

Evaluación del rendimiento del frijol con enfoque de agricultura de precisión

Evaluation of Bean Yields with a Focus on Precision Agriculture

MSc. Rosa Marina Castellanos-Dorado, rosy@uo.edu.cu; Lic. Yenila Cala-Jústiz, ycala@uo.edu.cu

Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba

Resumen

La presente investigación tuvo como finalidad la evaluación de los factores determinantes de los rendimientos del frijol en la UBPC “Juventud del futuro”. Para concretar dicho objetivo se diseñó y aplicó una metodología basada en métodos y técnicas econométricas y de gestión que aúna el Método Delphi, el Método MICMAC y el sistema informático SICEP. La aplicación de la metodología permitió un listado de los factores que determinan los rendimientos del frijol; el método MICMAC permitió identificar como factores claves a las atenciones culturales, lluvia, temperatura, porcentaje de población, calidad del suelo y calidad de la semilla. Entre los factores evaluados, las atenciones culturales resultaron ser el elemento de mayor peso en los rendimientos del frijol. La función de respuesta seleccionada, permitió la evaluación del peso específico de cada elemento sobre los rendimientos y presentó un nivel de precisión en la estimación de un 96,57 %.

Palabras clave: producción, rendimiento, agricultura de precisión, toma de decisiones.

Abstract

This research was aimed at the evaluation of the determining factors of bean yields in the Basic Agricultural Production Unit “Youth of the future”. To realize this objective is proposed and applied a methodology based on methods and econometric techniques and management that combines the Delphi method, the MICMAC method and computer system SICEP. The application of the methodology showed a list of the factors that determine bean yields, the MICMAC method allowed to identify as key factors to the attentions cultural, rain, temperature, percentage of population, soil quality and quality of the seed. Among the factors evaluated, attentions cultural proved to be the item with the highest weight in bean yields. The reply feature selected, allowed the assessment of the specific weight of each element on yields and introduced a level of precision in the estimates of a 96, 57%.

Keywords: production, performance, precision agriculture, decision making.

Introducción

En Cuba, el frijol común es un cultivo estratégico, pues permite paliar el déficit de proteínas en la dieta alimentaria que constituye uno de los principales problemas de los países tropicales y del cual la isla no está exenta (Instituto de Investigaciones de Granos, 2013).

Por tal motivo, la política agroindustrial vigente en el país plantea la necesidad de asegurar el cumplimiento de los programas de producción de frijol y refleja la necesidad de perfeccionar las políticas y mecanismos que impulsen un incremento sostenido de la producción y los rendimientos del frijol (PCC, 2011).

Sin embargo, los rendimientos del frijol aún son bajos y la producción nacional es insuficiente y no satisface la demanda interna, lo que conlleva a que el país tenga que erogar cuantiosas sumas para la importación de este producto.

Santiago de Cuba no está ajena a esta realidad. La situación de la producción de frijol en la provincia puede clasificarse como compleja pues es la segunda región más densamente poblada del país, muestra uno de los volúmenes más bajos de producción de esta leguminosa y los rendimientos del cultivo son bajos. Por otro lado, no cuenta con una tradición frijolera comparable con otras zonas del país y del Oriente, además las condiciones edafoclimáticas del territorio no son las óptimas para su siembra. Ello no implica que no existan localidades que exhiban potencialidades para el desarrollo de este cultivo, como es el caso de Contramaestre (Empresa Agroindustrial de Granos de la provincia Santiago de Cuba, 2014).

El municipio Contramaestre fue escogido para impulsar la producción de frijol en la provincia, razón por la cual el Ministerio de Agricultura puso a disposición de algunas Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC) una serie de condiciones técnico-materiales que contribuyeran al logro de este objetivo.

No obstante, la aplicación de la tecnología al proceso productivo debe ir aparejada con la planificación óptima de la cosecha y de los recursos materiales, financieros y humanos que dicho proceso demanda. Para ello se hace necesario, en primera instancia, la evaluación de los elementos determinantes del rendimiento del frijol, información que viabilizará la estimación de los rendimientos por unidad. Aunque el perfeccionamiento de la cuantificación de los rendimientos por sí solo no influye directamente en el incremento de los rendimientos, pone de manifiesto la incidencia

de los factores productivos sobre los mismos; para así poder determinar el potencial productivo de la entidad.

