

**Universidad de Guantánamo**  
**Facultad de Ciencias Económicas**  
**Departamento de Contabilidad y Finanzas**

## ***Trabajo de Diploma***

**Tema:** Gestión eficiente de los factores y su relación producción – costo, en la variedad café Arábigo, Centro de Gestión Económica de Limonar, El Salvador.

**Diplomante:** Ada Agüero Kassab.

**Tutor:** Msc. Marcelino Limonta Duverger.

**“Año 54 de la Revolución”**

**2012**

## **Initium**

*“Revolución es sentido del momento histórico, es  
cambiar todo lo que pueda ser cambiado. . .”*

*Fidel Castro Ruz*

## **AGRADECIMIENTOS**

**A**

**Mi Tutor**

**Por su enorme apoyo, por su paciencia y comprensión**

**Mis hijos**

**Por hacer que todo merezca la pena**

**Mi familia por su ayuda incondicional en todos estos años**

**Todas las personas que de una forma u otra han  
colaborado en la realización de este trabajo.**

**A.A.K.**

**INDICE:**

<b>INTRODUCCION</b> -----	<b>6</b>
<b>CAPITULO I: MARCO DE REFERENCIA PRODUCCIÓN CAFETALERA EN CUBA</b> -----	<b>9</b>
<b>1.1.MARCO REFERENCIA HISTÓRICA.</b> -----	<b>9</b>
<b>1.2.MARCO REFERENCIA GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN.</b> -----	<b>15</b>
<b>1.3.MARCO REFERENCIA TEÓRICO</b> -----	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO II: FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL Y DEL MODELO A UTILIZAR</b> -----	<b>19</b>
<b>2.1. GENERALIDADES Y METODOLOGÍA.</b> -----	<b>19</b>
<b>2.2. CARACTERIZACIÓN DE LAS FUNCIONES DE PRODUCCIÓN O FUNCIONES DE RESPUESTA.</b> -----	<b>31</b>
<b>2.3. FACTORES CONSIDERADOS PARA EL ESTUDIO: CAPTACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN</b> -----	<b>36</b>
<b>CAPÍTULO III. DETERMINACIÓN DE LAS FUNCIONES Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS</b> -----	<b>43</b>
<b>3.1. GENERALIDADES</b> -----	<b>43</b>
<b>3.2. DETERMINACIÓN DE LAS FUNCIONES DE RESPUESTA Y ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS</b> -----	<b>43</b>
<b>3.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA</b> -----	<b>56</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## RESUMEN

La investigación propone recomendaciones para elevar los rendimientos del café en las UBPC del Centro de Gestión Económica de Limonar, Municipio El Salvador en la variedad Arábica. Dado el estado actual de lento crecimiento de los volúmenes de café cosechados en las UBPC y tomando en cuenta los distintos factores económicos, históricos, sociales y tecnológicos que han influido en esto, así como la necesidad de alcanzar volúmenes altos de producción para satisfacer el mercado interno y elevar las exportaciones, es posible y conveniente, utilizar los instrumentos de las técnicas econométricas para brindar recomendaciones concretas y válidas para que los productores de café puedan elevar de una manera más rápida los rendimientos totales y por caballería a que es necesario aspirar y que pueden ser extensibles a otras regiones de país. A partir de los resultados de la evaluación de las funciones de respuesta se puede explicar de qué forma impacta el comportamiento de cada uno de los factores sobre el rendimiento por hectárea.

## INTRODUCCIÓN

La resolución Económica del V Congreso del PCC plantea: "La eficiencia es, por tanto, el objetivo central de la Política Económica pues constituye una de las mayores potencialidades con que cuenta el país [...]".

En los lineamientos al sexto congreso del partido se plantea:

" Priorizar, a corto plazo, la sustitución de importaciones de aquellos alimentos que pueden ser producidos eficientemente en el país. Los recursos para potenciarla deberán concentrarse donde existan mejores condiciones para su empleo más efectivo, a fin de elevar los rendimientos y la eficiencia de .la producción; asimismo, deberá potenciarse la aplicación de los resultados de la ciencia y la técnica<sup>1</sup>

La investigación a desarrollar propone brindar recomendaciones para la elevación de los rendimientos del café en las UBPC del Centro de Gestión Económica de Limonar, Municipio El Salvador en la variedad Arábica.

Del cultivo de café dependen decenas de miles de personas en la región considerada, todo resultado que conlleve un aumento de los ingresos de los trabajadores y campesinos que participan en la siembra, cuidado y cosecha de este grano, conllevará un aumento en el nivel de bienestar y desarrollo humano de esta parte de la población de la provincia.

Se obtendrá un resultado novedoso, ya que la funciones de respuesta multifactoriales y restringidas no han sido aplicadas en nuestro país en la agricultura y por tanto, científicamente es un resultado relevante. La técnica consiste en utilizar funciones de respuesta en las que se tomarán en consideración la mayoría de los factores que intervienen en la producción de café. El punto de equilibrio como técnica contable proporciona una medida de cuando la empresa gana o pierde con un volumen de producción determinado, y sirve además como punto de comparación con los resultados de producción obtenidos y con lo proyectado por las funciones de respuesta.

---

<sup>1</sup> Lineamiento al Sexto Congreso del Partido. Capítulo VII Política Agroindustrial. Lineamiento 173, pág,23,2011

En la producción del café intervienen numerosos factores manejables y no manejables. Dentro de los primeros se encuentran las diversas atenciones culturales, la edad de los cultivos, el porcentaje de población, el grado de infestación por plagas y enfermedades, etc. y dentro de los no manejables se encuentran; la lluvia, la neblina, la elevación sobre el nivel del mar, la velocidad del viento, la nubosidad, etc. Lo anterior permitiría trazar un conjunto de recomendaciones que permitirían elevar los rendimientos del cultivo.

De lo anterior se concluye la existencia del siguiente:

### **PROBLEMA**

En la empresa cafetalera agropecuaria de Bayate existen insuficiencias en la gestión de los factores de la producción con la consiguiente afectación sobre los rendimientos por hectárea y los costos de la actividad.

Para enfrentar este problema se establece el siguiente:

### **Objetivo General:**

Elaborar un procedimiento para el manejo eficiente de los factores de producción y los recursos escasos existentes en las UBPC determinadas, a partir del análisis de las características de las funciones de respuesta.

Para la consecución de este objetivo será necesario desarrollar los siguientes:

### **Objetivos Específicos:**

1. Utilizar las funciones de respuesta obtenida en investigaciones superiores relacionado con el proyecto agro cafetalero.
2. Determinar la forma en que los factores incluidos en el modelo influyen en el rendimiento con el apoyo de los programas profesionales de computación Mathcad y SPSS-11.5.

3. Evaluar cómo la asignación de recursos mediante el orden de prioridad de los factores influyen en los rendimientos por hectárea, reducción de los costos y en el incremento de la ganancia.
4. Introducir en la práctica de manera total el procedimiento y la generalización de los resultados obtenidos en todas las unidades básicas del municipio y de la provincia.

### **Objeto de investigación**

Producción de café en la Empresa Cafetalera de Bayate, Centro de gestión económica de "Limonar" y las UBPC que lo conforman.

### **Campo de acción.**

La función de producción como modelo económico-matemático e instrumento para la gestión eficiente de la producción cafetalera y la contabilidad de los costos.

La investigación se realizó teniendo en cuenta la siguiente:

### **Hipótesis.**

Si se utilizaran variables como, lluvia, atenciones culturales, edad del cultivo, población, plagas y enfermedades se podría mejorar el manejo de los mismos, la asignación de recursos, el incremento de la producción, la reducción de los costos y el aumento de los ingresos.

## CAPÍTULO I. MARCO DE REFERENCIA PRODUCCIÓN CAFETALERA EN CUBA

### 1.4. Marco referencia histórica.

Se desconoce la fecha exacta en que empezó a cultivarse el café, pero algunos estudiosos sitúan este hecho en Arabia, cerca del mar Rojo, hacia el año 675 d.c. No obstante, este cultivo fue raro hasta los siglos XV y XVI, cuando se establecieron extensas plantaciones en la región árabe del Yemen. El consumo de la infusión aumentó en Europa durante el siglo XVII, lo que animó a los holandeses a cultivarlo en sus colonias. En 1714, los franceses lograron llevar un esqueje vivo de cafeto a la isla antillana de Martinica; esta única planta fue el origen de los extensos cafetales de América Latina.

El café llega a Cuba procedente de Haití en el año 1748, siendo introducido por Don José Gelabert en una finca de su propiedad en el municipio de Rancho Boyeros. En las postrimerías del siglo XVIII el cultivo se había extendido hacia otras provincias. El triunfo en 1771 de la revolución haitiana obliga a muchos colonos franceses a emigrar a Cuba, asentándose en su mayoría en las cercanías de Santiago de Cuba y Guantánamo. Estos colonos imprimieron un gran impulso al cultivo del café y utilizaron nuevas técnicas en el cultivo.

En el período de 1790-1833, las exportaciones cubanas de este producto se comportaron como aparece en la tabla 1.

**Tabla 1. Exportaciones cubanas de café (1790-1833)**

<b>Años</b>	<b>Toneladas</b>
1790	84,1
1805	788,3
1820	7 796,00
1830	20 438,60
1833	29 163,1

Fuente: Simposio Internacional CUBACAFÉ99.

En el período de referencia se observa como la producción y la exportación en el siglo XIX se incrementaba colocando a Cuba dentro de los principales productores de café a nivel mundial. Sin embargo, como se verá más adelante esta producción ha ido descendiendo hasta alcanzar bajos niveles en nuestro proceso revolucionario.

La transformación Socialista de la Agricultura comienza con la primera Ley de Reforma Agraria, la cual dio al sector estatal el papel predominante sobre las tierras. En las tierras estatales fueron constituidas grandes granjas y otras entidades con la forma de propiedad cooperativa, no integradas por campesinos privados sino por 400 000 obreros agrícolas asalariados. A partir de estas leyes, los campesinos se agruparon en diferentes tipos de asociaciones campesinas como: la Asociación Nacional de Agricultores Pequeño, ANAP, la Brigada de Ayuda Mutua y las Cooperativas de Créditos y Servicios, CCS.

"En varias oportunidades, específicamente en cinco ocasiones, se obtuvieron producciones de 50 000 toneladas y en 1961, ya en pleno proceso de consolidación de la Revolución Cubana, se lograron 60 000 toneladas. Su desarrollo se frenó con el paso del huracán Flora y con la Crisis de Octubre. En los primeros años de la década de los años 60 se realizaron movilizaciones enormes y este cultivo quedo sin atenciones. Al paso del ciclón Flora gran parte del cultivo quedo arruinado y muchas plantaciones e incluso los caminos que conducían a ellas, se perdieron por completo"<sup>2</sup>.

En consideración de los antecedentes históricos, naturales, interno y externo; la agravación de la crisis económica con la desaparición del Campo Socialista y la desintegración de la Unión de República Socialista Soviética, fue necesario la creación de las UBPC para la explotación eficiente de los recursos agrícolas y la elevación de la producción.

El 15 de septiembre de 1993 el Buró Político del Partido Comunista de Cuba anunció el inicio de importantes innovaciones en la agricultura estatal la cual controlaba más del 80% de las tierras del país.

---

<sup>2</sup> Simposio Internacional CUBACAFÉ99

Se crearían entonces las UBPC, con un funcionamiento similar al de las CPA existentes, con la diferencia de que no serían dueñas de la tierra que se trabajaba colectivamente, sino que la recibirían en usufructo gratuito de parte del estado por tiempo indefinido.

Características funcionales de las UBPC.

- Los productores son dueños de la producción.
- Venden lo producido al estado o en acuerdo con él.
- Pagan por los medios e insumos que quieran.
- Disponen de cuentas bancarias.
- Tienen obligaciones fiscales.

Aunque las UBPC han sido concebidas como unidades autónomas, por encima de ellas se encuentra la empresa estatal, que deviene controladora de sus compromisos de producción con el estado.

En este proceso de transformación, la agricultura estatal no ha conseguido estimular al obrero agrícola. En las condiciones actuales de racionamiento, la remuneración monetaria es insuficiente para motivar al obrero agrícola. De aquí que la estimulación esencial se concrete en la posibilidad de:

- Resolver el problema de la alimentación.
- Obtener mayores ingresos monetarios.
- Participar en la dirección y en la toma de las principales decisiones.
- Construir su vivienda.

Otro problema en la agricultura está relacionado con la distribución de la población que es urbana en un 75%.

En estos primeros años muchas UBPC no han sido rentables, y se necesita

determinado período de maduración para alcanzar el fondo en los cambios estructurales, para la solución del problema y poder competir en un mercado internacional donde existen grandes productores ya consolidados.

Los antecedentes históricos muestran cómo la producción de café ha transitado por varias estructuras a partir de 1959. En la actualidad esta actividad es dirigida por el grupo agroindustrial CUBACAFE, conformado por cuatro asociaciones cafetaleras: Pinar del Río, Escambray, Santiago de Cuba y Guantánamo que agrupan a 28 empresas agroindustriales, cuatro procesadoras de café para la exportación y una empresa comercializadora de café.

Las empresas para cumplir sus funciones empresariales se apoyan en las siguientes estructuras:

- Unidad básica económica(UBE)
- Unidades básicas agroindustriales de café y cacao(UBACC)
- Unidades básicas de producción cooperativas(UBPC)
- Granjas estatales de nuevo tipo(GE)
- Cooperativas de créditos y servicios(CCS)
- Cooperativas de producción agropecuarias(CPA)
- Granjas del Ejercito Juvenil del Trabajo(GEJT)

Actualmente se trabaja en el perfeccionamiento de algunos resultados, así como en otros proyectos en el marco del Programa Nacional “Desarrollo sostenible de las montañas”.

Aunque se han realizado esfuerzos por lograr altos niveles de producción cafetalera a escala nacional, los resultados productivos han ido descendiendo de manera sostenida como se muestra en el período 1961-1970, de 37 440,00 toneladas a 6 800 toneladas en el período 2000-2009, según mostró el reporte de la producción anual promedio por década, desde 1960 hasta 2009. Ver tabla 2.

**Tabla 2. Producción anual promedio por década en Cuba. 1960-2009**

<b>Período</b>	<b>Miles de Toneladas</b>
1961-1970	37,44
1971-1980	20,86
1981-1990	10,22
1991-1998	21,82
2000-2009	6.80

FUENTE: Simposio Internacional CUBACAFÉ99

Esta situación con la producción nacional de café obliga al país actualmente a importar 19 000 toneladas del grano limpio con un costo aproximado de 50 millones de dólares.

Es decir, que de una situación de exportadores, se ha pasado a importadores del producto. Cuba necesita producir, para no tener que importar, no menos de 29 000,00 toneladas de grano limpio [8].

El descenso continuo de la producción se pone de manifiesto de igual forma a nivel provincial. Ver tabla 3.

**Tabla 3. Comportamiento de la producción de café en los últimos años en la provincia Guantánamo**

<b>Año</b>	<b>Latas</b>	<b>Caballerías</b>	<b>Latas/caballería</b>	<b>Ton/caballería</b>
2000-2001	2 325 255,00	1 792,00	1 297,58	16,51
2001-2002	2 264 680,00	1 625,65	1 393,09	17,73
2002-2003	2 204 308,00	1 493,30	1 476,13	18,79
2003-2004	1 941 722,00	1 489,00	1 304,04	16,60
2004-2005	1 841 622,00	1 481,00	1 243,49	15,74
2005-2006	1 522 979,00	1 556,12	978,70	12,46
2006-2007	1 439 549,00	1 580,68	910,72	11,58
2007-2008	1 068 800,00	1 493,3	715,73	9,11
2008-2009	179 226,03	1528,5	117,26	1,49
2009-2010	832 782,00	15 467,5	53,84	0,69
2010-2011	931 850,00	1464,9	636,12	8,1

Fuente: Registros de producción del Grupo Empresarial de Montaña Guantánamo.

