

EXPLORACIÓN Y PROCESOS MECANIZADOS *OPERATION AND MECHANIZED PROCESSES*

ARTÍCULO ORIGINAL

Análisis de la calidad de la cosecha de papa utilizando la cosechadora Ariguanabo 70

Analysis of the quality of the potato crop using Ariguanabo 70 harvester machine

Dr.C. Alexander Miranda Caballero^I, M.Sc. Giraldo Valdés Álvarez^{II}, Dr.C. Ciro E. Iglesias Coronel^{III}, Tec. Yurisleidys Lara Hernández^{II}

^I Estación Experimental del Arroz “Los Palacios”, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Los Palacios, Pinar Del Río, Cuba.

^{II} Empresa Agroindustrial Cubaquivir, Pinar del Río.

^{III} Universidad Agraria de La Habana, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN. Se toma la cosechadora ARIGUANABO 70 para evaluar la calidad de la cosecha de papa en la Empresa Agroindustrial Cubaquivir, ubicada en la provincia de Pinar del Río. Los resultados obtenidos indican que la capacidad de limpieza de la máquina oscilo entre 74 y 77%, las pérdidas totales están entre 7,84 y 8,79%, los daños mecánicos a la papa cosechada se encontró entre 6,54 y 8,15%, muy superiores a los límites permisibles.

Palabras clave: capacidad de limpieza, pérdida, daño mecánico.

ABSTRACT. It takes 70 Ariguanabo combine to assess the quality of the potato crop in Cubaquivir Agroindustrial Company, located in the province of Pinar del Rio. The results indicate that the ability to clean the machine ranged between 74 and 77%, total losses are between 7,84 and 8,79%, and mechanical damage to potatoes harvested was between 6,54 and 8,15%, much higher than the permissible limits.

Keywords: cleaning ability, loss, and mechanical damage.

INTRODUCCIÓN

Los daños a los tubérculos durante la recolección y el tratamiento posterior, son una de las causas más importantes de la pérdida de calidad y de valor de la papa, aumentando la incidencia de enfermedades y las pérdidas durante el almacenamiento (Ramos, 2010). Se producen por el contacto directo con los componentes mecánicos de las máquinas (los fijos y los móviles), piedras, tierra o con otros tubérculos.

Según Peters (1996), del total de los daños el 70% son causados por la cosecha y el 30% son producidos durante el transporte y el almacenamiento.

La papa presenta un tejido parenquimatoso, que carece de engrosamiento secundario, por lo que es susceptible a diversos daños durante todo el proceso productivo, incluyendo daños internos y externos (Peterson, 1985; Baritelle, 2000; Bentini, 2006). Los daños internos provocados por el impacto en los tubérculos por sí solos pueden causar pérdidas por más del

20% y no son visibles hasta después de retirada su piel, estos golpes generalmente se producen en la superficie, pero las reacciones se sitúan en el anillo vascular, producto de una serie de reacciones en cadena se liberan sustancias fenólicas que se transforman bajo la acción de enzimas polifenol oxidasa en melanina, dándoles el color gris azulado (Storey, 1992; Matheis, 1987; Mesemov., 1987).

Los factores que más influyen en el deterioro mecánico de los tubérculos son: las características de las máquinas utilizadas para la recolección, el transporte, la manipulación, las características mecánicas, físico-químicas y biológicas de los tubérculos que afectan su respuesta a los impactos, la hidratación de los tubérculos, el cultivar, las condiciones ambientales en los momentos de crecimiento, recolección, almacenamiento. La presente investigación se desarrolló con el objetivo de determinar los principales parámetros que afectan la calidad de la cosecha de papa con la cosechadora ARIGUANABO 70

en suelos Ferralíticos Rojo perteneciente a la Empresa Agro-industrial Cubaquivir.

MÉTODOS

La investigación experimental se realizó en la Empresa Agroindustrial Cubaquivir, ubicada en la provincia de Pinar del Río, con la cosechadora de papas ARIGUANABO 70 en un suelo Ferralítico Rojo, en el período de cosecha del tubérculo comprendido entre 30 de diciembre de 2009 y el 3 de marzo de 2010, según Instructivo Técnico para el Cultivo de la papa, 1997.

