

Aplicación del Sistema Informático de Análisis Marginal en la producción cafetalera

Application of the Marginal Analysis Information System in the coffee production

Dr.C. Marcelino Limonta-Duverger^I, marcelino@cug.co.cu; Dr.C. Raimundo J. Lora-Freyre^{II}, lora@uo.edu.cu; Dr.C. Roberto Moreno-García^{III}, rrmg@uo.edu.cu; Lic. Ada Agüero-Kassab^{III}, adaa@catedes.gtmo.inf.cu

^IUniversidad de Guantánamo, Guantánamo, Cuba; ^{II}Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba; ^{III}Delegación del CITMA, Guantánamo, Cuba

Resumen

El objetivo de este artículo es la aplicación del Sistema de Análisis Marginal en la producción de café en la variedad Arábigo en las Unidades Básicas de Producción Cooperada del Centro de Gestión Económica “Limonar”, de la Empresa Agropecuaria “El Salvador” de Guantánamo, a través de la utilización de un modelo econométrico y el empleo de técnicas basadas en el análisis marginal, fundamentalmente, las derivadas parciales. El análisis realizado permitió la adopción de un grupo de medidas organizativa que, empleadas en la asignación de recursos, provocó un aumento de los rendimientos, una reducción de los costos y un incremento en los ingresos. Estas medidas han demostrado tener ventajas en relación con el método tradicional, confirmado por una elevación de la producción de café en 2,55 toneladas en 2016 por cada tonelada producida en 2006. El uso del sistema de análisis marginal, constituye un aspecto novedoso del tratamiento de estos temas.

Palabras clave: Sistema Informático de Análisis Marginal, regresión, función de producción, rendimiento y derivada parcial.

Abstract

The aim of this paper is to analyze the role of coffee production function in the Arabian variety in the Basic Units of Cooperated Production, Economic Agropecuaria Management Center “Limonar”, “El Salvador” of Bayate, Guantnamo province, using an econometric model and techniques based on marginal analysis mainly partial derivatives. The analysis allowed the adoption of a group of organizational measures, which used in the allocation of resources, caused increase in yields, reducing costs and increasing revenues. These measures have proven to have advantages over the traditional method, confirmed by a rise in coffee production in 2,55 tonner. The use of the Marginal Analysis Information System is a novel aspect of addressing these issues. System Information Analysis Marginal.

Keywords: Marginal Information Analysis System, regression, production function, performance and partial derived.

Introducción

En los Lineamientos Económicos del VII Congreso del Partido, celebrado en abril de 2016 en La Habana, con respecto a la agroindustria cafetalera, puntualmente en el signado con el N° 167, puede leerse: “[...] Impulsar el desarrollo de las actividades cafetaleras para contribuir a la recuperación gradual de los fondos exportables...” (PCC, 2016). Por otro lado, en el lineamiento 24 se plantea:

Alcanzar mayores niveles de productividad y eficiencia en todos los sectores de la economía a partir de elevar el impacto de la ciencia, la tecnología y la innovación en el desarrollo económico y social, así como de la adopción de nuevos patrones de utilización de los factores productivos, modelos gerenciales y de organización de la producción (PCC, 2016).

Igualmente, en el Lineamiento N° 147 puede leerse:

Lograr que la producción agroindustrial contribuya al desarrollo de la economía del país y se exprese en un aumento de su participación en el Producto Interno Bruto, con una mayor oferta de alimentos con destino al consumo interno, la disminución de importaciones y el incremento de las exportaciones. Disminuir la alta dependencia de financiamiento que hoy se cubre con los ingresos de otros sectores (PCC, 2016).

En sintonía con estas directivas se encuentran las acciones investigativas que se desarrollan en las entidades productoras de café de la Empresa Agropecuaria “El Salvador” de Guantánamo, que se explican en este artículo con la finalidad de minimizar costos, aumentar la producción y los ingresos. En los últimos diez años los niveles de producción de café mostraron una sensible baja, por lo que el país ha tenido que erogar cerca de 50 millones de dólares en compras para el consumo nacional. En tal sentido, se puede hablar de una mutación de país exportador a la de importador.

Para enfrentar esta situación, el Buró Político del Comité Central del Partido Comunista de Cuba, el Ministerio de la Agricultura y la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP) han hecho énfasis en la necesidad de lograr la recuperación cafetalera, así como establecer tipos de organizaciones económicas que incrementen la eficiencia productiva de las entidades productoras.

La recuperación cafetalera constituye unas de las tareas de primer orden en el proceso de reordenamiento de la industria agrocafetalera, la cual demanda la participación de la ciencia en la determinación del orden de influencia de los factores en los rendimientos, la asignación

de recursos humanos, materiales y financieros para la realización de la zafra cafetalera (Robles Soto, 2004).