Sin embargo, la práctica permite constatar que en las UBPC del municipio Contramaestre los estimados de la producción de frijol, históricamente, se han calculado basado en métodos empíricos; además, no cuentan con herramientas científicas que permitan la evaluación de los factores que inciden sobre los rendimientos y la estimación de la cosecha, para contribuir a la asignación óptima de los factores productivos. También en varias ocasiones existe una marcada diferencia entre las cifras planeadas y las reales. Lo anterior justifica que el presente artículo tenga como objetivo: evaluar los factores determinantes de los rendimientos del frijol en el corto plazo, en la UBPC “Juventud del futuro”.

Fundamentación teórica

En la década de los años sesenta del pasado siglo, el auge de la agricultura de altos insumos permitió que se duplicara el rendimiento de distintos cultivos, siendo responsable de este incremento el uso de semillas mejoradas de variedades de alto rendimiento, el riego, los fertilizantes y otros agroquímicos.

Independientemente de que la aplicación de estas prácticas de manejo agronómico lograra el incremento del rendimiento de los cultivos, también implicaba una gran vulnerabilidad de los sistemas agrícolas –a causa de la alta dependencia de los insumos– un elevado costo medioambiental y el uso ineficiente de los recursos debido al empleo de referenciales tecnológicos de manera uniforme en extensas regiones, donde existen marcadas diferencias en las condiciones ambientales.

Por tanto, era imperante la adopción de un enfoque integral de manejo agrario sostenible que comprendiera una equilibrada combinación de tecnologías, políticas y actividades, basada en principios económicos y consideraciones ecológicas, a fin de mantener o incrementar la producción agrícola en los niveles necesarios para satisfacer las crecientes necesidades y aspiraciones de la población mundial en aumento, pero sin degradar el ambiente.

El desarrollo de una serie de tecnologías en áreas distintas a la agronomía (la estadística, la informática, la electrónica y la mecánica) permitieron el surgimiento de una nueva filosofía que superara las limitaciones de las prácticas agronómicas tradicionales. Esta nueva forma de gestión del proceso agrícola es conocida como la Agricultura de Precisión.

A continuación, algunas definiciones de varios autores:

1. Sistema de producción que se basa en la integración de la información y la producción. Está diseñado para sitios específicos y la unidad completa de producción, a objeto de incrementar en el largo plazo, la eficiencia, productividad y margen de ganancia, minimizando los indeseados impactos sobre el ambiente (Bill, 1996).
2. Una derivación del concepto de Agricultura de Precisión es el Sistema de Producción Preciso (*Precision Farming*, PF), que significa la captura y control de la información agronómica para satisfacer las necesidades de lotes individuales, en lugar de las necesidades promedio de todos los lotes (Doerge, 2000).
3. Aunque la práctica del manejo agronómico bajo los principios de la agricultura de precisión está mayormente asociado a su primera vertiente: el uso intensivo de la tecnología de punta en función del proceso agrícola (Bragachini, 2003).
4. El Centro de Agricultura de Precisión de la Universidad de Purdue, en Estados Unidos, indica que es “hacer lo adecuado, en el momento indicado y en el sitio correcto”. La Agricultura de Precisión como Herramienta de Manejo Sitio Específico de Factores de Precisión (Lowenberg-DeBoer, 2010).
5. La filosofía de precisión de Ovalles (2006) rescata el manejo de los sistemas de producción en función de las condiciones locales existentes.

En la literatura especializada la Agricultura de Precisión ha sido definida de diversas formas, coincidiendo los autores en que las variables que caracterizan la misma son:

- a) La integración de la información y la producción para recopilar información en tiempo real sobre lo que sucede o puede suceder en los suelos y en los cultivos.
- b) La variabilidad espacial y temporal de los aspectos de la producción.
- c) Empleo de métodos y herramientas tecnológicas, destacándose la tecnología de punta.
- d) La cantidad correcta de insumos, haciendo lo adecuado, en el momento indicado y en el sitio correcto, en función de las condiciones locales existentes.

- e) Atiende en forma diferenciada todos los factores de producción de acuerdo a las características específicas de cada sitio.
- f) La toma de decisiones asociadas a la producción de cultivos.
- g) El incremento de los rendimientos, de la ganancia, la productividad, la eficiencia, con la disminución de costos de producción, y la reducción de los impactos ambientales.

