

ARTÍCULO ORIGINAL

Resultados de la evaluación agrotécnica, tecnológica y de explotación del multiarado M-250 y el arado de disco Baldan en la rotura de un suelo ferralítico rojo compactado

Technical and operation evaluation or the multiplough M-250 and the disc plough Baldan in soil tillage of a compacted Rhodic Ferrasol soil

José Antonio Martínez Cañizares¹, José García Lamas², Amaury Rodríguez³

RESUMEN. El presente trabajo tiene como objetivo analizar comparativamente los resultados obtenidos durante las evaluaciones agrotécnicas, tecnológica y explotativa realizadas a dos implementos empleados para la labranza primaria de los suelos: el multiarado M-250 y el arado de discos Baldan. Para la investigación, se seleccionó como área experimental a la Cooperativa de Producción Agropecuaria Países Nórdicos, perteneciente a la Empresa Agropecuaria de Güira de Melena. La misma se realizó para la labor de rotura en un suelo Ferralítico Rojo Compactado y se utilizó un tractor de 20 kN acoplado con el multiarado M-250 y el arado Baldan de cuatro discos. Las evaluaciones se realizaron en correspondencia con la norma cubana NC 34-51. La información recopilada se ordenó y procesó estadísticamente mediante el programa Microsoft Excel determinándose los estadígrafos media cuadrática, desviación media y el coeficiente de variación. Se determinó que la velocidad media de trabajo, tomó valores de 1,54 y 1,40 m/s para el multiarado M-250 y el arado Baldan respectivamente, el consumo medio de combustible ascendió a 21 L/ha en el caso del M-250 y de 28 L/ha con el arado Baldan. Los valores de productividad obtenidos para el multiarado M-250 superan a los del arado Baldan debido a su mayor ancho de trabajo. Según los resultados obtenidos, se concluyó que con la utilización del M-250 se logran mejores resultados que con el arado de disco Baldan para las condiciones del área de referencia.

Palabras clave: apero agrícola, labranza, estadígrafo, velocidad de trabajo, consumo de combustible.

ABSTRACT. This paper contains the comparative analysis of the results during the agrotechnical, technical and operation evaluation of the multiplough M-250 and the four disc plough Baldan in primary soil tillage. The experimental area selected for the research was located in the Cooperative Países Nórdicos of the Agricultural enterprise Güira de Melena, having a compacted ferric soil. A 20 kN tractor was used in the labours. The evaluations were performed in accordance with the Cuban Standard NC 3437:88; NC 3447:88; NC 3451:88. The collected information was statistically processed with the Microsoft Excel, determining the main square root, mean, and deviation coefficient. Was determined that the mean velocity of labour was 1,54 m/s for the multiplough and 1,40 for the disc plough Baldán, having a fuel consumption 21 and 28 L/ha respectively. The productivity of the multiplough exceeds those of the disc plough due to his greater work width. In accordance with the results, was concluded that the utilization of the M-250 are obtained better results as compared with the disc plough Baldan in the conditions of the area of reference.

Keywords: agricultural tool, tillage, statistician, work speed, consumption of fuel.

Recibido 27/05/11, aprobado 20/07/12, trabajo 13/12.

¹ M.Sc., Investigador Auxiliar, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola. Carretera Fontanar Wajay, km 2½, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba ☎ (53-7) 645-1731, 645-1353. E- mail: iagricdireccion@minag.cu

² Especialista, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.

³ Adiestrado, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.

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.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de labranza de suelos para la siembra han constituido un punto de constante preocupación para la ciencia agrícola, dado los efectos negativos que estos causan al suelo cultivado, efectos que se agudizan en las zonas tropicales donde los procesos degradativos junto a los cambios provocados por el laboreo conducen a un deterioro de las propiedades naturales del suelo, convirtiéndolos en infértiles e improductivos. Según (Alfonso *et al.* 1994) los sistemas tradicionales de labranza utilizados en buena parte del mundo, están basados en el volteo del suelo con discos y gradas, actualmente cuestionados debido a que producen modificaciones desfavorables desde el punto de vista de la conservación de algunas propiedades del suelo que se traducen en una degradación integral de sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

En Cuba se utiliza fundamentalmente el sistema convencional de preparación de suelos que se basa principalmente en el uso de arados de discos y rastras pesadas que no dejan prácticamente residuos protectores en la superficie del terreno (De Erbiti y Paneque, 1999; Puente *et al.*, 1979).