El objetivo de este trabajo es la aplicación del Sistema Informático de Análisis Marginal para analizar de la función de respuesta de café en la variedad Arábigo en las Unidades Básicas de Producción Cooperada (UBPC) del Centro de Gestión Económica “Limonar”, de la Empresa Agropecuaria “El Salvador” de Guantánamo, a través de la utilización de un modelo econométrico y con ello buscar la reconversión o mayor eficiencia económica en la empresa.

Fundamentación teórica

El marco teórico, tanto desde el punto de vista referencial como conceptual está fundamentado en las obras de autores clásicos en los temas de funciones de producción como Samuelson (1997) y Frisch (1969) quienes aportan desde la teoría de la producción y de los productos marginales; las “leyes técnicas y económicas de la producción”, la mayor cantidad de herramienta teórica utilizada en este estudio.

Existe poca literatura referida a la aplicación práctica de la función de respuesta aplicada a la producción cafetalera; no obstante, están disponibles algunos trabajos realizados por el Centro de Estudio de Investigaciones Económicas Aplicadas (CEIA) de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la Universidad de Oriente y los obtenidos en la revisión de internet. Se tomó como referente, además, la documentación relativa a las normativas y lineamientos establecidos por el Ministerio de la Agricultura para la producción cafetalera.

Las técnicas de informática, unido al rápido desarrollo de la cibernética y el software, han permitido la utilización de computadoras en el proceso de experimentación con modelos econométricos. Se reconocen sistemas que solo consolidan y de cierta manera automatizan la información, pero no se plantean aplicaciones de proyección y evaluación de rendimientos agrícolas sobre la base de un Sistema de Informático de Análisis Marginal.

En el trabajo se persigue calcular las características de las funciones de respuesta, precisar el orden de influencia de los factores en los rendimientos para la asignación de recursos con el objetivo de incrementar la producción, reducir los costos y aumentar los ingresos, tomando como base el modelo propuesto por (Gujarati, 2010) el cual ha resultado eficaz en las empresas.

Métodos utilizados

Formulación general del problema a resolver mediante la función de producción

Un grupo de productores pertenecientes a un agroecosistema dado, está interesado en recibir recomendaciones válidas para enfrentar el efecto de factores naturales, económicos y sociales e incrementar los rendimientos por hectárea (ha). Al tratarse de un agroecosistema único, se conocen sus características agroecológicas y su estrecho vínculo con las unidades de producción (Imbert Tamayo, 1998).

Con estos antecedentes, se conoce la dependencia de la producción de factores manejables como: atenciones culturales, edad del cultivo, porcentaje de población, plagas y enfermedades (Torres Ordaz, 1996). Por su importancia, aunque es un factor no manejable, no se puede dejar de considerar la lluvia como variable ecológica.

El problema sería, a partir de la aplicación del SIAM, realizar el análisis marginal de las características de la función de respuesta cuyos resultados proporcionan las medidas económico–tecnológicas para el incremento de los rendimientos por hectáreas en las UBPC. Con esta descripción se puede plantear el siguiente modelo tomando de referencia a Gujarati (2010).

Planteamiento matemático general

$$Y_i = f(X_{1i}, X_{2i}, X_{3i} \dots, X_{ki})$$

Índices

- j factor va de $j=1, \dots, k$;
- i observación $i= 1, \dots, n$

Variable dependiente

Y_i – observación i del rendimiento por hectárea se determinan partiendo de valores históricos.

Variables independientes

X_{ki} – son los diferentes factores que intervienen en el proceso productivo, donde:

X_{1_i} – i observación de la cantidad de lluvia caída, medida en puntos convertibles en milímetros, de 1 hasta 7 puntos, desde 228,57 hasta 1 600 mm. El siete representa el mejor valor.

X_{2_i} – i observación de las atenciones culturales expresadas en puntos del 1 al 10 (representa el 10 la mejor situación para la variedad).

X_{3_i} – i observación de la edad del cultivo. Se considera para el comienzo de la producción, de tres a cuatro años y alcanza un máximo a los ocho años. Aunque comience a declinar la producción, la edad comercial depende si está bien atendida la plantación. Su definición cuantitativa es de 1 a 10 puntos (el número uno representa la menor edad).

X_{4_i} – i observación del porcentaje de población, el cual se refiere a la cantidad de plantas que están en producción. Se expresa de 1 a 10 puntos.

X_{5_i} – i observación de las plagas y enfermedades como insectos, hongos, parásitos, bacterias y mal manejo de la plantación. Se expresa en puntos de 1 a 10 (el uno representa la mejor situación).

