

Influencia de la broca (*Hypothenemus hampei*) y de las atenciones culturales en el rendimiento del café

Influences of the Drill (Hypothenemus hampei) and the Cultural Attentions in the Coffee Yield

Dr. C Raimundo Juan Lora-Freyre; Lic. Rubén Guillermo Pellicer-Durán

lora@eco.uo.edu.cu; ruben.pellicer@eco.uo.edu.cu

Centro de Estudios de Investigaciones Económicas Aplicadas (CEIA); Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Oriente, Cuba

Resumen

El trabajo que aquí se presenta forma parte del proyecto de innovación tecnológica denominado "Perfeccionamiento de los procesos de producción de alimentos en unidades empresariales de base (UEB), de la provincia Santiago de Cuba". Se desarrolló en la Empresa Agropecuaria y Forestal "Sierra Cristal" del municipio II Frente. El objetivo es determinar el efecto que en los rendimientos del café tienen factores tales como la plaga denominada broca y las atenciones culturales. El cumplimiento del objetivo antes referido se logra a través de la utilización de técnicas econométricas. Como resultados, se obtiene la evaluación del peso que tienen en los rendimientos los factores estudiados. Se pudo mostrar que en la organización del proceso de producción de café existen márgenes para el incremento de la producción que pudiese llegar a ser de 4 786,21 toneladas (t), lo cual representa un incremento de un 25,11 % con respecto a la producción actual.

Palabras clave: técnicas econométricas, rendimiento cafetalero, sistema informático.

Abstract

This work which is here presented is a part of the technologic innovation on project called "Enhancement of the processes of production of foods in Base Enterprise Units (UEB in Spanish) of province of Santiago de Cuba". The work was performed in Empresa Agropecuaria y Forestal "Sierra Cristal" Segundo Frente. The aim of this work is to determine the effect that influences negatively of the coffee beans outputs which are affected by the so called Broca plague and cultural attentions. The accomplishment of the objective mentioned above is achieved through the use of econometric techniques. As a result, the evaluation obtained indicates the importance that the factors studied have on the outputs. It could be shown that in fabrication process there exist margins of the production which in current conditions could ascend to 4 786,21 tons (t), which represents an increment of 25,11 % with respect to the current production.

Keyword: econometric techniques, coffee beans outputs, computerizing system.

Introducción

Cuba ha sido, desde la introducción del cultivo del café, en el siglo XVIII unos de los principales productores mundiales. El crecimiento fue constante hasta lograr a mediados del siglo XIX un papel protagónico, al convertirse en 1833 en líder mundial de este renglón. En la siguiente tabla se muestran los niveles de producción en los siglos XVIII y XIX:

Tabla 1: Producción de café en Cuba. Siglos XVIII y XIX

AÑOS	TONELADAS
1790	84,1
1805	788,3
1820	7 796
1830	20 439,6
1833	29 513,1

Fuente: Revista Cuba-Café/99.

En la actualidad, Cuba no aparece entre los principales exportadores ni productores.

Tabla 2: Lista de los diez principales productores de café verde

PAÍS	TONELADAS
Colombia	17 000 000
Brasil	13 580 000
Vietnam	11 400 000
Indonesia	2 770 554
Etiopía	1 705 446
México	772 000
India	954 000
Perú	677 000
Guatemala	568 000
Honduras	370 000
Resto del mundo	7 742 675
PRODUCCIÓN MUNDIAL	57 539 675

Fuente: Organización de Agricultura y Alimentación de las Naciones Unidas: Departamento Económico y Social. Año 2012.

¹ Lineamiento de la política económica y social del partido y la revolución. 18 de abril de 2011.

² *Ibidem.*

En Cuba, en los últimos 30 años, los niveles de producción de café mostraron una sensible baja, por lo que las instituciones importadoras se han visto en la necesidad de invertir cerca de 50 millones de dólares en compras para el consumo nacional. Es decir, que de una situación tradicional de país exportador se ha pasado a la de importador.

Cuba necesita producir, para no tener que importar, no menos de 29 000 toneladas (t) de grano limpio.

