



EXPLORACIÓN Y PROCESOS MECANIZADOS *OPERATION AND MECHANIZED PROCESSES*

ARTÍCULO ORIGINAL

Factibilidad económica del empleo de las herramientas de agricultura de precisión en la Empresa Pecuaria “Niña Bonita”

Economic feasibility using precision agriculture tools at the Cattle Enterprise “Niña Bonita”

Damián Lora Cabrera¹, Manuel Fernández Sánchez², Roberto Ramos González¹,
Armando Eloy García de la Figal Costales³

RESUMEN. En la actualidad los análisis de los costos de operación de la maquinaria agrícola no se realizan en toda su extensión, reflejándose en la mayoría de las entidades agropecuarias. El cálculo de estos costos debe realizarse lo mejor posible, dependiendo significativamente de los mismos los consumos de insumos (combustibles y lubricantes), los mantenimientos y reparaciones y la depreciación de los equipos. Para el resultado final de los gastos de explotación se asume un uso eficiente de trabajo de la maquinaria y un adecuado nivel en los parámetros de los portadores energéticos y cantidad de mantenimientos, los cuales se encuentra en muchos casos deteriorado. Con vistas a mitigar esta situación se introdujeron a modo de experimento en la Empresa Pecuaria “Niña Bonita” dos herramientas de la hoy conocida y extendida “agricultura de precisión”. El empleo de los GPS y SIG en la entidad provocó que disminuyeran los gastos de explotación de la maquinaria en 4,95%.

Palabras clave: costos operativos, portadores energéticos, eficiencia.

ABSTRACT. Nowadays, the analyses of the operating costs of the agricultural machinery do not come true at full length, reflecting in most agricultural organizations. The calculation of these costs must come true as good as possible, depending significantly on raw materials consumptions (fuels and lubricants), maintenances and repair and equipment depreciation. An efficient use of the machinery, an adequate level of energetic parameters and the amount of maintenances are assumed for the final result of operating expenses, which are deteriorated in many cases. In order to improve this situation, two tools the today acknowledged and extended precision agriculture were introduced experimentally at Cattle Enterprise “Niña Bonita”. The role play by GPS and SIG at the enterprise favored the diminishing of machinery’s operating expenses in 4,95%.

Keywords: operating costs, energetic bearers, efficiency.

INTRODUCCIÓN

Una empresa agropecuaria está conformada por los recursos naturales, humanos y de capital con que cuenta y los factores tanto externos como internos que condicionan la producción; donde la administración juega un papel muy importante en el control eficiente de los factores internos. Los decisores en este campo han de tener presente la máxima expresada por el General de Ejército Raúl Castro Ruz: “La batalla económica

constituye hoy, más que nunca, la tarea principal y el centro del trabajo ideológico de los cuadros, porque de ella depende la sostenibilidad y preservación de nuestro sistema social” (Castro, 2010).

El productor agrícola dentro de las dificultades económicas necesita reducir sus costos de producción con el fin de tornarse competitivo en la actividad agropecuaria. En las entidades, además de conocer los mecanismos para determinar

Recibido 29/02/11, aprobado 20/07/12, trabajo 50/12, artículo original.

¹ Ing., Inv. Agregado, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Carretera de Fontanar, km 2½, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba, Teléf.: (53) (7) 691-1038, 691-2665, 691 2533, E-✉: damian@iagric.cu

² M. Sc., Inv. Auxiliar, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, La Habana, Cuba.

³ Dr. C., Prof. Titular, Universidad Agraria de la Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Mayabeque, Cuba. CP: 32700.

los costos de producción, deben poseer un sistema que pueda señalar las faltas y los errores, posibilitando de esa manera realizar las modificaciones y ajustes necesarios para lograr mantener el camino de la eficiencia (De la Cruz, 2011; Marim, 2011).

La rectificación periódica de los índices de consumo de combustible y el control estricto de su empleo más el aprovechamiento de la jornada de trabajo y con la calidad requerida contribuirá al incremento de los rendimientos y a la disminución de los gastos de explotación, pero para ello se debe de contar con herramientas que sean capaces de monitorear con eficiencia y precisión cada uno de los parámetros a verificar (Brizuela *et al.*, 2005).

