

**Caracterización de productores y
determinación del uso óptimo de
macronutrientes (N, P, K) en la producción de
café mediante el desarrollo de una función de
producción: Caso región Trifinio**

**Tannya Celeste García Aguilar
Stephany Flores Burgos**

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2011

Zamorano
Carrera de Administración de Agronegocios

**Caracterización de productores y
determinación del uso óptimo de
macronutrientes (N, P, K) en la producción de
café mediante el desarrollo de una función de
producción: Caso región Trifinio**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingenieras en Administración de Agronegocios en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Tannya Celeste García Aguilar
Stephany Flores Burgos**

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2011

Caracterización de productores y determinación del uso óptimo de macronutrientes (N, P, K) en la producción de café mediante el desarrollo de una función de producción: Caso región Trifinio

Presentado por:

Tannya Celeste García Aguilar
Stephany Flores Burgos

Aprobado:

Fredi Arias, Ph.D.
Asesor principal

Ernesto Gallo, M.Sc. M.B.A.
Director
Carrera de Administración de
Agronegocios

Pablo Andrés Ruíz, Ing.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

RESUMEN

Flores, S. y García T. 2011. Caracterización de productores y determinación del uso óptimo de macronutrientes (N, P, K) en la producción de café mediante el desarrollo de una función de producción: Caso región Trifinio. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Administración de Agronegocios, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 39 p.

Las diferencias en cuanto a rendimientos y calidad de café oro en la región Trifinio, determinaron la necesidad de realizar un estudio para desarrollar una función de producción que indique las cantidades óptimas necesarias de nutrientes (N, P, K) para maximizar la producción de los caficultores en la región y maximizar económicamente su función de ganancias. El mejor modelo se eligió tomando como parámetros el R^2 , el R^2 ajustado, valor f y valores t de los coeficientes encontrados, obteniendo como mejor modelo el número 8, el cual determinó que las cantidades óptimas de aplicación de N, P y K son 212.12 kg/ha, 5.67 kg/ha y 71.79 kg/ha respectivamente, para la producción de 22.82 qq de café oro por hectárea. En los análisis de sensibilidad se variaron los precios de los insumos y/o el precio del café, determinando que las utilidades de los agricultores son más susceptibles a fluctuaciones del precio del café que a fluctuaciones de los precios de los insumos. Para la estrategia de intervención se desarrolló un análisis de regresión utilizando ingresos como variable dependiente, edad y grado de escolaridad del jefe de familia, mano de obra por hectárea, tamaño de familia y área cultivada de café, como variables independientes. Se determinó la variable crítica, mano de obra, como el factor más influyente en la variación de los ingresos. Se realizó un estudio de conglomerados por países utilizando mano de obra, para segmentar los productores según sus características y poder definir una estrategia de intervención específica en cada uno de ellos.

Palabras clave: Análisis estadístico, conglomerados, fertilización, función, modelo económico.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4. CONCLUSIONES.....	26
5. RECOMENDACIONES.....	27
6. LITERATURA CITADA.....	28
7. ANEXOS.....	30

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Análisis de regresión del modelo seleccionado de la función de producción en café.	10
2. Análisis de sensibilidad con variación en el precio del café oro.	13
3. Análisis de sensibilidad con variación en el precio de los insumos.	13
4. Análisis de regresión de los factores socioeconómicos y los ingresos.	14
5. Análisis de regresión de los factores socioeconómicos y los ingresos en Honduras.	15
6. Análisis de regresión de los factores socioeconómicos y los ingresos en Guatemala.	16
7. Análisis de regresión de los factores socioeconómicos y los ingresos en El Salvador.	17
8. Información demográfica grupo limitado.	24
9. Información demográfica grupo representativo.	24
10. Información demográfica grupo avanzado.	25
Figuras	Página
1. Diagrama de conglomerados de ingresos y mano de obra de Honduras.	18
2. Diagrama de conglomerados de ingresos y mano de obra de El Salvador.	20
3. Diagrama de conglomerados de ingresos y mano de obra de Guatemala.	22
Anexos	Página
1. Jefes de familia encuestados de la región Trifinio.	30
2. Cuadro del modelo No.1 para la determinación de la función de producción en café (N, P, K, N ² , P ² , K ² , NPK).	31
3. Cuadro del modelo No.2 para la determinación de la función de producción en café (N, P, K, N ² , P ² , K ² , PK).	32
4. Cuadro del modelo No.3 para la determinación de la función de producción en café (N, P, K, N ² , P ² , K ² , NP).	33
5. Cuadro del modelo No.4 para la determinación de la función de producción en	

	café edad del cultivo 1-5 años (N, P, K, N ² , P ² , K ²).....	34
6.	Cuadro del modelo No.5 para la determinación de la función de producción en café edad del cultivo 1-5 años (N, P, K, N ² , P ² , K ² , PK).	35
7.	Cuadro del modelo No.6 para la determinación de la función de producción en café edad del cultivo 6-10 años (N, P, LnK, N ² , P ² , LnK ² , NP).....	36
8.	Cuadro del modelo No.7 para la determinación de la función de producción en café (N, P, K, N ² , P ² , K ² , NP).....	37
9.	Clasificación de productores por país del Grupo limitado.	38
10.	Clasificación de productores por país del Grupo representativo.	38
11.	Clasificación de productores por país del Grupo avanzado.	39
12.	Distribución de grupos por país.....	39

1. INTRODUCCIÓN

El café es el producto agrícola comerciable más importante económicamente en el mundo. Aproximadamente 25 millones de personas, en 51 países, viven del café, muchos de ellos son pequeños y medianos productores (Redwood 2004).

La producción mundial de café para el año cosecha 2008/2009 fue mayor a la del año 2007/2008 con un incremento de 15.65%. La participación de Norteamérica, Centroamérica y El Caribe en la cosecha 2008/2009 fue del 13.34%, lo que muestra una participación significativa de esta región en el mercado. El principal productor del bloque es México, quien en promedio de las últimas cosechas aportó el mayor porcentaje de café a la región con 24.97%, Guatemala con un 22.3% y Honduras con el 18.46% (IHCAFE 2009).

En Centroamérica, una gran proporción de las áreas del cultivo está en manos de pequeños y medianos productores, los cuales viven numerosas dificultades socioeconómicas sobre todo cuando se dan bajas en el precio del mercado de café, que les obligan a implementar diferentes estrategias de sobrevivencia, como involucrarse a otras actividades de la comunidad, o migrar de sus países. Con lo mencionado anteriormente la producción cafetalera puede ser irregular en las zonas más vulnerables a esta problemática (SOCODEVI y CECI 2006).

Para El Salvador, el café es una actividad de importancia para la sostenibilidad económica y social. En el 2007 este rubro representó el 1.5% del PIB y el 12% del PIB Agropecuario. Las exportaciones de café en el 2008 representaron un 6.7% del total de exportaciones del país. Durante varios años el café ha contribuido a las poblaciones rurales para que posean una infraestructura más adecuada para vivir, como carreteras, escuelas, acceso a servicios básicos, entre otras. En el año 2008 aproximadamente el 27% de los fondos de créditos destinados por la banca y financieras al sector agropecuario fue para el sector cafetalero. Existen aproximadamente 23,000 productores, de los cuales el 87% son pequeños productores y representan el 21% de la producción nacional (Consejo Salvadoreño del Café 2009).

La producción de café convencional en Guatemala, está compuesta por aproximadamente 90,000 productores, de los cuales el 83% son micro y pequeños productores ya que obtienen menos de 100 qq por cosecha, y se manejan 276,000 ha en producción en 20 de los 22 departamentos del país. Sin embargo, solamente el 20% de la producción total está a cargo de los pequeños productores, el resto está dividido entre fincas medianas y grandes. En la cosecha 2008/09 se produjo una cantidad de 4,500,000 qq de café oro. Este rubro representa el 12% de las divisas que recibe el país. Guatemala aporta alrededor del 4% de

la oferta del mercado mundial, ocupando el quinto lugar de los países exportadores de café (Muñoz 2010). El café en Guatemala representa aproximadamente el 30% del valor total de las exportaciones nacionales y del 12 al 15% del PIB generando un estimado de 300,000 empleos al año (SOCODEVI y CECI 2006).