En el Lineamiento N° 134 de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución se establece:

(...) las entidades económicas en todas las formas de gestión contarán con el marco regulatorio que propicie la introducción sistemática y acelerada de los resultados de la ciencia, la innovación y la tecnología en los procesos productivos y de servicios, teniendo en cuenta las normas de responsabilidad social y medioambiental establecidas (...)¹

Por otro lado en el Lineamiento N° 15 puede leerse: "El Perfeccionamiento Empresarial se integrará a las políticas del Modelo Económico a fin de lograr empresas más eficientes y competitivas..."²

Como se puede apreciar, las acciones que se desarrollan en el presente trabajo acusan actualidad, pues están a tono con las direcciones principales establecidas por el gobierno cubano.

Ante esta situación se ha comenzado a desarrollar un programa de acciones encaminado a la recuperación cafetalera, con el objetivo de renovar e incrementar las áreas dedicadas a este cultivo y mejorar el proceso organizativo.

La tendencia de la producción cafetalera en el municipio Segundo Frente es descendente, al igual que en el contexto nacional.

Tabla 3: Producción anual promedio por década (1971-2012), en el municipio Segundo Frente

Período	Toneladas
1971-1980	106 399
1981-1990	86 558
1991-2000	69 010
2002-2010	33 182
2003-2012	30 342

Fuente: Revista *Cuba-Café*/99.

Existen varios elementos que mantienen una influencia negativa de forma directa en que los rendimientos del café sean bajos. Se citan a continuación los siguientes:

- Nivel de enyerbamiento alto.
- Deficiente manejo en la regulación de sombra, poda y deshije de café.
- Alto porcentaje de despoblación en los cultivos.
- Plantaciones envejecidas.
- Comportamientos de factores climáticos.
- Alto nivel de afectación de broca y otras plaga.

La empresa ha cumplimentado sus planes de producción, pero esto se ha debido fundamentalmente a que los programas de producción se han confeccionado teniendo en cuenta los bajos niveles de rendimiento por área, así como las dificultades confrontadas con la entrega de tierra a productores individuales, quienes no tributan el 100 % de su producción.

El proceso de planificación se desarrolla sin un sustento científico. Se basa fundamentalmente en el empirismo. Estos elementos han estado incidiendo en los bajos niveles de producción, así como en sus rendimientos.

El nivel de afectación del café por la broca en la Empresa Agropecuaria y Forestal "Sierra Cristal" Segundo Frente, es alto (oscila entre un 19 y 27 %), así como las atenciones culturales no alcanzan los niveles deseados, lo que incide en los bajos niveles de producción, así como en el deterioro de los principales indicadores económicos y financieros, además de la insatisfacción de la demanda. En la empresa no existen técnicas que permitan conocer la medida en que inciden las plagas y los niveles de atenciones culturales en el rendimiento del café.

El objetivo se orienta hacia la determinación del efecto que tienen las plagas y las atenciones culturales en los rendimientos del café.

La Broca en el café

La Broca en el café (*Hypothenemus hampei*) es un coleóptero curculiónido originario de África, del tamaño de la cabeza de un alfiler. Es conocido por ser la plaga que más daño causa a los cultivos de café a nivel mundial.³ Entre los nombres vulgares de este insecto resaltan el de *broca del fruto del cafeto*, *barrenador del café*, *gorgojo del café*, *broca del café* y *taladro de cerezas del cafeto*.

Fue introducida en Cuba en 1995. Desde entonces hasta la fecha ha generado grandes pérdidas económicas, afectando el rendimiento del cultivo, la calidad del café, la economía del productor y del igual forma la del país, al disminuir los volúmenes de café exportables. Produce el daño al atacar la cereza y reproducirse internamente en el endospermo, puede causar la pérdida total del grano y en muchos casos, la caída prematura de los frutos.

Los directivos de la empresa refieren que varios aspectos han dificultado un mayor éxito en el manejo de la broca, entre los que se encuentran, fundamentalmente:

³ J. Jaramillo; C. Borgemeister; P. Baker. Coffe berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae): searching for sustainable control strategies. *Bulletin of Entomological Research*, 2006, N° 96, p. 223-233.

1. Aplicación incorrecta de las medidas establecidas para el manejo integrado de la broca.
2. Inadecuada aplicación y organización de la logística y las actividades.
3. Falta de calidad y eficiencias en las acciones que se han ejecutados.
4. Mala calidad de la recolección.
5. No atención o eliminación de las áreas abandonadas.
6. Ineficiencia en la aplicación de la agrotécnica.
7. Baja aplicación de la lucha biológica.
8. Deficiencia en la determinación del índice de infestación.
9. Falta de capacitación a los productores y del personal técnico.