El empleo de la agricultura de precisión (AP) presenta un elevado costo, más alto que el de la maquinaria “tradicional”; sin embargo, a pesar de las limitaciones financieras que tiene nuestro país se puede lograr una agricultura más precisa que reporte mayores ganancias y menores afectaciones medio-ambientales. Esto se puede alcanzar, en un inicio, mediante la combinación de metodologías “tradicionales”, como las de estudios de suelos y de modernas herramientas, como los sistemas de posicionamiento global (GPS) y de información geográfica (SIG), y/o técnicas geoestadísticas que permitan un análisis de la estructura espacial de algunas de las propiedades de interés del suelo y el cultivo, dentro de ellas el rendimiento (Lowenberg-DeBoer, 2011).

El objetivo de este trabajo es demostrar cómo es factible económicamente, en las condiciones cubanas, la implementación de técnicas de AP como los GPS acompañado de un SIG.

MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en la Empresa Pecuaria “Niña Bonita” ubicada en el municipio Bauta, provincia Artemisa, durante los años 2006...2009, concentrándose la experiencia en la Unidad de Producción de Alimentos de Chirigota, la cual atiende toda la maquinaria de la empresa.

Los estudios se efectuaron a partir de la información recopilada en cuanto a: cantidad de horas trabajadas para la realización de las actividades pecuarias principales (tecnología de preparación de suelo, tecnología para el heno y el ensilaje y algunas actividades de servicio); combustible y lubricantes consumidos durante las distintas operaciones del proceso productivo; así como la cantidad de mantenimientos técnicos y reparaciones realizados a los equipos agrícolas, con y sin el empleo de las herramientas de AP.

Los datos recogidos fueron procesados utilizando los sistemas computarizados sobre Windows: AnaExplo para la obtención del déficit – superávit de la maquinaria agrícola y CartoSIG para el análisis de los datos suministrados por los monitores de a bordo.

Una vez procesada toda la información se determinaron los gastos directos de explotación para ambas variantes y la factibilidad económica de introducción de las nuevas herramientas (NC 34:38, 2003; Alvarado, 2004; ASABE, 2006).

Determinación de los gastos de explotación de la maquinaria agrícola

Uno de los costos directos variables de mayor incidencia en el costo total de la actividad agrícola, es el costo operativo de la maquinaria. El desconocimiento del mismo provoca una mala estimación de los costos totales de la actividad y probablemente ocasione en un futuro una descapitalización del productor, ya que no recupera a través de su producción los costos de mantenimiento y amortización del equipamiento (Freiheit, 2011). Los costos de operación de la maquinaria agrícola se componen de la sumatoria entre los costos fijos y los costos variables (Marrón, 2002). Para el estudio se valoraron como indicadores variables fundamentales los gastos de salario, de portadores energéticos y reparación/mnto; no teniéndose en cuenta los costos fijos y los gastos por concepto de renovación.

Los gastos de explotación (G_{de}) se obtienen a partir de la expresión siguiente:

$$G_{de} = G_S + G_A + G_R + G_C + G_O, \text{ peso} \quad (1)$$

donde:

G_S – salario del personal de servicio, peso;

G_A – gastos de renovación, peso;

G_R – gastos para la reparación general, corriente y servicio técnico periódico, peso;

G_C – gastos en combustibles y lubricantes, peso;

G_O – otros gastos de materiales auxiliares, peso.

Para el cálculo del gasto de salario (G_S) se utilizó la expresión:

$$G_S = \sum_{j=1}^K H_j P_j, \text{ peso} \quad (2)$$

donde:

H_j – cantidad de personal de servicio;

P_j – pago del personal de servicio, peso.

Para determinar los gastos de reparación/mantenimiento acumulados (G_R) se utilizó la expresión:

$$G_R = (RF1) P_m \left[\frac{h}{1000} \right]^{(RF2)}, \text{ peso} \quad (3)$$

donde:

RF1 y RF2 – factores de reparación y mantenimiento;

P_m – precio de compra de la máquina;

h – uso acumulado de la máquina, h.

Para el gasto de combustible y lubricante (G_C) se utilizó la expresión:

$$G_C = g_m P_C + 0,03 g_m P_L, \text{ peso} \quad (4)$$

donde:

g_m – cantidad de combustible gastado, L;

P_C – precio del combustible, peso/L;

P_L – precio del lubricante, peso/L.