En la economía de Honduras el cultivo del café ha representado en los últimos 30 años entre el 13% y el 27% del PIB Agropecuario (20% en promedio), y entre el 3% al 7% del PIB nacional (5% en promedio). De los 298 municipios de Honduras, el 79% tiene una actividad cafetalera y el 42% depende económicamente de dicha actividad (Programa Nacional de Promoción de Inversiones 2011). La caficultura en Honduras está constituida por 70 mil productores de los cuales el 95% son pequeños agricultores con fincas de menos de 5 hectáreas (IHCAFE 2008).

El café pertenece al género *Coffea* con aproximadamente 100 especies; 3 de estas especies son cultivadas comercialmente, destacándose *Coffea arabica* L., *C. canephora* Pierre exFroehner y *C. liberica* Bull exHiern. La variedad arábica es la mayormente comercializada a nivel mundial, con un 60%, debido a la excelente calidad de su bebida (Mora 2008).

De acuerdo a la Organización Internacional del Café (OIC) el cultivo de café cubre alrededor de 17 millones de hectáreas alrededor del mundo. Es cultivado en regiones tropicales y subtropicales, hasta 2000 m de altitud en pequeñas proporciones de tierra vulnerables a la erosión (FIMARC 2005).

Hanns R. Neumann Stiftung (HRNS) es una Fundación que trabaja con el objetivo de promover el desarrollo sostenible y los recursos naturales en el sector cafetalero. Implementa proyectos prácticos con actividades centradas en el desarrollo económico y social de los productores, aumentando la competitividad, fortaleciendo las organizaciones entre agricultores, creando mejores vínculos con el mercado y promoviendo el acceso a servicios de apoyo.

HRNS se encuentra presente en 13 países alrededor del mundo, manejando 21 programas y beneficiando a un promedio de 60,000 caficultores. En la región latinoamericana se encuentra en México, Guatemala, Honduras, El Salvador, Colombia, Perú y Brasil.

La región del Trifinio es una zona geográfica situada en el vértice territorial conformado por Honduras, Guatemala y El Salvador. En esta región HRNS cuenta con el proyecto PROTCAFES (Programa Trinacional para Café Especial Sostenible), que mediante procesos de organización y formación empresarial y la difusión de buenas prácticas agrícolas, sociales y ambientales, procura producir y ofertar sosteniblemente cafés especiales, impulsando rendimientos óptimos, cadenas de valor y rentabilidad para todos los actores involucrados (Comisión Trinacional del plan Trifinio 2010). PROTCAFES brinda apoyo a 1440 pequeños caficultores, cubriendo un área de café de 1,770 ha, estos caficultores presentan diferencias en cuanto a rendimiento/ha y a la calidad producida. Lo anterior se debe a las distintas maneras en las que los productores hacen uso de sus tierras, en cuanto a la cantidad de jornales utilizados, el cumplimiento de actividades de cada uno y la cantidad de insumos utilizados (fertilizantes, mano de obra) (HRNS 2010).

La caficultura en la zona Trifinio se caracteriza por ser desarrollada en suelos franco arenosos y franco arcillosos, susceptibles a la erosión y fertilidad variable, en alturas entre los 1200 y 1600 msnm. Las variedades de café que predominan el área son catuaí, catimor y caturra, las cuales comprenden más del 60% total de cafetos. Los cafetales cuentan con una edad promedio de 8.4 años y con densidades intermedias (4,980 pl/ha en promedio).

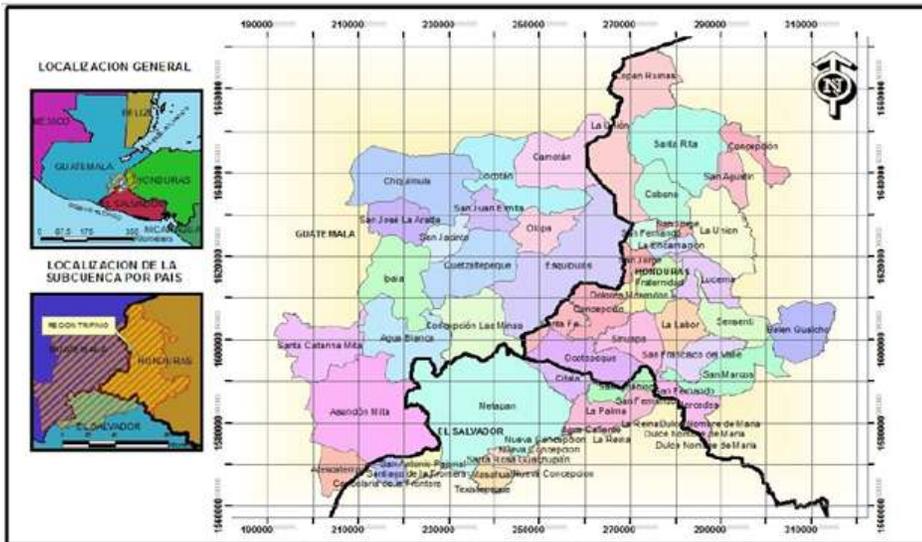


Figura 1. Mapa de ubicación región Trifinio

Fuente: López y Salgado 2009

El 88% de los productores utiliza fertilizantes como insumo principal, sin embargo los nutrimentos aplicados no suplen las necesidades del cultivo dadas las bajas dosis aplicadas y los balances no adecuados en las fórmulas utilizadas. Las condiciones anteriores, generan un rendimiento promedio de 157.43 qq cereza/ha en Honduras y Guatemala, y un promedio de 51.52 qq/ha en El Salvador, valores inferiores al óptimo regional de 215 qq cereza/ha. Adicionalmente, la región Trifinio está caracterizada por contar con área cultivada de café promedio por finca en Guatemala de 4.19 hectáreas, 3.5 hectáreas en Honduras y 1.3 hectáreas en El Salvador. Dichas áreas promedio generan los ingresos necesarios para cubrir los costos de la canasta básica alimentaria en Guatemala y Honduras, mientras que en El Salvador solamente cubren un 28% de los costos de la canasta básica. Sin embargo, en Guatemala se requieren 1.7 hectáreas como mínimo para cubrir los costos de la canasta básica y el 55% de los productores presenta áreas cultivadas menores. En Honduras se requieren 2.5 hectáreas y el 69% de los productores tiene menos de 2.51 hectáreas, lo cual muestra la necesidad de realizar una mejora en los rendimientos mediante fertilizaciones eficientes (HRNS 2010).

El libro de campo es una herramienta creada por HRNS que permite a los productores el registro y análisis de la eficiencia del trabajo, el uso de nutrientes y la economía familiar de los sistemas de producción agrícolas. Esta herramienta facilita el acceso a

investigadores y productores a información de campo, permitiéndoles realizar intervenciones técnicas o económicas en los sistemas de producción de café. Alrededor del mundo 15 proyectos están utilizando el libro de campo; en Centroamérica se ha implementado en todos los proyectos de HRNS (HRNS 2010).

Una función de producción representa la cantidad de un bien producido en un proceso productivo que depende de la combinación en cantidad y forma de la utilización de los insumos. Es expresada en forma algebraica general como $Y = f(X_1, X_2, X_3 \dots X_n)$ donde Y representa el producto dado, $f(X_1 \dots X_n)$ representa función de los insumos necesarios para la producción (Blanco 1974). Mediante una función de producción intentamos identificar el impacto que la cantidad de fertilizante dado por los agricultores tiene dentro de la producción de café.

Los insumos variables son aquellos de los que el administrador puede alterar su nivel de uso, lo que implica que el agricultor puede ajustar la cantidad utilizada de insumo. El insumo fijo es aquel sobre el cual el agricultor no tiene control (Arias 2007).

Por otro lado, una función de ganancias representa la relación entre ingresos brutos y costos totales. Los ingresos brutos se obtienen del producto de la cantidad producida y el precio de venta el cual es determinado por el mercado; los costos totales, son el resultado del producto de la cantidad de insumo utilizado y el precio de los mismos. Mediante una función de ganancias, podemos identificar la cantidad aplicada de insumos que nos permiten las máximas ganancias posibles.