En contraposición, el mundo marcha hacia la aplicación de la labranza de conservación que se define como cualquier sistema de labranza y siembra que reduzca las pérdidas del suelo y agua, en comparación con la labranza convencional y que permita además retener residuos de la cosecha en la superficie del suelo, los que ejercerán un efecto protector en el siguiente cultivo. (Naderman y Viera, 1992)

La labranza conservacionista puede incluir una amplia variedad de métodos de labranza, siempre que el resultado final sea la retención de un nivel adecuado de residuos en la superficie. Teniendo en cuenta lo anterior surge en 1980 la concepción del principio de corte horizontal de la capa superficial del suelo mediante el multiarado y con ello un nuevo concepto de labranza, no solo con la intención de reducir el número de labores, sino de no invertir el prisma mediante el corte horizontal del suelo. (Bouza *et al.*, 1981).

Por la dinámica de la mecanización de las labores se introducen nuevos implementos en las empresas agropecuarias tal es el caso del arado de cuatro y cinco disco es por ello que se plantea una evaluación comparativa respecto al implemento conservacionista de suelo

El objetivo de esta investigación es analizar comparativamente los resultados obtenidos durante las evaluaciones agrotécnica y tecnológico-explotativa del multiarado M-250 y el arado de discos Baldan.

MÉTODOS

La investigación se realizó en las condiciones de producción de la finca 43 de la Cooperativa de Producción Agropecuaria Países Nórdicos, perteneciente a la empresa agropecuaria Güira de Melena, sobre suelo Ferralítico rojo compactado.

El objeto de estudio de la experimentación es el conjunto formado por tractor MTZ 892; multiarado M-250 y arado de cuatro discos Baldan. Para las mediciones de los índices a investigar se utilizó cinta métrica de 200 m y varilla graduada 1m con valor de división 10 mm, pesafiltros, y cronómetro con precisión de 1 s.

La metodología empleada para la determinación de los

índices de calidad de trabajo y los tecnológico explotativo se fundamenta en el instructivos técnicos de normalización elaborados por el Comité Técnico No 89 (IAgric, 2008) en base a las normas cubanas NC-34-51 de 1986 y 34-37 de 2003.

El procesamiento de los datos experimentales se realizó a través de hoja de cálculo Excel y del paquete estadístico STATGRAPHICS PLUS, Versión 5.1, realizándose un *t* de Student para determinar la diferencia entre las medias con un nivel de significación del 95%.

Metodología para la determinación de los índices de calidad de trabajo

Para la determinación de los índices de calidad de trabajo se seleccionó inicialmente el área experimental, consistente en un suelo uniforme cuyas características se determinaron según el mapa de suelo de la Empresa. Para medir las dimensiones del área se utilizó una cinta métrica con valor de división de 10mm. Posteriormente se determinaron los índices siguientes:

Humedad de suelo. Por el método gravimétrico a través de la diferencia de la masa húmeda y seca recogida en pesafiltros en diferentes profundidades de suelo.

Dureza del suelo. A lo largo de la diagonal del área seleccionada se toman muestras para diferentes profundidades midiéndose la resistencia a la penetración con un durómetro con valor de división de 2 kgf.

Incidencia de malas hierbas o vegetación indeseable. Por el método tradicional, con el conteo las malas hierbas que se encuentran dentro de un marco de madera de 1m².

Los Índices de calidad de trabajo que se determinan son:

Profundidad de trabajo. Se determina en dirección de la diagonal del área de muestreo después del pase de los implementos y se mide la profundidad desde la superficie hasta la zona no labrada del suelo con la ayuda de una varilla de un 1m con valor de división de 10mm

Velocidad de trabajo. En la longitud de 50m establecida en el área de experimentación se mide el tiempo transcurrido en recorrer la misma con un cronómetro con apreciación de 1 s,

Anchura de trabajo. Se marca una distancia de 50 m y se sitúa en ella 30-50 estacas dobles para garantizar la rectilinidad en la medición. Se hacen dos o tres pases iniciales para que la máquina se estabilice, luego se toman las medidas desde la primera estaca hasta la zona donde laboró el último órgano de trabajo. Se hacen las repeticiones necesarias para tomar como mínimo 50 muestras, luego por diferencia con las medidas anteriores se obtienen los valores de la anchura de trabajo. Las mediciones se hacen con una cinta métrica de 5 m con valor de división de 10mm.