En el periodo 2000-2008 la producción total de café en la provincia de Guantánamo ha descendido desde 29 594,69 a 13 603,16 toneladas de café cereza. Los rendimientos por caballería también han mostrado un descenso sostenido, bajando desde 16,51 toneladas por caballería (1,23 toneladas por hectárea) hasta 9,11 toneladas (0,68 toneladas por ha). Esto se muestra en la Tabla 2. Para la cosecha del año 2009-2010 se obtuvo un real de 832 782,00 latas, lo que representa una producción de 10 599,24 toneladas de café cereza, la cual es todavía más baja .En la cosecha 2010-2011 las toneladas por unidad de tierra sembradas se incrementa en relación a la cosecha anterior pero continúa siendo baja.

Para la zafra 2011-2012, el estimado es 982 000 latas de café.

En la empresa bajo estudio en los últimos cinco años de un total de 22 unidades productivas, sólo tres UBPC han podido superar las 12,7 toneladas de café Arábigo , las cuales corresponden al centro de gestión económica "La Escondida".

En la Tabla 4 se observa como a partir de la cosecha 2005-2006 comienza un período de recuperación paulatina de los volúmenes de producción a nivel del las UBPC.

**Tabla 4. Toneladas cosechadas por las UBPC de la Empresa en los últimos años.**

<b>Años</b>	<b>Cosecha</b>
2000-2001	99
2001-2002	198.48
2002-2003	180,59
2003-2004	176.28
2004-2005	172.80
2005-2006	168.56
2006-2007	284,15
2007-2008	348,75
2008-2009	392,58
2009-2010	470,83
2010-2011	644,23

Fuente: Registros de producción de la Empresa de Café y Cacao de Bayate

La recuperación es el resultado de importantes cambios tecnológicos realizados en el proceso de producción con la aplicación paulatina del procedimiento recomendado en este trabajo. Esto se verá en detalle en el Capítulo III.

## **1.2. Marco referencia geográfica de la investigación.**

El territorio donde se efectúa el estudio está ubicado en el municipio El Salvador, en la provincia de Guantánamo y tiene las siguientes características:

Ubicación geográfica administrativa, política y población.

En el municipio "El Salvador" predominan las alturas medias ya que el 92.5% de sus áreas se encuentran por debajo de los 500 metros sobre el nivel del mar (msnm) y sólo el 7.1% se halla por encima de los 500 metros. Sus límites geográficos son: al norte Holguín, al sur Niceto Pérez, al este Guantánamo y al oeste la provincia de Santiago de Cuba.

La población hasta junio 30/2001 se estimaba en 43 851 habitantes lo que representaba el 8.5 % de la población provincial.

- Desde el punto de vista del cultivo de café, está organizado en seis instancias denominadas Centros de Gestión Económica (CGE): Bayate, San Fernando, Soledad, Cidra, Limonar y La Escondida.
- CGE Limonar. Marcos Martí (Olimpo); Álvaro Barba (San Juan); Batalla de la Indiana (Indiana).

## **1.3. Marco referencia teórico**

El estudio bibliográfico consistió en la revisión de:

- Tesis de maestría relacionadas con la aplicación de funciones de respuesta para lograr una proyección del desarrollo de los parques industriales mexicanos y en el cultivo del frijol.
- Libros de texto sobre econometría teórica y de aplicación sobre diversos procesos productivos.

Arellano Valdez, B [1], Funciones de respuesta para optimizar el manejo de cultivo de frijol en una empresa agropecuaria en el municipio San Luis de la Paz, Guanajuato. México. Tesis de Maestría. Facultad de Economía, UAZ. 1994.

Chávez Ortiz R. y Arteaga Domínguez L [3]. Determinación de las funciones de respuesta mediante la regresión restringida de un agro sistema en Hacienda Nueva, Morelos, Zacatecas. Tesis de Maestría. México. 1996.

Torres Ordaz I [9], Determinación de funciones de respuesta para la optimización del cultivo de frijol en el Municipio Hacienda Nueva, Tesis de Maestría. Zacatecas. México. 1996.

En las tesis antes señaladas, se destaca la utilización del programa REMU-6 para la construcción de funciones de respuesta y la aplicación de métodos matemáticos para el análisis de las características y la optimización de la función. Todos ellos fueron aplicados al desarrollo del cultivo del frijol. Aunque no están relacionados con el presente tema de investigación, aportan en la profundización del análisis técnico-económico de la funciones de respuesta.

Libros de texto sobre econometría teórica y de aplicación sobre diversos procesos productivos.

Otros textos como el de Simon C.P. y Blume L. [11] sobre Matemáticas para Economistas, proporcionaron la forma de utilizar el Análisis Matemático para determinar los pesos de los diferentes factores y su tendencia, o su propensión a disminuir o crecer cada vez más rápidamente o cada vez más lentamente.

Algunas monografías publicadas en la página Webb de la Universidad de Oriente por Imbert Tamayo, J. han servido para el análisis marginal de las funciones así como el de Frisch R. *Las leyes técnicas y económicas de la producción* [4].

Samuelson P.A. sobre Economía parte I, II, III Y IV décimo cuarta edición [10].

Con el fin de obtener información sobre los procesos agrícolas y el empleo de las técnicas matemáticas y el análisis económico fueron de gran utilidad los diferentes tomos de la Biblioteca de Economía Agropecuaria de Bachtold E.; Aguilar A. y siete autores más [2].

Artículos revisados y sitios Web.

Se tuvieron en cuenta también algunas publicaciones sobre la utilización de funciones de respuesta, como las de Robles Soto S. y otros [6], dedicadas al análisis del desarrollo de parques industriales en México, de Imbert Tamayo J. y Limonta Duverger. M [5] dedicada al análisis del papel del factor humano en la mejoría de los rendimientos del café. Robles Soto S., Rodríguez Betancourt R. y Imbert Tamayo J [7]. Proyección del desarrollo de los parques industriales como factores del desarrollo económico en México. Estudio de tres casos particulares. Coautor. Memorias de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Cuba Año 2004

En el proceso de revisión bibliográfica se pudo comprobar la existencia de una teoría desarrollada acerca de la función de producción en las obras Samuelson P.A. y Frisch,R: "Economía, partes I-II-III y IV décimo cuarta edición y Las leyes técnicas y económicas de la producción"<sup>3</sup>.

Samuelson P.A, en su obra Economía, partes I-II-III y IV<sup>4</sup>, Capítulo dos, aborda los tres problemas de organización económica relacionada con el qué mercancía han de producirse y en qué cantidad; cómo se producirán los bienes y para quién se producirán. Asimismo nos pone en contacto con los conceptos de factores y productos.

Ragnar Frish (1963) [4]:"Las leyes técnicas y económicas de la producción" Define el concepto de producción en el Capítulo 1(Pág. 5-13) como producción técnica de todo proceso de transformación regido por los hombres, o en la realización del cual se hallan interesados los hombres. La identidad de los factores de producción desaparece con ésta. Desplazamiento, elección, conservación. La distinción entre factores de producción y productos es parte, una cuestión convencional y depende de los términos en que se plantea el problema.

Se entiende por producción económica a un acto con el que se pretende crear un producto estimado en un valor más elevado que el gasto efectuado.

---

<sup>3</sup> Samuelson P.A(1997).Economía: Partes I-II-III y IV. Décimo cuarta edición.

Frisch,R: (1963).Las leyes técnicas y económica de la producción. Traducción, revisión y prólogo De La torre y De Miguel. Edición Revolucionaria del libro.

<sup>4</sup> Samuelson P.A(1997).Economía: Partes I-II-III y IV. Capítulo 2"Problemas Básicos de la organización de la Economía"Décimo cuarta edición. p.23-34

En el capítulo 2(pp.15-24) trata acerca de los factores de producción. Factores especificados y factores tácitos. Factores susceptibles o no de ser dirigidos. Factores económicos y factores libres.

## **CAPÍTULO II: FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL Y DEL MODELO A UTILIZAR**

### **2.1. Generalidades y metodología.**

Dado el estado actual de lento crecimiento de los volúmenes de café cosechados en las UBPC y tomando en cuenta los distintos factores económicos, históricos, sociales y tecnológicos que han influido en esto, así como la necesidad de alcanzar volúmenes altos de producción para satisfacer el mercado interno y elevar las exportaciones, es posible y conveniente, utilizar los instrumentos de las técnicas econométricas para brindar recomendaciones concretas y válidas para que los productores de café puedan elevar de una manera más rápida los rendimientos totales y por caballería a que es necesario aspirar y que pueden ser extensibles a otras regiones de país.

En este contexto es necesario plantear el término de modelo económico, y se puede decir que son simplificaciones teóricas de abstracciones de la realidad, expresadas mediante una relación funcional de una variable dependiente y una o más independientes.

Al aplicar métodos estadísticos, como correlación y regresión, a un modelo matemático de teoría económica, se está efectuando un análisis econométrico y por tanto se busca dar validez a la teoría con la técnica inferencias probabilística y sus respectivas pruebas de hipótesis estadísticas, que den la aproximación numérica de la certeza del modelo<sup>5</sup>.

El uso de la modelación económica matemática para dar soluciones a problemas económicos, conduce al empleo eficiente de recursos escasos y su utilización está extendida en los países de elevado nivel de desarrollo. Sin embargo, en los países del tercer mundo su empleo es limitado.

De lo anterior se sigue que la función de respuesta o función de producción, una vez determinada mediante los métodos estadísticos apropiados constituye un modelo económico matemático.

Esta investigación se ha basado fundamentalmente en las aplicaciones de las

---

<sup>5</sup> [www.aulafacil.com ]

Funciones de Producción o Funciones de Respuesta uno de cuyos mejores exponentes fue Ragnar Frisch [4]. Esta técnica se encuentra en la frontera del Análisis Matemático, La Econometría y la Teoría Económica y consiste fundamentalmente en determinar una función que refleje la relación de un conjunto de factores de la producción con los resultados alcanzados en esta, y una vez determinada la función utilizar el instrumental del Análisis Matemático para arribar a conclusiones a partir de los instrumentos y conceptos del Análisis Marginal y de estas conclusiones deducir las medidas prácticas a tomar en relación con cada uno de los factores de la producción considerados, de forma que el proceso productivo sea más eficaz y se logre una mejor aplicación de los escasos recursos disponibles para influir en los factores.

### **Ventajas y limitaciones de la técnica empleada.**

La principal ventaja de esta técnica es la gran variedad de campos en que puede ser aplicada. Ha sido utilizada con éxito en cuestiones tan diferentes como el estudio del comportamiento del desarrollo de parques industriales en México, búsqueda de la mejor manera de sembrar el frijol y en el presente caso, la determinación de la influencia de los factores que inciden en el rendimiento del café.

Otra ventaja es que las técnicas a emplear, por ser una temática que está en la frontera de varias ciencias, están disponibles en un sinnúmero de textos y existen varios software que permiten determinar las funciones.

Como limitaciones de las funciones de respuesta se puede considerar que las conclusiones obtenidas dependen de un estado de la tecnología. Al cambiar este estado, las funciones obtenidas pierden capacidad de pronóstico y de descripción adecuada del sistema estudiado y se hace necesario recalcularlas.

Una segunda limitación que es común a todas las herramientas de la Investigación de Operaciones es la consideración de que el futuro se parecerá al pasado y por ello, se pueden sacar conclusiones para decidir sobre este último. Y esto no siempre es así.

## **Metodología a utilizar**

El problema se tratará siguiendo la metodología de la econometría, de la cual existen diversas versiones, pero que esencialmente se pueden formular con las siete etapas siguientes.

1-Enunciado de la teoría o hipótesis.

2- Especificación del modelo econométrico dirigido a probar teoría.

3- Estimación de los parámetros del modelo econométrico.

4- Verificación o Inferencia estadística.

5- Pronóstico o predicción.

7- Uso del modelo para fines de control o formulación de política.

Los rendimientos del café dependen de diferentes factores como son: lluvia, atenciones culturales, edad del cultivo, población, plagas y enfermedades, variedades, distancia entre plantas, calidad del suelo, neblina y otros factores climáticos, algunos de los cuales son variables para el productor y otros no. Algunos de los factores variables son manejables por el productor y otros no lo son.

Uno de los propósitos del trabajo es determinar los factores variables manejables fundamentales y la influencia de cada uno de ellos en el rendimiento por unidad de tierra, mediante la construcción de funciones que consideren dichos factores, siempre con la participación del factor lluvia, pues aunque es un factor variable no manejable, no puede ser dejada al margen por su importancia. Una vez determinada la función, mediante el análisis matemático, se determinará para cada uno de los factores, el peso que tienen en el crecimiento del rendimiento y si su tendencia es a crecer o disminuir cada vez más o cada vez menos.

El modelo matemático aplicable a las condiciones descritas es el de las denominadas funciones de producción o funciones de respuesta. Es decir, se necesita encontrar aquellas funciones de respuesta que describan de la mejor manera posible el comportamiento del sistema en estudio y mediante el análisis de los factores considerados, encontrar un procedimiento de asignación de los recursos disponibles y

escasos, para lograr un crecimiento más rápido de los rendimientos agrícolas del café. Además, como instrumento econométrico proporciona a la empresa un camino para enfrentar lo siguiente:

### **Objeto Social**

Producir, acopiar y comercializar en moneda nacional, de forma mayorista, café en grano, (oro, cáscara y pergamino) con destino a las torrefactoras y a las empresas procesadoras de cacao en grano, con destino a la industria, Empresa de Café y Cacao de Baracoa.

Para el cumplimiento de este objeto social, la entidad ha determinado su

### **Misión**

Elevar la producción agropecuaria con una alta calidad que satisfaga las necesidades y expectativas de la población a partir del control y seguimiento de los diferentes programas de la agricultura, haciendo énfasis en la recuperación cafetalera y cacaotera.

La dirección de la empresa ha analizado la situación que debería tener si cumple adecuadamente con sus objetivos y por ello tiene de sí misma para los próximos años la siguiente:

### **Visión**

La empresa cafetalera de "El Salvador" cuenta con una alta tecnología, aprovechando sus capacidades instaladas al máximo, ya que ha cumplido los diseños elaborados para la recuperación de la producción de café, de cacao, forestal y el programa para la producción de alimentos, ha elevado la calificación de los trabajadores, dirigentes y cuadros de dirección lo que unido a la alta calidad de las producciones y la eficacia alcanzada en la comercialización han permitido satisfacer las necesidades alimentarias de la población del territorio.

### **Formulación del modelo a utilizar**

Aunque todas las variables son importantes se escogieron aquellas que a criterio de los productores y especialistas de la producción tienen el mayor impacto en el rendimiento, tales son: lluvia caída, atenciones culturales, porcentaje de población, edad del cultivo y plagas y enfermedades.

Para determinar el peso de los diferentes factores se utilizan funciones de respuesta basadas en el Análisis de Regresión y determinadas por el método de los mínimos cuadrados, el cual parte de los siguientes supuestos:

1. La variable dependiente Y es aleatoria y las variables explicatorias son fijas;
2. La suma de los errores es cero, y siguen una distribución normal;
3. Existe independencia entre las variables explicatorias y los errores;
4. No multicolinealidad entre las variables explicatorias.
5. Las varianzas de los errores son constantes (Homocedasticidad);
6. No hay correlación entre los errores (Independencia).
7. El modelo está correctamente especificado.

El modelo general es el siguiente:

### Índices

i: Factores;  $i = 1, 2, \dots, p$

### Variable dependiente:

Y - Refleja el rendimiento anual por hectárea.

### Variables independientes:

$X_i$  – variable que representa al factor i, donde  $i = 1, 2, \dots, p$ .

### Parámetros

$B_{(0)}$  - constante del modelo. Representa el valor de la variable dependiente como resultado de la acción conjunta de las variables no incluidas de manera explícita en el modelo.