De estos factores seleccionados algunos son controlables como atenciones culturales, edad del cultivo, porcentaje de población y plagas y enfermedades; y otros no controlables, como cantidad de lluvia caída.

Parámetros

β_0 – Constante del modelo. Representa el cambio en el rendimiento por hectáreas (ha), producto a la acción conjunta de las variables no incluidas en el modelo.

β_1 – Coeficiente asociado a la lluvia, representa la variación de los rendimientos por variación unitaria de la variable, manteniendo constante el resto de las variables.

β_2 – Coeficiente asociado a las atenciones culturales, representa la variación de los rendimientos por variación unitaria de la variable, manteniendo constante el resto de las variables.

β_3 – Coeficiente asociado a la edad del cultivo, representa la variación de los rendimientos por variación unitaria de la variable, manteniendo constante el resto de las variables.

β_4 – Coeficiente asociado al porcentaje de población, representa la variación de los rendimientos por variación unitaria de la variable, manteniendo constante el resto de las variables.

β_5 – Coeficiente asociado a plagas y enfermedades, representa la variación de los rendimientos por variación unitaria de la variable, manteniendo constante el resto de las variables.

Para la realización de este estudio, se supone una adecuada combinación de los supuestos del modelo de regresión poblacional con las condicionales de la función de producción, por ser esta un campo especial de la Economía dentro de la econometría aplicada.

Una vez cumplimentado el proceso de especificación, estimación, contraste y validación del modelo, se acude a la econometría aplicada para realizar el estudio del problema planteado mediante la función de producción para analizar sus características (considerando las condiciones mínimas, medias y máximas de aplicación de los factores) como:

Productividad marginal de cada factor. Se calcula mediante la primera derivada parcial de la función en relación con el factor, considerado manteniendo constante el resto de los factores.

Rendimiento medio de cada factor. Se define como rendimiento o productividad media de un factor a la cantidad de producto obtenida por unidad de factor empleado en la producción. Es decir, un rendimiento medio por cada factor.

Aceleración de la producción. El concepto de segunda derivada interpretado desde el punto de vista físico, expresa la aceleración, o sea, la variación de la velocidad; de este modo, si la aceleración es positiva, la velocidad irá en aumento. Si es negativa, la velocidad irá disminuyendo. Desde el punto de vista económico, se puede interpretar que la segunda derivada parcial de la función de producción expresa la variación de la efectividad o productividad marginal del recurso correspondiente, debida a una variación en la magnitud de sus gastos, o sea, si es económico o no ese rendimiento marginal.

De lo anterior, será posible calcular dos tipos de segundas derivadas parciales. Las segundas derivadas sobre cada factor se denominan segundas derivadas directas. Si es menor que cero, el rendimiento marginal de Y es decreciente; igual a cero, el rendimiento marginal de Y está

en un punto extremo (máximo o mínimo) y mayor que cero, se esperan rendimientos o efectividades superiores a las existentes.

Se puede resumir como sigue:

$$\begin{aligned} \text{Si } Y_{ii}'' > 0 \text{ y además } & \begin{cases} Y_i' > 0, \text{ entonces } Y \text{ será creciente en forma progresiva} \\ Y_i' < 0, \text{ entonces } Y \text{ será decreciente en forma regresiva} \end{cases} \\ \text{Si } Y_{ii}'' < 0 \text{ y además } & \begin{cases} Y_i' > 0, \text{ entonces } Y \text{ será creciente en forma regresiva} \\ Y_i' < 0, \text{ entonces } Y \text{ será decreciente en forma progresiva} \end{cases} \end{aligned}$$

La sustitución de factores. Se determinan mediante el cálculo de la segunda derivada cruzada, la cual indica, si el signo es positivo o negativo, si los factores son complementarios, o son sustitutivos respectivamente. En caso de ser igual a cero los factores son marginalmente independientes.

La interpretación de la aceleración cruzada es análoga a la directa. Así, Y_{ij}'' significa la variación sucesiva del rendimiento marginal de los dos factores. Es decir, a través de ella puede determinarse la relación entre los factores. Si es mayor que cero, esto significa que al variar el factor j el rendimiento marginal de i varía en el mismo sentido (los factores son complementarios).

De acuerdo con la lógica anterior, cuando es menor que cero, se interpreta que al variar el factor j, el rendimiento marginal de i varía en sentido contrario. En este caso se dice que los factores son sustitutivos. Si es igual a cero, esto significa que una variación en el factor j no tiene efecto sobre el rendimiento marginal del factor i. En este caso los factores son marginalmente independientes. Por lo tanto, el resumen sería igual al anterior.