Análisis de factibilidad económica de la investigación

Antes de efectuar la compra de cualquier equipo o maquinaria agrícola se debe de realizar un estudio de costo – beneficio

que determine la decisión a tomar. Esto significa que su compra está justificada únicamente si los beneficios que con ella se obtienen, son superiores a los gastos en que el productor incurrirá en su adquisición, operación y mantenimiento.

Para el análisis de la factibilidad económica del uso de las técnicas de AP se tuvieron en cuenta los precios de adquisición de los monitores de a bordo así como del equipamiento necesario para su montaje y los elementos que componen el sistema eléctrico de la maquinaria agrícola empleada; además de los gastos directos de explotación.

La economía anual de los gastos directos de explotación (E_{ag}) se calculó a partir de la siguiente expresión:

$$E_{ag} = G_{deb} - G_{dep}, \text{ peso} \quad (5)$$

donde:

G_{dep} , G_{deb} – gastos directos de explotación de la técnica nueva y la base respectivamente, peso.

La evaluación económica se realiza empleando las técnicas de presupuestación de capital o evaluación de proyectos de inversión que tienen en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, o sea, que ganan cierto interés o rendimiento al ser invertida, según la expresión:

$$F = P(1+r)^i, \text{ peso} \quad (6)$$

donde:

F – es el valor futuro de una cantidad presente (P) de dinero, peso;

r – tasa de interés fijada, fracción;

i – año para el cual se desea determinar el valor futuro de la cantidad presente.

El término $(1+r)^i$ se le denomina factor de interés compuesto. Esta técnica también se denomina como técnicas de valor descontado.

Los flujos de caja (valor presente de las cantidades futuras) son la diferencia neta entre los beneficios y los costos en cada uno de los años, reflejando el dinero real en caja.

Se calcula el Valor Actualizado Neto (VAN) de los flujos de caja, el cual da una medida de las ganancias que puede reportar el proyecto si el saldo entre los beneficios y los gastos es positivo. Se obtiene por la expresión siguiente:

$$VAN = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_{ci}}{(1+D)^i}, \text{ peso} \quad (7)$$

donde:

K_0 – inversión o capital inicial;

F_{ci} – flujo de caja en el año i, peso;

D – tasa de descuento real.

De forma general el Flujo de Caja se calcula:

$$F_{ci} = (I_i - G_i - D_{ep}) \left(1 - \frac{t}{100}\right) + D_{ep}, \text{ peso} \quad (8)$$

donde:

I – ingresos en el año i, peso;

G – gastos en el año i, peso;

t – tasa de impuestos sobre ganancia, %;

D_{ep} – depreciación del equipamiento o amortización de la inversión, peso.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es aquella que reduce a cero el Valor Actualizado Neto, o sea, representa el porcentaje o tasa de interés que se gana sobre el saldo no recuperado de una inversión, de forma tal que al finalizar el período de evaluación o vida útil, el saldo no recuperado sea igual a cero.

$$0 = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{F_{ci}}{(1+TIR)^i}, \% \quad (9)$$

Para la solución de esa expresión se requiere de un análisis iterativo para obtener el valor de la TIR.

El Período de Recuperación de la Inversión (PRI) es el tiempo en que se recupera la inversión inicial para una tasa de descuento D considerada. Se calcula como el momento para el cual el VAN se hace cero:

$$0 = -K_0 + \sum_{i=1}^{PRI} \frac{F_{ci}}{(1+D)^i}, \text{ peso} \quad (10)$$

Para obtener el valor del PRI se le van adicionando gradualmente a la inversión inicial los flujos de caja anuales hasta que el resultado sea igual a cero, que indica el momento en que se ha recuperado la inversión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el análisis de los gastos de salario se tuvo en cuenta la clasificación de la mano de obra por la actividad desempeñada, en: operadores agrícolas y obreros directos del taller. Para el cálculo salarial de los operadores agrícolas y obreros directos del taller se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros: salario (tarifa horaria, días efectivos en el mes y duración de la jornada), vacaciones, prestaciones a la seguridad social e impuesto por la utilización de la fuerza de trabajo. La cantidad de operadores se determinó a partir de los datos obtenidos por las tablas de salida del balance de maquinaria y el número de obreros directos del taller se calculó según la metodología elaborada por Fernández *et al.* (2011).

