si se tienen en cuenta los mismos, que provienen de solo abarcó dos agroecosistemas de uno de los cinco centrales del macizo cañero del centro sur de la isla (provincia Cienfuegos), urge indagar respecto a la propagación y severidad real del raquitismo de los retoños, que pueda servir de base para el establecimiento de una estrategia para atenuar su propagación y disminuir las pérdidas que ocasiona.

En el sentido de aumentar la percepción de riesgo de esta patología sería conveniente también conducir estudios que conlleven a la estimación de las pérdidas, en ese caso los aportes de este estudio se corresponden con otras investigaciones como por ejemplo en Fiji Johnson & Anand, (2010), informaron un notable efecto de la enfermedad sobre el rendimiento agrícola con pérdidas que podían llegar hasta 29 % sin embargo, fue insignificante su efecto sobre el contenido azucarero. En Louisiana, Estados Unidos consideraron como alta la infección con más de 50 % de vasos no funcionales la cual ocasionó una reducción de 24 % del rendimiento en caña y azúcar, de 15 a 50 % moderadamente alta y menos de 15 % baja sin pérdidas en el rendimiento, no obstante, en todos los casos sugirieron como medida preventiva el uso de semilla sana (Grisham et. al., 2009).

Al respecto Comstock, (2002) enunció que las pérdidas dependen de la variedad y las condiciones de cultivo y coincide de la fácil propagación de la misma, en su estudio las pérdidas alcanzaron 30 %, con la propuesta como medidas de control saneamiento por hidrotermoterapia

de la semilla, uso de semilla sana y transitar al uso de variedades tolerantes.

Más recientemente y también con total correspondencia con los aportes de esta investigación Chakraborty et. al. (2023), resaltan que el raquitismo de los retoños es una enfermedad de importancia económica global, que ocasiona graves pérdidas en el rendimiento por su alto nivel de contagio. Que, a causa de la falta de síntomas visuales para su fácil detección, se hace necesario un diagnóstico rápido del patógeno.

## Conclusiones

El raquitismo de los retoños es una enfermedad que pasa desapercibida por lo difícil de su detección visual, pero no por ello deja de ser importante. La incidencia y severidad aquí confirmada, así como las pérdidas significativas en el rendimiento, sugieren asumir una mayor percepción de riesgo, para lo cual se requiere de una pesquisa más representativa y de la adopción de manera inmediata de las medidas profilácticas recomendadas como el uso de semilla categorizada y la desinfección de los medios de cosecha.

## Referencias Bibliográficas

- Balzarini, M. G. y Di Rienzo, J. A. (2012). *InfoGen versión 2012 FCA, Universidad Nacional de Cordova*. Obtenido de <http://www.info-gen.com.ar>
- Casal, J. y Mateu, E. (2003). Tipos de muestreo. *Rev. Epidemiol. Med. Prev.* (1), 3-7.
- Chagas, P. R. y Tokeshi, H. (1994). Stainig by Transpiration Method for the diagnosis of ratoon stunting disease in sugarcane . En G. P. Rao, J. P. Gillaspie, P. Upadhyaya, A. Bergamin, V. P. Agnihotri, & C. T. Chen, *Current Trends in sugarcane Pathology* (págs. 159-162). New Delh.
- Chakraborty, M., Ford, R., Soda, N., Strachan, S., Ngo, C., Bhuiyan, S. y Shiddiky, M. (2023). Ratoon Stunting Disease (RSD) of Sugarcane: A Review Emphasizing Detection Strategies and Challenges. *Phytopathology*.
- Chinea, A. y Rodríguez, E. (2010). *Enfermedades de la caña de azúcar*: IMAGO.
- Comstock, J. (2002). Ratoon Stunting Disease. *Sugar Tech*, 1-6.
- Comstock, J. C. (2008). Sugarcane yield loss due to ratoon stunt. *Sugar Tech* 28, 22-31.
- Comstock, J. C. y Lentini, R. S. (2005). Sugarcane Ratoon Stunting Disease. Agronomy of Department Florida Cooperative Extension. *Institute of Food and Agric. Sci, University of Florida, SS-AGR-202*.
- Davis, M. y Bailey, R. A. (2000). Ratoon stuning. En P. Rott, R. Bayley, J. Comstock, J. Croft, & A. Saumtally, *A Guide to sugar cane diseases* (págs. 49-54): CIRAD.
- Delgado, J., Pérez, J., Aday, O., Casas, M., Casero, T., Pardo, L. y La O, M. (2018). Distribución del raquitismo de los retoños (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*) en caña de azúcar en Cuba. *Protección Vegetal vol 33 no. 1*.
- Giglioti, E. A., Comstock, G., Davis, M. J., Matsuoka, S. y Tokeshi, H. (1997). A comparison of staining by transpiration method and tissue blot immunoassay to screen sugarcane genotypes for resistance to ratoon stunting disease. *ISSCT pathology an molecular biology. Workshop*, 56.
- Gillaspie, A. G. y Teakle, D. S. (1989). Ratoon stunting disease . En C. Ricaud, B. T. Egan, A. G. Gillaspie y C. G. Hughes, *Disease of sugarcane. Major Diseases*. (págs. 59-80): Elsevier Sci Publishers.
- Grisham, M. P., Johnson, R. M. y Viator, R. V. (2009). Effect of RSD on yield of recently released sugarcane cultivars in Louisiana. *Sugar Cane Technologists* 29, 119-127.
- Johnson, S. y Anand, P. (2010). Efecto de la enfermedad del raquitismo de los retoño (RSD) en el rendimiento de la caña de azúcar en Fiji. *Ciencias Naturales y Aplicadas del Pacífico Sur* 28 (1), 69-73.
- Jorge, H., Jorge, I., Mesa, J. M. y Bernal, N. (2011). *Normas y Procedimientos del Programa de Fitomejoramiento de la caña de azúcar en Cuba. Boletín especial*, 2, 151-155. INICA.
- Rott, P. y Davis, M. (2000). Ratoon stunting disease. En P. Rott, R. A. Bailey, J. C. Comstock, B. J. Croft y A. S. Saumtally, *A guide to sugarcane diseases* (págs. 38-44): CIRAT-ISSCT.
- Steindl, D. R. (1949). Q28 disease. *Cane Growers, Quart. Bull.*, 191-193.
- Taher-Kani, K. (2010). *Bases metodológicas para el manejo integrado del raquitismo de los retoños de la caña de azúcar en Irán*. [Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas], Universidad Central de Las Villas, Santa Clara.
- Villegas, R. y Beniez, L. (2003). *Evaluación de la aptitud física de las tierras dedicadas al cultivo de la caña de azúcar, base para la diversificación de su agroindustria*: INICA-MINAZ.
- Yglesia, A. (2006). *Estudio del raquitismo de los retoños de la caña de azúcar en Cuba*. [Tesis Doctoral CENSA]. Universidad de la La Habana.