Coefficiente de elasticidad. Es la elasticidad parcial de la función de producción respecto a la cantidad de factor considerado, o sea, la razón entre la productividad marginal y el rendimiento medio del factor i. Mide el porcentaje de variación de la producción por cada uno por ciento de variación de la intensidad de los gastos del factor i.

Analizar la elasticidad marginal, a través de la productividad media y la productividad marginal, permite conocer si el rendimiento medio del factor es creciente o decreciente.

Norma marginal de sustitución. La determinación de si los factores son sustitutivos o no, se puede realizar por medio del signo de la segunda derivada cruzada de la función de producción. Pero esta derivada no denota cuál es la cantidad necesaria de un factor para sustituir una unidad del otro. Esta cantidad se determina mediante la denominada norma marginal de sustitución y expresa la cantidad necesaria del recurso k-ésimo para la sustitución de una unidad del recurso r-ésimo manteniendo constante a Y_R en la forma de producción dada por las coordenadas del punto R.

Finalmente, el signo menos en la fórmula originaria indica que para mantener constante el nivel de producción, el incremento de los gastos de un factor conlleva a la reducción de los gastos del otro.

Coefficiente de conversión. Es la elasticidad de la cantidad de producto respecto a uno de los factores cuando todos estos varían proporcionalmente.

Ecuación de conversión. Es el coeficiente de conversión multiplicado por el producto. Es una relación estrictamente técnica que puede servir para el estudio de todas las posibles variaciones de los factores (proporcionales o no proporcionales), puesto que constituye una identidad en: X_1, \dots, X_n .

Todas las características anteriores se determinan a partir de la aplicación del SIAM, tal como se muestran en la siguiente figura 1:

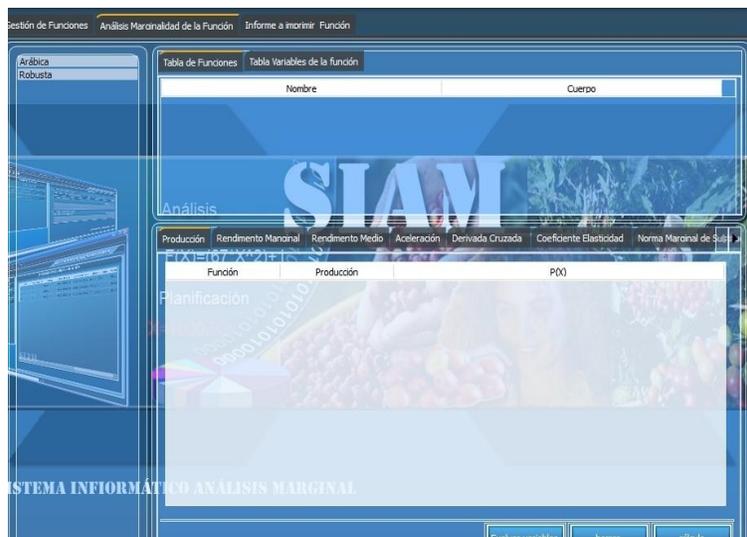


Figura 1: Formulario de presentación del software SIAM
Fuente: Sistema Informático de Análisis Marginal

El software es de fácil administración por parte de los productores para la modificación e implementación de medidas técnico-organizativas según la naturaleza de la unidad de producción. El mismo cuenta con varias opciones como: la edición, que tiene tres acciones: gestión de funciones, análisis marginal e imprimir. La primera permite el trabajo con el modelo, en la cual se le realizará el cálculo de las características de la función, la introducción del modelo, la adición, eliminación y la modificación del mismo.

El sistema permite obtener varias funciones como la del rendimiento marginal, aceleración, norma marginal y otras características. Los resultados de los mismos se muestran en la tercera ventana. Para exponer los datos, se cuenta con la opción de Edición>Análisis de la Función. Esta se encarga de obtener todos los datos generados en el análisis marginal realizado con anterioridad en cada ventana, mostrando en la tercera opción, el análisis de la marginalidad de la función en formato web. Luego, si se desean imprimir los resultados en un archivo *.doc, se selecciona la opción de imprimir resultados.

Para el cálculo de la razón costo – ingresos y el punto de equilibrio se emplearon las fórmulas

$$RCB = \frac{\text{Costos}}{\text{Ingresos}}; \text{donde } RCB \leq 1$$

$$PE = \frac{\text{Costos Fijos}}{\text{Precio} - \text{Costos Variables unitario}}$$

Resultados y discusión

Luego de la aplicación de los elementos teóricos para la determinación de las funciones de respuesta, su estimación, contraste y validación del modelo se determinaron sus características a partir de la aplicación del Sistema Informático de Análisis Marginal:

$$Y_1 = 652,60X_1^{0,04}X_2^{0,28}X_3^{-0,04}X_4^{0,20}X_5^{-0,07}$$

donde los datos de X_i son los datos de los factores de producción obtenidos en observaciones directas.