Por lo citado anteriormente se llevó a cabo una investigación en los proyectos del Trifinio de la Fundación HRNS con los siguientes objetivos:

- Determinar una función de producción y una función de ganancias a partir de los insumos nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K).
- Caracterizar a los caficultores de dicha región para definir factores limitantes en los ingresos de la producción por cada estrato.

Se usaron N, P, K porque los fertilizantes representan un costo significativo en el presupuesto de estos agricultores. Adicionalmente, se estima que cambios marginales en las cantidades de fertilizantes utilizados por estos agricultores aumentarán significativamente los rendimientos por hectárea de café.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio se caracterizó la población mediante un diagnóstico microeconómico de las unidades familiares. Para la diferenciación de la muestra se definió la población de estudio como el conjunto de caficultores pertenecientes a los proyectos de la región Trifinio de la Fundación HRNS. Se caracterizó dicha población mediante la selección de una muestra representativa del objeto de estudio. La unidad de muestreo se describió como un miembro de la muestra poblacional (en este caso, un caficultor); esta unidad de muestreo posee distintas características relevantes para la investigación en cuestión. Generalmente incluye en ella todas las variables a estudiar (por ejemplo, grado de escolaridad, ingresos, sistemas de producción).

El sistema utilizado para el diseño de la muestra de esta investigación, fue un muestreo simple aleatorio. Este tipo de muestreo le permitió a cada unidad de muestreo tener la misma probabilidad de ser incluidas en la muestra. Seguidamente se utilizó un muestreo estratificado para incluir departamentos de cada país participante en el proyecto, y finalmente se utilizó un muestreo simple aleatorio estratificado para seleccionar en el campo los jefes de familia a encuestar (Anexo 1).

Se utilizó la fórmula siguiente para determinar el tamaño de la muestra:

Donde:

N: tamaño de la población

n: tamaño de la muestra

k: nivel de confianza (90%)

e: error muestral (10%)

p: proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio.

q: proporción de individuos que no poseen la característica de estudio, 1-p.

La selección de la variable crítica determina el tamaño de la muestra de estudio, por lo que se utilizó el área cultivada de café como tal. El tamaño de la muestra final fue de 63 observaciones; luego, para determinar el número de observaciones por país se realizó un muestreo estratificado. Este muestreo consiste primero en identificar el número de estratos no traslapados de la población; entonces si N es el tamaño de la población total y N_i el tamaño de la población del estrato i, entonces:

$$N = N_1 + N_2 + \dots + N_i$$

Para obtener la muestra estratificada, se seleccionó una muestra total de tamaño n y un tamaño de muestra n_i para cada estrato i , entonces:

$$n = n_1 + n_2 + \dots + n_i$$

A partir de lo anterior se determinó una muestra simple aleatoria de tamaño específico para cada estrato.

Se levantó el cuestionario para el diagnóstico microeconómico de las familias con el objetivo de crear una base de datos conjunta a la información de las cosechas 2008/2009 y 2009/2010 obtenida del libro de campo de 123 productores de la Fundación HRNS y determinar las funciones de producción necesarias para la investigación en curso.

Una función de producción representa la relación estadística existente entre insumo y producto, en éste caso fertilizantes (kg/hectárea), y Café oro (qq/hectárea) respectivamente, en donde se describe la tasa a la que estos recursos son transformados, por medio de la ley de los retornos marginales decrecientes. A partir de la función de producción se encontró el óptimo económico de producción, con cada una de las variables descritas.

El análisis estadístico se realizó utilizando el programa “Statistical Analysis System” (SAS). Los datos se analizaron utilizando el método de regresión múltiple, el cual expresa que una variable respuesta “ y ”, varía con un conjunto de variables “ x_1, x_2, \dots, x_m ”, bajo la siguiente fórmula:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_n x_{ni} + e \quad [2]$$

Donde:

Y es la respuesta, o variable dependiente

$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$ son parámetros desconocidos

x_1, x_2, \dots, x_n son los regresores o variables independientes

e es el error aleatorio

$i = 1, 2, \dots, n$. escribiendo el modelo para cada una de las observaciones (Arias 2008).

Se determinaron los coeficientes técnicos de cada una de las variables independientes en el modelo, y luego se encontró el que más representa a la realidad y se desarrolló la función evaluando dentro del análisis de regresión los parámetros coeficiente de determinación (R^2), (R^2) ajustado y el error estándar. En lo referente al análisis de varianza se evalúan los parámetros valor de distribución F, valor crítico de F, coeficientes y t estadístico.

Se inició el desarrollo del modelo mediante la inclusión de las variables N, P y K de forma lineal y de forma cuadrática además se incluyó la interacción de las tres variables en conjunto. De no obtener los resultados esperados, se procedió a variar la interacción entre las variables. Se desarrollaron distintos modelos dado un rango de edades de los cultivos, que al no mostrar diferencia significativa entre los mismos no se tomaron en consideración. Se desarrolló un nuevo modelo eliminando los valores extremos de las observaciones y finalmente se utilizó el logaritmo natural para disminuir la variabilidad en los rendimientos de las observaciones.

A partir de la función de producción desarrollada se estableció el monto para maximizar la producción de café a partir de la aportación de los nutrientes, esta se realizó mediante una derivación parcial de la misma, igualándola a cero para obtener la cantidad máxima de producción física. Posteriormente se igualó a la relación de precios para obtener el monto económico y determinar el óptimo económico para la producción de café a partir de la aportación de Nitrógeno, Fósforo y Potasio.

En el caso de los insumos se realizó un promedio de los precios de los fertilizantes entre el 22 y 25 de agosto de 2011, en Honduras, El Salvador y Guatemala, con las tasas de cambio de L. 18.89 por US\$ 1.00 para Honduras y Q. 7.84 por US\$1.00 para Guatemala, para luego determinar los precios por nutriente por medio de un ponderado y el porcentaje de cada nutriente con respecto a los fertilizantes utilizados (Mercado de Bolsa de Valores (NYSE:ICE). Referente a los precios del producto se usaron los precios mundiales de café.

Dada la fluctuación en el precio mundial del café, se desarrollaron tres análisis de sensibilidad. El primer análisis se obtuvo variando el precio del café oro de 10 en 10 hasta un 30% hacia arriba y hacia abajo del precio inicial, y manteniendo constante el precio de los insumos, el segundo análisis se desarrolló variando el precio de los insumos de 10 en 10 hasta un 30% hacia arriba y hacia debajo de los precios base, y manteniendo el precio del café oro constante.

Con la información demográfica obtenida de los productores, se desarrolló un análisis de regresión utilizando como variable dependiente ingresos y como variables independientes edad y grado de escolaridad del jefe de familia, mano de obra por hectárea, tamaño de familia y área cultivada de café. Tomando en cuenta la significancia de cada una de las variables del análisis de regresión se determinó como variable crítica la mano de obra. La variable crítica indica el factor más influyente en la variación de la variable dependiente (ingresos). Por lo tanto cualquier iniciativa de intervención deberá considerar los resultados de este análisis.

También se realizó un estudio de conglomerados por países utilizando la variable crítica, mano de obra, para segmentar los productores en grupos homogéneos según sus características y determinar la estrategia de intervención en cada uno de ellos.

Los grupos se definieron como se describen a continuación: el conjunto de las observaciones con una distancia igual a 0.50 desviaciones estándar a la derecha o a la izquierda de la cantidad de mano de obra utilizada por hectárea conformarían un grupo en específico. De igual manera todas las observaciones con una distancia igual a 0.50 desviaciones estándar por debajo y por encima de la media de ingresos fueron tomadas en cuenta dentro del mismo grupo. El siguiente grupo estaría constituido por todos los productores ubicados a más de 0.50 desviaciones estándar a la izquierda de la media de mano de obra por hectárea y a más de 0.50 desviaciones estándar debajo de la media de ingresos. El último grupo estaría formado por los productores ubicados a más de 0.5 desviaciones estándar a la derecha de la media de la cantidad de mano de obra utilizada y a más de 0.5 desviaciones estándar arriba de la media de los ingresos. Al primer grupo se le denominó “Grupo representativo”, al segundo grupo “Grupo limitado” y al tercero “Grupo avanzado”.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Por medio de los rendimientos recopilados en el libro de campo se desarrollaron distintos modelos relacionando las variables independientes (nutrientes) con la variable dependiente (quintales de café), seleccionando el modelo adecuado de acuerdo a los criterios establecidos en la metodología.