Atendiendo a estas variables la Agricultura de Precisión se define como un sistema que se fundamenta en la integración de la información, la tecnología y la producción, a partir de la variabilidad espacial y temporal, considerando el factor material y social de la misma, en un entorno local, a fin de tomar decisiones para incrementar los rendimientos, la eficiencia, la productividad, disminuyendo los costos y minimizando el impacto ambiental negativo.

Bajo esta óptica, a diferencia de la agricultura tradicional, se aleja, en lo posible, de los manejos fijos y tiende a la aplicación de prácticas agronómicas tales como fertilización, control de malezas, control de plagas y enfermedades, de forma variable en el tiempo y sobre el lote de producción, en función del análisis de la información recolectada. Igualmente, tiene en cuenta la diversidad de los agroecosistemas, puesto que varía de acuerdo con el cultivo, la condición agroecológica y el sistema de producción

Por otra parte, incentiva el uso eficiente de los insumos, busca la mejora económica con el menor impacto en el ambiente e impulsa al productor a llevar registros cada vez más detallados y confiables para la toma de decisiones en cuanto al manejo de los lotes de producción.

El aporte fundamental de la Agricultura de Precisión está relacionado con el convencimiento de que existe una variabilidad importante en las condiciones agroecológicas bajo las cuales se desarrollan los distintos tipos de sistemas de producción, y la relación existente entre la variabilidad de los recursos y los rendimientos obtenidos. Por ello, uno de los primeros pasos es tratar de separar distintas condiciones agroecológicas, creándose unidades relativamente homogéneas desde el punto de vista de los usos agrícolas y requerimientos de manejo.

El potencial de la Agricultura de Precisión es el de reducir los costos de producción, aumentar la productividad y la optimizar el uso de los insumos. Para lograr este fin han sido de gran utilidad las herramientas de la econometría. Dentro de las técnicas

estadísticas más comúnmente aplicadas en la agricultura para la evaluación de tratamientos de insumos y prácticas agrícolas están el diseño experimental de bloques completos aleatorizados y los modelos econométricos para la respuesta sitio-específica del cultivo con respecto a sus factores determinantes utilizando estimadores de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO).

Métodos utilizados

La metodología se llevó a cabo en la UBPC “Juventud del futuro” del municipio Contramaestre, provincia Santiago de Cuba, consta de cuatro etapas que a continuación se refieren:

- a) Listado de los factores determinantes de los rendimientos del frijol, con la aplicación del método Delphi.
- b) Identificación de los factores claves para la determinación de los rendimientos del frijol, con la utilización del método MICMAC (Matriz de Impacto Cruzado Multiplicación Aplicada para una Clasificación). El método consta de tres fases que consisten en: listado de variables, descripción de la relación entre las variables, identificación de las variables claves con el MICMAC.
- c) Uso del enfoque econométrico para hallar una función de respuesta que permita la evaluación de los factores determinantes de los rendimientos del frijol. Esta etapa consta de dos fases: la aplicación del algoritmo para la construcción de modelos econométricos y la utilización del Sistema Informático para el Cálculo de Estimados de Producción y Servicios (SICEP) para encontrar una función de respuesta que describa la relación de dependencia entre el rendimiento del frijol y sus componentes.
- d) Validación de la función de respuesta. Para comprobar el nivel de precisión de la función de respuesta obtenida se pueden introducir al programa datos de años anteriores. A partir del rendimiento estimado se podrá calcular el volumen de producción, para ser comparado con la producción planeada y real que se obtuvo en ese año, o predecir el rendimiento para la campaña venidera y verificar el nivel de exactitud del pronóstico.

Resultados y discusión

Para elegir a los expertos se trabajó con un grupo potencial de once personas. De acuerdo a los resultados obtenidos en el Coeficiente de Competencia, todos los

especialistas consultados clasificaron como expertos, pues sus coeficientes de competencia son mayores o iguales que la norma generalmente aceptada de 0,8.

El listado de variables que, a consideración de los expertos, influyen en el rendimiento del frijol en la UBPC “Juventud del futuro” son:

- Calidad de la semilla
- Calidad del suelo
- Lluvia
- Porcentaje de población
- Variedad
- Incidencias de los factores bióticos
- Atenciones culturales

La aplicación del método MICMAC permitió identificar como los elementos más motrices o factores claves del sistema a atenciones culturales, lluvia, temperatura, porcentaje de población, calidad del suelo y calidad de la semilla.