Valores medios de cada factor: X₁: 3,22; X₂: 2,15; X₃: 6,53; X₄: 6,12; X₅: 6,02 (tomado del SSPS-21).

En la tabla 1 se observa el cálculo de los rendimientos marginales de la función de producción respecto a cada una de los factores para las condiciones mínima, media y máxima de su aplicación, obteniéndose arrojando para la lluvia, atenciones culturales y porcentaje de población un rendimiento marginal positivo, lo cual representa un crecimiento de la producción por cada variación unitaria de estos factores, manteniendo constante el resto. En el caso de la edad del cultivo y las plagas y enfermedades el rendimiento marginal es negativo y, por consiguiente, genera un efecto contrario el aumento de la producción.

TABLA 1: RENDIMIENTO POR HECTÁREA (Y); RENDIMIENTO MARGINAL (Y') EN LAS CONDICIONES MÍNIMA, MEDIA Y MÁXIMA DE APLICACIÓN DE LOS FACTORES

Función de Producción Arábigo t/ha					
Condiciones	Mínima	Media	Máxima		
Producción	0,48	0,94	2,02		
Función Arábigo Rendimiento Marginal t/ha					
No	Variable	Mínima	Media	Máxima	Funciones de rendimientos marginales
1	X1	0,012	0,02	0,012	$652,6*0,04*X1^{(0,04-1)}*1*X2^{0,28}*X3^{-0,04}*X4^{0,2}*X5^{-0,07}$
2	X2	0,12	0,13	0,06	$652,6*X1^{0,04}*0,28*X2^{(0,28-1)}*1*X3^{-0,04}*X4^{0,2}*X5^{-0,07}$
3	X3	-0,006	-0,002	-0,08	$652,6*X1^{0,04}*X2^{0,28}*0,04*X3^{(-0,04-1)}*1*X4^{0,2}*X5^{-0,07}$
4	X4	0,03	0,1	0,04	$652,6*X1^{0,04}*X2^{0,28}*X3^{-0,04}*0,2*X4^{(0,2-1)}*1*X5^{-0,07}$
5	X5	-0,01	-0,003	-0,14	$652,6*X1^{0,04}*X2^{0,28}*X3^{-0,04}*X4^{0,2}*0,07*X5^{(-0,07-1)}*1$

Fuente: Sistema Informático de Análisis Marginal, 2016

En las condiciones mínimas y media de aplicación de los factores, el orden de influencia de los mismos en la producción, se mantuvo constante: atenciones culturales, población, lluvia, plagas y enfermedades y edad del cultivo. En este mismo orden deben asignarse los recursos

económicos y financieros en la cantidad ajustada por la función de producción. Sin embargo, para la condición máxima el orden cambia: plagas y enfermedades, atenciones culturales, población y lluvia. Cuando esta situación ocurra será necesario cambiar los datos por encontrarse todos los factores en el máximo de puntos.

En la tabla 2 se puede verificar en la mayoría de los valores del rendimiento medio la tendencia a la disminución con la excepción de los factores porcentaje de población y plagas y enfermedades. Plantea la necesidad de manejar con mayor rigor las atenciones culturales por tener una tendencia bien definida a la disminución. Mientras que la tabla 3 muestra una aceleración negativa para la lluvia, atenciones culturales y población.

TABLA 2: RENDIMIENTO MEDIO EN TONELADAS POR HECTÁREA (T/HA) EVALUADAS PARA LOS VALORES MÍNIMO, MEDIO Y MÁXIMO DE LOS FACTORES

No	Variable	Mínimo	Medio	Máximo	Funciones de rendimiento medio
1	X1	0,49	0,29	0, 29	$652,60 \cdot X1^{0,04} \cdot X2^{0,28} \cdot X3^{-0,04} \cdot X4^{0,20} \cdot X5^{-0,07}$
2	X2	0,49	0,44	0,2	$652,60 \cdot X1^{0,04} \cdot X2^{0,28} \cdot X3^{-0,04} \cdot X4^{0,20} \cdot X5^{-0,07}$
3	X3	0,05	0,14	2,02	$652,60 \cdot X1^{0,04} \cdot X2^{0,28} \cdot X3^{-0,04} \cdot X4^{0,20} \cdot X5^{-0,07}$
4	X4	0,49	0,15	0,2	$652,60 \cdot X1^{0,04} \cdot X2^{0,28} \cdot X3^{-0,04} \cdot X4^{0,20} \cdot X5^{-0,07}$
5	X5	0,05	0,16	2,02	$652,60 \cdot X1^{0,04} \cdot X2^{0,28} \cdot X3^{-0,04} \cdot X4^{0,20} \cdot X5^{-0,07}$