$B_{(i)}$  – Coeficiente asociado a la variable independiente que representa al factor i. ( $i = 1, 2, \dots, p$ )

La forma general de las distintas funciones consideradas son las siguientes:

- Lineal:

$$Y = B_{(0)} + B_{(1)}X_1 + B_{(2)}X_2 + \dots + B_{(p)}X_p + \varepsilon$$

- Potencial:

$$Y = B_{(0)} * X_1^{B_{(1)}} * X_2^{B_{(2)}} * \dots * X_p^{B_{(p)}} * \varepsilon$$

- Lineal más cuadrática

$$Y = B_{(0)} + B_{(1)}X_1 + B_{(2)}X_2 + \dots + B_{(p)}X_p + B_{(11)}X_1^2 + \\ + B_{(12)}X_1X_2 + \dots + B_{(pp)}X_p^2 + \varepsilon$$

- Lineal Logarítmica:

$$Y = B_{(0)} + B_{(1)}(\ln X_1) + B_{(2)}(\ln X_2) + \dots + B_p(\ln X_p) + \varepsilon$$

Se determinarán funciones de respuesta, seleccionadas a partir del examen de un total de 4 tipos de funciones empleadas en el programa REMU-M y validadas por el SPSS-11.5.

Para seleccionar la mejor función se tuvieron en cuenta los siguientes elementos:

- Máximo del coeficiente  $R^2$ , el cual indica la bondad del ajuste, y significa el % de error que se elimina cuando la recta de regresión se ajusta a los puntos, o también que la variación de la variable dependiente se explica en el % dado por  $R^2$  con respecto a las variables independientes.
- Error mínimo de estimación =  $\sqrt{CME}$ , el cual indica el error que tiene la función hallada al realizar el pronóstico, con respecto a los valores reales de la variable dependiente.
- Naturaleza de los estimadores con respecto al fenómeno que se estudia. Los estimadores calculados en el modelo deben corresponderse con los parámetros del fenómeno o del proceso bajo estudio. Aquí es necesario, observar su consistencia teórica.
- Prueba de hipótesis F-Fisher =  $CMR/CME$ , prueba general de la significación de la

regresión, que indica si la regresión es significativa, es decir, demuestra que hay relación estadística entre la variable dependiente Y con respecto a las variables explicativas X y sus estimadores. Desde esta perspectiva se puede realizar un análisis de varianza con igual propósito.

- Prueba t de Student para probar la significación de los estimadores de la función de forma unilateral. En este caso se utiliza el mismo enfoque anterior, pero para cada estimador. En caso de que se acepte la hipótesis nula quiere decir que ese estimador no es significativo y no guarda relación con la variable dependiente. De ocurrir lo anterior, se sugiere ampliar la muestra, cambiarla o un cambio de modelo.
- Prueba de Durbin-Watson; para probar el supuesto de independencia de las perturbaciones, condición necesaria para que los estimadores hallados sean de máxima verosimilitud. Las pruebas de rachas, de normalidad y la de correlación de Spearman completan el estudio sobre los residuos.
- Prueba de Homocedasticidad; para probar la igualdad de las varianzas de los errores de la muestra, y que de hecho tenga lugar el teorema de Gauss–Markov y por tanto los estimadores sean de máxima verosimilitud, para esto se utiliza la prueba de Golfed y Quant.
- Prueba de multicolinealidad. La prueba de multicolinealidad se realiza con el objetivo de determinar la existencia de la relación lineal entre dos o más variables en la función, sus efectos y consecuencias.
- Proyección de la curva; para comprobar que los valores proyectados se asemejan al comportamiento teórico de la variable dependiente.

En caso de que más de una curva cumpla con estos requisitos se tienen en cuenta el coeficiente  $R^2$ .

Estos criterios, son los más importantes por dar paso a la determinación y aplicación del resto.

Los elementos a tener en cuenta en las pruebas de hipótesis son los siguientes:

La prueba de hipótesis se realiza mediante la prueba de significación utilizando el estadístico de prueba F de Fisher:

Planteamiento de la prueba de hipótesis:

$$H_0: \beta_1 = 0, \beta_2 = 0, \dots, \beta_k = 0;$$

$H_1$ : al menos una variable independiente es desigual a cero

La hipótesis nula ( $H_0$ ) indica que los coeficientes hallados no están relacionados linealmente con la variable dependiente y no son significativos. Todo lo contrario expresa la hipótesis alternativa ( $H_1$ ).

➤ Aplicación de la prueba de hipótesis: F de Fisher sobre la ecuación de regresión

$$F_c = \text{CMR}/\text{CME}$$

donde CMR = Cuadrado medio de la regresión y CME = Cuadrado medio del error

El valor tabulado del estadístico F está definido por:

$$F_{\text{tab}} = F(\alpha; k; n-k-1)$$

Donde:  $n$  – tamaño de la muestra.

$k$  – números de variables independientes y grados de libertad del numerador.

$n-k-1$ : grados de libertad del denominador.

$\alpha$ : nivel de significación, el cual se considera de un 5%

Regla de decisión:

- Si  $F_c > F_{\text{tab}}$ : Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa, es decir, la ecuación de regresión es significativa para el nivel de significación  $\alpha$  y la ecuación obtenida es confiable. El valor de  $F_c$  cae en la región crítica.
- Si,  $F_c \leq F_{\text{tab}}$ : se acepta la hipótesis nula, por tanto, para el nivel de significación, la ecuación obtenida no es confiable y los coeficientes de regresión hallados pueden ser debido al azar.

➤ Aplicación de la prueba de hipótesis: *t-Student* a la Ecuación de Regresión

Planteamiento de la prueba de hipótesis:

$$H_0: \beta_i = 0; \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$H_1: \beta_i > 0; \beta_i < 0 \quad i = 1, 2, \dots, m$$

La hipótesis nula ( $H_0$ ) indica que los coeficientes hallados se deben a la casualidad y no son significativos. Todo lo contrario expresa la hipótesis alternativa ( $H_1$ ).

La prueba de hipótesis se realiza mediante la prueba de significación utilizando el estadístico de prueba *t-Student*

$$t_{ci} = b_i / \text{error estándar de } b_i; \quad i = 1, 2, \dots, m$$

El valor tabulado del estadístico *t-Student* esta definido por:

$$t_{tab} = t(n-k; 1 - \frac{1}{2} \alpha)$$

Donde  $n$ : tamaño de la muestra.

$K$ : número de variables

$\alpha$ : nivel de significación, el cual se considera de un 5%

*Regla de decisión:*

- Sí  $t_{ci} > t_{tab}$ : Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa, es decir, el coeficiente de regresión es significativo para el nivel de significación  $\alpha$  y el coeficiente obtenido es confiable. El valor de  $t_{ci}$  cae en la región crítica.
- Si  $t_{ci} \leq t_{tab}$ : se acepta la hipótesis nula, por tanto, para el nivel de significación  $\alpha$ , el coeficiente obtenido no es confiable y el coeficiente de regresión hallado puede ser debido al azar.

➤ Prueba de Durbin-Watson.

Se utiliza para detectar si existe autocorrelación de primer orden, entre cada perturbación o error aleatorio  $e_i$  y la que precede.

La regla de decisión se realiza en función del estadístico de prueba  $d$  de Durbin-Watson y de sus valores tabulados.

El estadístico de prueba  $d$  de Durbin-Watson, se calcula como:

$$d = \frac{\sum_{t=2}^{t=N} (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^N e_t^2}$$

Donde:

$\sum_{t=2}^{t=N} (e_t - e_{t-1})^2$  : Suma de las diferencias al cuadrado de los residuos observados menos los residuos estimados o sucesivos

$\sum_{t=1}^{t=N} (e_t)^2$  : Suma de cuadrados de los residuos observados.

Supuesto del estadístico d:

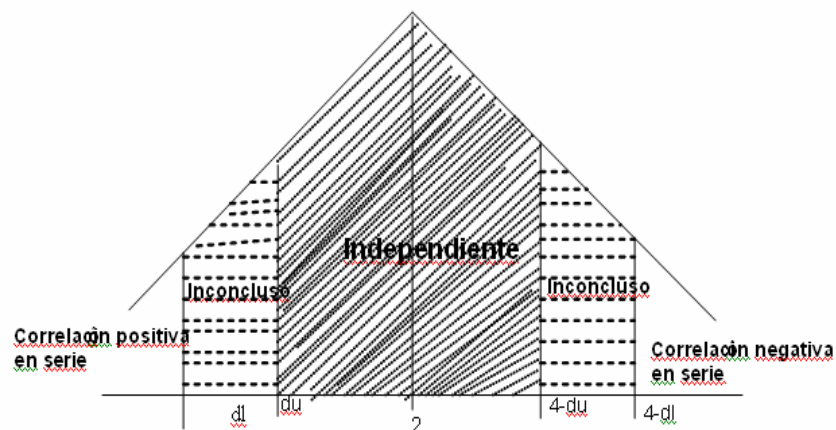
1. El modelo de regresión incluye el término intersección.
2. Las variables explicativas, las X, son no estocásticas o fijas para muestreos repetidos.
3. Las perturbaciones  $u_t$  se generan a través de un esquema autoregresivo de primer orden:  $u_t = \rho * u_{t-1} + \varepsilon$
4. La prueba no es aplicable a modelos autoregresivos.
5. El estadístico no permite ausencia de observaciones en los datos.

Los valores de d se encuentran entre 0 y 4; de tomar un valor próximo a 0, indica que hay autocorrelación positiva y si está próximo a 4 es negativa.

Contrastar la hipótesis básica  $H_0 : \rho = 0$  respecto a la alternativa de  $\rho > 0$  o  $\rho < 0$  según el siguiente esquema, aplicado con valores de  $d_l$  y  $d_u$ .

**Tabla 5. Reglas de decisión**

Hipótesis Nula	Decisión	Si
Existe autocorrelación negativa primer orden	Se rechaza	$4 - d_L < d < 4$
Zona de duda	No hay decisión	$4 - d_u < d < 4 - d_l$
No existe autocorrelación de primer orden.	No se rechaza	$d_u \leq d \leq 4 - d_u$
Zona de duda	No hay decisión	$d_l < d < d_u$
Autocorrelación positiva de primer orden.	Se rechaza	$0 < d_l$



**Gráfico de Durbin-Watson**

Los valores tabulados se encuentran representados por cotas superiores e inferiores, dados por los valores críticos  $d_u$  y  $d_l$ , tabulados en dependencia del número de observaciones ( $n$ ) y del número de variables explicatorias ( $k$ ), y en función del nivel de significación ( $\alpha$ ), que en nuestro caso se considera de un 5%.

**Prueba de Homocedasticidad**

Para que exista homocedasticidad las varianzas de los errores para cada muestra hallada deben ser iguales, condición de la que parte el teorema de Gauss-Markov.

Planteamiento de la prueba de hipótesis:

La prueba parte del crecimiento o decrecimiento de las varianzas de las perturbaciones.

$$H_0: \sigma^2_1 = \sigma^2_2 = \dots = \sigma^2_n.$$

$$H_1: \sigma^2_1 > \sigma^2_2 > \dots > \sigma^2_n \quad \text{ó} \quad \sigma^2_1 < \sigma^2_2 < \dots < \sigma^2_n \quad \text{ó} \quad \text{ambas.}$$

El estadístico de prueba utilizado para verificar el supuesto de Homocedasticidad es el desarrollado por Goldfed y Quandt en su método paramétrico, y se calcula como:

$$\lambda = \frac{S_2}{S_1}$$

donde:

$S_1$ : Suma de cuadrados de los residuos de la regresión en las primeras observaciones.

$S_2$ : Suma de cuadrados de los residuos de la regresión en las últimas observaciones.

Este estadístico se distribuye según una distribución F de Fisher, con los siguientes grados de libertad:

$$F_{\text{tab}(\alpha)} = F [(n - c - 2m) / 2; (n - c - 2m) / 2]$$

Donde:  $n$ : Número total de observaciones.

$c$ : Número de observaciones centrales.

$m$ : Número de parámetros de la función.

$\alpha$ : nivel de significación, el cual se considera de 5%.

*Regla de decisión:*

- Si  $\lambda > F_{\text{tab}(\alpha)}$ : se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa, lo cual indica que existe heterocedasticidad.

### **Prueba de multicolinealidad.**

El modelo clásico de regresión lineal múltiple supone la no existencia de multicolinealidad entre las X por dos razones:

1. Si es perfecta, los coeficientes de regresión de las variables son indeterminados y sus errores estándar son infinitos.
2. Si es menos que perfecta o imperfecta los coeficientes de regresión, aunque determinados o finitos, poseen errores estándar demasiado grandes (en relación con los coeficientes mismos), lo cual implica que los coeficientes no pueden estimarse con gran precisión o exactitud (y por ende, no puede determinarse en forma precisa el impacto que tienen los coeficientes de los regresores en la variable dependiente).

La multicolinealidad se detecta a partir de:

1. Un  $R^2$  elevado y fallo en la significación de la prueba F o t.

En el libro de Damodar N. Gujarati [16] se exponen las pruebas de los enunciados anteriores; cómo detectar este fenómeno estadístico y las medidas remediales; cómo la violación de este supuesto afecta a la muestra recogida a partir de datos no experimentales y no a la población.

Una vez sometidas las funciones a todas las pruebas mencionadas arriba, se procederá a realizar una evaluación final de su comportamiento utilizando el programa MathCad 4.0 sobre Window. Mediante este programa se evaluarán las funciones para todas las combinaciones de factores. Esta comprobación permite conocer si los resultados de evaluar la función se comportan adecuadamente para las diferentes combinaciones de las variables independientes, es decir, si la descripción del comportamiento del sistema por las funciones es la adecuada, lo cual constituye el objeto fundamental de todo el aparato estadístico utilizado.

### **2.2. Caracterización de las funciones de producción o funciones de respuesta.**

La teoría relacionada con las funciones de producción se encuentra en la frontera del Análisis de Regresión, el Análisis Matemático y la Teoría Económica e incluso puede

estar relacionada con la Programación Lineal o por Programación por Objetivos cuando se añaden restricciones a la función determinada.

La aplicación de la teoría de las Funciones de Producción pasa por tres etapas fundamentales:

- Determinación de la función de producción.
- Cálculo de las características de la función.
- Análisis de los resultados obtenidos en relación con el problema estudiado.

A partir de las funciones de producción obtenidas se analizan diversas características inherentes a las mismas considerando las condiciones mínimas, medias y máxima 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. O sea, dada la función  $Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  es posible calcular una derivada parcial de la función con respecto a cada uno de los  $n$  factores y se expresan de la forma siguiente:

$$Y' = \frac{\partial Y}{\partial x_i}; \quad i = 1, 2, \dots, n$$

- *Rendimiento medio de cada factor*

Se define como *rendimiento o productividad media* de un factor o la cantidad de producto obtenida por unidad de factor empleado en la producción. Su cálculo se realiza por la fórmula

$$\bar{Y}_1 = \frac{Y}{x_i}$$

Si la función de producción es una función de  $n$  variables  $Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , entonces se pueden calcular

$$\bar{Y}_1 = \frac{Y}{X_1}, \bar{Y}_2 = \frac{Y}{X_2}, \dots, \bar{Y}_n = \frac{Y}{X_n}$$

o sea un rendimiento medio por cada factor.

- *Aceleración de la producción*

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.