Para cuantificar la calidad del suelo, de la semilla y de las atenciones culturales fue necesario adoptar una escala que permitiera expresarlas numéricamente. La escala para medir la calidad del suelo se correspondió con la utilizada para medir la aptitud agrícola y la de las semillas con las categorías empleadas para clasificarlas. De modo que la calidad del suelo puede medirse con valores entre 1 y 3 –1 es baja, 2 es media y 3 es alta– y la calidad de la semilla evaluarse con valores entre 1 y 5 –la semilla mejorada es 1, la semilla básica es 2, la semilla registrada es 3, la semilla fiscalizada es 4 y la semilla certificada es 5.

En el caso de las atenciones culturales se propuso una escala entre 0 y 10 puntos, atendiendo la realización de las diversas actividades de manejo agronómico, en tiempo y bajo las normas tecnológicas establecidas.

La escala propuesta fue sometida a consideración de los expertos, a través de una encuesta, cuyos criterios permitieron el cálculo del coeficiente de concordancia de Kendall para definir si existe unidad de opinión en cuanto a la validez de escala. El valor final de la W de Kendall fue de 0,985, lo que muestra una alta concordancia entre los expertos, y por ende, permite validar la escala propuesta.

Para completar la información de partida se requiere, en primera instancia, la identificación de la cuantía y características de cada uno de los agroecosistemas que

conforman la extensión donde se cosecha frijol en la UBPC “Juventud del futuro”. El resultado de esta fase mostró que las plantaciones de frijol están concentradas en un agroecosistema homogéneo cuyas particularidades se describen en la tabla 1.

Tabla 1: Ficha del agroecosistema

Nombre de la Empresa Agropecuaria: Empresa Agropecuaria “Laguna Blanca”		
Nombre de la Entidad: UBPC “Juventud del futuro”		
No. del agroecosistema: 5		
No.	Elementos	Características
1	Vegetación	No existe
2	Suelo	Pardos carbonatados
3	Área	22 ha
4	Profundidad del suelo	± 25 cm
5	Pendiente	Llano
6	Clasificación de la tierra	Fértil
7	Pedregosidad	No hay pedregosidad
8	Cultivo	Hortalizas, viandas y frijol
9	Variedades que se siembran	BAT 93, Güira 89
10	Aptitud agrícola	Media
11	Temperatura	19° a 31°
12	Evaporación	Media
13	Precipitación	Irregulares
14	Técnicas de preparación de la tierra	Laboreo Mínimo
15	Plantación	Temporales
16	Fertilización	Mecanizada
17	Limpia	Manual
18	Herbidas	Manual
19	Drenaje	Bueno
20	Sistema de recolección	Manual y mecanizado
21	Control Integral de Malezas	Químico y manual
22	Período de maduración	80-90 días

La caracterización del agroecosistema conllevó a la exclusión de tres de las variables seleccionadas en la segunda etapa: la lluvia, la calidad del suelo y la calidad de la semilla. La lluvia es descartada del análisis teniendo en cuenta que durante toda la campaña las plantaciones se encuentran bajo riego con máquinas de pivot central, que aplican las dosis de agua requeridas en las diversas etapas de desarrollo del cultivo. En el caso de la calidad del suelo y de la semilla fueron suprimidas puesto que en la totalidad de las plantaciones de frijol existen suelos pardos carbonatados con aptitud agrícola media y, en cada campaña, se utilizan semillas certificadas.

Por otra parte, la variedad de frijol seleccionada para realizar el estudio fue la BAT-93, de la especie *Phaseolus vulgaris L.*, pues es la que más se cultiva por los altos rendimientos que brinda, la alta adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas,

presenta gran resistencia a la incidencia de los factores bióticos y es una de las variedades que se encuentra dentro de las preferencia de los consumidores.

La UBPC “Juventud del futuro” no posee una serie histórica de la producción de frijol, puesto que la entidad emprendió el cultivo de esta leguminosa en grandes extensiones a partir del año 2012. Ello implica que fue necesaria la identificación de los valores mínimos y máximos de las variables involucradas en el análisis para la generación de un bloque de datos aleatorios, a partir del cual se pueda obtener la función de respuesta deseada.

Una vez introducida la información, el software SICEP generó el bloque de números aleatorios a partir del cual se probaron la función lineal, la logarítmica, la semilogarítmica y la doble logarítmica. Las pruebas estadísticas realizadas permitieron escoger la función de respuesta lineal para la variedad BAT-93.