Atenciones culturales

Las atenciones culturales son actividades fundamentales en la producción del café, ya que estas inciden directamente en el rendimiento. En los últimos diez años los niveles de atenciones culturales en el cultivo del café han sido muy bajos, lo que repercute en los bajos rendimientos obtenidos, pues no se realizan con la calidad requerida.

Pueden considerarse atenciones culturales las siguientes:

1. Limpia al cultivo.
2. Regulación de sombra.
3. Poda.
4. Deshije.
5. Fertilización.
6. Saneamiento.
7. Control fitosanitario.

Programa de recuperación cafetalera

Ante esta situación se ha indicado por las más altas instancias gubernamentales la necesidad de lograr la recuperación cafetalera, incrementando las áreas dedicadas a este cultivo, así como, incorporando sistemas organizativos que

incrementen la eficiencia económica de las entidades productoras. En el municipio Segundo Frente se desarrolla un proceso de trabajo con los productores para transformar las áreas que muestran condiciones óptimas para el cultivo del café en el período de 2010-2015 y lograr a partir del año 2015, 1 200 toneladas de café oro.

El resultado del trabajo y compromiso individual con cada productor dio como resultado la posibilidad de transformar 3 240,0 ha, de ellas corresponden 1 300,0 ha al tratamiento de renovación 940,0 ha a rehabilitación y 1 000,0 ha, a tecnificación.

La concepción del programa de transformación de las áreas se sustenta no solo en la renovación de las viejas plantaciones, sino también de la rehabilitación de las áreas con condiciones para este tratamiento y la tecnificación de las áreas de altos rendimientos y alto potencial, con riguroso sistema de atención cultural, haciendo énfasis en la limpia, regulación de sombra, poda y deshije.

La integración de estos conceptos constituyen los primeros pasos hacia el tránsito del cultivo intensivo en la caficultura, todo este proceso no sería posible sin estructurar un eficiente sistema de extensión agraria y su funcionamiento.

Otra de las acciones se refiere a la búsqueda de métodos o técnicas modernas para perfeccionar el proceso de planificación, que permita superar los resultados anteriores y equilibrar los rendimientos en las áreas y plantaciones. Un aspecto importante en la recuperación cafetalera lo representa la cuantificación de los rendimientos por campos, lo cual permite estimar la producción de la empresa y a partir de ahí, se obtiene el plan de producción de café, y los planes referentes a las necesidades de recursos humanos, materiales y financieros para la realización de la zafra.

Este problema de la disminución de la producción total y de los rendimientos está dado en todas las unidades productivas del municipio Segundo Frente. Bajo esta premisa, la búsqueda de un conjunto de recomendaciones que permita revertir esta situación sería de una importancia singular para el futuro del cultivo de café.

La Empresa Municipal Agropecuaria Segundo Frente

La Empresa Agropecuaria y Forestal "Sierra Cristal" es una de las nueve empresas que integraron el Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña (GEAM) de la provincia de Santiago de Cuba. Esta situada en la porción del extremo norte de la provincia de Santiago de Cuba, en el grupo montañoso que forma parte de la Sierra Cristal, en el macizo montañoso Nipe-Sagua-Baracoa, situada a 63 km de distancia de la capital de la provincia, la ciudad Santiago de Cuba. El radio de acción de la empresa limita con cinco municipios de tres provincias: por el norte, con el municipio Frank País y Sagua de Tánamo (provincia Holguín); por el sur, con el municipio Songo-La Maya (provincia Santiago de Cuba); por el este, con el municipio Salvador (provincia Guantánamo); y por el oeste, con los municipios de San Luis y Mayarí Abajo (entre las provincias Santiago de Cuba y Holguín).

Todo este territorio se caracteriza por una notable particularidad geográfica por la combinación del relieve. El pequeño valle de Mayarí rodeado de altas montañas crea una interacción entre la fertilidad de los suelos, la hidrología, la vegetación y el clima de montaña para diversos hábitats de plantas y animales.

El mayor porcentaje de sus producciones se encuentra en la Sierra Cristal y el macizo cafetalero que forma la franja cafetalera de Tumba Siete, Magueyal, la Juba, Concepción y la región de la Calabaza, así como su enmarcación la forman los nueve consejos populares en la estructura político administrativo estatal. Todas sus áreas forman parte de las zonas atendidas por el Plan Turquino.