Metodologías para la determinación de los índices de calidad del trabajo

Determinación del grado de impureza del producto cosechado y de las pérdidas, en función del rendimiento agrícola

El grado de impureza total que acompaña a los tubérculos se investiga para los órganos de trabajo que conforman el proceso tecnológico de la cosechadora de papa, con el objetivo de evaluar la calidad de cada uno de ellos individualmente (Iglesias, 2002; Valdés, 2012).

La determinación de la cantidad de impurezas en cada órgano de trabajo se evalúa a través de la masa total que llega al mismo y la que es capaz de eliminar. Dichos parámetros se cuantifican a través de varias fórmulas.

El porcentaje de masa verde que entra por el órgano de corte (G_{he}) con respecto a la masa total que entra se determina por la ecuación:

$$G_{he} = (M_{he} \cdot 100) / M_t, \% \quad (1)$$

donde:

M_{he} - masa verde que entra por el órgano de corte, kg;

M_t - masa total que entra por el órgano de corte, kg.

El porcentaje de tierra que entra por el órgano de corte (G_{te}) con respecto a la masa total, se determina por la ecuación:

$$G_{te} = (M_{te} \cdot 100) / M_t, \% \quad (2)$$

donde:

M_{te} - masa de tierra que entra por el órgano de corte, kg;

M_t - masa total que entra por el órgano de corte, kg.

El porcentaje de tubérculos que entra por el órgano de corte (G_{ce}) con respecto a la masa total, se determina por la ecuación:

$$G_{ce} = (M_{ce} \cdot 100) / M_t, \% \quad (3)$$

donde:

M_{ce} - masa de los tubérculos que entra al órgano de corte, kg;

M_t - masa total que entra por el órgano de corte, kg.

El porcentaje de masa verde que sale por el transportador (G_{hs}) con respecto a la masa total que entra, se determina por la ecuación:

$$G_{hs} = (M_{hs} \cdot 100) / M_t, \% \quad (4)$$

donde:

M_{hs} - masa verde que sale por el transportador, kg;

M_t - masa total que sale por el transportador, kg.

El porcentaje de tierra que sale por el transportador (G_{ts}) con respecto a la masa total, se determina por la ecuación:

$$G_{ts} = (M_{ts} \cdot 100) / M_t, \% \quad (5)$$

donde:

M_{ts} - masa de tierra que sale por el transportador, kg;

M_t - masa total que sale por el transportador, kg.

El porcentaje de papa que sale por el transportador (G_{cs}) con respecto a la masa total, se determina por la ecuación:

$$G_{cs} = (M_{cs} \cdot 100) / M_t, \% \quad (6)$$

donde:

M_{cs} - masa de los tubérculos que sale por el transportador, kg;

M_t - masa total que sale por el transportador, kg.

La capacidad de masa que sale por el transportador con respecto a la que entra por la cuchilla, se calcula por las ecuaciones siguientes:

La capacidad de masa verde que sale por el transportador (C_{hst}) con respecto a la que entra por la cuchilla, se calcula por las ecuaciones siguientes:

$$C_{hst} = (M_{hs} \cdot 100) / M_{he}, \% \quad (7)$$

donde:

M_{he} - masa total verde que entra por el órgano de corte, kg;

M_{hs} - masa verde que sale por el transportador, kg.

La capacidad de tierra que sale por el transportador (C_{tst}) con respecto a la que entra por la cuchilla, se calcula por las ecuaciones siguientes:

$$C_{tst} = (M_{ts} \cdot 100) / M_{te}, \% \quad (8)$$

donde:

M_{te} - masa total de tierra que entra por el órgano de corte, kg.

M_{ts} - masa tierra que sale por el transportador, kg.

La capacidad de tubérculos que sale por el transportador (C_{cst}) con respecto a la que entra por la cuchilla, se calcula por las ecuaciones siguientes:

$$C_{cst} = (M_{cs} \cdot 100) / M_{ce}, \% \quad (9)$$

donde:

M_{ce} - masa total de tubérculos que entra por el órgano de corte, kg;

M_{cs} - masa de tubérculos que sale por el transportador, kg.

La capacidad total que sale por el transportador (C_{tt}) con respecto a la que entra por el órgano de corte, se determina por la ecuación:

$$C_{tt} = (M_{tt} \cdot 100) / M_t, \% \quad (10)$$

donde:

M_{tt} - masa total que sale, kg;

M_t - masa total que entra, kg.

A partir de los resultados de cada órgano de trabajo, se analiza la efectividad de su trabajo y su necesidad de perfeccionamiento.