Recordemos que, dada una función

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

será posible calcular dos tipos de segundas derivadas parciales. Las segundas derivadas sobre cada factor, las que serían

$$\frac{\partial^2 Y}{\partial x_1^2}, \frac{\partial^2 Y}{\partial x_2^2}, \dots, \frac{\partial^2 Y}{\partial x_n^2} \quad \text{ó} \quad Y''_{11}, Y''_{22}, \dots, Y''_{nn}$$

y a las cuales se denomina *segundas derivadas directas*. Las segundas derivadas aplicadas para dos factores en forma sucesiva se denotan como

$$\frac{\partial^2 Y}{\partial x_1 \partial x_2}, \frac{\partial^2 Y}{\partial x_1 \partial x_3}, \dots, \frac{\partial^2 Y}{\partial x_{n-1} \partial x_n} \quad \text{ó} \quad Y''_{12}, Y''_{13}, \dots, Y''_{(n-1)n}$$

Estas derivadas se denominan *derivadas cruzadas*. El orden de realización de la derivación no afecta su valor, es decir

$$\frac{\partial^2 Y}{\partial x_1 \partial x_2} = \frac{\partial^2 Y}{\partial x_2 \partial x_1} \quad \text{ó} \quad Y''_{ij} = Y''_{ji}$$

Desde el punto de vista económico si la segunda derivada directa  $\partial^2 Y / \partial x_i \partial x_i = Y''_{ii} > 0$ , esto expresa que se podrían esperar rendimientos o efectividades promedios superiores a las existentes y si es  $Y''_{ii} < 0$ , el efecto es contrario.

Sintéticamente sería:

- Si  $Y_{ii}'' < 0$  el rendimiento marginal de  $y$  es decreciente.
- Si  $Y_{ii}'' = 0$  el rendimiento marginal de  $y$  está en un punto extremo (máximo o mínimo).
- Si  $Y_{ii}'' > 0$  el rendimiento marginal de  $y$  es creciente.

Analicemos ahora el efecto de la aceleración en la producción. La aceleración mide la progresividad de la variación en la producción.

- Si la aceleración es positiva, esto indica que el rendimiento marginal es creciente y si además, el rendimiento marginal es positivo, la producción aumentará cada vez más rápidamente si la cantidad de factor aumenta.
- Si la aceleración es positiva y el rendimiento marginal es negativo, la producción disminuirá (como indica el signo del rendimiento marginal), pero cada vez menos a medida que el factor considerado aumente.
- Si la aceleración es negativa, el rendimiento marginal es decreciente. Si el rendimiento marginal es negativo la producción es decreciente, entonces se puede afirmar que a medida que se incremente la utilización del factor considerado, la producción disminuirá cada vez más rápidamente o sea será una disminución progresiva.
- Cuando la aceleración es negativa pero el rendimiento marginal es positivo, entonces la producción disminuirá, pero cada vez más lentamente o sea disminuirá en forma regresiva ante aumentos en el factor analizado.

Estas consideraciones se pueden 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 interpretación de la aceleración cruzada, es análoga. Así,  $Y_{ij}''$  significa la variación del rendimiento marginal del factor  $j$ . Es decir, a través de ella puede determinarse la relación entre los factores.

Si  $Y_{ij}'' > 0$ , esto significa que al variar el factor  $j$  el rendimiento marginal de  $i$  varía en el mismo sentido. En este caso se dice que los factores son *complementarios*.

Cuando  $Y_{ij}'' < 0$ , se interpreta que al variar el factor  $j$ , el rendimiento marginal de  $i$  varía en sentido contrario. O sea que al aumentar la cantidad del factor  $j$ , el rendimiento marginal de  $i$  disminuye y viceversa. En este caso se dice que los factores son *substitutivos*.

Si  $Y_{ij}'' = 0$ , 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*.

- *Sustituibilidad de los factores.*

Se determina mediante el cálculo de la segunda derivada cruzada, la cual indica, si el signo es positivo o negativo si los factores son complementarios o si son substitutivos respectivamente.

- *Norma Marginal de Sustitución.*

Expresa la cantidad necesaria de un factor para compensar la disminución de otro, de manera que se mantenga el mismo nivel de producción.

Como sabemos, la determinación de si los factores son substitutivos o no, se puede determinar por medio del signo de la segunda derivada cruzada de la función de producción. Pero esta derivada no nos dice cual es la cantidad necesaria de un factor para sustituir una unidad del otro.

Esta cantidad se determina mediante la denominada norma marginal de sustitución cuya forma de cálculo es

$$\left( \frac{dx_k}{dx_r} \right)_R = \left( \frac{\frac{\partial y}{\partial x_r}}{\frac{\partial y}{\partial x_k}} \right)_R = -\gamma_{kr}$$

Esta magnitud  $\gamma_{kr}$  se denomina norma marginal de sustitución y expresa la cantidad necesaria del recurso k-esimo para la sustitución de una unidad del recurso r-esimo, manteniendo constante a  $Y_R$  en la forma de producción dada por las coordenadas del punto R. El signo menos 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.

O sea que la norma marginal de sustitución no es más que el cociente de las productividades marginales, esto es

$$\gamma_{kr} = - Y_r' / Y_k'$$

El óptimo económico se determina, partiendo del principio de eficiencia económica del análisis marginal, que expresa que el punto de eficiencia de un proceso productivo se alcanza cuando el ingreso marginal es igual al costo marginal. Este propósito también se puede alcanzar con el cálculo del punto de equilibrio contable.

### **2.3. FACTORES CONSIDERADOS PARA EL ESTUDIO: CAPTACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN.**

Ragnar Frish [4] realiza una amplia clasificación de los factores de producción, los cuales dependerán del grado de variación del factor en función del volumen de la capacidad producción. Esta capacidad no puede modificarse sino se realizan considerables gastos. Por consiguiente, expresa:

“...Evidentemente, en todos los casos es muy interesante estudiar cómo varía el volumen de producción...bajo la hipótesis de que los factores que componen la capacidad de la empresa permanezcan constantes, mientras varían otros factores...Entonces diremos que estos factores son variables y que los primeros son fijo. La determinación del carácter fijo o variable de los factores, depende, en la mayoría de las veces, del lapso de tiempo considerado.”

En el caso de la investigación además de lo planteado por Frish se consideró la naturaleza del agroecosubsistema. Este se define a partir de las variedades del cultivo bajo estudio y del estado tecnológico y financiero de la producción.

Para la realización de la investigación, se dividieron los factores que influyen en el rendimiento del cultivo, en fijos y variables:

### **Factores variables.**

- Lluvia.
- Atenciones Culturales: Limpia Normal, Limpia con herbicida, Poda, Resiembra, Regulación de sombra, Ordenamiento de plantas, Construcción de tranques, Elaboración y riego de biotierra, Deshije.
- Edad del Cultivo.
- Población.
- Plagas y Enfermedades.

### **Factores Fijos**

- Distancia entre matas.
- Distancias entre hileras.
- Humedad relativa.
- Grado de mecanización (trabajo manual).
- Fertilización.
- Tipo de suelo.

Los factores fijos se consideran como tales para las plantaciones ya en producción. Estos factores pueden considerarse como variables en cultivos de corta duración como por ejemplo, el frijol. Pero en cultivos como el café, una vez que están en producción, dado el número de años de la plantación, se consideran fijos.

## **Captación y conformación de la base informativa**

### *Tratamiento de las variables*

- Realización de una encuesta en la cual los productores expresen de manera veraz cual 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 en los cuales esto es necesario, 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. Este paso guió el proceso de definiciones cuantitativas de las variables empleadas en el modelo, considerando evaluaciones de tipo cualitativa, normas técnicas y siguiendo los planteamientos de R.Frish [4]:

“...Claro está que entonces es necesario también que las definiciones para ser precisas, se formulen con respecto a un sistema de observaciones. Pero estas mismas observaciones no tienen por qué ser concretas; pueden ser imaginarias. Construir definiciones cuantitativas por medio de un sistema conceptual de esta naturaleza, con frecuencia, nos es muy valioso, puesto que nos ayuda a pensar concisamente. Esto es válido para todas las ciencias experimentales...”.

- **Lluvia**

La precipitación óptima para el café debe ser superior a 1100 mm<sup>3</sup> y bien distribuida. En la provincia de Guantánamo la mayor pluviosidad promedio es de 3000 mm<sup>3</sup> por área y la más seca es de un 424 mm<sup>3</sup> por área. Ver Anexo 1

La evaluación de la lluvia se realizó considerando también los criterios de los expertos de la producción y los productores los cuales aportaron la calificación cualitativa para luego hacerla corresponder con los puntos y los milímetros cúbicos. Tabla 6.

**Tabla 6. Clasificación por puntos de los intervalos de lluvia caída**

<b>Clasificación</b>	<b>Puntos</b>	<b>Intervalo</b>
Excelente	5 puntos	1000 a 1500 Mm <sup>3</sup>
Bien	4 puntos	800 a 1000 Mm <sup>3</sup>
Regula	3 puntos	500 a 800 Mm <sup>3</sup>
Deficiente	2 puntos	424 a 500 Mm <sup>3</sup>
Mal	0.9 a 1 puntos	Menos de 424 Mm <sup>3</sup>

- ***Atenciones Culturales***

Se siguió un procedimiento muy similar al de la variable lluvia para recoger los resultados de las atenciones culturales.

Sobre este en particular se consultó a expertos de la producción para el llenado de las tablas y se corroboró el resultado con la consulta directa con el productor, produciéndose muy pocas desviaciones en la información. Este proceso de confrontación permitió incluir las omisiones, completando la información con relación a las Atenciones Culturales. Se consultó de manera sistemática a especialistas de la Asociación de Café y Cacao, a investigadores de la Facultad Agroforestal de Montaña y Centro de Desarrollo de la Montaña. Tabla 7.

**Tabla 7. Evaluación cualitativa y cuantitativa, Atenciones culturales.**

<b>Categorías</b>	<b>Atención</b>	<b>Jornada necesaria</b>	<b>Meses y días</b>	<b>Pun- tos</b>
Excelente	Prácticamente no hubo desatención	711,9	12	10
Muy Bien	Casi no hubo desatención	640,71	11	9
Mejor que bien	Bastante atención	569,52	10	8
Bien	Hubo algo de desatención	498,33	9	7
Mejor que regular	Más atención que desatención	427,14	7 y 6 días	6
regular	Termino medio entre atención desatención	355,95	6	5
Peor que regular	Hubo menos atención que desatención	284,76	5	4
Deficiente	Hubo algo de atención	213,57	3 y 18 días	3
Mal	Casi no hubo atención	142,38	2 y 12 días	2
Muy mal	Prácticamente no hubo atención	71,19	1 y 6 días	1

Un mes equivale a 59,33 jornadas

De aquí se desprenden los intervalos cuantitativos relacionados con la evaluación cualitativa. Sobre esta base cada actuante en la evaluación dará su criterio.

**Tabla 8. Intervalos de evaluación**

<b>Calificación</b>	<b>Intervalos</b>
Excelente	10
Bien	7 a 9
Regular	4 a 6
Mal	1 a 3

- ***Edad del cultivo***

La información sobre la edad del cultivo, se obtuvo directamente del productor, insistiéndose acerca de la precisión a fin de reducir el riesgo en los pronósticos ulteriores. Se empleó un sistema semejante al utilizado en la evaluación de la atención cultural. El comportamiento de la edad del cultivo en el centro de gestión bajo estudio es como sigue: Ver anexo 2. Tabla 9.

En el Centro de Gestión Económica la edad de los cultivos se distribuyen como sigue: Marco Martí, 12 años; Álvaro Barba, 16 años; Batalla de la Indiana, 20 años para un promedio de 15 años de edad.

Sobre la base de lo anterior y las informaciones aportadas por los productores y los especialistas: Ver Anexo 3. Tabla 10.

- ***Porcentaje de Población***

La población esta dada en por ciento, según la cantidad de matas de café en una caballería. En los casos bajo estudio, el Arábigo debe tener 62 000 matas por caballería. Además, para la definición cuantitativa del porcentaje y puntos de población se emplearon las categorías de: baja, media y alta. Este es el sistema empleado por la empresa. Por estas razones, se tienen los intervalos a partir de la clasificación de la empresa. Ver Anexo 4.

- ***Plagas y Enfermedades***

El estudio de las plagas y enfermedades condujo a un sistema desde uno a diez puntos, desde mayor infestación hasta una mayor salud de la plantación. Puede ser traducido el sistema de puntaje por las acciones siguientes: Ligera, de 1 a 3; media, 4 a 6 e intensa de, 7 a 10 puntos. Ver Anexo 5.

### **Introducción de resultados**

Para la introducción de los resultados se consideró los siguientes principios básicos:

- a) Interés y posibilidad del usuario de realizar la investigación.
- b) Grado de terminación del resultado en función de los objetivos del proyecto.
- c) Presentación del informe al usuario.
- d) Características del usuario.
- e) Participación del usuario en el proyecto, así como técnico y trabajadores en cuanto a opiniones y asesoramientos, comunicación y costo de implementación.

Para que la investigación pueda ser de utilidad, se debe cumplir lo más estrictamente posible las premisas ya que si algunas de ellas no se cumplen o se cumplen a medias el resultado esperado no será el que el refleja el estudio. Además, se desarrollaron juegos de implementación que permitieron al productor palpar y comprender los beneficios que arrojaron los resultados obtenidos.

Lo anterior se convirtió en un poderoso vehículo de adiestramientos e introducción de las recomendaciones dentro de la zona de estudio, dependiendo en parte del grado en que se difundió sus resultados, es decir de la comunicación que se estableció entre las partes interesadas.

A nivel de universo experimental la introducción resultó sencilla, ya que esto dependió de la habilidad para convencer a los usuarios interesados en aplicarlos, y de la capacidad misma de asimilación de los cambios propuesto a su tradicional proceso tecnológico.

De acuerdo con lo anterior la teoría de Lewin-Shein y las proposiciones de la investigación de operaciones fueron las recomendadas para este proceso.

## **CAPÍTULO III. DETERMINACIÓN DE LAS FUNCIONES Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS**

### **3.1. Generalidades**

El universo experimental está constituido por seis Centros de Gestión Económica (CGE): Bayate, San Fernando, Soledad, Limonar, Cidra y Escondida, todos subordinados a la Empresa de Café y Cacao de Bayate, municipio El Salvador con un total de 22 Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC). La entidad cafetalera cuenta con un total de 419.7 caballerías o 37,27 hectáreas.

Se desarrolló la investigación tomando como objeto de estudio las 22 UBPC cafetaleras de la Empresa en la variedad Arábica. Se utilizaron los datos de los años 1995 -2011.

La investigación se realizó todos los Centros de Gestión Económica, pero en lo que sigue el análisis se realizará tomando como base el de Limonar, ya que en el mismo se adoptaran medidas para la aplicación estricta y un seguimiento minucioso de las recomendaciones posteriores a la obtención de los resultados que en este capítulo se muestran.

### **3.2. Determinación de las funciones de respuesta y análisis de las características**

Los factores que influyen en el rendimiento del cultivo se dividen en fijos y variables.

#### *Factores variables*

- ◆ Atenciones Culturales (limpia normal, poda de cultivo, deshije de café, ordenamiento de plantas, acomodamiento de plantas, construcción de tranques y elaboración de compost); lluvia; edad del cultivo; porcentaje de población; plagas y enfermedades.

Estos factores se consideran variables dentro de una plantación cafetalera porque en cada periodo entre cosecha y cosecha pueden variar en cantidad y calidad en dependencia de los recursos disponibles y la variabilidad ocasionada por factores naturales.

### Factores fijos

- Distancia entre matas; Distancia entre hileras; Humedad relativa<sup>6</sup>; Grado de mecanización; Fertilización; Tipo de suelo.

Estos factores se consideran fijos en la investigación porque la planta del café es de larga duración y no varían de cosecha a cosecha en las condiciones de la empresa cafetalera bajo estudio.

Los factores considerados se denotan en la siguiente forma:

$X_1$  - Lluvia. Se mueve de 0,9...5 puntos;  $X_2$  - Atenciones Culturales. Rango, 1...10 puntos;  $X_3$  - Edad del Cultivo. Rango, 1...10 puntos;  $X_4$  - Población. Rango, 1...10 puntos y  $X_5$  - Plagas y Enfermedades. Rango, 1...10 puntos.