Para ello, se proyecta el análisis hacia la búsqueda de una función de producción que describa la relación entre el nivel de infestación por la Broca y las atenciones culturales con el rendimiento del café. La solución se podrá lograr utilizando el Sistema Informático para el Cálculo de los Estimados de Producción (SICEP).

El marco referencial, tanto desde el punto de vista teórico como conceptual está sustentado en las obras de autores clásicos en los temas econométricos. Se evaluaron algunos trabajos realizados en el Centro de Estudio de Investigaciones Económicas Aplicadas

(CEIA) de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de Oriente. Igualmente, se tomó como referente la documentación relativa a las normativas y lineamientos establecidos por el Ministerio de la Agricultura para este sector de la producción agrícola.

Metodología utilizada

Uso del enfoque econométrico

La econometría posee una metodología de aplicación que consta de diferentes etapas, las cuales se expondrán vinculadas a la presente investigación:

- Enunciado de la hipótesis para la utilización del modelo econométrico.
- Especificación del modelo econométrico.
- Estimación de los parámetros.
- Verificación o inferencia estadística.
- Predicción.
- Utilización del modelo para fines de control o formulación de políticas.

Enunciado de modelo econométrico

Se parte de la siguiente hipótesis:

Existe una relación funcional entre los rendimientos y el porcentaje de afectación por broca y las atenciones culturales; por tanto, puede aplicarse un modelo econométrico capaz de expresar esta relación.

Especificación del modelo econométrico

Descripción del problema a resolver, mediante el modelo econométrico

Dada una zona cafetalera, la cual se puede dividir en agroecosistema productivo, con vista a estimar su rendimiento en toneladas por hectárea (t/ha). Para cada agroecosistema puede confeccionarse su ficha, dada por el porcentaje de afectación y las técnicas de laboreo utilizadas. Se conoce también las vinculaciones de los agroecosistemas con cada entidad cafetalera.

Con estas premisas se conoce que el rendimiento agrícola, base para determinar la producción, para cada agroecosistema, depende de las atenciones culturales y el porcentaje de afectación. Existen condiciones técnicas y organizativas para determinar series históricas con los datos relevantes del problema, o en su defecto, los mínimos y los máximos de estos datos, a los cuales pueden aplicarse números aleatorios y conformar la serie deseada.

Con estas premisas el problema sería, a partir de la valoración de un conjunto de funciones de respuestas, determinar la mejor por agroecosistema, mediante las cuales se puedan conocer los rendimientos agrícolas por campaña cafetalera.

Teniendo en cuenta esta descripción se podrían plantear los siguientes modelos econométricos:

Planteamiento matemático general

Índices:

i - Agroecosistema.

Factores analizados (Broca y atenciones culturales).

j = 1:2

Variable dependiente:

Y_i - rendimiento de café (qq/ha).

Variables independientes:

$X_{ij}^{(1)}$ - afectación causadas por la broca en porcentaje.

$X_{ij}^{(2)}$ - atenciones culturales realizadas hasta el momento de hacer la predicción expresada en puntos del 1 al 10, representando el 10 la mejor situación.

Parámetros:

$B_{ij}^{(0)}$ - constante del modelo. Representa el rendimiento esperado en el agroecosistema, cuando las variables independientes sean cero.

$B_{ij}^{(1)}$ - coeficiente asociado a la afectación por broca, representa la variación de los rendimientos por variación unitaria de la variable independiente, manteniendo constante el resto de las variables.

$B_{ij}^{(2)}$ - coeficiente asociado a las atenciones culturales, representa la variación de los rendimientos por variación unitaria de la variable independiente atenciones culturales, manteniendo constante el resto de las variables.

Se partirá de tres funciones de respuesta que son las siguientes:

Lineal: $y = B_0 + B_1 \cdot x_1 + B_2 \cdot x_2$

Logarítmica: (log-log):

$$\ln Y_{ij} = B_{ij}^{(0)} + B_{ij}^{(1)} \ln(X_{ij}^{(1)}) + B_{ij}^{(2)} \ln(X_{ij}^{(2)}) + B_{ij}^{(3)} \ln(X_{ij}^{(3)}) + \varepsilon$$