Pérdidas de tubérculos no cosechados

Este indicador está dado por los tubérculos que la máquina no extrae debido a que la cuchilla no tiene la profundidad

debida al pasar por el surco en cosecha, o aquellos que aún siendo sacados por la cuchilla en un pase no se recolectan por ser tapados nuevamente con la tierra y hierba que son desprendidos durante el proceso de la cosecha, y determinándose por la ecuación siguiente:

$$P_T = [M_t / (M_t + M_c)] \cdot 100, \% \quad (11)$$

donde:

P_t - pérdidas totales de tubérculos, %;

M_t - masa total de los tubérculos dejados en la parcela de control, kg;

M_c - masa de los tubérculos recogidos en la salida del transportador durante el recorrido de la máquina por la parcela de control, kg.

Las pérdidas se calculan por las siguientes ecuaciones:

$$P_{SN} = [M_{SN} / (M_{SN} + Ra)] \cdot 100, \% \quad (12)$$

donde:

P_{SN} - pérdidas por tubérculos sacados y no cosechados, %;

M_{SN} - masa de tubérculos sacados y no cosechados, kg;

Ra - rendimiento agrícola, kg/ha.

$$P_E = [M_E / (M_E + Ra)] \cdot 100, \% \quad (13)$$

donde:

P_E - pérdidas por tubérculos enterrados, %;

M_E - masa de tubérculos enterrados, kg.

$$P_{NC} = [M_{NC} / (M_{NC} + Ra)] \cdot 100, \% \quad (14)$$

donde:

P_{NC} - pérdidas por tubérculos no cosechados, %;

M_{NC} - masa de tubérculos no cosechados, kg.

$$P_T = [M_T / (M_T + Ra)] \cdot 100, \% \quad (15)$$

donde:

P_T - pérdidas totales de tubérculos, %;

M_T - masa total de los tubérculos dejados en la parcela de control, kg.

Daños producidos al tubérculo durante el proceso tecnológico de trabajo de la máquina

Estos daños son producidos durante el contacto de los tubérculos con los órganos de la máquina fijos y móviles, con los terrones y entre tubérculos, durante su extracción, hasta que son depositados en el medio de transporte y almacenes, los mismos pueden identificarse de tres formas fundamentales:

- Los daños provocados al tubérculo al ser extraídos por la cuchilla;

- Los ocasionados por el paso de los tubérculos sobre el transportador;
- Los producidos al caer al suelo, al medio de transporte y al ponerse en contacto los tubérculos con piedras, tierra o con otros tubérculos.

La composición de los daños se determina a través de un análisis porcentual de la masa cosechada en las parcelas experimentales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los experimentos realizados para la determinación de los parámetros de calidad de la cosecha arrojaron los siguientes resultados:

La velocidad de trabajo y la humedad en los diferentes campos muestreados, varían como se observa en la Tabla 1.

TABLA 1. Velocidad de trabajo y humedad en los campos muestreados

Campo	Velocidad de trabajo, km/h	Humedad, %
Campo # 1	2,7	27,89
Campo # 6	2,9	23,79

La diferencia en la velocidad, está dada en la variación de la humedad ya que a mayor humedad menor debe ser la velocidad para que la máquina pueda realizar mejor el trabajo de limpieza, o sea, la eliminación de la mayor cantidad de impurezas.

El ancho de trabajo es de 1,80 m en ambos campos producto de que el marco de plantación es 0,90 m entre líneas (camellón) y 0,25 m entre plantas (narigón) y la máquina labora en dos surcos a la vez.

La densidad de volumen o densidad aparente fue de 1,32 Mg/m³. En la determinación de la Densidad de la fase sólida del suelo, peso específico o densidad real, para la investigación realizada se obtuvo un valor de 2,62 Mg/m³ la que se realizó en el Laboratorio Provincial de Suelo, del MINAG de Pinar del Río.

Con esa información se calculó la masa de suelo que entra por el órgano de corte de la sacadora de papa cuando labora 3 m de longitud, en dos surcos con un ancho de trabajo de 1,80 m a la profundidad de corte en cada muestra, la cual varió de 0,19..0,21 m de profundidad.

El porcentaje de masa separada que entra por la cuchilla, se muestra en las Figuras 1 y 2 pertenecientes al campo No. 1 y No. 6 respectivamente, donde se demuestra que el mayor por ciento de lo que entra a la cuchilla es tierra.

