

Prioridades en los factores que influyen en el cultivo del café.
Priorities in the factors that have influence in the cultivation of the coffee.

Autores: Marcelino Limonta Duverger¹, Josué E. Imbert Tamayo², Rafael Matos Vidal³

Organismo: ¹Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Guantánamo, Cuba
²Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba, ³ Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Guantánamo, Cuba.

E-Mail: marcelino@fce.cug.co.cu

E-mail: imbert@eco.uo.edu.cu

E-Mail: ramatosvi@fce.cug.co.cu

Resumen.

Estudiar, a través de las Funciones de Respuesta aplicadas al cultivo de café, el efecto que en los rendimientos tiene la utilización de diferentes factores, especialmente de la fuerza de trabajo. Se construyó una función de respuesta con los cinco factores considerados fundamentales por los expertos y a través de ella se mide el efecto de cada uno de ellos en el crecimiento de la producción. Como resultado se obtiene que todos los factores provocan aumentos en el rendimiento, pero el único que tiene un efecto progresivo es el de las atenciones culturales o sea, el trabajo directo del hombre. Se comprueba además que desde el punto de vista económico, el incremento de la utilización del hombre para elevar el factor es aconsejable por el incremento que provoca en la rentabilidad.

Palabras clave: efficiency, rendimientos, factores, producción, función de respuesta, café

Abstract.

The work this devoted to studying, through the Functions of Answer applied to the cultivation of coffee, the effect that in the efficiency has the effective utilization of several factors, especially the labour force. Was constructed a function of answer with the five factors considerate most important for the experts and through her the effect of each one of them in the growth of the production is measured. As the result is obtain that all the factors provoke increases in the production/ha, but the only the labour force (direct work of the man) has a progressive effect. It also checked that from the point of economical view, the increments of the utilization of the man in order to elevate the production/ha is more advisable for the increment that it provoke in the profits, than the increment of the another considered factors.

Keywords: efficiency, factors, production, Functions of Production, coffee, yield

Introducción.

El café fue introducido en Cuba en 1748 y a finales del siglo XVIII se había extendido a otras provincias, convirtiéndose el país en un gran exportador. En el periodo de 1790–1833, las exportaciones se comportaron como aparece en la tabla 1.

Tabla 1. Comportamiento de las exportaciones.

Año	Toneladas
1790	84.1
1833	29 163.1

El cultivo de café tuvo dos grandes rivales en este siglo: el tabaco y la caña de azúcar, sin embargo, las condiciones favorables de Cuba permitieron una alta calidad del grano y este logró establecerse permanentemente en las montañas.

La producción más alta se alcanza en 1961 con 60 000 toneladas. Su desarrollo exitoso quedó truncado como consecuencia del huracán Flora y la Crisis de Octubre.

Por esta misma época, las leyes de Reforma Agraria dieron al sector estatal el papel predominante sobre las tierras. En ellas fueron constituidas grandes unidades productivas con distintos formatos: Granjas estatales, Cooperativas de producción Agropecuaria y Cooperativas de Créditos y Servicios, integradas por 400 000 antiguos obreros agrícolas asalariados. En los años 90 del pasado siglo, con el desplome del campo socialista, fue necesario proceder a una gran reestructuración de la agricultura cubana, lo que constituyó una tercera reforma agraria por su magnitud. En las antiguas granjas estatales, se constituyeron las actuales Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC), donde los trabajadores tienen la tierra en usufructo y determinada autonomía en la propiedad de los resultados de la producción.

El cultivo del café ha constituido históricamente uno de los renglones principales de exportación de nuestro país. Sin embargo, en los años del Periodo Especial la producción se deprimió, así como la productividad, debido a la carencia de insumos fundamentales para su mantenimiento y desarrollo. Actualmente se quiere proceder a la recuperación de los rendimientos históricos y de llevarlos a los niveles de países especializados en su cultivo. De aquí que el problema existente en la actualidad sea la necesidad de elevar los niveles de producción y productividad del cultivo, alcanzándolos mediante métodos que permitan una rentabilidad satisfactoria para los distintos elementos que participan en la producción y comercialización del producto.

En el cultivo del café influyen muchos factores: la variedad, la altura del terreno sobre el nivel del mar, el tipo de suelo, la temperatura, humedad ambiental, la cantidad de lluvia caída y su distribución en el tiempo, la cantidad y calidad de las atenciones culturales que se le brinden,

porcentaje de población por hectárea, porcentaje de dicha población que padezca de plagas y enfermedades, la edad de los cultivos, etc.