### Determinación de la función para la variedad Arábica

A partir de la definición de las variables y teniendo los datos para la variedad Arábica (ver anexo 6) se realizó la búsqueda de las curvas que representan el proceso bajo estudio. Con este fin se probaron cuatro tipos de curvas: la función Potencial, Lineal, Logarítmica y Lineal más Cuadrática y se utilizó el sistema computacional estadístico REMU-M. Además se realizaron otras pruebas estadísticas a partir de la utilización del paquete de programas estadísticos SPSS-11.5 que aparecen en los Anexos del 7 al 9 y que confirman los resultados obtenidos en el REMU-M.

De acuerdo con los criterios expuestos en el capítulo II la función a escoger es la función potencial por cumplir con todos los requerimientos estadísticos.

Las restantes funciones no cumplen con todas las pruebas realizadas.

Para la función potencial encontrada no resulta necesario ajustar los coeficientes.

La función seleccionada tiene la forma:

$$Y_1 = 647,94 * X_1^{0,03} * X_2^{0,30} * X_3^{-0,01} * X_4^{0,18} * X_5^{-0,05}$$

---

<sup>6</sup> Humedad atmosférica.

y si se evalúa para los valores máximos de los factores proyecta, 2 028 latas de café, 25,81 toneladas por caballería o 1,92 toneladas por ha . Debe tenerse en cuenta aquí, que los valores máximos de los factores para edad del cultivo y plagas y enfermedades son los más pequeños de la escala.

Se realizaron algunas pruebas de comprobación con el sistema computacional SPSS-11.5 a los datos de la función anteriormente descrita; los resultados obtenidos.

### **Análisis de las características de las funciones**

#### ***Análisis de las características de la función de la variedad Arábica en el Centro de Gestión Económica de Limonar.***

Se parte de la función correspondiente a la variedad arábica

$$Y_1 = 647,94 * X_1^{0,03} * X_2^{0,30} * X_3^{-0,01} * X_4^{0,18} * X_5^{-0,05} \quad (1)$$

las características analizadas son: rendimiento marginal, rendimiento medio, aceleración de la producción y norma marginal de sustitución.

Los valores medios de los factores tomado del SSPS 11.5 a partir del sistema de puntaje son: X<sub>1</sub>: 2.68; X<sub>2</sub>: 2.152; X<sub>3</sub>: 6.58; X<sub>4</sub>: 6.1314; X<sub>5</sub>: 6.13.

En el anexo10 aparecen las funciones que reflejan las primeras y segundas derivadas de la función (1).

**Tabla 11. Y: Rendimiento por hectárea; Y': Rendimiento marginal,**

**Y'': 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' <sub>1</sub>	0,018	0,011	0,011
Y'' <sub>1</sub>	- 0,019	-0.004	-0.0022
Y' <sub>2</sub>	0,16	0,14	0,06
Y'' <sub>2</sub>	-0,11	-0,044	-0,0044
Y' <sub>3</sub>	-0.000048	-0,001	-0,019
Y'' <sub>3</sub>	0.00005	0.00003	0,019
Y' <sub>4</sub>	0,096	0,029	0,035
Y'' <sub>4</sub>	-0,08	-0.005	-0.003
Y' <sub>5</sub>	-0,003	-0.008	-0,1
Y'' <sub>5</sub>	0.00003	0.001	0,10

Leyenda: t/ha: toneladas por hectárea.

A partir de los resultados de la evaluación de las funciones de rendimiento marginal dados en la tabla 11 se puede explicar de qué forma impacta el comportamiento de cada uno de los factores sobre el rendimiento por hectárea.

***Impacto de los factores sobre el rendimiento por hectárea para la variedad Arábiga***

- 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 hectárea 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 situación de la realidad actual, 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 la estrategia a formular deberá estar dirigida a un período de cortos y medianos plazos.

Cuando el nivel de aplicación de todos los factores sea alto, será necesario revisar las bases de datos de partida para buscar una nueva estrategia en la distribución de los recursos.

Utilizando los resultados obtenidos en la tabla 11, 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 hectárea 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.

En el anexo 11 aparecen las funciones de rendimiento medio correspondientes a la función para la variedad arábigo.

Si se evalúan estas funciones para los valores mínimos, medios y máximos de los factores se obtienen los valores que aparecen en la tabla 12.

**Tabla 12: Valores de las funciones del rendimiento medio evaluadas 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

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. Esto es debido a que el máximo de los mismos ocurre cuando su valor es el más pequeño.

Del análisis anterior se deduce el orden de influencia de los factores en el rendimiento por hectárea de esta variedad. Para niveles bajos y medios de aplicación de los factores, de mayor a menor el orden sería el siguiente:

1. *Atenciones culturales; 2.Población; 3.Lluvia; 4.Plagas y enfermedades.*
5. *Edad del cultivo*

*Para niveles altos de aplicación de los factores, el orden cambia y sería el siguiente:*

1. *Plagas y enfermedades; 2. Atenciones culturales; 3. Porcentaje de población*
4. *Edad del cultivo y 5. Lluvia.*

Este orden es la base del trazado de un procedimiento o guía para la dirección, que permita una utilización más racional de los escasos recursos que se encuentran a disposición de la entidad económica.

Esto quiere decir que los recursos disponibles deben emplearse preferentemente en los factores que más influyen en el rendimiento por hectárea, y este orden indica como se deben utilizar los recursos. Es de destacar que las atenciones culturales es el factor que en todos los niveles de puntaje resulta ser el factor que provoca un aumento mayor del rendimiento por hectárea por punto de aumento en el factor desde el punto de vista físico. Esto da una idea de manera previa de que la utilización de los recursos laborales, materiales y financieros disponibles, debe dirigirse preferentemente a este factor.

### **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.

Las funciones que representan las segundas derivadas cruzadas para la variedad arábica aparecen en el anexo 12.

De acuerdo a la forma de las funciones se puede afirmar que para cualquier combinación de factores, el signo que tiene el coeficiente de la segunda derivada

cruzada será el signo que tendrá la función evaluada para cualquier juego de valores de los factores y por consiguiente el análisis no variará.

La tabla 13 indica la complementariedad de factores deducida a partir de las segundas derivadas cruzadas, o sea, al variar un factor el otro varía en igual sentido.

**Tabla 13: Relaciones de complementariedad entre los factores**

<b>Actividades Complementarias</b>	
Atenciones culturales	Lluvia
	Población
Lluvia	Atenciones culturales
	Población
Edad del Cultivo	Plagas y enfermedades
Población	Atenciones culturales
	Lluvia
Plagas y enfermedades	Edad del Cultivo

Las relaciones de sustituibilidad entre los factores se presentan en la tabla 14:

**Tabla 14: Relaciones de sustituibilidad entre los factores**

<b>Actividades Sustitutivas</b>	
Atenciones Culturales	Edad del Cultivo
	Plagas y enfermedades
Lluvia	Edad del Cultivo
	Plagas y enfermedades
Población	Edad del Cultivo
	Plagas y enfermedades

De la tabla 18, 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.

### **Norma Marginal de Sustitución**

Como se explicó en el capítulo II, epígrafe 2,2, la determinación de si los factores son substitutivos o no, se puede determinar por medio del signo de la segunda derivada cruzada de la Función de Respuesta. Pero esta derivada no dice cual es la cantidad necesaria de un factor para sustituir una unidad del otro.

Esta cantidad es la denominada *Norma Marginal de Sustitución* (NMS). El análisis del comportamiento de la NMS para la variedad arábiga es como sigue: Ver Anexo 13.

Las atenciones culturales continúan siendo significativas en el proceso de sustitución de factores. A través de las ecuaciones correspondientes se mostrará a continuación las diferentes operaciones de compensación mediante el uso de las NMS.

La ecuación de relación de la edad del cultivo y la atención cultural es la siguiente:

$$\gamma_{32} = -0,3478 * \frac{X_2}{X_3}$$

Para los valores mínimos, medio y máximo de factor atenciones culturales cuando el factor edad del cultivo varía desde una cantidad mínima hasta el mayor valor de puntos, se observa en el anexo 13.

Para un mínimo de producción de 562.4 latas (7,15 toneladas), es posible alcanzarla para todas las edades de la plantación. En esta situación se requiere de menos atención cultural y por lo tanto menos requerimientos de recursos.

En las condiciones medias, la producción de 1030,78 latas equivalente a 13,12 toneladas se puede mantener con las normas. Por ejemplo, si la edad del cultivo se eleva a 9 puntos, aproximadamente 22 años, producirá un incremento de 2,42 por encima del factor en la forma de producción considerada. En esta situación, la atención cultural deberá incrementar su puntaje de 2,15 a 2,18 para mantener la cantidad total de producto fijada de antemano.

Para el máximo de los factores, se exigen cambios de normas por no cumplir las expectativas de la producción. El factor atención cultural al situarse por encima de los puntos previstos en el intervalo, demanda más recursos en esa forma de producción si la edad de los cultivos no se encuentra en su plena juventud. Por ejemplo:

Si edad del cultivo 10 puntos (24 años o más), atenciones culturales 10,66 puntos; edad del cultivo, 9; atenciones culturales 10,62; edad del cultivo 8, atenciones culturales 10,58 y así hasta llegar al máximo de edad productiva, edad del cultivo igual 1 la cual corresponde al volumen máximo de producción posible.

La ecuación de relación de las plagas y enfermedades y la atención cultural es la siguiente:

$$\gamma_{52} = -0,4783 * \frac{X_2}{X_5}$$

Para los valores mínimos, medio y máximo de factor atenciones culturales cuando el factor plagas y enfermedades varía desde una cantidad mínima hasta el mayor valor de puntos, se observa en el anexo 14.

Con el mínimo de recursos para la mínima de los factores variando al factor plagas y enfermedades es posible mantener la producción. Las normas posibilitan el ahorro de los trabajos de atenciones culturales.

Para la media de los factores se retoma el ejemplo anterior. Un incremento de 2,87 eleva a la atención cultural aproximadamente a 2,18 puntos manteniéndose la cantidad de toneladas bajo la acción de las plagas y enfermedades.

Con los factores situados en el máximo y variando la intensidad de las plagas y las enfermedades, las normas no pueden mantener la producción a ese nivel. Sólo es alcanzable en el máximo de salud de la plantación.

Se considera necesario establecer la relación entre la lluvia y las plagas y enfermedades si se toma en consideración el efecto de una plantación saludable desprovista de la acción agresiva de los agentes externos. Ver anexo 15.

$$r_{15} = -0,5999 * \frac{X_5}{X_1}$$

Para cualquier puntaje de lluvia de 0,9 a 5 o de 420 mm<sup>3</sup> a 1500 mm<sup>3</sup>, para mantener una producción mínima, la salud de la plantación debe estar bajo la acción de las plagas y las enfermedades, en las categorías de ligera y media. En el resto de las condiciones, para 420 mm<sup>3</sup> basta con una ligera actividad de infestación para mantener las toneladas de café prevista.

### **Procedimiento aplicado para el aumento del rendimiento de acuerdo a los indicadores físicos.**

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 previamente a las actividades culturales en la variedad Arábica existente para niveles mínimo y medio de aplicación de los factores.
  - b) Para la variedad, 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.

Para niveles máximos de aplicación de los factores el orden sería: Plagas y enfermedades, edad del cultivo, atenciones culturales y porcentaje de población.

3. Perfeccionamiento de la base primaria de datos.
4. Revisión periódica de las fichas de costo del café para la variedad. Esto es necesario debido a los cambios en precios de insumos, materiales y salarios que ocurren cada cierto tiempo.
5. Determinación periódica del punto de equilibrio para su utilización como referencia en el tratamiento de los factores de la producción a medida que cambian los salarios, los precios de los medios de trabajo y los precios de venta del producto final.
6. El desarrollo de juegos de implementación a fin de introducir con éxito el procedimiento recomendado.

Este procedimiento deducido de los resultados del análisis de las funciones de respuesta y recomendada para su aplicación se complementa con los siguientes aspectos:

7. Tomando en consideración que el factor lluvia es un factor no manejable, entonces para aumentar la producción sería necesario trabajar en el resto de los factores.
8. Para influir en la edad del cultivo puede procederse de dos formas diferentes:
  - a) En primer lugar, procediendo a demoler plantaciones y resembrarlas, lo cual es un proceso costoso y que difícilmente puedan acometer actualmente las empresas cafetaleras.
  - b) Una vía para lograr una renovación parcial y disminuir los efectos de la edad del cultivo y además no es tan costoso, lo constituye la poda sistemática pues, cuando se aplica cambia las condiciones de la plantación llevándola a un estado cercano al nivel de las más productivas en un corto plazo.
9. Aplicando de manera más eficiente las actividades culturales no vinculadas a ninguno de los otros factores.
10. En cuanto a las plagas y enfermedades, es posible aplicar la limpia manual de forma más sistemática. Esto contribuiría a elevar los rendimientos, aunque algunas de las enfermedades no las eliminaría, por ejemplo, la roya o la broca. Estas enfermedades

requieren la eliminación de la plantación por un período largo de tiempo. Pero su efecto puede atenuarse mediante el control de las otras plagas y enfermedades.

11. Y por último está el porcentaje de población, es decir, la cantidad de plantas por caballería, la cual requiere resembrar las áreas en producción, bien con plantas nuevas, bien con plantas trasplantadas de otras áreas ya en producción. Este también es un proceso costoso y puede ser aplicado cuando los demás factores estén asegurados. Inicialmente se aplicaría solo para mantener la situación actual.

Además de cumplirse con los cinco incisos del capítulo dos relacionado con la introducción de los resultados se realizarán las siguientes acciones:

1. Reuniones con los directivos de la empresa y los dirigentes de las UBPC. Dar a conocer el informe final, el cual contendrá la información requerida para su aplicación, como:
  - La formulación del problema desde los dos puntos de vistas: investigación científica e investigación de operaciones.
  - Las funciones de respuesta. Con el programa Mthcad se mostrará a través de las diferentes condiciones de variación de los factores, las proyecciones de los rendimientos por hectárea. A partir del modelo se elaborará programas de desarrollo del cultivo, tomando en consideración el orden de los factores, sus incidencias a corto, mediano y largo plazo. Sobre esta base se realizarán los juegos de implementación con los productores.
  - Informar sobre los diferentes programas de cálculos y se proyectarán entrenamientos de capacitación. Se dejarán los programas complejos en manos de la Universidad.
2. Los administradores de la UBPC mediante el sistema de modelos utilizados en las encuestas y otros documentos elaborado al efecto, actualizarán los datos primarios, los cuales se revisaran periódicamente a fin de considerar los resultados obtenidos para su introducción y generalización. La actualización de la base de dato primario conduce a una adaptación a nuevas situaciones y lograr pronósticos realistas.
3. La Empresa, el Grupo Empresarial y la Universidad a partir de las funciones de

respuesta, la observación y el análisis, deben desplegar un trabajo encaminado a:

- Rescatar la ética de trabajo de los cafetaleros.
- Asesorar a los productores en el manejo de los factores de producción.
- El análisis sistemático con los productores con bajos rendimientos y posibles soluciones.
- Cooperación en la gestión de las soluciones externas, que no dependa del productor.
- La capacitación de los productores en el manejo con mayor profesionalidad sobre los factores manejable mejorando de este modo los rendimientos.
- La utilización adecuada de los recursos financieros.

### 3.3 Evaluación Económica

Tras del análisis de las características de las funciones de respuesta se impone la evaluación económica a partir de los precios, los costos, el punto de equilibrio, rendimiento marginal, la asignación de los gastos por factores, reducción de los costos y su influencia en los incrementos de la producción.

#### Precios vigentes por variedad y tipo de café

Para poder realizar una evaluación económica de los efectos del cambio en los factores sobre el rendimiento por hectárea, resulta necesario contar con los precios vigentes para las diferentes variedades y calidades del producto según muestra la tabla 15.