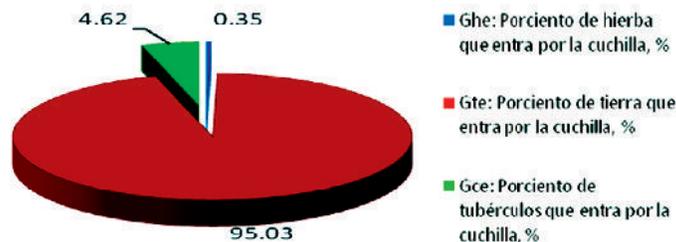


FIGURA 1. Porcentaje que representan los tubérculos, materia verde y la tierra que entra por la cuchilla en el Campo No. 1.



FIGURA 2. Porcentaje que representan los tubérculos, materia verde y la tierra que entra por la cuchilla en el Campo No. 6.

El por ciento de masas separadas que representan los tubérculos, materia verde y la tierra que salen por el transportador (G_{cs}), se muestra en las Figuras 3 y 4 pertenecientes a los campos

1 y 6 respectivamente donde se muestra que el mayor porcentaje de lo que sale por el transportador es tierra siendo cuatro veces mayor que la cantidad de papas que salen por el mismo, evidenciando que la cosechadora no elimina toda la tierra en su recorrido por el transportador, lo que limita las posibilidades reales de la productividad de la cosechadora.

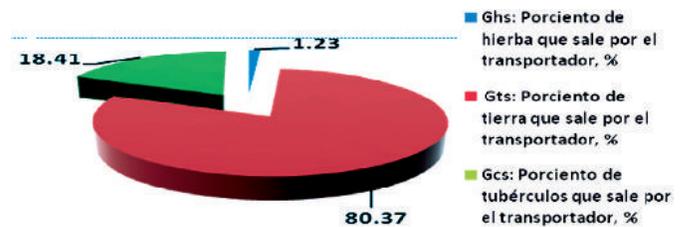


FIGURA 3. Porcentaje que representan los tubérculos, materia verde y la tierra que salen por el transportador en el Campo No.1.

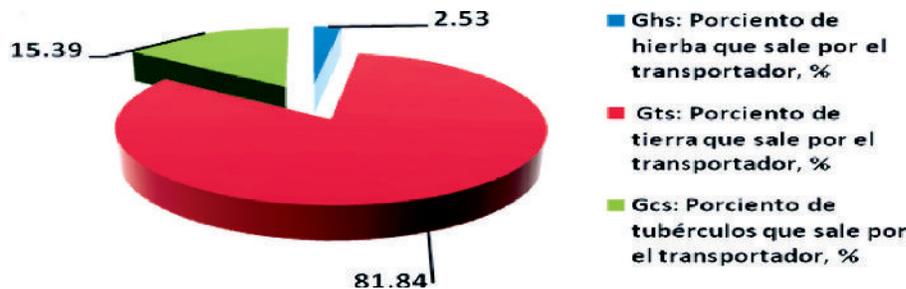


FIGURA 4. Porcentaje que representan los tubérculos, materia verde y la tierra que salen por el transportador en el Campo No. 6.

En las Figuras 5 y 6 se representa el comportamiento de la masa total que entra al órgano de corte, separada en las diferentes categorías, se puede apreciar que el mayor volumen corresponde a la tierra, cuya cantidad tomó valores de 464,03 kg en el campo No.1 y 492, 23 kg en el campo No. 6.

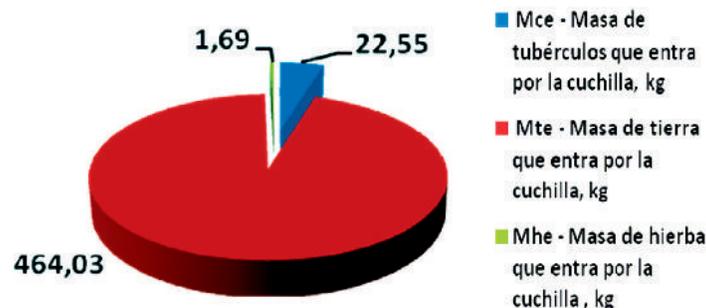


FIGURA 5. Masa que entra por el transportador por diferentes categorías del campo No. 1.