Sin embargo, si el estudio se realiza en un agroecosistema dado, muchos de estos factores se pueden identificar como fijos, mientras que otros se mantienen como variables. Dentro de los factores fijos existen algunos que son manejables por el productor y otros no lo son.

Inicialmente, se determinó el agroecosistema a estudiar, el cual está constituido por 22 Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC) situadas en el municipio El Salvador de la provincia Guantánamo.

Particularidades de las funciones de respuesta.

Una vez definido el universo de trabajo, se precisó un conjunto de cuatro factores variables manejables como son: atenciones culturales, porcentaje de población, plagas y enfermedades y edad de los cultivos, los cuales son los fundamentales en opinión de los productores y los técnicos consultados. A partir de ellos y tomando en consideración también la lluvia, que es un factor variable no manejable, pero que es necesario tomarlo en consideración siempre, se determinó un conjunto de funciones cuya variable dependiente es el rendimiento y las variables independientes son los factores variables arriba mencionados.

Utilizando las funciones construidas es posible realizar los siguientes análisis:

- a) Estimar cuáles son los rendimientos más altos a los que se puede aspirar dado el estado actual de las tecnologías aplicadas, es decir, cuál es el máximo nivel de rendimiento al que se puede alcanzar llevando los factores manejables hasta los valores más altos posibles.
- b) Determinar cuál es la influencia de cada uno de los factores en los rendimientos, y por tanto, ordenarlos por importancia, por el efecto económico que producen.
- c) Ordenar los factores a partir de si el efecto que produce su variación en el rendimiento es a corto, mediano o largo plazo.
- d) A partir del efecto económico que producen los factores, se puede determinar en cuáles de ellos invertir los recursos escasos con que cuentan los productores, especialmente las UBPC que constituyen el objeto de este estudio.

Algunos tipos de funciones de respuesta permiten calcular el punto de equilibrio técnico. Esto estará en dependencia del tipo de función que mejor represente el comportamiento del cultivo. Y esto a su vez dependerá del comportamiento de los factores que se consideren.

La metodología para el cálculo de una función de respuesta es la siguiente:

- Realización de una encuesta en la cual los productores expresen de manera veraz cuál es el comportamiento en los últimos años en su UBPC (cooperativa, finca) de los factores arriba enunciados.

- A partir de los datos proporcionados por la encuesta, se procede a analizar la información obtenida, depurándola en los casos necesarios, además de llevarlos a una escala adecuada.
- Una vez en posesión de la información depurada y adecuada a los requerimientos del cálculo, se procede a la construcción de la función. Cuando se utiliza el método de los mínimos cuadrados para la determinación de los parámetros de la curva, es importante que esta satisfaga un conjunto de pruebas tales como la de Fisher, t-student, Durbin-Watson y se elegiría una que tenga un coeficiente de determinación (R^2) con un nivel aceptable. Sin embargo, la función puede ser construida utilizando otros procedimientos como pueden ser la Programación no Lineal, la Programación por Objetivos o la Programación Lineal. La condición fundamental para la aceptación o no de una función es que al ser probadas sus proyecciones, estas sean aceptables. Esta prueba puede ser realizada mediante el programa Mathcad u otro similar.
- Un procedimiento ampliamente utilizado puede ser el de simular una parte de los valores de los factores dentro del rango proporcionado por la encuesta. Otro procedimiento puede ser el considerar la incertidumbre en algunos parámetros (por ejemplo, la lluvia) y su procesamiento a través del prisma de los números borrosos.

Para todo este proceso pueden ser utilizados diferentes programas de computadora, tales como: RemuM, Estadística, SPSS 11,5, Mathcad 3,0, Lindo, etc.

Construida la función puede realizarse el cálculo de las características de la misma, tales como rendimiento marginal, rendimiento medio, normas marginales de sustitución, aceleración de la producción, etc.

Es importante señalar que el factor variedad del cultivo, se debe tener en cuenta. En este caso, la función de la variedad Robusta no sería la misma que la función para la variedad Arábica u otra que se considerara. En el presente trabajo se analiza solamente la variedad arábica.

Análisis de las funciones de respuesta.

La información de partida, obtenida a partir de los productores, se procesó y adecuó en intervalos de puntos para aquellos factores que así lo requerían.