**Tabla 15. Precios por variedad café verde (28 libras = 1 lata)**

<b>Variedad</b>	<b>1<sup>era</sup> categoría</b>	<b>2<sup>era</sup> categoría</b>	<b>Fuera de norma</b>
Arábica	\$50,00/ 28 libras	\$40,00/28 libras	\$21,00/28 libras
Robusta	\$40,00/28 libras	\$35,00/28 libras	\$21,00/28 libras

Fuente: Regulaciones de precios vigentes en el 2008

De acuerdo a lo expresado en la tabla 15, el precio promedio por lata en la variedad Arábiga es de \$ 37.00, lo que equivale a \$ 2 907.09 por tonelada. De acuerdo a la misma tabla 23, el precio promedio por lata de la variedad Robusta es de \$ 32.00, equivalente a \$ 2 514.24 por tonelada.

El precio promedio engloba las dos categorías de precios en las dos variedades y el precio fuera de norma. Con este precio junto a los costos de los factores se determinan: el punto de equilibrio; los ingresos y los costos marginales de los factores manejables; se realizan todos los análisis económicos subsiguientes.

Mediante la carta tecnológica se pueden identificar las actividades a realizar para el desarrollo de los factores de producción seleccionados y los costos asociados a esas actividades. Las atenciones culturales abarcan los renglones 1, 2,3, 4 y 7 de dicha carta; la edad del cultivo, el 5; el porcentaje de población, el 6 y las plagas y enfermedades, el 8. A continuación se ejemplifica con las atenciones culturales.

#### ***Atenciones culturales. Variedad Arábiga***

1. Deshierbe natural. Costos proyectados, \$ 5 653,02
2. Fertilización balanceada. Costos, \$ 2 785,97
3. Fertilización nitrogenada. Costos, \$ 2 447,26
4. Regulación de sombra. Costos, \$ 601,97
5. Deshije (ocupa el número 7). Costos,\$670,22

#### ***Edad del cultivo (5)***

1. Poda de rehabilitación
2. Poda sistemática

#### ***Población (6)***

1. Resiembra de café

#### ***Plagas y enfermedades. (8)***

1. Control fitosanitario

**Tablax16: Costo de los factores de producción. Variedad Arábiga**

<b>N</b>	<b>Factores de producción</b>	<b>Costos y gastos para 13.42 ha</b>
1	Atenciones culturales	\$ 12 158.46
2	Edad del cultivo	1 868.84
3	Población	5 891.39
4	Plagas y enfermedades	1 772.46
5	Total	\$ 21 691.15

En la tabla 17, los costos se desglosan en fijos y variables.

**Tabla 17. Costos fijos y variables para 13,42 ha.**

<b>N</b>	<b>Factores</b>	<b>Costos fijos (\$)</b>	<b>Costos variables (\$)</b>	<b>Total (\$)</b>
1	Atenciones culturales	10 320.08	1 838.38	12 158.46
2	Población	2 312.7	3 578.73	5 891.39
3	Plagas y enfermedades	1 251.04	521.42	1 772.46
4	Edad del cultivo	1 857.06	11.78	1 868.84
5	Total	15 740,88	5 950,31	21 691,15

Esta división de los costos se realizó mediante la carta tecnológica. Se admitió como supuesto considerar como costos fijos, al fondo de salario y la amortización de equipos. Como costos variables, a las materias primas, los materiales y los servicios productivos. Con la información anterior sobre los precios y los costos se pasa calcular los puntos de equilibrios para las variedades en estudio.

### **Análisis del Punto de equilibrio del Centro de Gestión Económica Limonar.**

#### **Caso de la variedad Arábiga.**

Dado que el objetivo fundamental de la investigación es buscar un procedimiento para la asignación de recursos que permita el aumento de los rendimientos y el logro de altas ganancias, se realiza a continuación una comparación entre el rendimiento de equilibrio

para cada variedad, los pronósticos dados por las funciones de respuesta y los rendimientos obtenidos en los años 2009 y 2010.

Para realizar esta evaluación se consideró la siguiente información relacionada con la planificación de la producción del centro de gestión económica para la zafra 2011-2012.

**Tabla 18. Pronóstico de producción zafra 2011-2012 CGE Limonar. Variedad Arábiga.**

CGE	UBPC	Toneladas	Caballerías	Toneladas por há.
Limonar	Marco Martí	27.2769	2.17	0.94
	Álvaro Barba	34.6932	2.76	0.94
	Batalla de la Indiana	21.9975	1.75	0.94
	Total	84.00 toneladas	<b>6.68</b>	<b>0.94</b>

La tabla 18 ofrece un pronóstico de la producción para la zafra 2011-2012 para el CGE y cada una de las UBPC. Con la estructura productiva del centro de gestión económica, a partir de los resultados productivos anteriores, se proyecta la producción de 84 toneladas, 20 más en relación a la máxima producción alcanzada en 6.68 caballerías o sea, 89,65 hectáreas. Se producirán 12.57 toneladas en 13,42 ha, equivalente a 987.62 latas de café Arábiga. Por cada hectárea se producirían 0.94 toneladas.

Con estas informaciones se puede proyectar la relación costos-volumen –utilidad de la producción planeada.

### **Punto de equilibrio**

$$PE = \frac{\text{Costo Fijo}}{\text{Precio} - \text{Costo Variable}} = \frac{\$ 15\,740,83}{\$ 2\,907,09 - \$ 70,84} = 5,55 \text{ t}$$

A partir de las 5,5 toneladas se equilibran los costos con los ingresos. 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 los factores de producción.

Los resultados productivos del 2009 en el centro de gestión alcanzaron 3 842,7 latas equivalente a 48,92 toneladas en 6,68 caballería (89,65 ha), o sea, 7,32 toneladas por cada 13,42 ha, superando en 1,77 toneladas (139,33 latas de café) al punto de equilibrio.

En la zafra del 2010 los rendimientos aumentaron a 64,19 toneladas, 9,61 toneladas para 13,42 ha, rebasando al punto de equilibrio en 4,11 toneladas (322,87 latas de café).

Si se compara el punto de equilibrio con los niveles de producción alcanzado en las tres condiciones de puntajes de los factores, presentadas en el análisis de las características de la función de producción, se puede apreciar como lo supera al proyectar, 6,38; 13,14 y 25,81 toneladas. Ver tabla 15. Estas cifras por encima del punto de equilibrio generan ganancia para el centro de gestión económica y para las UBPC.

Desde el punto de vista estratégico se puede utilizar el modelo para la planeación de la producción. Este proceso se basa en el manejo y coordinación eficiente de los recursos económicos disponibles.

En este aspecto es necesario señalar que el proceso de recuperación de una plantación cafetalera no se logra de un año para otro. Este es un cultivo que dura muchos años y que al comenzar a aplicar las medidas recomendadas en esta investigación, la producción se encontraba en niveles sumamente bajos, aún en el contexto nacional. Sin embargo, solo en el comienzo de la aplicación del procedimiento recomendado se logró más que duplicar la producción (ver tabla 4), esto indica que al mejorar el estado de las plantaciones, el aumento de la producción continuará hasta llegar a buenos niveles de rentabilidad.

Luego, resulta necesario continuar aplicando los resultados de la presente investigación por varios años, de manera que los rendimientos alcancen su nivel máximo. Para esto se presentan los gastos proyectados a partir de la carta tecnológica para la zafra 2011-2012 en la Tabla 18.

La tabla 19 contiene los costos totales estimados para cada uno de los factores y para el cultivo. A partir de esta tabla se realiza el prorrateo de los costos en el sistema de puntaje dando origen a la tabla siguiente correspondiente a la variedad Arábiga:

**Tabla 19. Costos de los factores manejables para 13,42 ha.**

Puntos	Atenciones culturales(\$)	Población (\$)	Puntos	Plagas y enfermedades (\$)	Edad del cultivo (\$)
1	1 215.85	589.14	10	1 772,5	1 868,2
2	2 431.69	1 178.28	9	1 595,25	1 681,38
3	3 647.55	1 767.42	8	1 418,00	1 494,56
4	4 863.40	2 356.56	7	1240,75	1 307,74
5	6 079.25	2 945.7	6	1 063,5	1 120,92
6	7 295.1	3 534.83	5	886,25	934,1
7	8 510.95	4 123.97	4	709	747,28
8	9 726.80	4 713.11	3	531,71	560,46
9	10 942. 65	5 302.25	2	354,49	373,64
10	12 158.50	5891.39	1	177,25	186,82

En la tabla 19 los costos relacionados con las atenciones culturales y la población crecen con la variación de los puntos de 1 al 10, desde un mínimo hasta un máximo de puntos. Las plagas y enfermedades y edad del cultivo, los costos varían desde 10 puntos hasta 1 punto. En estos dos últimos factores, 10 puntos representan la posición mínima y 1 punto la máxima en correspondencia con lo explicado con anterioridad.

La tabla 19 contiene los costos de los factores manejables para 13,42 ha. Esto permite conjuntamente con el precio promedio por tonelada, evaluar los ingresos marginales en comparación con los costos marginales de los factores con rendimientos marginales positivos para las combinaciones de los valores de los factores en posiciones mínima y media.

Con el resultado del punto de equilibrio para la variedad y el análisis de los costos, se entra en la evaluación de la asignación y reasignación de recursos. Se considera además, el orden de los factores determinado con anterioridad. A continuación se presenta la tabla 20 para las diferentes condiciones bajo estudio de los factores:

**Tabla 20. Costos medios de los factores manejables por t /ha**

Condiciones	Toneladas	Atenciones culturales (\$)	Edad del cultivo (\$)	Población (\$)	Plagas y enfermedades (\$)
Mínimas	6.38t	14.20	21.82	6.88	20.70
Medias	13.14	14.83	6.97	20.48	6.16

En la tabla 20 se obtuvo para la reasignación de recursos, dividiendo los valores de la tabla 1 entre 6,38 y 13,14 toneladas producidas en los diferentes niveles considerados de los factores.

En la tabla 21 se presenta la reasignación de los recursos los cuales conducen a un aumento de los niveles de producción.

**Tabla 21. Asignación de recursos para factores manejables por t /ha.**

Condiciones	Atenciones culturales (\$)	% de población (\$)	Plagas y enfermedades (\$)	Edad del cultivo (\$)
Mínimas	21.82	20.70	14.20	6.88
Medias	20.48	14.84	6.97	6.16

En tabla 21 en ambas condiciones las atenciones culturales se priorizan, seguida por la población, plagas y enfermedades y finalmente, edad del cultivo.

Las producciones alcanzadas con los nuevos recursos de los factores se muestran en la tabla 22.

**Tabla 22. Nueva producción y puntos de los factores según asignación de recursos.**

Condiciones	Toneladas	Atenciones culturales	Población	Plagas y enfermedades	Edad del cultivo
Mínimas	10.61	1.5365	3.575	6.86	2.565
Medias	14.26	2.973	5.28	6.582	4.082

En la tabla 22, los nuevos factores son estimados a partir de la reasignación de los recursos utilizando la tabla 21 o la tabla de los costos medios unitarios de los factores en su puntuación más baja. (Ver Tabla 23 propuesto al final). En esta nueva situación se utilizó el programa Mathcad 2,5. La función de producción proyectó 10,61 y 14,26 toneladas respectivamente.

La reducción de los costos para ambas condiciones se comportó como se muestra en las tablas siguientes:

**Tabla 24. Reducción de los Costos de 6,38t a 10,61t**

Factores manejables	Costos (\$)	Costo (\$)	Reducción (\$)	Ingreso total CGE
	6,38 t	10,61 t		
X <sub>2</sub>	14,20	8,54	5,66	779,61
X <sub>4</sub>	6,88	4,14	2,74	878,12
X <sub>5</sub>	20,7	13,12	7,58	4661,43
X <sub>3</sub>	21,82	12,45	9,37	2154,55
Total	63,6	38,25	25,35	8 473,71

En la tabla 24 se observa el logro de la reducción de los costos en puntuaciones mínima de los factores al pasar la producción de 6,38 toneladas a 10,61 toneladas. Esto se debe a la reducción de los costos al redistribuirse en un volumen mayor de producción. Se alcanzó un total de \$8 473,71 al considerar la disminución de los costos como ingresos para las 13,42 ha y por tanto, para las 6,68 caballerías del centro de

gestión. Además, se consideró en el resultado para cada factor el puntaje obtenido con la reasignación de recursos.

En el caso de las atenciones culturales la reducción de los costos al aumentar la producción de 6,38 toneladas a 10,61 toneladas fue de \$5,66 por 1,5365 puntos del factor por 6,68 caballerías por 13,42 ha es igual a \$779,61. El procedimiento es igual para el resto de los factores.

En la tabla 25 se muestra la reducción de los gastos las producciones 13,14 y 14,26 toneladas para media de los factores.

**Tabla 25. Reducción de los Costos de 13,14 t a 14,26 t**

<b>Factores manejables</b>	<b>Costos (\$) 13,14 t</b>	<b>Costo (\$) 14,26 t</b>	<b>Reducción (\$)</b>	<b>Ingreso total CGE</b>
X <sub>2</sub>	6.89	6.35	0.54	143,92
X <sub>4</sub>	3.34	2.73	0.61	288,73
X <sub>5</sub>	10.59	9.26	1.33	784,76
X <sub>3</sub>	15.09	9.75	5.34	1954,08
<b>Total</b>	<b>35,91</b>	<b>28,09</b>	<b>7,82</b>	<b>3171,49</b>

En la tabla 25 para la media de los factores tienden a equilibrarse de manera relativa al reducirse los costos pero no como en la situación anterior. La atenciones culturales al incrementarse los costos del factor alcanza casi los tres puntos, reduce los costos en su punto más bajo en \$ 0,54 aumenta los ingresos a \$ 143,92 por concepto de ahorro. A medida que varía el factor los ahorros son significativos con la reasignación de recursos. La población disminuye el puntaje e incrementa la reducción de los costos lo cual permite un mayor ingreso \$ 288,73.

Las plagas y enfermedades tratadas desde el punto de vista fitosanitario incrementaron su puntaje no de manera significativa, reduciendo los costos como resultado del

aumento de la producción y elevando los ingresos a \$ 784,76. La edad del cultivo, con la reasignación de los recursos experimentó una disminución de los puntos produciendo un ingreso de \$1954,08. De hecho, fue el segundo en ingreso dentro del proceso. El ahorro total fue de \$3171,49 lo cual representa el 28 % de la reducción de los costos en sentido general.

**Análisis marginal a partir de la función de la variedad Arábiga.**

La tabla 18 es la referencia para calcular el costo de cada factor en el análisis marginal y la tabla 22. Esta tabla es retomada para realizar el análisis marginal utilizando la función original. Para esto se hace variar el factor seleccionado y manteniendo al resto constante en el nivel de la media de la tabla 22. Se comienza el análisis según el orden de los factores.

**Tabla 26. Costos como resultado del análisis marginal por factores.**

<b>Factores manejables</b>	<b>Total gastos (\$)</b> <b>15.56t</b> $X_2$	<b>Total gastos (\$)</b> <b>14.71t</b> $X_4$	<b>Total gastos (\$)</b> <b>14.38t</b> $X_5$	<b>Total gastos (\$)</b> <b>14.31t</b> $X_3$
$X_2$	4830.57	3614.72	3614.72	3614.72
$X_4$	2614.23	3109.35	2614.23	2614.23
$X_5$	1166.31	1166.31	989.41	1166.31
$X_3$	762.22	762.22	762.22	575.78
<b>Total</b>	<b>9373.34</b>	<b>8652.60</b>	<b>7980.58</b>	<b>7971.04</b>

La tabla 26 refleja los costos totales de los factores en correspondencia con el nivel de producción. En la columna1, el factor atenciones culturales varía en un punto, 2,973 a 3,973 y el resto de los factores se mantienen constantes en los valores medios de la tabla 24. La producción lograda con esta operación fue de 15,56 toneladas, la mayor de todas las producciones en relación al resto de los factores. La producción se simuló

mediante la utilización de la función original y el empleo del programa Mcad 2,5. Esta práctica se realiza para el resto de los factores en las columnas siguientes.