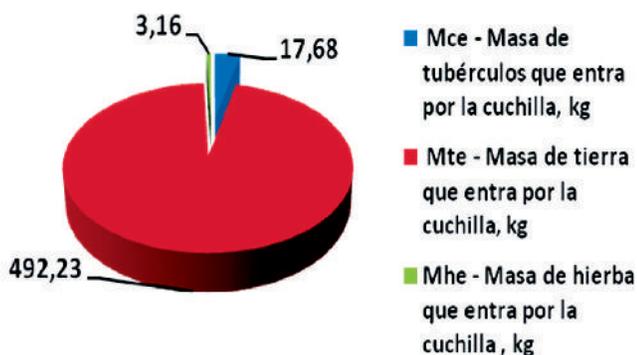


FIGURA 6. Masa entra por el transportador por diferentes categorías del campo No. 6.

El rendimiento agrícola que se determinó en cada campo se muestra en la Tabla 2 y fue el siguiente:

TABLA 2. Rendimiento agrícola

Campo	U/M	Valor
Campo No. 1	kg/m ²	2,57
Campo No. 6	kg/m ²	2,48

Pérdidas de los tubérculos

Las pérdidas de los tubérculos sacados por la cosechadora y no recolectados representaron el 3,21% en el campo No. 1 y el 3,94 por ciento en el campo No. 6, de la cantidad de los tubérculos totales respectivamente, esto estuvo dado por la

incorrecta recolección de los trabajadores que realizaron esta labor y la falta de supervisión de los técnicos.

Las pérdidas por tubérculos enterrados representó en ambos campos el 2,39 y el 2,76 respectivamente, estando esto motivado por la cantidad de tierra que cae encima de las papas y que los obreros no desentierran para su recolección.

Los tubérculos no cosechados representan el 2,67% en el campo No. 1 y el 2,62 en el campo No. 6, esto estuvo dado por la incorrecta regulación del órgano de corte de la máquina, pues en el 25% de las muestras realizadas se encontraron tubérculos por debajo de la profundidad a la que la máquina trabajó en los campos No. 1 y No. 6.

Las pérdidas totales representaron el 8,27...9,32% de la totalidad de tubérculos pertenecientes a los campos No.1 y 6.

Daños a los tubérculos

La determinación de los daños que provocó la cosechadora

a los tubérculos se analizó para tres categorías rajados, partidos y magullados, los resultados de su evaluación se muestran en las Figuras 7 y 8.

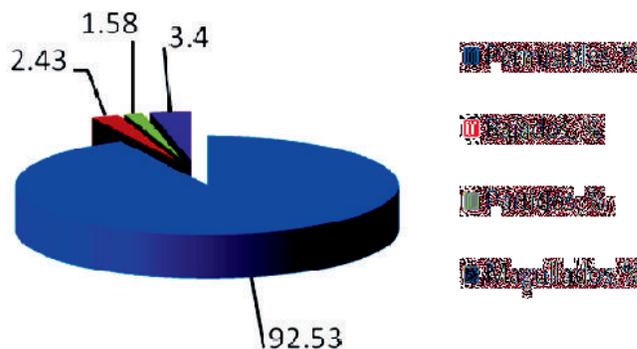


FIGURA 7. Daños al tubérculo provocados por la máquina. Campo No. 1.

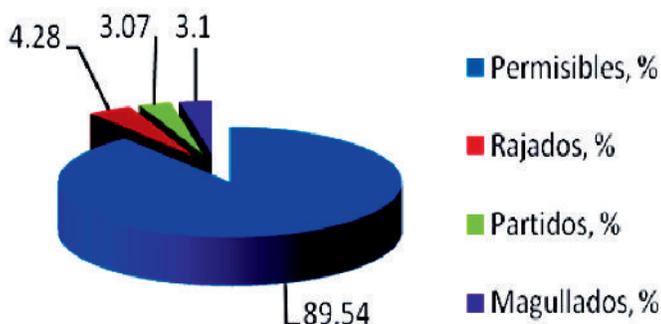


FIGURA 8. Daños al tubérculo provocados por la máquina. Campo No. 6.

En la Figura 7, se observa que los daños no permisibles a los tubérculos durante la cosecha representan el 7,47% en el Campo No. 1, superiores al permisible de un 5% (Norma Cubana NC 742: 2010), obteniéndose un 92,5% de tubérculos sin daños.