Fuente: Sistema Informático de Análisis Marginal, 2016

TABLA 3: ACELERACIÓN DE LA PRODUCCIÓN (Y'') T/HA, CONDICIONES DE APLICACIÓN Y FUNCIONES

No	Variable	Mínimo t/ha	Medio t/ha	Máximo t/ha	Funciones de aceleración
1	X1	-19,45	-3,69	-1,67	$652,6 \cdot 0,04 \cdot (0,04-1) \cdot X1^{(0,04-1)} \cdot X2^{0,28} \cdot X3^{-0,04} \cdot X4^{0,2} \cdot X5^{-0,07}$
2	X2	-102,13	-43,43	-4,29	$652,6 \cdot X1^{0,04} \cdot 0,28 \cdot (0,28-1) \cdot X2^{(0,28-1)} \cdot X3^{-0,04} \cdot X4^{0,2} \cdot X5^{-0,07}$
3	X3	0,21	0,97	88,6	$652,6 \cdot X1^{0,04} \cdot X2^{0,28} \cdot -0,04 \cdot (-0,04-1) \cdot X3^{(-0,04-1)} \cdot X4^{0,2} \cdot X5^{-0,07}$
4	X4	-81,05	-3,69	-3,41	$652,6 \cdot X1^{0,04} \cdot X2^{0,28} \cdot X3^{-0,04} \cdot 0,2 \cdot (0,2-1) \cdot X4^{(0,2-1)} \cdot X5^{-0,07}$
5	X5	0,38	2,06	159,56	$652,6 \cdot X1^{0,04} \cdot X2^{0,28} \cdot X3^{-0,04} \cdot X4^{0,2} \cdot -0,07 \cdot (-0,07-1) \cdot X5^{(-0,07-1)} \cdot X1$

Fuente: Sistema Informático de Análisis Marginal, 2016

Expresa, si se combina este resultado con el anterior, que la producción por influencia de estos factores crecerá lentamente en forma regresiva. Los restantes factores presentan una aceleración positiva, pero con un rendimiento marginal negativo, lo cual implica una disminución de la producción, de manera regresiva. La segunda aceleración se muestra en la tabla 4.

TABLA 4: NORMA MARGINAL SUSTITUCIÓN

No	Condiciones: Mínimo	Medio	Máximo
1	X5 X4 -0,035	X5 X4 -0,3558	X4 X5 -0,285 7
2	X3 X4 -0,02	X3 X4 -0,1874	X2 X5 -0,4
3	X5 X2 -0,025	X5 X2 -0,0893	X1 X5 -0,081 6
4	X3 X2 -0,0142	X3 X2 -0,0470	X4 X3 -0,5
5	X5 X1 -0,175	X5 X1 -0,9360	X2 X3 -0,7
6	X3 X1 -0,1	X3 X1 -0,4931	X1 X3 -0,142 9

Fuente: Sistema Informático de Análisis Marginal, 2016

El cálculo de la aceleración cruzada dio positiva para la lluvia, atenciones culturales y porcentaje de población; equivale a una complementariedad de factores. Igual resultado se obtuvo para la edad del cultivo en relación con las plagas y enfermedades. No obstante, en la tabla 4 la sustitución de factores se logró entre la lluvia, las atenciones culturales y porcentaje de población respecto a la edad del cultivo y las plagas y enfermedades. Este resultado es vital para el trazado de estrategia de producción en correspondencia con las situaciones reales e incluso para elaborar programas de enfrentamiento a la sequía.

Por ser la ecuación de regresión una función de elasticidad constante de variable, los coeficientes de regresión coinciden con los coeficientes de elasticidad y al tener un valor menor a la unidad expresan una disminución del rendimiento medio.

La combinación del cálculo de la sustitución de factores con las normas marginal de sustitución permite apreciar la posibilidad real de utilizar las atenciones culturales para compensar la caída de la producción ante un envejecimiento de la plantación o como resultado de la acción de las plagas y las enfermedades y mantener el nivel de producción planificado según el estado de las condiciones de aplicación de los factores.