Metodología para la determinación de los índices de explotación

Se comienza la investigación tecnológico y de explotación con la organización del fotocronometraje que incluye la selección de un campo de configuración determinada midiendo con una cinta métrica con valor de división de 1cm las dimensiones del campo.

El método a utilizar para la investigación de los tiempos es el experimental mediante la técnica del cronometraje, que se realiza con un cronómetro manual de apreciación de 1 s.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del área experimental

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos en la caracterización del área experimental de la investigación.

TABLA 1. Caracterización del área experimental

No.	Denominación	U/M	Valores obtenidos
1	Lugar	-	CPA Países Nórdicos. Finca 43
2	Tipo de suelo	-	Ferralítico rojo compactado
3	Microrrelieve	-	Llano
4	Cultivo anterior	-	Col
5	Cultivo a sembrar	-	Yuca
6	Humedad del suelo, %		
	capa de 0 - 10cm	%	26,60
	capa de 10 - 20cm		25,10
	capa de 20 - 30cm		22,43
7	Dureza del suelo,		
	capa de 0 - 10cm	kg/cm ²	77,40
	capa de 10 - 20cm		66,85
	capa de 20 - 30cm		69,75
8	Malezas predominantes		Don Carlos, malva y hierba guinea.
10	Obstrucción en la parcela de investigación por la vegetación indeseable	u/m ²	
	Media,	± u	12,00
	Desviación típica	± u	3,16
	Coefficiente de variación	± %	31,6
11	Obstrucciones en la parcela de investigación por residuos de cosecha	kg/ha	No

La humedad calculada en las tres capas de suelo según las profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 cm es de 26,60%; 25,10% y 22,43% respectivamente, como promedio el resultado fue de 24,00%, estado del suelo que permitió el trabajo de roturación de los implementos investigados.

La dureza o resistencia a la penetración de suelo para las profundidades de 0-10, 10-20 y 20-30 cm osciló entre los valores de 70,40; 69,75 y 68,85; kg/cm² para un promedio de 69,66 kg/cm² lo que permitió la penetración y el trabajo adecuado de los implementos.

Resultado del cálculo de los índices de calidad de trabajo

Al procesar estadísticamente la información primaria se determinó (Tabla 2 y Figura 1) que la velocidad media de trabajo del M-250 (1,54 m/s) supera en 0,14m/s a la del arado de cuatro discos Baldan (1,40m/s) Al analizar el proceso de rotura de suelo con ambos implementos se observa, para el caso de los arados de discos, que para cumplir con su principio de trabajo (volteo total del prisma de suelo) durante la roturación, es preciso que estos implementos trabajen a bajas velocidades de traslación a diferencia de los implementos que cortan horizontalmente el prisma de suelo donde se admiten mayores velocidades de trabajo.

Con respecto a la profundidad de trabajo, la obtenida por el M-250 también es superior a la del arado Baldan, alcanzándose valores medios de 21,9 y 20,1cm respectivamente con desviaciones estándar de ± 0,231cm y ± 0,464cm y coeficientes de variación de ± 0,053% y ± 0,215%. En la Figura 2 se representan gráficamente estos resultados.

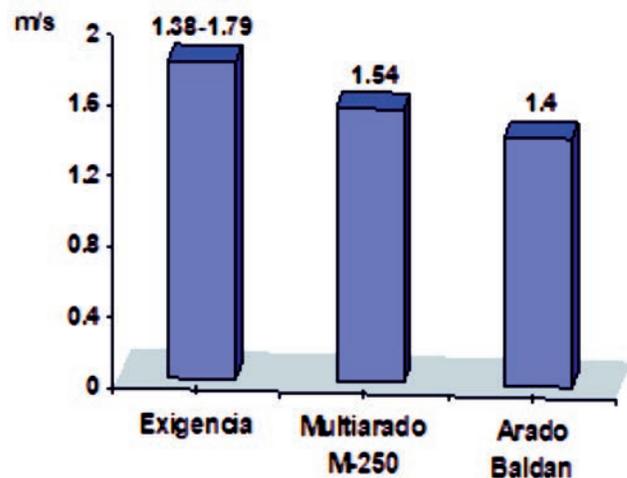


FIGURA 1. Gráfico comparativo de la velocidad de trabajo.