Tabla 2: Información de partida para la generación de datos aleatorios

Nombre de la Empresa Agropecuaria: Empresa Agropecuaria “Laguna Blanca”								
Nombre de la Entidad: UBPC “Juventud del futuro”								
No. del agroecosistema: 5								
Variedad	Rendimiento (t/ha)		Población (%)		Temperatura (C°)		Atenciones culturales (ptos)	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
BAT-93	1	2	70	96	19	31	5	9

Los resultados se muestran en el siguiente reporte:

Reporte: Resumen Estadístico General

Nombre de la Empresa: Laguna Blanca

Tipo: Cultivos Varios

Finca: 1

Bloque: 2

Cultivo/ Especie/ Variedad: frijol/ Phaseolus Vulgaris/ BAT-93

Agroecosistema: 5

Variabes:

y: Rendimiento

x_1 : Porcentaje de población

x_2 : Temperatura

x_3 : Atenciones culturales

Significación: 0,05

Curva: Lineal

Ecuación de Regresión: $y = B_0 + B_{1_1}(x_1) + B_{1_2}(x_2) + B_{1_3}(x_3)$

Hipótesis:	Significación	Homos.	Aleatoriedad	Normalidad		
Prueba:	--Fisher--	--White--	--Rachas--	--- Test K-S ---		
R ²	Std Error	Pvalor	Pvalor	Pvalor	Calc	Tabla
0,9506	0,095518	0,0000	0,1959	0,4861	0,0843	0,0880
Decisión:	Aceptar	Aceptar	Aceptar	Aceptar		
	la curva	homos.	aleatoriedad	normalidad		

Análisis de Coeficientes

Coeficiente	Valor	B Est.	Pvalor	Significación
B ₀	0,056083		0,0000	Significativo
B _{1_1}	0,003883	0,098027	0,0435	Significativo
B _{1_2}	-0,059878	-0,136660	0,0000	Significativo
B _{1_3}	0,184220	0,144507	0,0005	Significativo

Ecuación de Regresión para la Homocedasticidad:

$$E^2 = b_0 + b_{1_1}(x_1) + b_{1_2}(x_2) + b_{1_3}(x_3) + b_{2_1}(x_1^2) + b_{2_2}(x_1x_2) + b_{2_3}(x_1x_3) + b_{2_4}(x_2^2) + b_{2_5}(x_2x_3) + b_{2_6}(x_3^2)$$

Análisis de Coeficientes para Homocedasticidad

Coeficiente	Valor	Pvalor	Significación
b_0	-0,014702	0,9923	No Significativo
b_{1_1}	0,018621	0,1063	No Significativo
b_{1_2}	-0,027241	0,6715	No Significativo
b_{1_3}	-0,111903	0,4166	No Significativo
b_{2_1}	-0,000120	0,0863	No Significativo
b_{2_2}	0,000030	0,8602	No Significativo
b_{2_3}	-0,000032	0,9003	No Significativo
b_{2_4}	0,000287	0,6609	No Significativo
b_{2_5}	0,001647	0,6295	No Significativo
b_{2_6}	0,005156	0,1501	No Significativo

La función de respuesta lineal para la variedad BAT-93 presenta un coeficiente de determinación que indica que la variable dependiente es explicada en un 95,06 % por las variables independientes introducidas en el análisis, corroborando la relación de dependencia de los rendimientos del frijol con el porcentaje de población, la temperatura y las atenciones culturales. El análisis de los coeficientes de la regresión indica que:

- El valor de B_0 expresa que, si las variables independientes tomaran valor cero, el rendimiento del frijol en la UBPC “Juventud del futuro” será de 0,056 08 t/ha.
- El valor de B_1 expresa que por cada unidad porcentual en que se incremente el porcentaje de población, manteniéndose el resto de las variables constante, el rendimiento del frijol en la UBPC “Juventud del futuro” se incrementará en 0,003 883 t/ha.
- El valor de B_2 expresa que por cada grado Celsius en que se incremente la temperatura, manteniéndose el resto de las variables constante, el rendimiento del frijol en la UBPC “Juventud del futuro” disminuirá en 0,059 878 t/ha.

- El valor de B_3 expresa que por cada punto en que se incremente las atenciones culturales, manteniéndose el resto de las variables constante, el rendimiento del frijol en la UBPC “Juventud del futuro” se incrementará en 0,184 220 t/ha.