Se realizaron pruebas para cuatro tipos de funciones: lineal logarítmica, lineal, potencial y lineal más cuadrática, llegando a la conclusión de que la curva potencial múltiple es la que mejor se ajusta al cultivo descrito y al conjunto de factores considerados, no sólo por tener un buen coeficiente de determinación, cumplir con las dójimas de Fisher, t-student y Durbin-Watson, sino también por el comportamiento específico de los factores considerados para el cultivo café, donde a medida que cualquiera de los factores crece, en teoría debe producirse un incremento en el rendimiento, siempre y cuando este crecimiento esté en el intervalo de los valores posibles para cualquiera de los factores. En una curva de este tipo,

el óptimo técnico está dado por el conjunto de valores límites de los intervalos considerados para cada uno de ellos.

Aunque en el agroecosistema estudiado se obtuvieron diversas funciones, aquí solo se analizarán los resultados de una de ellas, que es la más representativa por contener todos los factores variables considerados. Dicha función esta dada por (1)

$$Y_1 = 650,72 * X_1^{0,03} * X_2^{0,30} * X_3^{-0,01} * X_4^{0,18} * X_5^{-0,05} \quad (1)$$

Y a partir de ella se realizará el análisis de algunas de las características de las funciones de respuesta: rendimiento marginal, rendimiento medio, aceleración de la producción.

Los valores medios de los factores son: $Y = 1022,52$; $X_1 = 2.68$; $X_2 = 2.152$; $X_3 = 6.58$; $X_4 = 6.1314$; $X_5 = 6.13$.

A partir de (1) se calculan las funciones correspondientes a las primeras y segundas derivadas, las cuales reflejan los rendimientos marginales y la aceleración de la función correspondiente a la variedad arábica. Evaluando estas funciones para los valores mínimo, medio y máximo de los factores se llega a la tabla 2.

Tabla 2. Y: Rendimiento por hectárea; Y'_i : Rendimiento marginal, Y''_i : Aceleración de la producción

	$X_{j\min}$ t/ha	$X_{j\text{medio}}$ t/ha	$X_{j\max}$ t/ha
Y	0,48	0,98	1,92
Y'_1	0,018	0,011	0,011
Y''_1	- 0,019	-0.004	-0.0022
Y'_2	0,16	0,14	0,06
Y''_2	-0,11	-0,044	-0,0044
Y'_3	-0.000048	-0,001	-0,019
Y''_3	0.00005	0.00003	0,019
Y'_4	0,096	0,029	0,035
Y''_4	-0,08	-0.005	-0.003
Y'_5	-0,003	-0.008	-0,1
Y''_5	0.00003	0.001	0,10

Leyenda: t/ha: toneladas por hectárea.

Impacto de los factores sobre el rendimiento por hectárea para la variedad Arábica.

- Cuando los valores de los factores son bajos, el factor que más influye en el rendimiento por hectárea es el de las Actividades Culturales, en segundo lugar está el Porcentaje de Población de plantas por hectárea, en tercer lugar la Lluvia, en cuarto lugar están las Plagas y Enfermedades y en quinto lugar, la Edad del Cultivo.

- A niveles medios de los factores el orden de influencia de los factores sobre el rendimiento por caballería es igual que a niveles bajos.
- A niveles altos (cercaos al máximo) de los factores la situación cambia, siendo el factor que más influye las Plagas y Enfermedades, el segundo es Actividades Culturales, en tercer Población, en cuarto Edad de los Cultivos y en quinto la Lluvia.

En la actualidad, los niveles de aplicación de los factores son bajos. Quiere esto decir que para la elevación de los rendimientos y la producción total, es necesario que los mismos pasen a los niveles medios y altos. De aquí se desprende que el procedimiento a formular deberá estar dirigido a un periodo de corto y mediano plazos.

Cuando el nivel de aplicación de todos los factores sea alto, será necesario revisar las bases de datos de partida para buscar un nuevo procedimiento para la distribución de los recursos, porque la importancia relativa de los factores puede cambiar.

El impacto de los factores en la producción es orden de prioridad para el trazado de un procedimiento o guía para la dirección, que permita una utilización más racional de los recursos escasos que se encuentran a disposición de la entidad económica.

Utilizando los resultados obtenidos en la tabla 2, al evaluar las segundas derivadas de la función seleccionada, se puede realizar el siguiente:

Análisis de la aceleración y su influencia en el comportamiento del rendimiento por caballería ante variaciones de los factores.