Modelo No. 1, No. 2, No. 3. El modelo No. 1 es representado por la ecuación $Y = N + P + K + N^2 + P^2 + K^2 + NPK$, el modelo No. 2 por la ecuación $Y = N + P + K + N^2 + P^2 + K^2 + PK$ y el modelo No. 3 por la ecuación $Y = N + P + K + N^2 + P^2 + K^2 + NP$.

Estos modelos presentan parámetros estadísticamente no aceptables para la regresión. Los valores t de los coeficientes son mínimos, lo que significa que las variables independientes planteadas no explican el comportamiento de la variable dependiente (quintales de cosecha). Los coeficientes de determinación (R^2) de los modelos no exceden de 0.17 lo cual nos indica que la variación total de la variable dependiente (Y) no es explicada por la variación de las variables independientes.

El producto de las variables independientes que representan el efecto de la sinergia en el modelo, aparece con signo negativo, lo que contradice el principio que explica que la presencia de una variable con respecto a otra afecta la productividad que puedan dar las mismas si se utilizan por separado. Por las características mencionadas anteriormente, estos modelos no mostraron la ley de retornos marginales decrecientes ni el efecto de causalidad entre las variables planteadas, por lo que se rechazan (Anexo 2, 3 y 4).

Modelos No. 4, No. 5, No. 6. Los modelos No. 4, No. 5 y No. 6 fueron realizados en base a la edad del cultivo. Se represento el modelo No.4 con la ecuación $Y = N + P + K + N^2 + P^2 + K^2$, el modelo No. 5 con la ecuación $Y = N + P + K + N^2 + P^2 + K^2 + PK$ y el modelo No. 6 con la ecuación $Y = N + P + \ln K + N^2 + P^2 + \ln K^2 + NP$. Se segmentó la población en dos grupos: de 1 a 5 años y de 6 a 10 años. Los modelos No. 4 y No. 5 representan la edad de 1 a 5 años; en estos modelos se obtuvieron coeficientes de determinación de alrededor 0.31, lo cual podría ser aceptable. Por otra parte los valores F de ambos modelos exceden a 0.05, lo que significa que los valores predichos no se ajustan a la regresión aún sabiendo que los valores t de dichas variables si son significativas estadísticamente.

El modelo No. 6 representa las edades entre 6 y 10 años; en este modelo a pesar de que se obtuvo un coeficiente de determinación aceptable (0.34), un valor F menor a 0.05 y valores t de la mayoría de coeficientes estadísticamente representativos, el modelo fue rechazado ya que el signo de la variable K se muestra negativo, del mismo modo el signo

de la variable K al cuadrado se muestra positivo y el signo. Del producto de las variables independientes que representan el efecto de la sinergia en el modelo aparece negativo. Lo anterior contradice el principio de efecto sinérgico anteriormente mencionado (Anexo 5, 6 y 7).

Modelo No. 7. Este modelo se realizó eliminando los valores extremos que se encontraban en los datos recopilados y se representó con la ecuación $Y = N + P + K + N^2 + P^2 + K^2 + NP$. Se obtuvo un coeficiente de determinación de 0.24 y un valor F menor a 0.05 lo que se considera aceptable, sin embargo los valores t de la mayoría de los coeficientes no son estadísticamente representativos, por lo que el modelo se rechazó (Anexo 8).

Modelo No. 8. Se seleccionó este modelo obtenido de la transformación de la variable dependiente en el modelo No. 7. Los datos de cosecha fueron transformados con logaritmo natural para disminuir el grado de variabilidad entre las observaciones estudiadas y se representó mediante la ecuación $Y = N + P + K + N^2 + P^2 + K^2 + NP$. Esta función fue elegida debido a que presenta un coeficiente de determinación múltiple aceptable, también porque muestra en el análisis de varianza un valor F que manifiesta una buena significancia del modelo. El error típico y estadístico t en general son estadísticamente representativos en el modelo. Los coeficientes de las variables no muestran ningún problema y las variables cuadráticas representan la ley de los retornos marginales decrecientes, excepto la variable P que debido a los altos niveles del elemento encontrados en los suelos no presenta significancia estadística en el modelo. De la misma manera se analizó el t estadístico, en donde únicamente una variable del modelo no es representativa estadísticamente, que es la variable P^2 , pero que sí presenta significancia estadística cuando se relaciona con otro nutriente, como se muestra en la variable 7 ($N \cdot P$). Por lo tanto, el modelo como tal sí es representativo estadísticamente.

Cuadro 1. Análisis de regresión del modelo seleccionado de la función de producción en café.

Variable Dependiente : ln Café oro					
Fuente	G.d.l.	Suma de cuadrados	Medias al cuadrado	Valor F	Pr > F
Modelo	7	7.74536706	1.10648101	3.86	0.0013
Error	70	20.06144355	0.28659205		
Corregido	Total	77	27.80681061		
	R-Cuadrado	Coef de Var	Raíz de medias al cuadrado	Ino Media	
	0.278542	19.6242	0.535343	2.727973	
	Parámetros Estimados	Error Estándar	Valor t	Pr > t	
Intercepto	2.142292174	0.30813595	6.95	<.0001	
N	0.006706547	0.00341996	1.96	0.0539	
P	-0.031587218	0.02197408	-1.44	0.155	
K	0.010136627	0.00852604	1.19	0.2385	
N*N	-0.000017721	0.00001055	-1.68	0.0976	
P*P	0.000110846	0.00032236	0.34	0.732	
K*K	-0.000070591	0.00006971	-1.01	0.3147	
N*p	0.000142966	0.00007379	1.94	0.0567	

La función determinada. $Y = 2.142292174 + 0.006706547 N - 0.031587218 P + 0.01013662 K - 0.00001772 N^2 + 0.000110846 P^2 - 0.000070591 K^2 + 0.000142966 NP$ [3]

Donde:

Y= Rendimiento de café en quintales (46 kg) por hectárea

2.142292174 = Intercepto

N= Kilogramos de nitrógeno por hectárea.

P= Kilogramos de fósforo por hectárea.

K= Kilogramos de potasio por hectárea.

N^2 = Kilogramos de nitrógeno al cuadrado, por hectárea.

P^2 = Kilogramos de fósforo al cuadrado, hectárea.

K^2 = Kilogramos de potasio al cuadrado, por hectárea.

NP= Kilogramos de Nitrógeno y Potasio, por hectárea.

0.006706547; -0.031587218; 0.010136627; 0.000017721; 0.000110846; -0.000070591; 0.000142966 = son los coeficientes para cada una de las variables de N a NP

Óptima producción física. El producto físico marginal (PFM) es el cambio en producto (quintales de café) asociado con el aumento de una unidad de insumo (kilogramos de N, P, K).

Se procedió a resolver las ecuaciones encontradas para determinar los valores de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en donde la función de producción alcanza su máximo. Los valores fueron obtenidos estableciendo el punto donde la función logra su máximo valor. Esto ocurre cuando el producto físico marginal que representa la pendiente de la función de producción de café es igual a “0”, ya que el producto físico marginal de los nutrientes es 0 cuando está en el punto de maximización de quintales de café y negativo a niveles mayores. Entonces, la primera derivada parcial de la función de producción es:

$$\partial Y/\partial N=0 \quad \partial Y/\partial P=0 \quad \partial Y/\partial K=0 \quad [4]$$

Derivadas de la función de producción con respecto a nitrógeno, fósforo y potasio.