Semilogarítmica: (log-lin) =

$$\ln Y_{ij} = B_{ij}^{(0)} + B_{ij}^{(1)} X_{ij}^{(1)} + B_{ij}^{(2)} X_{ij}^{(2)} + B_{ij}^{(3)} X_{ij}^{(3)} + \varepsilon$$

Estimación de los parámetros

Para la determinación de los coeficientes en las funciones de respuesta se utiliza el método de los mínimos cuadrados ordinarios, el cual garantiza que la suma de los cuadrados de las desviaciones con respecto a la media sea mínima, es decir, el método es de varianza mínima y además, si se cumplen los supuestos planteados en el teorema de Gauss-Markov, entonces los coeficientes de regresión hallados en la muestra serán los mejores estimadores lineales insesgados (MELI) y por tanto, las estimaciones realizadas se acercarán con los niveles de confianza dados, a los coeficientes poblacionales.

Para la obtención de los parámetros se utiliza el sistema informático SICEP, el cual ha sido elaborado para dar solución a este problema con un mayor grado de automatización que el SPSS.

Si todas las pruebas son significativas se acepta la curva y se utiliza para la proyección. El proceso de selección considera primeramente si los signos de las variables independientes concuerdan con el fenómeno que se está estudiando, por ejemplo, si se está relacionando afectaciones por broca con rendimiento no es correcto que el coeficiente de regresión de la lluvia sea positiva. Posteriormente, se analiza el coeficiente R^2 para determinar la bondad del ajuste, después, si la prueba F es significativa, con el cual queda demostrado que hay relación entre las variables independientes y la dependiente. Después, se analizan las pruebas t , para conocer los coeficientes no

significativos; luego, se realizan las pruebas de normalidad, independencia de los errores y homocedasticidad que si son significativas demuestran que los estimadores son de máxima verosimilitud. Por último, se analiza la multicolinealidad, mediante el coeficiente R^2 y la significación de los coeficientes sabiendo que una alta "bondad de ajuste" y pocos coeficientes significativos, es síntoma de un grado considerable de multicolinealidad.

Predicción

Si se confirma el modelo escogido mediante la inferencia, entonces el próximo paso es la predicción la cual debe corresponder, para determinados valores de las variables independientes, con el comportamiento teórico de la variable dependiente.

El cumplimiento de estos aspectos permitirá concluir que la curva es significativa y que con las muestras que se analizan se podrán hacer predicciones sobre la población. En caso contrario, se procede a ampliar la muestra, tratar la información nuevamente o cambiar la muestra definitivamente y hallar una nueva curva.

Utilización del modelo para fines de control o formulación de políticas

La evaluación de políticas es el manejo de un modelo econométrico estimado para elegir entre políticas alternas. Un enfoque que puede presentar explícitamente una función objetivo para maximizar, mediante la elección de políticas y considera el modelo estimado como una restricción de este proceso de optimización. En el caso que se analiza, a partir de las funciones de respuestas halladas, puede determinarse la

influencia que tienen los distintos factores en el estimado que se realiza de maneras en que se pueda tomar las medidas pertinentes para su perfeccionamiento.

Uno de los factores clave que ha ayudado a una mayor utilización de la modelación económico-matemático ha sido el advenimiento de las microcomputadoras, debido a que los procesos de solución que se utilizan pueden volverse bastante laboriosos y, en algunos casos, complejos.

Por fortuna, utilizando la computadora es posible reducir gran parte de la complejidad matemática y de la carga de cálculos implícitos en el uso de diferentes técnicas de solución.

Tratamiento de la información de partida

La información de partida es fundamental para la correcta medición de la información final o de salida. Un elemento fundamental en la información de partida lo constituyen los datos obtenidos en el período relacionado con las variables analizadas, es decir, los rendimientos por hectáreas, los índices de afectación de la broca y los niveles de atenciones culturales sirvieron para la introducción de datos en el sistema informático.

Los coeficientes que conforman los datos del problema se obtienen de series históricas del Agroecosistema. En caso de no contarse con una serie histórica lo suficientemente grande, puede utilizarse números aleatorios basándose en los mínimos y máximos de cada una de las variables.

Para el caso que se investiga

La base de datos utilizada para la variante de generación de datos aleatorios se presenta en la tabla 4.

Tabla 4: Base de datos

Empresa Agropecuaria y Forestal "Sierra Cristal" Segundo Frente						
Cepas	Rendimiento (t/h)		Broca (%)		A. Culturales (1-10)	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Arábigo	0,23	0,13	27	18	7	2

A partir de aquí, se utiliza el sistema informático SICEP el cual permite contar con todos los elementos para seleccionar la mejor curva.