- La aceleración para el factor Lluvia, para valores bajos, medios y altos de los factores se vuelve negativa. Sin embargo, su rendimiento marginal es positivo. Esto indica que el rendimiento por hectárea es creciente a medida que la lluvia aumenta, pero este aumento tiene una tendencia regresiva, o sea es cada vez menor a medida que la cantidad de lluvia caída aumenta.
- Los valores del rendimiento marginal del factor Actividades Culturales son positivos en todo el intervalo considerado, mientras que los valores de la aceleración (segunda derivada) son negativos. Esto indica que el rendimiento por hectárea es creciente cuando aumentan las Actividades culturales, pero que este crecimiento es cada vez más pequeño.
- El rendimiento por hectárea disminuye a medida que el factor Edad del Cultivo aumenta, pero esa disminución es regresiva, tal como indica la segunda derivada. Es decir, el rendimiento por unidad de tierra sembrada disminuye a medida que el factor aumenta pero cada vez disminuye menos.
- Los valores del rendimiento marginal del Porcentaje de Población son positivos y esto indica que el rendimiento por hectárea es creciente a medida que aumenta el número de plantas por unidad de tierra, pero al ser negativa la aceleración esto indica que este crecimiento es regresivo, o lo que es lo mismo, este crecimiento será cada vez menor a medida que el número de plantas por unidad de tierra aumenta.

- El factor Plagas y Enfermedades influye negativamente en el rendimiento por hectárea, pero esta disminución será cada vez menor.

Si se calculan las funciones de rendimiento medio correspondientes a la variedad arábica y se evalúan para los valores mínimos, medios y máximos de los factores, se llega al resultado que aparece en la tabla 3.

Tabla 3: Valores de las funciones rendimiento medio evaluado para los valores mínimos, medios y máximos de los factores

	X_j (min) t/ha	X_j (medio) t/ha	X_j (max) t/ha
\bar{Y}_1	0,59	0,37	0,39
\bar{Y}_2	0,53	0,45	0,19
\bar{Y}_3	0,71	0,15	1,92
\bar{Y}_4	0,05	0,16	0,19
\bar{Y}_5	0,05	0,16	1,92

Leyenda: t/ha: toneladas por hectárea

En esta tabla se observa que los rendimientos medios de los factores son decrecientes para los que influyen positivamente en el rendimiento por hectárea y crecientes para los que influyen negativamente, o sea, la Edad del Cultivo y las Plagas y Enfermedades. Además, en el caso de estos dos factores, el crecimiento del rendimiento medio es muy grande cuando estos factores están en el máximo.

Análisis de las aceleraciones cruzadas.

El signo de las segundas derivadas cruzadas indica la relación existente entre los factores en el contexto en que se analizan. Es decir, si el signo es positivo, indica que los factores son complementarios y si es negativa, indica que la relación es de sustituibilidad.

Al calcular las segundas derivadas cruzadas correspondientes a la función dada, se pudo obtener los resultados siguientes:

Atenciones culturales, lluvia y población son complementarias y sustitutivas respecto al resto de los restantes factores. Plagas, enfermedades y edad del cultivo resultaron complementarias y sustitutivas en relación al resto de los factores.

Se deduce cuando se analizan las actividades sustitutivas, que es posible compensar mediante un aumento de las atenciones culturales, el aumento en la edad del cultivo y de las plagas y enfermedades. Es posible también compensar la falta de lluvia mediante una

disminución de la edad del cultivo o mediante la disminución de las plagas y enfermedades presentes en las plantaciones. También es posible compensar el aumento en la edad del cultivo y la destrucción de la plantación por la acción de las plagas y las enfermedades mediante un aumento de la población.

Esto quiere decir, para los factores: lluvia, atenciones culturales y porcentaje de población, que un aumento en uno de ellos, provoca un aumento en la necesidad del otro. Mientras que para los factores que son sustitutivos, quiere decir, que una disminución en uno puede ser compensada mediante el incremento en el otro.

Procedimiento recomendado para el aumento del rendimiento.