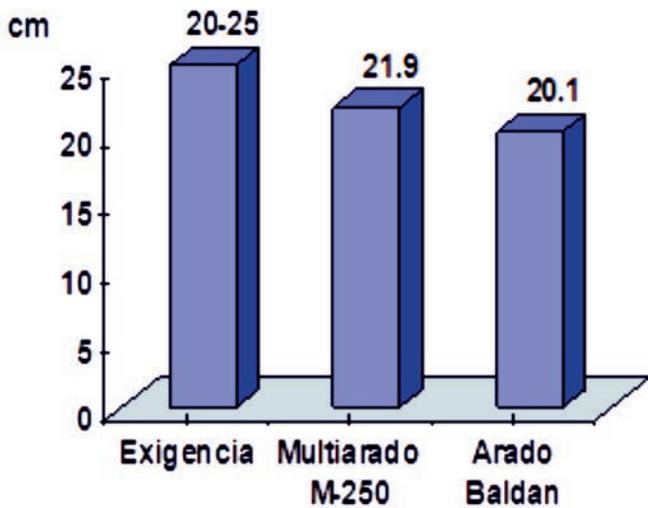


FIGURA 2. Gráfico comparativo de la profundidad de trabajo.

En cuanto a la anchura de trabajo los valores obtenidos demuestran que este índice es superior en el multiarado M-250 al compararlo con el arado Baldan. (Figura 3).

Estadísticamente la media de la anchura de trabajo obtenida para ambos implementos es de 2,49 cm y 1,25 cm, con una desviación estándar de $\pm 0,071m$ y $\pm 0,11m$ y coeficiente de variación de $\pm 0,005 \%$ y $\pm 0,014 \%$ respectivamente.

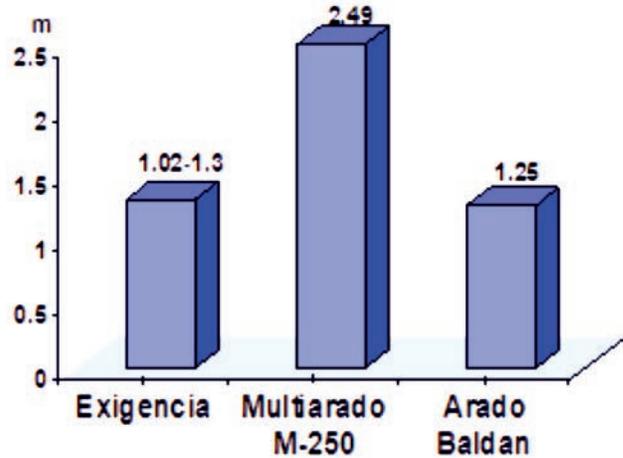


FIGURA 3. Gráfico comparativo de la anchura de trabajo.

TABLA 2. Estadígrafos de los índices de calidad de trabajo

Estadígrafos	Multiarado M-250	Arado Baldan de 4 discos
Velocidad de trabajo, m/s		
Media	1,54	1,40
Desviación estándar o típica	$\pm 0,15$	$\pm 0,11$
Coefficiente de variación, %	$\pm 0,022$	$\pm 0,014$
Error estándar	0,047	0,004
Profundidad de trabajo, cm		
Media	21,90	20,10
Estadígrafos	Multiarado M-250	Arado Baldan de 4 discos
Desviación estándar o típica	$\pm 0,231$	$\pm 0,464$
Coefficiente de variación, %	$\pm 0,053$	$\pm 0,215$
Error estándar	0,029	0,059
Anchura de trabajo, m		
Media	2,49	1,25
Desviación estándar o típica	$\pm 0,071$	$\pm 0,11$
Coefficiente de variación, %	$\pm 0,005$	$\pm 0,014$
Error estándar	0,009	0,005

Al comparar los índices de calidad de trabajo para el multiarado M-250 y el arado de cuatro discos Baldan se observa que en todos los casos estos índices son superiores para el multiarado M-250, lo cual se corroboró con la prueba t-student realizada mediante la cual se demostró la diferencia significativa entre las medias.

Resultados de la evaluación tecnológica y de explotación

En la Tabla 3 se muestran los resultados de la evaluación tecnológico-explotativa del multiarado M-250 y el arado de cuatro discos Baldan.