El sistema resuelve varios modelos de regresión lineal múltiple, a partir de un conjunto de series históricas, a fin de hallar la mejor función que exprese la dependencia del rendimiento cafetalero, expresado en quintales por hectárea, con los factores que influyen en este, para que con estos resultados predecir los rendimientos futuros.

El sistema SICEP incluye las siguientes tareas:

- Administra entidades.
- Administra series históricas y estimadas.
- Realiza reportes estadísticos e históricos por bloques y campos.
- Edita, comprueba y guarda modelos de regresión lineal múltiple.
- Genera ecuaciones de regresión lineal múltiple a partir de los modelos definidos.
- Resuelve modelos de regresión lineal múltiple.

Análisis económico de los resultados obtenidos

El análisis económico se realiza tomando en cuenta los siguientes pasos:

- Estimar la función considerando los valores mínimos.
- Estimar la función considerando los valores máximos.
- Considerar la estimación para valores promedios.
- Proponer la toma de decisiones a partir del método **Hurwitz-Índice α** ⁵.
- De acuerdo al resultado anterior generar un plan de medidas para la próxima zafra.

Experiencia práctica. Análisis de los resultados

Determinación del rendimiento cafetalero en la Empresa municipal agropecuaria y forestal. Valoración económica

La determinación del estimado cafetalero en la Empresa municipal agropecuaria y forestal se hará siguiendo la metodología planteada con anterioridad.

Una vez determinados los valores máximos y mínimos de las series de datos analizadas se genera, a través del sistema informático SICEP una base de datos aleatorios, la cual permite evaluar las posibles funciones para la estimación de los coeficientes y la proyección de los rendimientos.

El reporte obtenido, luego de considerar varias corridas, evaluando las tres funciones que se exponen a continuación. Como se podrá apreciar, la función escogida para esa serie de datos fue la función lineal.

Reporte SICEP

Reporte: Resumen Estadístico General.

Nombre de la Empresa: Empresa Agropecuaria y Forestal "Sierra Cristal".

Tipo: Producción y Servicios.

Función: Broca-A. Culturales-Rendimiento.

Variables:

y: rendimiento.

x1: broca.

x2: atenciones culturales.

Significación: 0,05

⁵ Leonid Hurwitz, conocido economista contemporáneo, que desarrolló un método basado en un denominado coeficiente de optimismo o índice α .

Función de Respuesta: Lineal

Ecuación de Regresión:

$$y=B_0+B_1_1*(x_1)+B_1_2*(x_2)$$

Hipótesis:	Significación	Homos.	Aleatoriedad	Normalidad		
Prueba:	--Fisher--	--White--	--Rachas--	--- Test K-S ---		
R ²	StdError	Pvalor	Pvalor	Pvalor	Calc	Tabla
0,9837	0,705747	0,0005	0,1298	0,8864	0,06760,1246	
Decisión:	Aceptar	Aceptar	Aceptar	Aceptar		
	la curva	homos.	aleatoriedad	normalidad		

Análisis de Coeficientes

Coeficiente	Valor	B Est.	Pvalor	Significación
B0	30,91011		0,0008	Significativo
B1_1	-0,645373	-0,337023	0,0207	Significativo
B1_2	2,681827	0,657521	0,0000	Significativo

Ecuación de Regresión para la Homocedasticidad:

$$E^2=b_0+b_1_1*(x_1)+b_1_2*(x_2)+b_2_1*(x_1*x_1)+b_2_2*(x_1*x_2)+b_2_3*(x_2*x_2)$$

Análisis de Coeficientes para Homocedasticidad

Coeficiente	Valor	Pvalor	Significación
b0	-951,39040,1339		No Significativo
b1_1	56,670850,1470		No Significativo
b1_2	129,91260,1173		No Significativo
b2_1	-0,8416480,1621		No Significativo
b2_2	-3,8757720,1279		No Significativo
b2_3	-4,4237960,1047		No Significativo

Como se puede apreciar, la función lineal cumple con los principales supuestos del método de los mínimos cuadrados. Se advierte que la función está convenientemente especificada. De igual manera se aprecia el efecto que tienen los factores estudiados en el rendimiento.