**Tabla 27. Resultado económico de asignación de recursos por factores.**

<b>Factores manejables</b>	<b>Incremento en un punto</b>	<b>t/ha</b>	<b>Total ingresos (\$)</b>	<b>Total gastos (\$)</b>	<b>Utilidades</b>
X <sub>2</sub>	2,973-3,973	1.12	45 232.92	9373.34	35 859.58
X <sub>4</sub>	5.28-6.28	1.041	42 761.97	8652.60	34 109.37
X <sub>5</sub>	6.58-5.58	1.017	41 802.66	7980.58	33 822.08
X <sub>3</sub>	4,06-3,06	1.011	41 599.17	7971.04	33 628.13

En la tabla 27 al incrementar en un punto a los factores con rendimiento marginal positivo y disminuir en un punto a los factores con rendimiento marginal negativo, se produjo un aumento de la producción, de los costos, de los ingresos y de las utilidades. El orden de los factores se mantuvo siendo el factor atenciones culturales el de mayor resultado económico al conseguir \$35 859,58 de utilidades; continúa población con una producción de 14,71 toneladas, \$34 109,37 y por último plagas y enfermedades y edad del cultivo con producciones totales de 14,38 y 14,31 toneladas, a las cuales corresponde ingresos por \$33 822,08 y \$33 628,13 respectivamente.

## CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1. Se utilizó la función de respuesta potencial, obtenida con el método de los mínimos cuadrados; contrastada por pruebas estadísticas la significación de los parámetros y su validación. Sobre esta base, se analizó las características de la función de producción.
2. Se determinó con el rendimiento marginal que los factores atenciones culturales, población y lluvia influyen en ese orden positivamente en los rendimientos y el resto negativamente.
3. Se determinó que el orden de los factores para las condiciones mínimas y media comienza con las atenciones culturales, población, plagas y enfermedades, lluvia y edad del cultivo.
4. La combinación del análisis marginal con la asignación de recursos a partir del orden de los factores, arrojó como para las condiciones mínimas y medias, el incremento de los costos aumenta la producción por encima del punto de equilibrio y reduce el costo total unitario por hectárea.
5. Se elaboró un procedimiento para la introducción de los resultados en el CGE fundamentado científicamente por la aplicación de funciones de respuesta para el manejo eficaz de los factores y la asignación eficiente de recursos.
6. La aplicación del procedimiento recomendado mejora el ingreso de las entidades en las cuales se aplica y por ende permite mayores oportunidades de empleo en la zona donde está enclavada, incidiendo en el bienestar de la población y de los miembros de esas UBPC.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se debe extender plenamente el procedimiento recomendado a todas las formas de producción de la Empresa Cafetalera de Bayate, municipio El Salvador, de la provincia y del país.
2. La vía de continuación de esta investigación debe estar relacionada con la variedad Robusta.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Arellano Valdez, B. Funciones de respuesta para optimizar el manejo de cultivo de frijol en una empresa agropecuaria en el municipio San Luis de la Paz, Guanajuato. México. Tesis de Maestría. Facultad de Economía, UAZ. 1994.
2. Bachtold E.; Aguilar A. y siete autores más. Biblioteca de Economía Agropecuaria. Ciencia y Técnica. México. 1996.
3. Chávez Ortiz R. y Arteaga Domínguez L. Determinación de las funciones de respuesta mediante la regresión restringida de un agrosistema en Hacienda Nueva, Morelos, Zacatecas. Tesis de Maestría. México. 1996.
4. Frisch R. Las leyes técnicas y económicas de la producción. ER, La Habana. 1969.
5. Imbert Tamayo, J. y Limonta Duverger, M. Funciones de respuesta para el cultivo del café. Importancia del factor humano. Memorias de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. 2003.
6. Robles Soto S., Rodríguez Betancourt R. y Imbert Tamayo J. Proyección del desarrollo de los parques industriales como factores del desarrollo económico en México. Estudio de tres casos particulares. Coautor. Memorias de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Cuba Año 2004.
7. Rodríguez B. Ramón, Estudio de casos en Técnicas de Optimización. Folleto utilizado en la Maestría de Aplicaciones de la Modelación Económico–matemática. México, 2005.
8. Palomares Calderín E, Alcolea Olivares R. "Para que el café no sea amargo". Periódico Trabajadores, sección Nacional, página 07. Lunes 19 de abril 2010.
9. Torres Ordaz I, Determinación de funciones de respuesta para la optimización del cultivo de frijol en el Municipio Hacienda Nueva, Tesis de Maestría. Zacatecas. México. 1996. Simon C.P. y Blume, L. Mathematics for economist. W.W. Norton. New York. 1994.
10. Samuelson P.A. sobre Economía parte I, II, III Y IV décimo cuarta edición. 1997.
11. Simon C.P. y Blume, L. Mathematics for economist. W.W. Norton. New York. 1994.
12. Simposio Internacional CUBACAFÉ99
13. *Libro de producción del grupo Empresarial de Montaña de Guantánamo 2000.*
14. Pulido, A. *Modelos Económicos tomo II.* La Habana Editorial Félix Varela. 2007.

15. Registro de producción del grupo Empresarial de Montaña Guantánamo. 2011.
16. Gujarati, D.N. Econometría. Cuarta Edición. McGraw Hill. México. 2004.

### **Bibliografía digital**

1. Título del libro: Estadística Matemática. 1ª parte

Autor: Borovkov A A

Idioma: castellano

2. Curso gratis de econometría

URL: <http://www.quedelibros.com/libro/46861/Estadistica-Matematica-1apart.html>  
[www.aulafacil.com/econometria/curso/Temario.htm](http://www.aulafacil.com/econometria/curso/Temario.htm) - [Similares](#).

Título del libro: Estadística Matemática. 3ª parte

Autor: Borovkov A A

Idioma: castellano

URL: <http://www.quedelibros.com/libro/46863/Estadistica-Matematica-3apart.html>

3. Cursos de estadística matemática y econometría.

- <http://www.ssc.wisc.edu/~bhansen/notes/Econometrics.pdf>

- <http://depositfiles.com/files/k841no1k2>

- [http://www.up.edu.pe/\\_data/departamentos/docentes/20050426143137.pdf](http://www.up.edu.pe/_data/departamentos/docentes/20050426143137.pdf)

- [http://www.fce.uncu.edu.ar/contenido/skins/www\\_fce/download/econome\\_2\\_le\\_08.pdf](http://www.fce.uncu.edu.ar/contenido/skins/www_fce/download/econome_2_le_08.pdf)

- <http://tabarefernandez.tripod.com/evIEWS.pdf>

- [http://economia.uniandes.edu.co/content/download/20013/141044/file/Econometria1\\_JorgePerdomo\\_200910.pdf](http://economia.uniandes.edu.co/content/download/20013/141044/file/Econometria1_JorgePerdomo_200910.pdf).

[http://www.ief.es/Formacion/PlanesFormacion/Voluntaria/CursosHP/2009\\_1\\_17.pdf](http://www.ief.es/Formacion/PlanesFormacion/Voluntaria/CursosHP/2009_1_17.pdf)

- <http://webpages.ull.es/users/ecoins/docencia/prog05/964110.pdf>

<http://www.todoebook.com/Econometria-modelos-econometricos-y-series-temporales-vol-1-caridad-y-ocerin-jose-maria-editorial-reverte-ebook-8429190171.htm>

Otros sitios:

- <http://www.nuestrocafe.com>. Distribución geográfica de la café

- <http://www.barchart.com>. Precio del café a nivel mundial.

- [http://es.wikipedia.org/wiki/Coffea\\_arabica](http://es.wikipedia.org/wiki/Coffea_arabica) "Categorías: Coffea | Café | Plantas medicinales 2011\_pdf.

## Anexo 1

La precipitación óptima para el café debe ser superior a 1100 mm<sup>3</sup> y bien distribuida. En la provincia Guantánamo la mayor pluviosidad promedio es de 3000 mm<sup>3</sup> por área y la más seca es de 424 mm<sup>3</sup> por área.

**Tabla 9. Intervalos de precipitaciones**

Lluvioso (LL)	1000 a 11500 Mm <sup>3</sup>
Normal (S)	800 a 1000 Mm <sup>3</sup>
Seco (S)	500 a 800 Mm <sup>3</sup>
Critico (C)	424 a 500 Mm <sup>3</sup>
Muy critico	Menos de 424 Mm <sup>3</sup>

La prueba la correlación de Pearson entre puntos y unidades reales, mediante el programa SPSS-11.5.

0.9-----	420
0.92-----	440
0.93-----	460
0.94-----	500
0.95-----	650
1-----	750
2-----	800
3-----	850
4-----	900
5-----	1000

		p	m
p	Pearson Correlation	1	,870(**)
	Sig. (2-tailed)	.	,001
	N	10	10
m	Pearson Correlation	,870(**)	1
	Sig. (2-tailed)	,001	.
	N	10	10

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

## Anexo 2

**Tabla 9. Edad del cultivo.**

UBPC	Edad
	Arábigo
Marco Martí	12 años
Álvaro Barba	16 años
Batalla de la Indiana	20 años
Promedio de años	15 años

### Anexo 3

**Tabla10. Edad del cultivo.**

Calificación	Intervalos	Edad
Bien	1 a 4	4 a 12
Regular	5 a 7	14 a 18
Mal	8 a 10	20 a 26 o más

La edad del cultivo varía desde la edad productiva y comercial de 5 años hasta la edad productiva de 26 años. El sistema de puntos aplicado es el siguiente:

1. Prácticamente no hay vejez ----- hasta 5 años
2. Casi no hay vejez ----- 8 años
3. Bastante joven ----- 10
4. Más joven que vieja----- 12
5. Termino intermedio entre vejez y juventud----- 14
6. Más vieja que joven----- 16
7. Algo vieja----- 18
8. Bastante envejecida----- 20
9. Casi no hay juventud----- 22
10. Prácticamente está envejecida----- 24 ó más.

### **Correlación de Pearson entre los puntos y la edad real del cultivo.**

		e-1	e-2
e-1	Pearson Correlation	1	,996(**)
	Sig. (2-tailed)	.	,000
	N	10	10
e-2	Pearson Correlation	,996(**)	1
	Sig. (2-tailed)	,000	.
	N	10	10

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

## Anexo 4 Población

### Modelo de evaluación de la población.

N	categorías	Intervalos de puntos		Intervalos en por cientos		
1	Alta	8	a 10	80	a	100
2	Media	5	a 7	50	a	70
3	Baja	1	a 4	10	a	40

Alta----- 8 a 10----50 000 matas hasta 62 000

Media ----5 a 7----31 000 matas hasta 49 000

Baja ----1 a 4-----620 matas hasta 30 000

### Correlación de Pearson entre los puntos y los por cientos de Población.

		e-1	e-2
e-1	Pearson Correlation	1	1,000(**)
	Sig. (2-tailed)	.	.
	N	10	10
e-2	Pearson Correlation	1,000(**)	1
	Sig. (2-tailed)	.	.
	N	10	10

Fuente: SPSS-11.5 \*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

## Anexo 5

### Modelo para la recogida de información sobre Plagas y Enfermedades.

N	Centro de gestión	Población año:		
	Nombre de la UBPC	Evaluación		
		Baja	media	Alta
1	Marco Martí			
2	Álvaro Barba			
3	Batallas de la Indiana			

N	Centro de gestión	Plagas y Enfermedades año:		
	Nombre de la UBPC	valuación		
		Ligera	media	Intensa
1	Marco Martí			
2	Álvaro Barba			
3	Batallas de la Indiana			

10- Prácticamente no hubo salud

9-Casi no hubo salud

8- Bastante infestación

7- Hubo algo de salud

6- Más infestación que salud

5- Termino medio entre salud e infestación

4- Menos infestación que salud

3- Hubo algo de infestación

2- Casi no hubo infestación

1- No hubo infestación en la práctica

## Anexo 6

$$Y_1 = 647,94 * X_1^{0,03} * X_2^{0,30} * X_3^{-0,01} * X_4^{0,18} * X_5^{-0,05}$$

Rendimiento	Lluvia	Atenciones Culturales	Edad del Cultivo	Población	Plagas y Enfermedades
832	0.9	1.2	7.69	5.1	4.45
834	0.91	1.21	7.68	5.11	4.19
835	0.92	1.22	7.67	5.12	4.22
836	0.93	1.24	7.66	5.13	4.24
845	0.94	1.26	7.65	5.14	4.25
846	0.95	1.28	7.64	5.15	5.28
848	0.96	1.29	7.63	5.16	5.3
858	0.97	1.48	7.62	5.25	5.32
962	0.98	1.8	7.61	6.1	6
964	0.99	1.82	7.6	6.12	6.2
966	1.91	1.84	7.59	6.14	6.22
968	1.92	1.86	7.58	6.15	6.24
974	1.93	1.88	7.57	6.16	6.26
976	1.94	1.9	6.89	6.17	6.28
978	1.95	1.92	6.88	6.18	6.3
988	1.96	1.94	6.87	6.19	6.32
995	1.98	1.96	6.86	6.2	6.34
1000	2.47	1.98	6.79	6.21	6.36
1010	2.48	1.99	6.78	6.22	6.38
1020	2.49	2	6.77	6.23	6.4
1022	2.51	2.2	6.76	6.22	6.42
1050	2.58	2.3	6.75	6.24	6.44
1060	2.79	2.4	6.74	6.26	6.47
1075	2.81	2.45	6.73	6.28	6.48
1083	2.79	2.48	6.72	6.3	6.5
1090	3.8	2.49	6.71	6.32	6.52
1093	3.81	2.5	6.7	6.34	6.54
1097	3.82	2.51	6.69	6.36	6.56
1099	3.83	2.52	6.68	6.38	6.58
1101	3.84	2.53	6.67	6.4	6
1103	3.85	2.54	5.87	6.41	6.62
1106	3.86	2.56	5.85	6.43	6.64
1108	3.87	2.57	5.84	6.45	6.66
1110	3.88	2.58	5.83	6.47	6.68
1115	3.89	2.64	5.82	6.49	6.7
1117	3.9	2.65	5.81	6.5	6.72
1120	3.91	2.66	5.8	6.52	6.75
1122	3.92	2.68	4.95	6.54	6.81
1126	3.93	2.69	4.94	6.56	6.82
1128	3.94	2.7	4.93	6.58	6.83
1130	3.95	2.72	4.92	6.6	6.84

## Anexo 7

### Salida del REMU-M

Print Preview

Close

## REM U-M

COEFICIENTES DE REGRESION Y ANALISIS ESTADISTICO

TIPO DE CURVA : Lineal  
 $b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_4 + b_5 \cdot x_5$

Coeficientes	R <sup>2</sup>	Error	-----Fisher-----		-----Durbin Watson-----					--Homocedasticidad--	
			Calc	Tabla	Calc	dl	du	4-du	4-dl	Calc	Tabla
b0 = 376.35	1.00	6.54	2121.97	2.46	1.74	1.29	1.78	2.22	2.71	317.30	2.48
b1 = 13.56			Significativa		Inconcluso					Varianzas desiguales	
b2 = 134.19											
b3 = 4.74											
b4 = 53.37											
b5 = -6.12											

TIPO DE CURVA : Exponencial  
 $b_0 \cdot x_1^{b_1} \cdot x_2^{b_2} \cdot x_3^{b_3} \cdot x_4^{b_4} \cdot x_5^{b_5}$

Coeficientes	R <sup>2</sup>	Error	-----Fisher-----		-----Durbin Watson-----					--Homocedasticidad--	
			Calc	Tabla	Calc	dl	du	4-du	4-dl	Calc	Tabla
b0 = 647.94	1.00	0.01	1636.38	2.46	1.83	1.29	1.78	2.22	2.71	1.13	2.48
b1 = 0.03			Significativa		Independiente					Varianzas iguales	
b2 = 0.30											
b3 = -0.01											
b4 = 0.18											
b5 = -0.05											

Modelo con error minimo

TIPO DE CURVA : Logaritmica  
 $b_0 + b_1 \cdot \ln(x_1) + b_2 \cdot \ln(x_2) + b_3 \cdot \ln(x_3) + b_4 \cdot \ln(x_4) + b_5 \cdot \ln(x_5)$

			-----Fisher-----		-----Durbin Watson-----					--Homocedasticidad--	
			Calc	Tabla	Calc	dl	du	4-du	4-dl	Calc	Tabla

0% Page 1 of 2

Inicio Esca ES 08:15 a.m.