Los pasos fundamentales de este procedimiento son los siguientes:

1. Determinación del orden de incidencia de los factores en el rendimiento y la magnitud de la misma.
2. Utilización del orden de los factores en el proceso de planeación agrícola.
 - a) A partir de la fuerza de trabajo disponible, los medios de trabajo existentes y el presupuesto total planificado para el conjunto de actividades del CGE, dedicar estos recursos laborales, materiales y financieros fundamentalmente a las actividades culturales en las dos variedades existentes para niveles mínimo y medio de aplicación de los factores.
 - b) Para la variedad arábica, la prioridad en la utilización de los recursos para el resto de los factores debería realizarse de acuerdo al siguiente orden: porcentaje de población, plagas y enfermedades y edad del cultivo.
Para niveles altos de aplicación el orden de los factores cambia: plagas y enfermedades, atenciones culturales, porcentaje de población, edad del cultivo. Pero en este caso ya sería necesario recalcular la funciones pues la base de datos habría cambiado al pasar de niveles bajos de rendimiento a niveles medios.
3. Perfeccionamiento de la base primaria de datos.
4. Revisión periódica de las fichas de costo del café por variedades. Esto es necesario debido a los cambios en precios de insumos, materiales, salarios y del producto cosechado que ocurren cada cierto tiempo.

Resultados obtenidos por la aplicación de la estrategia recomendada.

Este Centro de Gestión Económica se ha escogido como piloto en la aplicación paulatina del procedimiento recomendado, lo cual se inició a principios del 2007, comenzándose a obtener los resultados en la cosecha del 2007-08.

Si se observa el cambio en los totales, se advierte que la producción de café Arábica se ha más que duplicado Si se considera un precio promedio de \$2907,09 por TM. para el café de la variedad Arábica, se podría determinar cuál ha sido el efecto económico de la aplicación

de la estrategia recomendada a partir de los resultados de la presente investigación en el CGE Limonar¹.

Tabla 4. Resultados obtenidos en el CGE Limonar mediante la aplicación de la estrategia recomendada (variedad Arábica)

UBPC	Variedad Arábica		Incremento %
	Cosecha	Cosecha	
	2006-2007	2007-2008	
Total	24,70TM	30.0TM	21,74

Para el CGE Limonar el comportamiento de los ingresos totales fue el siguiente: en el año 2007 el ingreso por concepto de la producción y venta de café variedad Arábica fue de \$ 71 805,13 y en el 2008 fue de \$ 87 416,2 para un incremento en los ingresos totales de \$ 15 611,07.

Conclusiones.

1. El análisis marginal reveló la influencia de los factores en la producción. Las atenciones culturales es el factor de mayor impacto en los rendimientos para las condiciones mínimas y medias de las variables.
2. El orden de prioridad continúa con la población, plagas y enfermedades, lluvia y edad del cultivo.
3. El orden de los factores cambia para los niveles máximos de puntos y por tanto, surge la necesidad de actualizar la base de datos.
4. Se determinó la aceleración, el rendimiento medio y la aceleración cruzada como característica de la función de producción las cuales juegan
5. El procedimiento demostró su efectividad al aplicarlo en un CGE de la Empresa de Café y Cacao de Bayate, municipio El Salvador, provincia de Guantánamo. Se logró un incremento de la producción de café tipo arábica de un 21,74%, en valor representa un aumento en el ingreso del CGE de \$ 15 611,07

Bibliografía.

- Arellano Valdez, B. (1994). Funciones de respuesta para optimizar el manejo de cultivo de frijol en una empresa agropecuaria en el municipio San Luis de la Paz. México
- Eduardo., L. (2006). En defensa de la Macroeconometría estructural. *Estudio de la econometría aplicada*, 277-297
- Gujarati, D. N. (2004). Econometría. México.
- Imbert Tamayo, J. y. L. D., M (2003). Funciones de respuesta para el cultivo del café. Importancia del factor humano.
- J., G. C. A. y. W. H. (2008). Modelos cuantitativos para la toma de decisiones en Administración. La Habana.

¹ Los datos se actualizaron de acuerdo a la producción ,la nueva carta tecnológica y la función de producción

- Pérez López, C. (2006). Problemas resueltos de Econometría. Madrid.
- Pulido, A. y P.-G. J. (2001). Modelos Econométricos. España.
- R., F. (1969). Las leyes técnicas y económicas de la producción. La Habana
- Robles Soto S., R. B. R. y I. T. J. (2004). Proyección del desarrollo de los parques industriales como factores del desarrollo económico en México. Estudio de tres casos particulares. *Memorias de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales*.
- W.J., B. (1963). Teoría Económica y Análisis de Operaciones. La Habana.

Fecha de recibido: 19 feb. 2012
Fecha de aprobado: 9 may. 2012