El cálculo de la relación de la edad del cultivo y las atenciones culturales se puede observar en la tabla 4. Esta expresión recoge la relación para los valores mínimos, medio y máximo del factor atenciones culturales, cuando el factor edad del cultivo varía desde una cantidad mínima hasta el mayor valor de su envejecimiento. Un mínimo de producción de 6,45 toneladas se alcanza para todas las edades de la plantación. En esta situación se requiere de un manejo adecuado de las atenciones culturales y, por tanto, de menos recursos.

En las condiciones medias, la producción de 12,61 toneladas se puede mantener con las normas si la edad del cultivo se eleva a 9 puntos (aproximadamente 19 años), producirá un incremento de 2,47 puntos por encima del factor en la forma de producción considerada. En esta situación, la atención cultural deberá incrementar su puntaje de 2,15 a 2,24 para mantener la cantidad total de producto fijada de antemano. Igual procedimiento se siguió para compensar los ataques de las plagas y las enfermedades.

En la lucha contra la sequía, la función de producción permite formular estrategia de un mejor manejo de las plagas e incrementos de plantas jóvenes si se toma en consideración el efecto de una plantación saludable desprovista de la acción agresiva de los agentes. Para cualquier puntaje de lluvia de 1 a 7 o de 228,57 mm a 1 600 mm, para mantener una producción mínima y medias, las plagas y enfermedades deben estar en las categorías de ligera y media.

El coeficiente de conversión calculado con de la variación porcentual finita de la cantidad de producto y de los factores en un 10 %, en las condiciones medias fue de 0,41 menor que uno, indica una disminución del rendimiento medio para el conjunto de factores (rendimiento de escala decreciente).

Con la ecuación de conversión se obtuvo un valor de 5,41. A partir de aquí la entidad productiva puede trazar estrategia de producción considerando o no la proporcionalidad en el aumento del producto y de los factores para lograr lo más importante: un rendimiento de escala adecuado y la eficiencia económica.

El punto de equilibrio de 0,13 (t/ha). Por encima de esta producción se obtendría ganancia al proyectar mediante el uso del modelo econométrico la cantidad de toneladas de café para las diferentes condiciones de aplicación de los factores de producción.

La razón costo–ingresos marginales para las diferentes condiciones 0,007 y 0,02 centavos por peso de ingreso. Además, con la asignación de recursos a partir del orden de influencia

de los factores, la producción aumentó de 6,45 a 9,69 TM, redujo los costos y generó ingresos adicionales de \$1 390,98/ha en las condiciones mínimas y en la media, la producción aumentó de 12,68 a 16,85 t.

Las medidas aplicadas como: construir funciones de respuesta, determinar el orden de influencia de los factores para la asignación de recursos y su empleo en el proceso de planificación y organización de la producción; determinar la tendencia de los factores a producir un efecto en la variación de la producción (crecimiento o disminución) cuando estos varían; desarrollar juego de implementación mediante la sustitución de factores combinado con las normas marginal de sustitución para enfrentar la sequía; otras estrategias productivas e introducir con éxito los resultados de investigación.

Utilizar el coeficiente de conversión con la ecuación de conversión para el manejo eficiente de los factores y lograr la eficiencia técnica en los rendimientos de escala; perfeccionar y actualizar la base de datos; revisar y perfeccionar la ficha de costo utilizando la carta tecnológica; calcular periódicamente el punto de equilibrio estrechamente vinculado al modelo econométrico y atender de manera complementaria, las otras actividades estrechamente vinculadas con los factores de producción.

Estas medidas llevaron al colectivo laboral de Limonar a aumentar la producción en un 2,06 % respecto al 2006 con una tendencia al crecimiento hasta el 2012 cuando se vio interrumpida primero por la sequía y el ciclón Sandy después.

No obstante, en el comportamiento de la producción cafetalera en la Unidad Empresarial de Base (UEB) de la empresa en el período 2000–2016 hay un descenso sistemático hasta el 2006, luego un ascenso con determinadas declinaciones y, por último, aumentos, tal como se muestra en el gráfico siguiente¹.

¹ La producción de 2016 produjo 2,55 toneladas por cada tonelada producida en 2006.