De acuerdo con los resultados reflejados en la Tabla 3 el tiempo limpio del M-250 es 2 h superior al compararlo con el

obtenido para el arado Baldan. Ambos valores se consideran adecuados para este tipo de evaluación.

Como se aprecia, el tiempo productivo del multiarado M-250 es superior al del arado de cuatro discos en 3,75 h, observándose también que el tiempo explotativo para el multiarado es 24,72 h y el del arado de disco es de 22,79 h existiendo una diferencia de 1,93 h

Con relación a la productividad por hora de tiempo limpio, de tiempo operativo y de tiempo productivo, los valores obtenidos para el M-250 por regla general son 2 veces mayor que las del arado Baldan, observándose también un aumento de la productividad por hora de tiempo de turno y de tiempo explotativo de 0,50 y 0,51 veces con respecto al arado de disco (Figura 4), debido al mayor ancho de trabajo que presenta el multiarado M-250.

TABLA 3. Índices tecnológicos y de explotación del multiarado M-250 y el arado de discos Baldan

No.	Denominación de los índices	U/M	Valores obtenidos	
			Multiarado M-250	Arado de cuatro discos Baldan
1	Lugar de trabajo		CPA Países Nórdicos, Finca 43	
2	Volumen de trabajo realizado	ha	23,20	8,85
3	Tiempo limpio	h	17	15,00
	Tiempo operativo		18,52	15,52
	Tiempo productivo		20,75	17,00
	Tiempo turno		24,72	20,31
	Tiempo explotativo.		28,08	22,79
4	Productividad por hora.	ha/h		
	De tiempo limpio		1,36	0,59
	De tiempo operativo		1,25	0,57
	De tiempo productivo		1,18	0,52
	De tiempo turno		0,93	0,43
5	Productividad en diez horas.	ha/10h		
	En el tiempo turno		9,30	4,30
	En el tiempo explotativo.		8,90	3,80
	Gasto de combustible por hora de tiempo limpio	L/h	1,23	1,70
	Gasto de combustible por hora de tiempo explotativo	L/h	0,80	1,27
6	Gasto de combustible por el área laborada	L/ha	487	256
7	Coefficiente de seguridad tecnológica, K_{41}	-	0,92	0,96
8	Coefficiente de seguridad técnica, K_{42}	-	1,00	1,00
9	Coefficiente de utilización del tiempo productivo, K_{04}	-	0,81	0,88
10	Coefficiente de utilización del tiempo explotativo, K_{07}	-	0,64	0,65

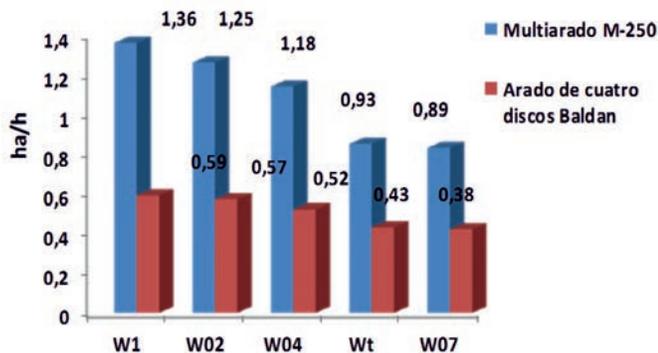


FIGURA 4. Grafico comparativo de las productividades de los implementos.

Se observa que el gasto de combustible por hora de tiempo limpio del M-250 es menor que el del arado Baldan, existiendo un ahorro de 0,47 L respectivamente que representan por área elaborada un gasto de 487 L/ha y 256 L/ha; para un gasto de combustible de 20 y 28 L con un ahorro de 8 L al comparar el M-250 con el Baldan, dado fundamentalmente por un menor gasto de combustible por hora de tiempo limpio y explotativo.

Los coeficientes de seguridad tecnológica y técnica son

altos tanto para el M-250 como para el Baldan debido a que no se presentaron roturas ni obstáculos por lo que el trabajo de los implementos fue continuo.

El coeficiente de utilización del tiempo productivo se considera satisfactorio al compararse con los establecidos (Paneque 1986, 1994; Ibáñez y Villar 1994; Paneque *et al.*, 1994; Jrobostov, 1997; Iglesias *et al.*, 1999). Alcanzando valores de 0,81 y 0,88 respectivamente.