En la Figura 1 se representan los gastos totales de salario durante el período de estudio. Con la implementación de las técnicas de AP se reducen los costos por este concepto en un 5,9%, con un ahorro total de 51 884,90 peso en los años que abarcó la investigación.

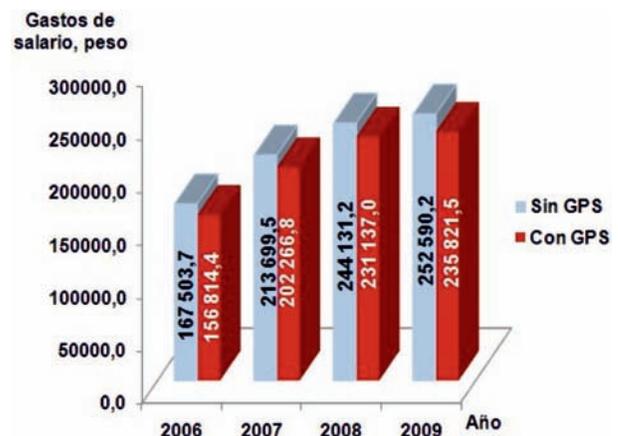


FIGURA 1. Gastos totales de mano de obra en la entidad agrícola.

En la Figura 2 se muestran los gastos totales de portadores energéticos, los cuales decrecieron en un 4,28% con la utilización de las técnicas de AP durante los cuatro años que abarcó el estudio, constituyendo un ahorro de 90 569,60 peso.

En la Figura 3 se representa el resultado de la cantidad de gastos totales por concepto de mantenimientos y reparaciones, tanto para la variante tradicional como para los equipos que tenían instalado las herramientas de AP. De la figura se aprecia como los costos son menores con la aplicación de las nuevas técnicas, decreciendo en un 9,92%, lo que representa un ahorro de 11 610,90 peso.

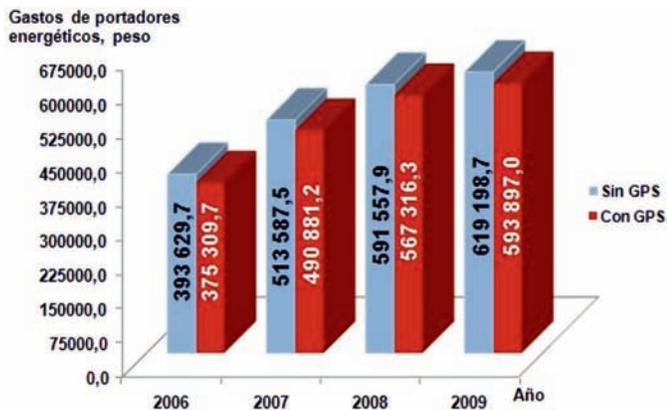


FIGURA 2. Gastos de portadores energéticos entre el período 2006...2009.

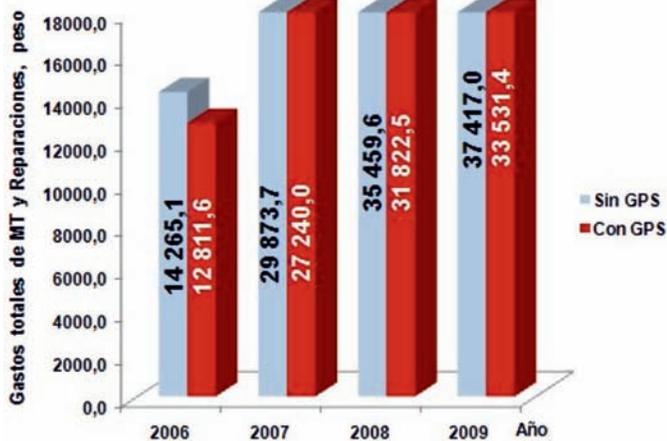


FIGURA 3. Gastos totales de los mantenimientos y reparaciones durante los cuatro años de estudio.