El análisis de los coeficientes estandarizados concluyó que el nivel de jerarquía entre los factores determinantes de los rendimientos indica que la variable de mayor peso es las atenciones culturales, seguida de la temperatura y el porcentaje de población. Como el valor de beta estandarizado es una medida de la intensidad con que cada predictor influye en la variable dependiente y es valorado en unidades de desviación estándar, que el coeficiente estandarizado asociado a las atenciones culturales tenga valor 0,144 507 significa que un cambio en una unidad estándar de las atenciones culturales resulta un cambio de 0,144 507 unidades estándar en los rendimientos del frijol.

Para confirmar el grado de precisión de la función de respuesta seleccionada se tomaron los valores de las variables independientes correspondientes a la campaña de 2014, finalizada en el mes de febrero, y se procedió a la estimación de los rendimientos.

Tabla 3: Proyección del rendimiento para la campaña 2014

Variedad BAT-93	Rendimiento (t/ha)	Población (%)	Temperatura (C°)	Atenciones culturales (ptos)
	1,54	93	27,1	8

El rendimiento del frijol proyectado para el agroecosistema 5 en la campaña de 2014 fue de 1,54 t/ha, teniendo en cuenta que dicho agroecosistema es de 22 ha el volumen de producción frijol estimado para 2014 fue de 33,8 t. El plan de producción de la UBPC “Juventud del futuro” para la campaña de 2014 fue de 30 t y el real cosechado ascendió a las 35 t, por lo que la estimación para la campaña de 2014, mediante la función de respuesta seleccionada presentó un nivel de precisión de un 96,57 %.

Conclusiones

1. *La aplicación de la metodología, basada en métodos y técnicas econométricas, ha dotado de rigor científico al proceso de evaluación de los rendimientos del frijol, posibilitando la realización de un análisis de sensibilidad de los rendimientos ante los elementos que lo determinan, lo*

2. *La utilización de modelos econométricos posibilita adecuar de forma rápida cualquier cambio que tenga lugar en el conjunto de variables y variedades a analizar o cambios en los parámetros del sistema.*
3. *La aplicación de la metodología propuesta podría influir en la gradual elevación de los niveles cultural y técnico de los trabajadores responsabilizados con esta tarea. De igual forma, al incidir en el incremento de los rendimientos en las unidades objeto de estudio y en el mejoramiento de la eficiencia, permitiría elevar los niveles de rentabilidad y con ello ampliar la participación de los trabajadores en el proceso de estimulación.*

Referencias bibliografía

1. Bill, F. (1996). Sistema de información agrícola nacional. Recuperado el 18 de febrero de 2015, de www.nrcs.usda.gov/programs/farmbill/1996/MiscFB.html
2. Bragachini, M. (2003). Agricultura de precisión. Recuperado el 20 de febrero de 2015, de www.scanterra.com.ar/agricultura_precision_inf.html
3. Doerge, T. A. (2000). Management Zone Concepts. Potash & Phosphate Institute, SSMG-2. Recuperado el 2 de marzo de 2015, de [http://www.ipni.net/publication/ssmg.nsf/0/C0D052F04A53E0BF852579E500761AE3/\\$FILE/SSMG-02](http://www.ipni.net/publication/ssmg.nsf/0/C0D052F04A53E0BF852579E500761AE3/$FILE/SSMG-02)
4. Empresa Agroindustrial de Granos (2014). *Plan de Desarrollo Integral de Contramaestre*. Santiago de Cuba, Cuba.
5. Instituto de Investigaciones de Granos. (2013). Guía técnica para el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). La Habana: Editora Agroecológica.
6. Lowenberg-DeBoer J. (2010). *La Agricultura de Precisión como Herramienta de Manejo Sitio Específico de Factores de Precisión*, INTA Manfredi. Universidad de Purdue. Recuperado el 2 de marzo de 2015 de http://agrarias.tripod.com/agricultura_precision.htm
7. Ovalles V., F. A. (2006). Introducción a la Agricultura de Precisión. *Revista Digital Ceniap Hoy 12*, septiembre-diciembre 2006, Maracay, Aragua, Venezuela. Recuperado el 2 de marzo de 2015, de http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n12/arti/ovalles_f.htm
8. Partido Comunista de Cuba (2011). *Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución V Congreso del PCC*. La Habana: Editorial Política.