Producto físico marginal con respecto a nitrógeno, fosforo y potasio igualado a “0”:

$$\partial Y/\partial N= (0.0067065- 0.000035442N + 0.000143P)= 0 \quad [4]$$

$$\partial Y/\partial P= (-0.0315872 + 0.000221692 P + 0.000143N)= 0 \quad [4]$$

$$\partial Y/\partial K = (0.0101366 - 0.000141182K)= 0 \quad [4]$$

Para maximizar la producción se debe aplicar 71.79 kg/ha de potasio, 212.13 kg/ha de nitrógeno, y 5.67 kg/ha de fósforo, para una producción de 22.82 qq/ha de café oro.

Óptimo producción económica. La máxima producción económica se obtuvo igualando los costos marginales (precio del insumo) con el valor del producto físico marginal (VMF) que es el precio producto físico marginal multiplicado por el precio del producto.

$$(\partial Y/\partial N)* P_y= VPM_N, (\partial Y/\partial P)* P_y= VMP_P, (\partial Y/\partial K) =VMP_K \quad [5]$$

El valor del producto físico marginal, con respecto al nitrógeno (N), fósforo (P) y al potasio (K) igualando con el costo marginal, precio del insumo (ú).

Donde:

P_y = precio del producto, \$250 (16 de agosto 2011, Mercado de Bolsa de Valores, InternationalExchange (NYSE: ICE).

\acute{u} = precio del insumo

$$VMP_N= (1.67663675- 0.0088605 N + 0.0357415 P) = 0.67 \quad [5]$$

$$VMP_P= (-7.8968045+ 0.055423 P + 0.0357415 N) = 0.79 \quad [5]$$

$$VMP_K= (2.53415675 - 0.0352955 K) = 0.74 \quad [5]$$

Para optimizar producción económica se debe aplicar 207.19 kg/ha de nitrógeno, 23.17 kg/ha de fósforo y 50.83 kg/ha de potasio para una producción de 22.59 qq/ha de café oro.

Para asegurar que se obtuvo la maximización de la producción, la segunda derivada parcial de la función de producción es:

$$\partial^2 Y / \partial N^2 < 0 \quad \partial^2 Y / \partial P^2 < 0 \quad \partial^2 Y / \partial K^2 < 0 \quad [6]$$

Segundas derivadas de la función de producción con respecto a nitrógeno, fósforo y potasio.

$$\partial^2 Y / \partial N^2 = -0.000035442 \quad [6]$$

$$\partial^2 Y / \partial P^2 = 0.000221692 \quad [6]$$

$$\partial^2 Y / \partial K^2 = -0.000141182 \quad [6]$$

En este caso se observa que la segunda derivada parcial de fósforo es mayor que cero, lo cual indicaría que se está alcanzando un máximo local y no un máximo global. El hecho anterior se justifica con el exceso del nutriente que hay disponible en el suelo encontrado en los análisis de suelos proporcionados por la Fundación.

Utilidades. En base a las cantidades de maximización económica se calcularon las utilidades netas de la producción de café oro de 22.59 qq por hectárea de la siguiente manera:

$$\Pi = \text{TVP} - \text{TFC} \quad [10]$$

La ecuación de ganancias (Π) muestra que la diferencia entre el valor total de producto (TVP) y el costo total del factor (TFC) da como resultado las utilidades en dólares por hectárea.

$$\text{TVP} = P * Y \quad [11]$$

$$\text{TFC} = V_1 * N + V_2 * P + V_3 * K \quad [12]$$

En donde:

P = Precio en dólares de café un quintal de café oro

Y = Cantidad de quintales de café oro producidos

V1 = Precio en dólares del kg de nitrógeno

V2 = Precio en dólares del kg de fósforo

V3 = Precio en dólares del kg de potasio

N = kg de nitrógeno utilizados

P = kg de fósforo utilizados

K = kg de potasio utilizados

$$\pi = (250)(22.59) - [(0.67)(207.10) + (0.79)(23.18) + (50.83)(0.74)] \quad [10]$$

$$\Pi = 5,647.5 - 194.68$$

$$\Pi = 5,452.82$$

Análisis de sensibilidad. En el Cuadro No. 2 se realizó un análisis de sensibilidad modificando el precio del café y manteniendo constantes los precios de los insumos; lo anterior generó distintas cantidades imputadas de insumos (N, P, K) y diferentes rendimientos con los que se maximizan ganancias y se obtienen utilidades variables.

Cuadro 2. Análisis de sensibilidad con variación en el precio del café oro.

Precio de café oro (US\$)	175	200	225	250	275	300	325
% de variación	70%	80%	90%	100%	110%	120%	130%
Y (qq)	22.35	22.46	22.54	22.59	22.63	22.64	22.68
N (kg)	204.95	205.85	206.55	207.10	207.56	207.94	208.27
P (kg)	30.67	27.55	25.12	23.17	21.58	20.26	19.13
K (kg)	41.84	45.59	48.50	50.83	52.73	54.32	55.67
Utilidad (US\$)	3,720.00	4,299.85	4,877.62	5,453.98	6,029.32	6,603.87	7,177.83

Considerando el precio de N: US\$0.67 P: US\$ 0.79 y K: US\$0.74

El cuadro No. 3 muestra un análisis de sensibilidad en que fueron variados los precios de los insumos y se mantuvo constante el precio del café oro; lo anterior también generó distintas cantidades imputadas de insumos (N, P, K) y diferentes rendimientos con los que se maximizan ganancias y se obtienen utilidades variables.

Cuadro 3. Análisis de sensibilidad con variación en el precio de los insumos.

	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Precio de insumos (US\$)	0.54	0.63	0.59	0.60	0.71	0.67	0.67	0.79	0.74	0.74	0.87	0.81	0.80	0.95	0.89
% de variación		80%			90%			100%			110%			120%	
Y (qq)		22.67			22.63			22.59			22.55			22.49	
N (kg)		207.94			207.68			207.10			206.53			206.26	
P (kg)		19.74			21.36			23.17			24.99			26.60	
K (kg)		55.08			52.81			50.83			48.84			46.48	
Utilidad (US\$)		5,511.81			5,482.62			5,453.98			5,424.66			5,392.16	

Considerando el precio del quintal de café oro: US\$250 (16 de agosto 2011, Mercado de Bolsa de Valores, InternationalExchange (NYSE: ICE).

En los análisis anteriores se puede observar que las utilidades se ven mayormente afectadas por las variaciones en precio de café oro que a las variaciones de los precios de los insumos. El Cuadro No. 3 muestra cómo las fluctuaciones en los precios de los insumos no influyen en las cantidades de utilización de los mismos, por lo tanto tampoco presenta grandes diferencias en la generación de utilidades. No se obtuvieron utilidades negativas bajo ningún escenario, sin embargo nótese que las utilidades disminuyen más cuando el precio del café cae.

Análisis de regresión de la estrategia de intervención. Se realizó un análisis de regresión con las observaciones de los productores de Guatemala, Honduras y El Salvador, de la misma manera se realizó un análisis de regresión por país. Se utilizó como variables dependientes, mano de obra, área cultivada de café, tamaño de familia, edad y escolaridad del jefe de familia, y como variable independiente, los ingresos por hectárea. Como se muestra en los Cuadros No. 4, No. 5, No. 6 y No. 7, la variable crítica en el análisis es mano de obra, lo que significa que éste es el factor más influyente en la variación de los ingresos de los productores.

La mano de obra usada como jornal influye directamente los ingresos por hectárea de café producido, es decir a mayor número de jornales utilizados mayores serán los ingresos.

Cuadro 4. Análisis de regresión de los factores socioeconómicos y los ingresos

Fuente	G.d.l.	Suma de cuadrados	Medias al cuadrado	Valor F	Pr > F
Modelo	5	198471081	39694216	8.39	<.0001
Error	85	402320114	4733178		
Total	90	600791195			
corregidos					
Raíz error de medias al cuadrado		2175.58677	R-Cuadrado	0.3303	
Media Dependiente		3904.29954	R-Cuadrado	Ajustado	0.291
Coeff de Var		55.72284			
		Parámetro	Error		
Variable	G.d.l.	Estimado	Estándar	Valor t	Pr > t
Intercepto	1	1394.68808	1271.60031	1.1	0.2758
M	1	5.56888	0.91489	6.09	<.0001
Finca	1	2.76239	19.35596	0.14	0.8869
Edad	1	13.67567	22.00562	0.62	0.536
Escol	1	-15.98806	54.05626	-0.3	0.7681
TF	1	12.3799	74.66009	0.17	0.8687

Relación funcional de ingresos

$$\text{Ingresos} = 1394.68808 + 5.56888M + 2.76239\text{FINCA} + 13.67567\text{EDAD} - 15.98806\text{ESCOL} + 12.3799\text{TF}$$

(6.09) (0.14) (0.62) (-0.3)
(0.17)

Donde:

M= mano de obra.