La no consideración de los dos factores estudiados daría un rendimiento de 1,4 t/ha (resultado de convertir las salidas del SICEP en t/ha).

Un incremento unitario del porcentaje de afectación por la Broca, manteniéndose constante el factor Atenciones Culturales, reduciría el Rendimiento en 0,03 (t/ha).

Un incremento unitario del factor Atenciones Culturales, manteniéndose constante el factor Broca, incrementaría los rendimientos en 0,12 (t/ha).

Observando los niveles que muestran los coeficientes Beta Estandarizados se aprecia que el factor Atenciones Culturales tiene un mayor peso en los rendimientos.

Análisis de los resultados

El análisis de la proyección de la función para los valores mínimos de las variables independientes X_1 (afectaciones por broca) y X_2 (atenciones culturales) mostró que los rendimientos podrían ser de 0,85 t/ha.

Evidentemente esto responde a una visión pesimista del comportamiento de los factores. Hay que tener en cuenta que en el caso de las afectaciones por broca, el peor valor es el más alto, pues se trata de una relación inversa.

En el caso de la proyección de la función para los valores máximos de las variables independientes, se aprecia que los rendimientos pudiesen elevarse a 1,73 t/ha. En este caso se trata de una consideración optimista en el actual contexto.

El estimado para los valores promedios proyecta un rendimiento de 1,32 t/ha.

Como se aprecia, tanto los datos promedios como los correspondientes a propuestas optimistas, conducen a estimados de rendimientos superiores a los actuales reales, que en este caso han resultado ser de 1,1 t/ha.

Todo ello confirma la necesidad de mejorar los niveles que acusan los factores estudiados, en función de elevar los rendimientos.

El análisis del coeficiente Hurwicz α sugiere aplicar coeficientes de optimismo y de pesimismo a los resultados esperados. Hurwicz considera la suma ponderada, resultante de la multiplicación de los valores esperados por un coeficiente optimista α y por su complemento pesimista $(1 - \alpha)$.

Es decir, se propone la expresión siguiente:

$$H_j = \alpha C_{\max} + (1 - \alpha) C_{\min}$$

El valor H_j se representa aquí por el rendimiento esperado. El valor C_{\max} representará el rendimiento máximo esperado, en tanto el valor C_{\min} representa el rendimiento mínimo esperado.

En este caso, considerando un coeficiente optimista del 0,7, a partir de evaluar la tendencia que prevalece en el sector, encaminada a la recuperación cafetalera, se podría aplicar la teoría antes referida, para ello, el caso que se estudia podría expresarse de la siguiente manera:

$$\begin{matrix} \text{R.Máximos} & \text{R.Mínimos} \\ \text{Rendimiento de Hurwicz} & (0,7)(38,066) & (0,3)(18,849) \end{matrix}$$

Es decir:

$$\text{Rendimiento de Hurwicz} = (0,7) (1,73) + (0,3) (0,85) = 1,211 + 0,258 = 1,469 \text{ t/ha.}$$

Otro ángulo del análisis sería asignar un coeficiente optimista del 0,3, a partir de considerar un ambiente pesimista, para ello, el caso que se estudia podría expresarse de la siguiente manera:

$$\begin{matrix} \text{R.Máximos} & \text{R.Mínimo} \\ \text{Rendimiento de Hurwicz} & (0,3)(1,73) & (0,7)(0,85) \end{matrix}$$

Es decir:

$$\text{Rendimiento de Hurwicz} = (0,3) (1,73) + (0,7) (0,85) = 0,519 + 0,595 = 1,114 \text{ t/ha}$$

Tabla 5: Comparación de los estimados obtenidos, mediante las funciones de respuesta con el obtenido por el programador. Zafra cafetalera 2011-2012

	Plan de la Empresa	Real 2012	Plan Optimista	Plan Pesimista	Estimado de Hurwicz α (Optimista)	Estimado de Hurwicz α (Pesimista)
Rendimientos (t/ha)	1,1	1,09	1,73	0,85	1,469	1,114

Estado comparativo de los resultados productivos y de los estimados

Como se aprecia, el plan de la empresa se incumple ligeramente. Puede considerarse que prácticamente fue cumplido.

En estos resultados esta presente el hecho de que los planificadores tienen en cuenta las actuales circunstancias en que se desarrolla la producción, elaborándose programas conservadores, que a su vez no tienen un sustento científico. Se basa fundamentalmente en la experiencia acumulada.