En la Figura 8, se observa que los daños no permisibles a los tubérculos durante la cosecha representan el 10,46% en el Campo No. 6, duplicando el 5% permisible (Norma Cubana NC 742: 2010), obteniéndose un 89,54% de tubérculos sin daños. Lo que no satisface los requisitos de calidad exigidos para la cosecha.

CONCLUSIONES

- Durante la evaluación de la calidad de la cosecha con la

cosechadora Ariguanabo – 70, se comprobó que el mayor porcentaje de la masa que entra por la cuchilla es tierra, representando el 95,03 y el 96,85%, de ello la máquina no es capaz de eliminar del 74...77%, las pérdidas totales en el proceso tecnológico de la máquina, poseen valores de 8,27... 9,32%. Los daños mecánicos permisibles están en un rango de 92,53...89,54%, los daños no permisibles poseen valores de 7,47...10,46%, los cuales rebasan el 5% exigido por las normas en 2,47...5,47% respectivamente.

- Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la cosecha de papas con la cosechadora ARIGUANABO– 70, se recomienda sustituirlas e introducir una nueva cosechadora con parámetros superiores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARITELLE, A. L.; M. HAYDER; R. THORNTON & R. BAJEMA: "A classification system for impact – related defects in potato tubers", *American Journal of Potato research*, 77(3): 143–148, 2000.
2. BENTINI, M; C. CAPRARA & R. MARTELLI: *Harvesting Damage to Potato Tubers by Analysis of impacts recorded with an Instrumented Sphere*, University of Bologna, Agricultural Economics and Engineering Department, via G. Fanin 50, 40127 bologna, Italy, 2006.
3. IGLESIAS, C. *Administración de las Máquinas Agrícolas* pp. 119-120, Universidad Autónoma de tomo II, Ed. Chapingo, México 2002.
4. *Instructivo técnico para el cultivo de la papa*: Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova", Ed. MINAG, La Habana, Cuba, 1997.
5. MATHEIS, G: "Poliphenol oxidase and enzymatic browning of potatoes (*Solanum tuberosum*). I. Properties of potato polyphenol oxidase", *Chem Mikrobiol. Technol. Lebensm.*, 11: 33–41, 1987.

6. MESEMOV, G. C.: "Development of elevator for potato harvester", *Transaction of ASAE* 28: 1987.
7. NC 742: 2010: *Especificaciones de calidad para la compra-venta de productos agrícolas con destino a su comercialización para el consumo (Papa)*, Vig. Julio 2011.
8. PETERS, R.: "Damager of potato tubers, a review", *Potato Research*, 39: 479 – 484, 1996.
9. PETERSON, R. L., G. BARKER & J. HOWARTH: *Development and structure of tubers*, pp 124–152, In:P.H.Li, (Editor) potato Physiology, Academic Press, Orlando, FL, USA, 1985.
10. RAMOS, E. M.; P. BARREIRO; I. MACÍAS.: "Daños mecánicos en patata y evaluación mediante productos electrónicos" *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(1): 18–23, 2010.
11. STOREY, R. M.J. & V. DAVIES: *Tuber quality*, pp. 507–569, In: P. Harris (Editor), *The Potato Crop*. Chapman and Hall, London, England, 1992.
12. VALDÉS, G.: *Evaluación de la cosechadora de papas ARIGUANABO-70 en las condiciones de la Empresa Agroindustrial Cubaquivir para determinar su pertinencia actual*, 75pp., **Tesis (en opción al título Académico de Máster en Mecanización Agrícola)**. Universidad Agraria de La Habana. Mayabeque, Cuba, 2012.

Recibido: 13 de noviembre 2012.

Aprobado: 14 de junio de 2013

Alexander Miranda Caballero, Investigador Auxiliar, Director Estación Experimental del Arroz "Los Palacios", Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Los Palacios, Pinar del Río, Cuba, Correo electrónico: alex@inca.edu.cu

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.

**CRECIMIENTO
SOSTENIBLE
EN LA AGRICULTURA
Y LA GANADERÍA**

**UNIVERSIDAD
AGRARIA
DE LA HABANA**

- *Mecanización en la agricultura ecológica
- *Biotecnología vegetal
- *Biofertilizantes
- *Biorreguladores de crecimiento vegetal
- *Control de plagas
- *Laboratorios de análisis químico
- *Alimentación animal no convencional
- *Mejoramiento animal
- *Sistemas silvopastoriles