FINCA= Área cultivada de café

EDAD= Edad del jefe de familia.

ESCOL= Grado de escolaridad del jefe de familia.

TF= Tamaño de la Familia.

El Cuadro No.4 presenta los parámetros estimados de los factores socioeconómicos para el conjunto de productores en estudio. Se encontró un R^2 de 0.33, lo que significa que existen otros factores que no fueron tomados en cuenta y que influyen en la generación de ingresos de estas personas. Los valores t encontrados, indican el grado de significancia estadística que cada una de las variables tiene dentro del modelo. Se puede observar que la variable mano de obra es la única que tiene una significancia estadística representativa (6.09); el resto de las variables no explican la significancia del modelo ya que tienen un valor t por debajo del esperado (1.96).

Cuadro 5. Análisis de regresión de los factores socioeconómicos y los ingresos en Honduras.

Fuente	G.d.l.	Suma de cuadrados	Medias al cuadrado	Valor F	Pr > F
Modelo	5	51943665	10388733	1.87	0.1263
Error	34	1.89E+08	5565921		
Total corregidos	39	2.41E+08			
	Raíz error de medias al cuadrado	2359.22	R-Cuadrado	0.2154	
	Media Dependiente	4809.604	R-Cuadrado Ajustado	0.1	
	Coeff de Var	49.05228	Error		
Variable	G.d.l.	Parámetro Estimado	Error Estándar	Valor t	Pr > t
Intercepto	1	342.9595	1820.015	0.19	0.8517
M	1	3.37833	1.68714	2	0.0533
Finca	1	-6.56748	32.32933	-0.2	0.8402
Edad	1	49.45443	32.67394	1.51	0.1394
Escol	1	113.6284	136.0939	0.83	0.4096
TF	1	62.38841	129.628	0.48	0.6334

Relación funcional de ingresos

$$\text{Ingresos} = 342.9595 + 3.37833M + 6.56748\text{FINCA} + 49.45443\text{EDAD} - 113.6284\text{ESCOL} + 62.38841\text{TF}$$

(2) (-0.2) (1.51) (0.83)

(0.48)

Donde:

M= mano de obra.

FINCA= Área cultivada de café

EDAD= Edad del jefe de familia.

ESCOL= Grado de escolaridad del jefe de familia.

TF= Tamaño de la Familia.

El Cuadro No. 5 presenta los parámetros estimados de los factores socioeconómicos para el conjunto de productores de Honduras en estudio. Se encontró un R^2 de 0.2154, lo que significa que existen otros factores que no fueron considerados y que influyen en los ingresos de estas personas. En el Cuadro No. 5 se puede observar que la variable mano de obra es la única que tiene una significancia estadística representativa con un valor t de 2.0; el resto de las variables no explican la significancia del modelo ya que tienen un valor t por debajo del esperado (1.96).

Cuadro 6. Análisis de regresión de los factores socioeconómicos y los ingresos en Guatemala.

Fuente	G.d.l.	Suma de cuadrados	Medias al cuadrado	Valor F	Pr > F
Modelo	5	101055793	20211159	4.36	0.0058
Error	24	111148601	4631192		
Total corregidos	29	212204393			
	Raíz error de medias al cuadrado	2152.02038	R-Cuadrado	0.4762	
	Media Dependiente	3926.39881	R-Cuadrado Ajustado	0.3671	
	Coeff de Var	54.80901	Error		
Variable	G.d.l.	Parámetro Estimado	Error Estándar	Valor t	Pr > t
Intercepto	1	5621.84609	2515.17807	2.24	0.035
M	1	5.29336	2.05632	2.57	0.0166
Finca	1	106.18843	64.79104	1.64	0.1143
Edad	1	-79.74955	50.2491	-1.59	0.1256
Escol	1	-46.21149	93.3165	-0.5	0.625
TF	1	31.09559	194.11297	0.16	0.8741

Relación funcional de ingresos

$$\text{Ingresos} = 5621.84609 + 5.29336M + 106.18843\text{FINCA} - 79.74955\text{EDAD} - 46.21149\text{ESCOL} + 31.09559\text{TF}$$

(2.57) (1.64) (-1.59) (-0.5)

(0.16)

Donde:

M= mano de obra.

FINCA= Área cultivada de café

EDAD= Edad del jefe de familia.

ESCOL= Grado de escolaridad del jefe de familia.

TF= Tamaño de la Familia.

El Cuadro No.6 presenta los parámetros estimados de los factores socioeconómicos para el conjunto de productores de Guatemala en este estudio. Se obtuvo un R cuadrado de 0.47, lo que significa que existen otros factores que influyen en los ingresos de estas personas y que no fueron incluidos en el estudio. En el cuadro 6 se puede observar que la variable mano de obra es la que posee una significancia estadística representativa con un valor t de 2.57; el resto de las variables tienen un valor t por debajo del esperado (1.96), lo que indica que no explican la significancia del modelo.

Cuadro 7. Análisis de regresión de los factores socioeconómicos y los ingresos en El Salvador.

Fuente	G.d.l.	Suma de cuadrados	Medias al cuadrado	Valor F	Pr > F
Modelo	5	12684800	2536960	1.02	0.4384
Error	15	37168078	2477872		
Total corregidos	20	49852879			
	Raíz error de medias al cuadrado	1574.12576	R-Cuadrado	0.2544	
	Media Dependiente	2148.34014	R-Cuadrado Ajustado	0.0059	
	Coeff de Var	73.27172			
Variable	G.d.l.	Parámetro Estimado	Error Estándar	Valor t	Pr > t
Intercepto	1	-2474.18271	4112.144	-0.6	0.5564
M	1	8.77676	7.71477	1.14	0.2731
Finca	1	29.72085	32.63427	0.91	0.3768
Edad	1	56.26543	59.10917	0.95	0.3562
Escol	1	1.2237	118.5121	0.01	0.9919
TF	1	102.42527	140.19	0.73	0.4763

Relación funcional de ingresos

$$\text{Ingresos} = -2474.18271 + 8.77676M + 29.72085\text{FINCA} + 56.26543\text{EDAD} + 1.2237\text{ESCOL} + 102.42527\text{TF}$$

(1.14) (0.91) (0.95) (0.01)

(0.73)

Donde:

M= mano de obra.

FINCA= Área cultivada de café

EDAD= Edad del jefe de familia.

ESCOL= Grado de escolaridad del jefe de familia.

TF= Tamaño de la Familia.

El Cuadro No. 7 presenta los parámetros estimados de los factores socioeconómicos para el conjunto de productores de El Salvador en este estudio. Se obtuvo un R cuadrado de 0.2544, lo que muestra que existen otros factores que influyen en los ingresos de estas personas y que no fueron incluidos en el estudio presente. En el Cuadro No 7 se puede observar que la variable mano de obra es la que posee mayor significancia estadística comparada con el resto de variables, con un valor t de 1.14; el resto de las variables tienen valores t por debajo del esperado (1.96), lo que indica que no explican la significancia del modelo en su totalidad.

Análisis de conglomerados. Las Figuras 2, 3 y 4 muestran diagramas de conglomerados por país de la población objetivo a lo largo de las medias de los factores; ingresos por hectárea y mano de obra utilizada por hectárea. Cada una de las figuras a continuación fue utilizada para caracterizar los grupos en los tres países de acuerdo a la relación entre mano de obra e ingresos que estos tienen.