## Anexo 8

Print Preview

TIPO DE CURVA : Logarítmica  
 $b_0 + b_1 \ln(x_1) + b_2 \ln(x_2) + b_3 \ln(x_3) + b_4 \ln(x_4) + b_5 \ln(x_5)$

Coeficientes	R <sup>2</sup>	Error	-----Fisher-----		-----Durbin Watson-----				--Homocedasticidad--		
			Calc	Tabla	Calc	dl	du	4-du	4-dl	Calc	Tabla
b0 = 800.54	0.99	8.21	1342.43	2.46	1.88	1.29	1.78	2.22	2.71	465.52	2.48
b1 = 26.07			Significativa		Independiente				Varianzas desiguales		
b2 = 317.07											
b3 = -28.85											
b4 = 79.13											
b5 = -67.68											

TIPO DE CURVA : Lineal más cuadrática  
 $b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4 + b_5 x_5 + b_{11} x_1^2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{14} x_1 x_4 + b_{15} x_1 x_5 + b_{22} x_2^2 + b_{23} x_2 x_3 + b_{24} x_2 x_4 + b_{25} x_2 x_5 + b_{33} x_3^2 + b_{34} x_3 x_4 + b_{35} x_3 x_5 + b_{44} x_4^2 + b_{45} x_4 x_5 + b_{55} x_5^2$

Coeficientes	R <sup>2</sup>	Error	-----Fisher-----		-----Durbin Watson-----				--Homocedasticidad--		
			Calc	Tabla	Calc	dl	du	4-du	4-dl	Calc	Tabla
b0 = 41670.48	1.00	2.64	3274.38	2.46	2.60	1.29	1.78	2.22	2.71	958.39	2.48
b1 = 1530.03			Significativa		Inconcluso				Varianzas desiguales		
b2 = 2234.49											
b3 = -1829.58											
b4 = -13583.40											
b5 = 707.73											
b11 = 21.24											
b12 = -78.15											
b13 = -28.25											
b14 = -259.07											
b15 = 53.53											
b22 = 192.93											
b23 = 46.38											
b24 = -434.21											
b25 = -60.49											
b33 = 22.01											

0% Page 1 of 2

Inicio Esca Documento1 - Micros... ES 08:18 a.m.

## Anexo 9

Variedad Arábiga

Análisis de varianza ANOVA

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	454936,68	5	90987,337	2298,435	,000(a)
	Residual	1504,293	38	39,587		
	Total	456440,97	43			

a Predictors: (Constant), puntos, puntos, puntos, puntos, puntos

b Dependent Variable: latas

Prueba t para coeficientes individuales

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	376.345	32.805		11.472	.000
	puntos	13.556	3.435	.158	3.946	.000
	puntos	134.185	11.822	.679	11.350	.000
	puntos	4.738	2.236	.043	2.119	.041
	puntos	53.371	7.670	.256	6.958	.000
	puntos	-6.121	2.698	-.048	-2.269	.029

## Anexo 10

Rendimientos marginales y la aceleración. Funciones que reflejan las primeras y segundas derivadas de la función correspondiente a la variedad árabiga.

$$Y'_1 = 19,52 * X_1^{-0,97} * X_2^{0,3} * X_3^{-0,01} * X_4^{0,18} * X_5^{-0,05}$$

$$Y''_1 = -18,94 * X_1^{-1,97} * X_2^{0,3} * X_3^{-0,01} * X_4^{0,18} * X_5^{-0,05}$$

$$Y'_2 = 195,22 * X_1^{0,03} * X_2^{-0,70} * X_3^{-0,01} * X_4^{0,18} * X_5^{-0,05}$$

$$Y''_2 = -136,65 * X_1^{0,03} * X_2^{-1,70} * X_3^{-0,01} * X_4^{0,18} * X_5^{-0,05}$$

$$Y'_3 = -6,51 * X_1^{0,0,3} * X_2^{0,3} * X_3^{-1,01} * X_4^{0,18} * X_5^{-0,05}$$

$$Y''_3 = 6,57 * X_1^{0,03} * X_2^{0,3} * X_3^{-2,01} * X_4^{0,18} * X_5^{-0,05}$$

$$Y'_4 = 117,13 * X_1^{0,03} * X_2^{0,3} * X_3^{-0,01} * X_4^{-0,82} * X_5^{-0,05}$$

$$Y''_4 = -96,05 * X_1^{0,03} * X_2^{0,3} * X_3^{-0,01} * X_4^{-1,82} * X_5^{-0,05}$$

$$Y'_5 = -32,54 * X_1^{0,03} * X_2^{0,3} * X_3^{-0,01} * X_4^{0,18} * X_5^{-1,05}$$

$$Y''_5 = 34,17 * X_1^{0,03} * X_2^{0,3} * X_3^{-0,01} * X_4^{0,18} * X_5^{-2,05}$$

## Anexo 11

Rendimiento medio. Funciones de rendimiento medio correspondiente a la función obtenida para la variedad arábigo.

$$\bar{Y}_1 = 650,72 * X_1^{-0,97} * X_2^{0,3} * X_3^{-0,01} X_4^{0,18} * X_5^{-0,05}$$

$$\bar{Y}_2 = 650,72 * X_1^{0,03} * X_2^{-0,7} * X_3^{-0,01} * X_4^{0,18} * X_5^{-0,05}$$

$$\bar{Y}_3 = 650,72 X_1^{0,03} * X_2^{0,3} * X_3^{-1,01} * X_4^{0,18} * X_5^{-0,05}$$

$$\bar{Y}_4 = 650,72 * X_1^{0,03} * X_2^{0,3} * X_3^{-0,01} * X_4^{-0,82} * X_5^{-0,05}$$

$$\bar{Y}_5 = 650,72 * X_1^{0,03} * X_2^{0,3} * X_3^{-0,01} * X_4^{0,18} * X_5^{-1,05}$$

## Anexo 12

Las funciones que reflejan las segundas derivadas cruzadas correspondientes son las siguientes:

$$Y''_{13} = -0,1952 * X_1^{-0,97} X_2^{0,3} X_3^{-1,01} X_4^{0,18} X_5^{-0,05}$$

$$Y''_{14} = 1,5156 X_1^{-0,97} X_2^{0,3} X_3^{-0,01} X_4^{-0,82} X_5^{-0,05}$$

$$Y''_{15} = -0,976 * X_1^{-0,97} X_2^{0,3} X_3^{-0,01} X_4^{0,18} X_5^{-1,05}$$

$$Y''_{21} = 8,56 * X_1^{-0,97} X_2^{-0,7} X_3^{-0,01} X_4^{0,18} X_5^{-0,05}$$

$$Y''_{23} = -1,95 * X_1^{0,03} X_2^{-0,7} X_3^{-1,01} X_4^{0,18} X_5^{-0,05}$$

$$Y''_{24} = 35,14 * X_1^{0,03} X_2^{-0,7} X_3^{-0,02} X_4^{-0,82} X_5^{-0,05}$$

$$Y''_{25} = -9,76 X_1^{0,03} X_2^{-0,70} X_3^{-0,01} X_4^{0,8} X_5^{-1,05}$$

$$Y''_{34} = -1,17 * X_1^{0,03} X_2^{0,3} X_3^{-1,01} X_4^{-0,82} X_5^{-0,05}$$

$$Y''_{35} = 0,325 * X_1^{0,03} X_2^{0,3} X_3^{-1,01} X_4^{0,18} X_5^{-1,05}$$

$$Y''_{43} = -1,17 * X_1^{0,03} X_2^{0,3} X_3^{-1,01} X_4^{-0,82} X_5^{-0,05}$$

$$Y''_{45} = -5,86 * X_1^{0,03} X_2^{0,3} X_3^{-0,01} X_4^{-0,82} X_5^{-1,05}$$

### Anexo 13

Relación de sustituibilidad entre los factores atenciones culturales y edad del cultivo.

<b>NMS Edad del Cultivo y la Atención Cultural</b>			
<b>x3</b>	<b>X<sub>2</sub> mínimo</b>	<b>X<sub>2</sub> medio</b>	<b>X<sub>2</sub> máximo</b>
10	-0,003365	-0,0072	-0,03365
9	-0,00374	-0,00846	-0,0374
8	-0,0042	-0,0091	-0,04206
7	-0,00481	-0,01034	-0,0481
6	-0,00561	-0,0121	-0,056
5	-0,00673	-0,01448	-0,0673
4	-0,0084	-0,01810	-0,084
3	-0,011	-0,024	-0,11
2	-0,016825	-0,0362074	-0,16825
1	-0,03365	-0,07241	-0,3365

## Anexo 14

Relación de sustituibilidad entre los factores atenciones culturales y plagas y enfermedades.

<b>Plagas y Enfermedades y la Atención Cultural</b>			
<b>X5</b>	<b>X<sub>2</sub> mínimo</b>	<b>X<sub>2</sub> medio</b>	<b>X<sub>2</sub> máximo</b>
10	-0,01666	-0,03585	-0,1666
9	-0,0185	-0,0398	-0,185
8	-0,0208	-0,0448	-0,208
7	-0,0238	-0,0512	-0,238
6	-0,02776	-0,05975	-0,2776
5	-0,03332	-0,0717	-0,3332
4	-0,04165	-0,0896	-0,4165
3	-0,0555	-0,1195	-0,555
2	-0,0833	-0,17926	-0,833
1	-0,1666	-0,3585	-1,666

## Anexo 15

Relación de sustituibilidad entre los factores lluvia y plagas y enfermedades

<b>Lluvia y Plagas y Enfermedades</b>			
<b>x1</b>	<b>X<sub>s</sub> mínima</b>	<b>X<sub>s</sub> media</b>	<b>X<sub>s</sub> máxima</b>
0,9	-6,66	-4,05	-4,08
0,92	-6,52	-3,99	-3,997
0,94	-6,38	-3,91	-3,91
0,96	-6,25	-3,83	-3,83
0,98	-6,12	-3,75	-3,75
1	-5,99	-3,67	-3,67
2	-2,99	-1,84	-1,84
3	-1,99	-1,23	-1,23
4	-1,5	-0,92	-0,92
5	-1,2	-0,735	-0,735

## Anexo 16

**Tabla23 Costos de los factores por toneladas por hectárea (6.38t/ha) .A**

Puntos	Atenciones culturales(\$)	Población(\$)	Puntos	Plagas y enfermedades(\$)	Edad del cultivo(\$)
1	14.20	6.88	10	20.7	21.82
2	28.40	13.76	9	18.63	19.62
3	42.60	20.64	8	16.56	17.44
4	56.80	27.52	7	14.49	15.26
5	71.00	34.40	6	12.42	13.08
6	85.20	41.29	5	10.35	10.9
7	99.40	48.17	4	8.28	8.72
8	113.60	55.04	3	6.21	6.54
9	127.80	61.93	2	4.14	4.36
10	142.00	68.8	1	2.07	2.18

Aquí se dividió el costo por las toneladas, luego, se dividió entre 13.42 hectáreas. Esta práctica continúa en el resto del proceso.

**Anexo 17:**

## Encuesta aplicada al productor

Compañero productor se está realizando una encuesta para saber la cantidad de caballerías en producción y su rendimiento en quintales para el cultivo de café, se necesita de su cooperación.

Indicador	Año	Arábigo
Cantidad de caballerías en producción	2005	
	2006	
	2007	
	2008	
	2009	
	2010	
	2011	
Rendimiento por caballerías en quintales	2005	
	2006	
	2007	
	2008	
	2009	
	2010	
	2011	

**Anexo 18:**

De acuerdo con los siguientes parámetros, indique en cada año la calificación correspondiente.

Edad de los cultivos.

Calificación:

- 10- Excelente.
- 9- Prácticamente no hay vejes.
- 8- Casi no hay vejes.
- 7- Bastante joven.
- 6- Más joven que vieja.
- 5- Término medio entre vejes y juventud.
- 4- Más vieja que joven.
- 3- Algo viejo.
- 2- Casi está envejecida.
- 1- Prácticamente envejecida.

Variedad	Años						
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Arábigo							

**Anexo 19:**

Se le solicita a usted dar una de estas calificaciones por año. De lo contrario puede calificarlo de Bien, Regular ó Mal

Atención cultural

- 10- Excelente
- 9-Prácticamente no hubo desatención
- 8- Casi no hubo desatención
- 7-Bastante atención.
- 6-Más atención que desatención.
- 5- Término medio entre atención y desatención
- 4-Hubo menos atención que desatención.
- 3- Hubo algo de atención.
- 2-Casi no hubo atención.
- 1-Prácticamente no hubo atención.

	Arábigo Años 2005-2011							Costos de los dos últimos años	
	1	2	3	4	5	6	7		
<b>Actividades</b>									
<b>Limpia manual</b>									
<b>Limpia con herbécida</b>									
<b>Regulación de sombra</b>									
<b>Poda normal</b>									
<b>Poda sistemática</b>									
<b>Siembra trasplante</b>									
<b>Resiembra</b>									
<b>Selección de vástago</b>									
<b>Conservación de suelo</b>									
<b>Fertilización</b>									
<b>Compost</b>									

**Anexo 20:**

**Otorgue una calificación a la población por año de acuerdo al siguiente sistema de puntaje.**

- 1 de 10: 10%**
- 2 de 10: 20%**
- 3 de 10: 30%**
- 4 de 10: 40%**
- 5 de 10: 50%**
- 6 de 10: 50%**
- 7 de 10: 70%**
- 8 de 10: 80%**
- 9 de 10: 90%**
- 10 de 10: 100%**

Variedad	Años del 2005-2011							Baja—media—alta						
	05	06	07	08	09	10	11	01	02	03	04	05	6	7
Arábigo														

### Anexo 21:

Se le solicita a usted dar una de estas calificaciones por año. De lo contrario califíquela en ligera, media e intensa.

- 1-Prácticamente no hubo salud. Infección intensa.
- 2- Casi no hubo salud.
- 3- Hubo algo de salud.
- 4- Menos salud que infección.
- 5- Término medio entre la salud y la infección.
- 6- Más salud que infección.
- 7- Bastante salud.
- 8- Casi no hubo infección.
- 9- Prácticamente no hubo infección.
- 10- Excelente.

Variedad	Años							Ligera-media-intensa					
	05	06	07	08	09	10	11	01	02	03	04	05	06
Arábigo													

En el caso de media o intensa, indique las plagas de mayor incidencia y el costo de los cultivos por caballería.

Variedad	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Arábigo							

Presupuesto para la realización de las diferentes actividades del café en producción.

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Variedad							
Arábigo							

**Anexo 22:**

Indique el comportamiento que ha tenido el precio del café por quintales durante los años señalados.

<b>variedad</b>	<b>categoría</b>	<b>05</b>	<b>06</b>	<b>07</b>	<b>08</b>	<b>09</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
<b>Arábica</b>	<b>1ra</b>							
	<b>2da</b>							
	<b>3ra</b>							

**Anexo 23:**

Encuesta aplicada a los trabajadores del Centro de Investigación de Limonar  
Y Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos.

**¿Cómo califica la lluvia en los años señalados?**

<b>Variedad</b>	<b>Arábigo</b>		
	<b>Calificación</b>		
<b>Año</b>	<b>B</b>	<b>R</b>	<b>M</b>
<b>2005</b>			
<b>2006</b>			
<b>2007</b>			
<b>2008</b>			
<b>2009</b>			
<b>2010</b>			
<b>2011</b>			