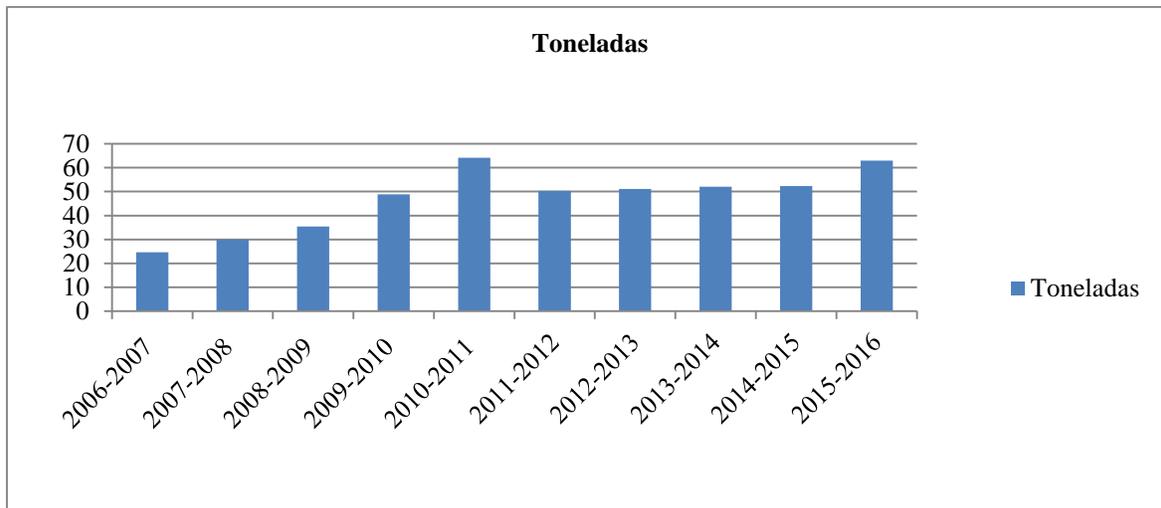


Gráfico 1: Toneladas cosechadas por las UBPC de la UEB estudiada en el período 2006-2016
Fuente: Registros de producción de la Empresa Agropecuaria de Bayate 2006-2016

En el gráfico anterior puede apreciarse como a partir del 2006-2007 la producción comienza a aumentar de manera ininterrumpida hasta el 2010-2011 como resultado de la introducción de medidas económico- tecnológicas de manera rigurosa en las UBPC del colectivo laboral centro de gestión económica de “Limonar” y, parcialmente en el resto de las UBPC de la UEB de la empresa.

Estas medidas constituyen un producto del análisis de las características de las funciones de respuesta combinadas con la utilización del punto de equilibrio y razones costos-beneficios. Sin embargo, puede observarse como en 2011 y 2012 la producción comenzó a descender como consecuencia de la influencia de factores climatológicos: la sequía y el huracán Sandy.

Como es evidente, los efectos de los factores climatológicos tuvieron un impacto negativo en la zafra 2013-2014 por estar el proceso de producción y reproducción en la agricultura sujeto a la influencia de las condiciones naturales. Lo que hace necesario el planteamiento de un conjunto de medidas que permita revertir esta situación para el futuro del cultivo de café.

Conclusiones

1. *La aplicación del Sistema Informático de Análisis Marginal y las medidas técnicas organizativas obtenidas del análisis de las características de la función de producción, incrementan los rendimientos cafetaleros por hectáreas, reducen los costos y aumentan las ganancias lo indica la validez del método empleado.*
2. *Los resultados obtenidos revelan que el factor individual de mayor impacto resultó ser atenciones culturales en el incremento de los rendimientos y de la eficiencia técnico económico de la entidad.*
3. *La aplicación de las técnicas econométricas otorga un mayor rigor científico al proceso de asignación de recursos, las cuales elevan al nivel técnico organizativo de la entidad y la empresa cafetalera.*
4. *La sustitución de los factores resultante del análisis marginal puede servir de estrategia para enfrentar los embates de la sequía.*

Referencias bibliográficas

1. Frisch Kitlil, R. (1969). *Las leyes técnicas y económicas de la producción*. La Habana, Cuba: Edición Revolucionaria.
2. Gujarati, D.N. (2010). *Econometría*. (Cuarta Edición). Ciudad de México: McGraw Hill.
3. Imbert Tamayo, J. (1998). *Función de producción*. (Monografía). Santiago de Cuba: Editorial Universidad de Oriente.
4. Partido Comunista de Cuba. (2012). *Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución*. La Habana, Cuba: Editora Política.
5. Partido Comunista de Cuba. (2016). *Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución*. La Habana: Cuba, Editora Política.
6. Robles Soto, S. (2004). *Nuevo enfoque para la proyección de los parques industriales como factores del desarrollo económico en México. Estudio de tres casos particulares. Período 1980-2000*. (Tesis inédita de doctorado). Universidad de Oriente, Santiago Cuba, Cuba.
7. Samuelson Anthony, P. (1997). *Sobre Economía*. Madrid, España: Mc-Graw-Hill.
8. Torres Ordaz, I. (1996). *Determinación de funciones de respuesta para la optimización del cultivo de frijol en el Municipio Hacienda Nueva*. (Tesis de maestría). Zacatecas, México.