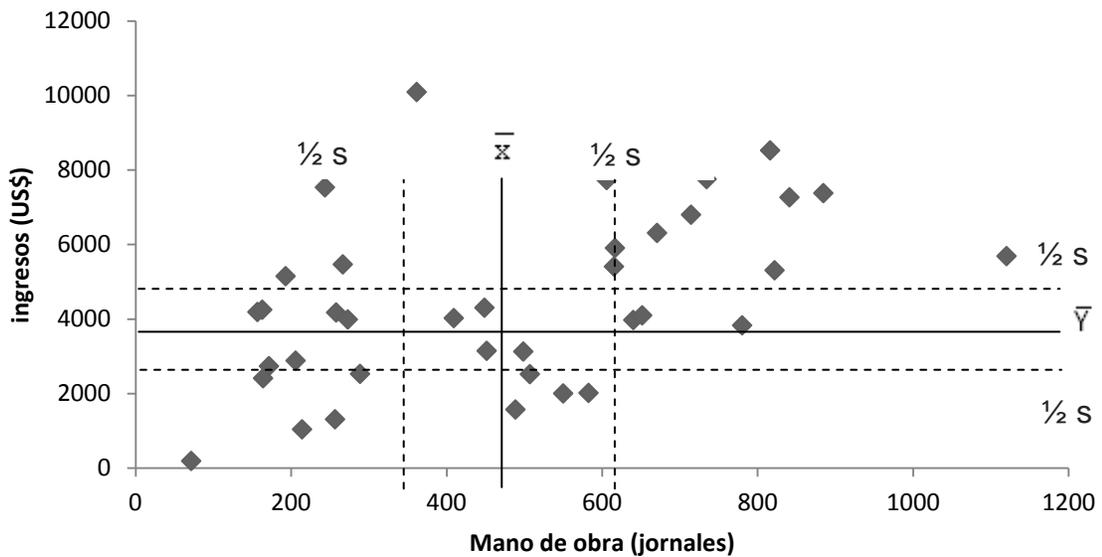


Figura 1. Diagrama de conglomerados de ingresos y mano de obra de Honduras

La Figura No. 2 permitió diferenciar a los individuos de la población en base a los factores ingreso por hectárea (US\$) y mano de obra utilizada por hectárea (jornales). La figura muestra una dispersión de la población objetivo a lo largo de la media de los factores; se muestra una distribución de las observaciones de la población meta hacia el extremo inferior a más de 0.5 desviaciones estándar hacia la izquierda de la media de mano de obra, y hacia el extremo superior a más de 0.5 desviaciones estándar hacia la derecha de la media de mano de obra y hacia arriba de la media de ingresos. La distribución de las observaciones se obtuvo de la siguiente manera: 41% en el grupo limitado, 12% en el grupo representativo y 47% en el grupo avanzado, esto significa que la estrategia utilizada actualmente en el grupo representativo está siendo eficiente ya que se puede observar cómo los individuos de este grupo se están moviendo hacia el grupo avanzado. Por otra parte, la estrategia actual hacia el grupo limitado se ve deficiente ya que no está enfocada a los factores principales que impiden que estos productores avancen hacia el grupo representativo.

Se caracterizó el grupo limitado por utilizar un promedio de 195 jornales por hectárea y una generación de ingresos anuales promedio de US\$ 1,869.87 por hectárea. En cuanto a sus características demográficas se encontró que la edad promedio del jefe de familia de este grupo es de 45 años y sus años de escuela son un promedio de 3.4 años; el área cultivada de café es un promedio de 1.29 hectáreas y las familias están integradas por alrededor de 5 miembros. Se observó que la edad del jefe de familia es alta y los años de escuela son muy bajos, por lo que se consideran factores limitantes en el desarrollo y capacitación de los productores ya que teniendo un bajo nivel escolar es necesario utilizar métodos de enseñanza que no requieran saber leer y escribir. Con respecto a la edad de los productores se considera necesario implementar un programa de capacitación para los hijos mayores de los mismos, con el propósito de iniciar el proceso de relevo generacional en estas familias.

El grupo representativo se caracteriza por utilizar un promedio de 428 jornales por hectárea y genera ingresos anuales promedio de US\$ 4,162.70 por hectárea. Entre sus características demográficas se determinó una edad promedio del jefe de familia de 39 años y de 3 años de escuela en promedio; el área cultivada de café de este grupo es un promedio de 0.65 hectáreas y las familias están integradas por alrededor de 2 miembros. Se observó que la estrategia en este grupo está siendo eficiente ya que permite que la mayoría de los productores ascienda hacia el grupo avanzado; sin embargo se notó que una de las razones por las que estos productores no se desplazan hacia el grupo avanzado es por la baja escolaridad de los jefes de familia. Para solucionar esto se recomienda implementar un programa de educación para los adultos que les permite aprovechar la asesoría técnica con mayor eficiencia. Otra razón por la que estos caficultores no avanzan hacia el siguiente grupo es porque poseen un área cultivada de café poco extensa, por lo que si logran expandir dichas áreas podrían aumentar su producción y alcanzar el óptimo regional (215 qq de café cereza por hectárea), conociendo que sus rendimientos promedio por hectárea actualmente son de 126 qq de café cereza.

El grupo avanzado de Honduras se identifica por utilizar un promedio de 743 jornales por hectárea y por generar ingresos anuales promedio de US\$ 7,653.19 por hectárea. En cuanto a sus características demográficas, la edad promedio del jefe de familia es de 45 años y sus años de escuela son un promedio de 6.13 años; el área cultivada de café es un promedio de 3.31 hectáreas y las familias están integradas por alrededor de 7 miembros. La estrategia para este grupo debería de estar enfocada hacia la extensión del área destinada para la producción de café, pues de esta manera podrían lograr que sus sistemas de producción se conviertan en sistemas de producción con economías a escala.

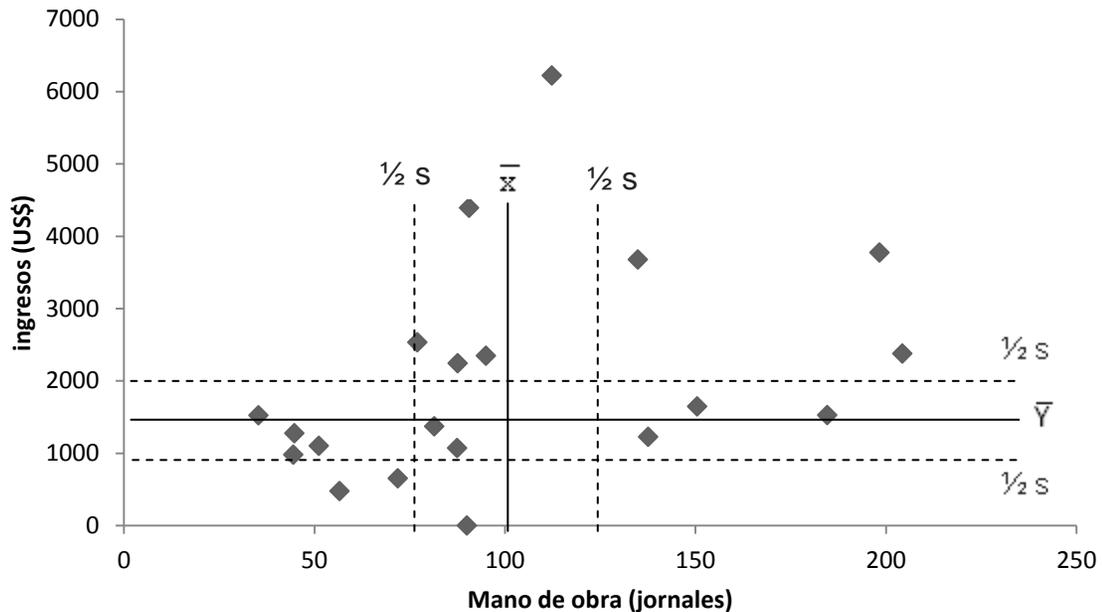


Figura 2. Diagrama de conglomerados de ingresos y mano de obra de El Salvador

La Figura No. 3 permitió diferenciar a los individuos de la población en base a los factores ingreso por hectárea (US\$) y mano de obra utilizada por hectárea (jornales). La figura muestra una dispersión de la población objetivo a lo largo de la media de los factores; se muestra una distribución de las observaciones de la población meta hacia la derecha de la media de mano de obra. La distribución de las observaciones se obtuvo de la siguiente manera: 45% en el grupo limitado, 36% en el grupo representativo y 19% en el grupo avanzado. La distribución de estos grupos muestra que las estrategias de intervención no han sido las mejores pues la mayoría de los productores se encuentran en los grupos limitado y representativo y solo una pequeña parte se localiza en el grupo avanzado; sin embargo, el nivel educativo de los caficultores en El Salvador es superior al de Guatemala y Honduras pues el alcanzan el nivel de educación media.