Los materiales gastados en cada uno de los MT se determinaron a partir de la cantidad de litros de aceite y filtros planificados, y su precio de compra. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 4, dando un ahorro de 5 303,00 peso por estos conceptos.

Con los resultados obtenidos de los gastos de salario, de combustibles y lubricantes, así como de las reparaciones generales y corrientes y servicios técnicos periódicos se determinaron los gastos directos de explotación durante los cuatro años de duración de la investigación, los cuales se reflejan en

la Figura 5. Los resultados alcanzados muestran un ahorro de **154 065,40 peso**, de ellos **102 180,50 peso CUC**, lo que equivale a un decrecimiento de **4,95%** en los gastos directos de explotación con la implementación de las técnicas de AP.

El monto total de la inversión para la utilización de las técnicas de AP en la empresa fue de 61 635,00 peso CUC, distribuidos de la siguiente manera: 42 230,00 peso CUC para el montaje de los monitores de a bordo y sus accesorios y 19 405,00 peso CUC para el funcionamiento correcto de todo el sistema eléctrico. El número de equipos agrícolas a los cuales se les instalaron los GPS fue de 36. Se tomó una tasa de descuento del 15% debido a que la fuente de financiamiento es desconocida, en Cuba existen dos fuentes de financiamiento: el Banco o el Organismo Central, escogiéndose en este caso el Banco cuya tasa máxima fue del 10% más un 5% de riesgo de la inversión, de esta forma se busca que la tasa de descuento fuera lo más alta posible para que de esa manera sea más confiable el resultado obtenido. No se tuvo en consideración a la empresa debido a que no se poseía la información y lo más cercano a lo exigido por la entidad en Cuba es la rentabilidad financiera (utilidad neta/inversión estatal), por lo que se acudió entonces a tomar la tasa de interés del banco como referencia.

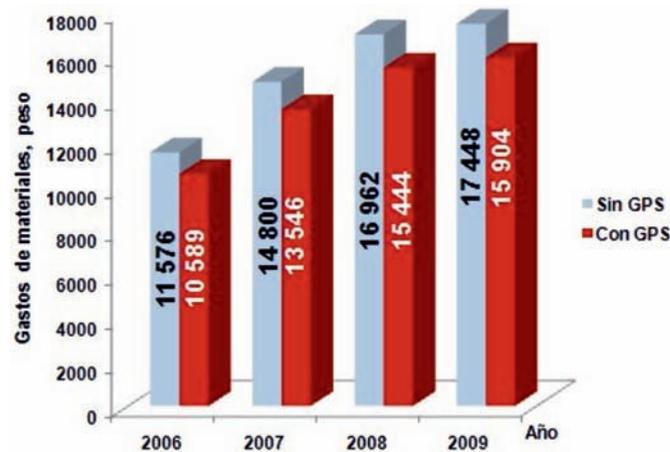


FIGURA 4. Gastos de materiales en los MT durante el tiempo de investigación.

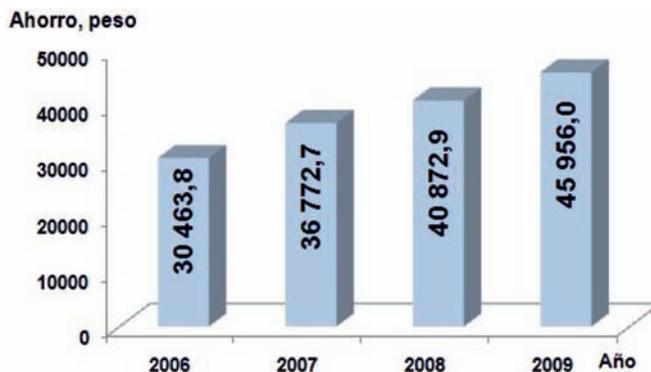


FIGURA 5. Ahorro alcanzado con el empleo de las técnicas de AP durante el período de estudio.

El estudio del índice de rentabilidad refleja lo factible de la inversión ya que los valores que se alcanzan son mayores que uno, es decir, por cada peso invertido se gana 1,15 peso de flujo de caja.

El análisis del valor actualizado neto muestra lo positivo de la inversión ya que la empresa hubiera incrementado su valor en 9 739 peso CUC.