El coeficiente de tiempo explotativo alcanzó valores de 0,64 y 0,65 para el multiarado M-250 y el del arado Baldan respectivamente. Ambos valores se consideran bajos al compararse con los recomendados por la bibliografía (González y Tzucurov, 1986) y están motivados por problemas en la organización del proceso tecnológico el largo del área de experimentación y el viraje dificultado porque a ambos extremos del campo la franja de viraje se limitaba por el comienzo de otros campos, fundamentalmente.

CONCLUSIONES

Como resultado de la evaluación agronómica y la tecnológica explotativa del multiarado M-250 y el arado de cuatro discos Baldan se determino que:

- Los índices de calidad de trabajo alcanzados por el multiarado M-250 superan a los del arado de cuatro discos Baldan para las condiciones en que se realizó la investigación.
- Los resultados del cálculo de los índices tecnológicos-explotativos para los implementos estudiados demostraron que la productividad del multiarado M-250 es dos veces superior al del arado de cuatro discos Baldan debido al mayor ancho de trabajo del multiarado.
- El gasto de combustible por área elaborada resultó menor en el multiarado M-250, lo que implicó un ahorro de combustible de 8 L con respecto al arado de cuatro discos Baldan.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFONSO, C. A.; N. FEDOROFF; M. RIVEROL; L. RIVERO; L. MOREJON; N. CASTRO; S. HERNANDEZ E.T. y P. PORRAS.: Impacte de l'Agriculture Intensive sur la degradation du sol, **Transaction 13 I.S.S.S. Congress**, Vol 2b: pp 267-268, 1994.
- BOUZA, H., L. RIVERO e I. MARTINEZ: "La labranza mínima, nueva tecnología para el cultivo de la caña de azúcar", *Ciencias de la Agricultura*, 9: 115-116, 1981.
- DE ERBITI, M.E. y P. PANEQUE: "Indicadores energéticos de dos conjuntos agrícolas utilizados en la siembra y cosecha de la papa en Cuba", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 8(3): 1-7, 1999.
- GONZALEZ, R. y A. TZUCUROV: *Explotación del parque de maquinaria*, 497pp., Editorial ENPES, La Habana, 1986.
- IBAÑEZ, M.; S. VILLAR: *Justificación económica del uso de la maquinaria agrícola*, Ed. Universidad de Concepción, Departamento de mecanización y Energía, Chile, 1994.
- IGLESIAS, C. C.; P. PANEQUE y L. SHKILIOVA: *Evaluación y pruebas de tractores y máquinas agrícolas*, 485pp., Ed. Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, México, 1999.
- JROBOSTOV, S.N.: *Explotación del parque de tractores y máquinas*, 552pp., Editorial MIR, Moscú, URSS, 1977.
- NADERMAN, G. y M.J. VIERIA.: *Labranza de Conservación*, pp. 31-56, In: Manual de Labranza para América Latina, Boletín de la FAO-66, Roma, 1992.
- IAGRIC: *Instructivo Técnico de Normalizacion. Arados y subsoladores-Métodos de ensayo*, 9pp, Ed. IAgric, Vigente desde el 2008
- IAGRIC: *Instructivo técnico de Normalización. Evaluación tecnológico-explotativa*, 13pp, Ed. IAgric, Vigente desde el 2008.
- NC-34-51-1986: *Máquinas agropecuarias y forestales. Evaluación de los índices de calidad de trabajo*, Cuba, Vig. Julio 1986.
- NC-34-37-2003: *Máquinas agropecuarias y forestales. Evaluación Metodología para la evaluación*, 20pp., Cuba, Vig. Julio 2003.
- PANEQUE, P.; H. DE LAS CUEVAS; M. VILA y R. MEDERO: "Parámetros de explotación de los tractores para la mecanización de los cítricos en Cuba", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 4(1):18-25, 1994.
- PANEQUE, R. P.: *Investigación para la determinación de los parámetros de trabajo óptimos de los tractores para la mecanización de las labores en plantaciones en desarrollo y producción de cítricos en Cuba*. 145pp., **Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas)**, Universidad Agraria de La Habana, San José de las Lajas, La Habana, 1986.
- PUENTES, C., LEÓN P., E. DÍAZ, F. RAVELO y F. CHÁVEZ: *Manual de Fitotecnia General*, 372pp., Ed. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana (ISCAH), San José de las Lajas, La Habana, 1979.