El plan optimista es un reflejo aproximado del resultado que se pudiese lograr si los factores acusaran niveles favorables. En la actualidad puede parecer una utopía, pero brinda una idea de cuales podrían ser los resultados productivos. En este caso se indica que los rendimientos serían de 1,469, es decir, 0,37 t/ha por encima de los actuales (25,11 % por encima).

El plan pesimista refleja el descenso que se materializaría en caso de que los factores muestren sus niveles más bajos (teniendo en cuenta el carácter inverso del factor broca).

El plan calculado utilizando el criterio de Hurwitz α brinda un acercamiento a los niveles que se pudiesen alcanzar, en términos de promedio, considerando el hecho favorable que representa la existencia de un programa nacional de recuperación cafetalera, a partir de lo cual se propone un índice relativamente alto para el optimismo (0,70), el cual permite estimar los rendimientos para el próximo año. Este último criterio brinda valores por encima del cálculo utilizado con datos promedios, debido al componente de optimismo que se le asignó.

En tanto, si se considera el mismo coeficiente de Hurwitz α , pero invirtiendo los patrones de optimismo. En este caso, asignando 0,30 al rendimiento máximo y 0,70 al rendimiento mínimo, se obtendría un rendimiento de 1,114 t/ha, valor coincidente con los planes actuales y con los rendimientos reales.

Como podrá apreciar estos análisis permiten un acercamiento al mejoramiento de la confección de los planes de producción y con ello también propiciar una mayor certidumbre en torno al balance de recursos necesarios para el desarrollo del proceso productivo.

Conclusiones

1. La aplicación de funciones de respuesta permite conocer el efecto que sobre los rendimientos tienen factores tales como la infestación por la Broca y las Atenciones Culturales; con ello se da cumplimiento al Objetivo General y a la Hipótesis de la investigación.

2. La aplicación de las técnicas econométricas le otorga un mayor rigor científico al proceso de determinación de los estimados, la cual eleva el nivel técnico de los programadores de la entidad y la empresa cafetalera.

3. Conciliando los resultados obtenidos, se aprecia que el factor individual de mayor impacto resultó ser el de "Atenciones Culturales".

4. La introducción de las técnicas de estimación utilizadas en este trabajo permiten perfeccionar el proceso de planificación y el balance de recurso necesarios para el proceso productivo.

5. Se pudo apreciar en los resultados, que de mejorarse los niveles de atenciones culturales y disminuirse los porcentajes de afectación por la broca, el rendimiento pudiese incrementarse en un 25,11 %.

Recomendación

Se le recomienda a la Empresa Agropecuaria y Forestal "Sierra Cristal" Segundo Frente que continúen trabajando en la introducción, consolidación y perfeccionamiento de la metodología expuesta en el presente trabajo en la entidad antes mencionada.

Bibliografía

1. CALERO VINELO, A. *Estadística II*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1987.
2. CENTRO NACIONAL DE CAFÉ Y CACAO. *Manual de manejo integrado de la broca*. La Habana, 2013.
3. DRAPPER, N.R.; SMITH, H. *Análisis de regresión aplicada*. Universidad de la Habana, 1998.
4. GUERRA BUSTILLO, Caridad W. y otros: *Estadística*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1991.
5. GUJARATI, D. N. *Econometría*. Quinta Edición. México: Editorial Grijalba, 2005.
6. GUTIÉRREZ CABRIA, S. "Desarrollo de la inferencia

- estadística. Desde sus comienzos hasta principios de este Siglo". *Estadística Española*, 1983, N° 98.
7. INTRILIGATOR, M. D. *Modelos Económicos*. México, Fondo de Cultura Económica, 1998.
8. KENDALL & KENDALL. *Análisis y Diseño de Sistemas*. México 1997.
9. LORA FREYRE, Raimundo J.; RODRÍGUEZ BETANCOURT, Ramón. *Técnicas de Optimización*. *Estudio de casos. Primera parte*. Monografía. Editora Universitaria. Universidad de Oriente. Año 2007.
10. NOVA GONZÁLEZ, Armando; GARCÍA ÁLVAREZ, Anicia. "Sector agropecuario cubano: importancia y transformación". *Centro de Estudio de la Economía Cubana*. La Habana, Año 2002.
11. PARTIDO COMUNISTA DE CUBA. *Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución*. La Habana. 2011.