El plazo de recuperación de la inversión se alcanza a los dos años y ocho meses y se decidió en esta investigación realizar el cálculo del plazo de recuperación descontado para tener en cuenta el valor del dinero en el tiempo y continuar con la lógica de ser lo más realista posible. El plazo de recuperación descontado resultó ser de tres años y cinco meses, demostrándose que aún teniendo en cuenta el valor del dinero en el tiempo, es factible la utilización de las herramientas de AP pues aunque se fue discreto en la duración de los años la inversión se recupera antes del tiempo estudiado que fue de cuatro años.

Normalmente un análisis de factibilidad debería considerar un análisis de riesgo utilizando técnicas como el análisis de sensibilidad y/o escenario que consiste en re-calcular los indicadores propuestos a partir de un movimiento en las variables que presentan mayor incertidumbre, no siendo considerado

dicho estudio en esta investigación pues como se ha dicho los datos utilizados fueron reales y no inciertos, por tanto sería muy útil aplicar este análisis para las evaluaciones de inversión futura. La aplicación de todas las técnicas propuestas así como la extensión del período analizado incrementará el impacto del resultado aquí demostrado.

CONCLUSIONES

Del estudio realizado se derivan las siguientes conclusiones:

- Los gastos de salario así como los costos de portadores energéticos y mantenimiento técnico/repares decrecieron en 5,90, 4,28 y 9,92% respectivamente;
- Con la utilización de las técnicas de agricultura de precisión se ahorró la unidad un total de 51 884,90 peso CUP y 102 180,50 peso CUC para una disminución de los gastos directos de explotación en 4,95%;
- La inversión se recupera en tres años y cinco meses, teniendo en cuenta el valor del dinero en el tiempo, lo que corrobora la factibilidad de la utilización de estas nuevas técnicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVARADO, A.: *Maquinaria y mecanización agrícola*, 570pp., Ed. Universidad Estatal a Distancia (EUNED), San José, Costa Rica, 2004.
2. ASABE: *Agricultural Machinery Management*, ASAE EP496.3 FEB 2006, American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE), ASABE STANDARDS USA, 2006.
3. BRIZUELA, M.; P. SOTTO; D. LORA y V. GUILBEAUX.: "Importancia de la rectificación periódica de los índices de consumo de combustible y los indicadores de productividad en el proceso agropecuario", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 14(3): 37-41, 2005.
4. CASTRO, R.: "Cuba no teme a la mentira ni se arrodilla ante presiones", *Granma* 2da. ed., La Habana, 5 de abril de 2010, ISSN 0864-0424.
5. DE LA CRUZ, J.: *Costos de maquinaria agrícola e implementos*, Facultad de Ciencias administrativas económicas y contables, Unidad Central del Valle del Cauca, Colombia, [en línea] 2011 Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos52/costos-agricolas/costos-agricolas.shtml> [Consulta: Octubre 11 2011].
6. FERNÁNDEZ, M.; L. SHKILIOVA y J. SUÁREZ.: *Talleres y asistencia técnica*, 91pp., Impresiones MINAG, La Habana, 2011.
7. FREIHEIT, A.: *Maquinaria agrícola: Costo operativo*, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Estación Experimental Agropecuaria Santa Cruz, [en línea] 2011, Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/santacruz/info/documentos/agri/MaquinariaAgricolaCostoOperativo.pdf> [Consulta: Noviembre 8 2011].
8. LOWENBERG-DEBOER, J.: *Precision farming overview*, 32pp., Site-Specific Management Center Purdue University, USA, [en línea] 2012, Disponible en: <http://www.agriculture.purdue.edu/ssmc/DTCworkshop.pdf> [Consulta: 23 Febrero 2012].
9. MARIM, J.: *Contabilidad Especial de la Agricultura*, [en línea] 2011, Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos40/contabilidad-agraria/contabilidad-agraria.shtml> [Consulta: Octubre 11 2011].
10. MARRÓN, G.: *Costos operativos de maquinaria agrícola. Pautas a tener en cuenta para el ahorro de combustible*, [en línea], junio 2002, Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/econo/analisis/costos.htm> [Consulta: Octubre 11 2011]. NC 34-38: 2003.: *Máquinas agrícolas y forestales. Metodología para la evaluación económica*, Vig. Febrero 2003.