El grupo limitado utiliza un promedio de 54 jornales por hectárea y genera ingresos anuales promedio de US\$ 897.26 por hectárea. La edad promedio del jefe de familia es de 38 años y sus años de escuela son un promedio de 8.6 años; el área cultivada de café en este grupo es un promedio de 2.58 hectáreas y las familias están integradas por

alrededor de 9 miembros. Se puede observar que este grupo presenta un área cultivada mayor a la de Guatemala y Honduras pero con menores rendimientos, lo que indica que se requiere un uso intensificado de la mano de obra en actividades culturales como poda y deshierbe, con el objetivo de lograr que este grupo avance hacia el grupo representativo.

El grupo representativo se caracteriza por utilizar un promedio de 85 jornales por hectárea y tiene una generación de ingresos anuales promedio de US\$ 2,124.07 por hectárea. En cuanto a sus características demográficas, la edad promedio del jefe de familia es de 46 años y sus años de escuela son un promedio de 8 años; el área cultivada de café es un promedio de 3.55 hectáreas y las familias están integradas por alrededor de 6 miembros. En este caso los productores también tienen problemas en cuanto a rendimientos por hectárea cultivada, por lo que una vez intensificada la mano de obra en labores culturales y conociendo la susceptibilidad de los suelos salvadoreños a la erosión, se considera necesario mejorar la productividad y conservación del suelo a través de fertilizaciones balanceadas según análisis previo de los requerimientos del suelo, introducción de especies arbóreas fijadoras de nitrógeno y permitiendo que los desechos de la poda queden sobre el suelo. La estrategia planteada anteriormente permitiría a los productores del grupo representativo avanzar hacia el grupo avanzado.

En el grupo avanzado se determinó que utiliza un promedio de 167 jornales por hectárea y que generan ingresos anuales promedio de US\$ 3,726.14 por hectárea. Adicionalmente entre sus características demográficas se encontró que la edad promedio del jefe de familia de este grupo es de 46 años y sus años de escuela son un promedio de 6 años; el área cultivada de café en promedio es de 5.60 hectáreas y las familias están integradas por alrededor de 8 miembros. Dada la alta productividad de este grupo la demanda de mano de obra suele ser elevada, no obstante debido a los altos costos de jornales no se utiliza la cantidad requerida según la producción. Se conoce que el 98% de la mano de obra de estos productores es proveniente de la misma familia, por lo que se recomienda capacitar a todos los miembros de la familia con respecto a labores culturales especializadas para aumentar la efectividad en el trabajo.

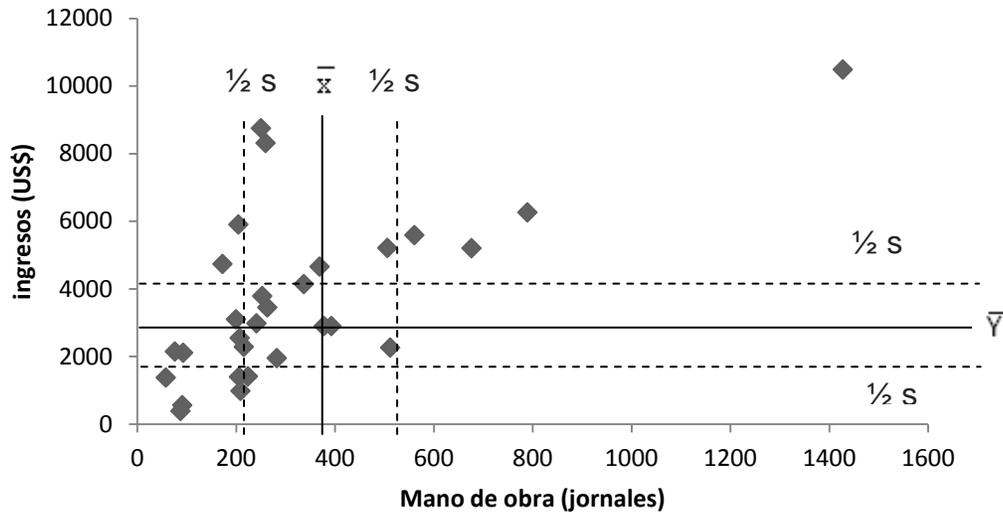


Figura 3. Diagrama de conglomerados de ingresos y mano de obra de Guatemala

La Figura No. 4 permitió diferenciar a los individuos de la población en base a los factores ingreso por hectárea (US\$) y mano de obra utilizada por hectárea (jornales). La figura muestra una dispersión de la población meta simétrica alrededor de las medias. La distribución de las observaciones se obtuvo de la siguiente manera: 31% en el grupo limitado, 50% en el grupo representativo y 19% en el grupo avanzado. Esta distribución muestra que las intervenciones realizadas a la fecha no están enfocadas en el desarrollo de los productores del grupo representativo, ya que la mitad de las observaciones se encontraron en dicho grupo y por lo tanto no ascienden fácilmente hacia el grupo avanzado. Con respecto al grupo limitado se observa que cuentan con una intervención eficiente pues como se mencionó anteriormente el 50% de los productores que se encuentran en el grupo representativo ha superado los problemas del grupo limitado.

El grupo limitado se caracteriza por utilizar un promedio de 81 jornales por hectárea y por generar ingresos anuales promedio de US\$ 1,316.58 por hectárea. Sus características demográficas son una edad promedio de 43 años del jefe de familia y promedio de 3.4 años de escuela; el área cultivada de café es un promedio de 0.97 hectáreas y las familias están integradas por alrededor de 7 miembros. Se observa que el factor principal que afecta el avance de este grupo hacia el representativo es la poca extensión de área cultivada que presentan los productores en comparación a Honduras y El Salvador que poseen 1.29 y 2.58 hectáreas respectivamente para esta categoría. Otro factor que afecta el desarrollo del grupo es el bajo número de jornales por hectárea utilizado, el cual está vinculado con los bajos rendimientos de estos productores (36.38 qq de café cereza por hectárea en promedio). Dichos factores pueden ser mejorados mediante la implementación de labores culturales especializadas que aumentan la productividad del cultivo y ayudan a la conservación del suelo. Con respecto al bajo nivel educativo de los jefes de familia de este grupo, es necesario que se incluya un programa de educación primaria y secundaria para los adultos que les permita aprovechar las asesorías y plantear con más criterio soluciones a los problemas de sus cultivos.

El grupo representativo utiliza un promedio de 304 jornales por hectárea y genera ingresos anuales promedio de US\$ 3,490.70 por hectárea. En cuanto a sus características demográficas, la edad promedio del jefe de familia es de 51 años y sus años de escuela son un promedio de 6 años; el área cultivada de café es un promedio de 2.5 hectáreas y las familias están integradas por alrededor de 8 miembros. En este grupo se encontró que la edad promedio del jefe de familia afecta la continuidad de mejoras a la finca debido a la falta de rotación generacional. Este factor que limita el avance de este grupo puede ser solucionado mediante capacitaciones para los miembros más jóvenes de las familias que podrían entonces generar ideas nuevas para aumentar los rendimientos en las fincas.

El grupo avanzado se determinó que utiliza un promedio de 925 jornales por hectárea y una genera ingresos anuales promedio de US\$ 7,447.26 por hectárea. De igual manera se determinó la edad promedio de 39 años del jefe de familia y sus años de escuela de 13 años en promedio; el área cultivada de café es un promedio de 12.37 hectáreas y las familias están integradas por alrededor de 3 miembros. Este grupo muestra un número de jornales por encima de Honduras y El Salvador (743 y 167 jornales respectivamente), sin embargo presenta ingresos menores a los de Honduras (US\$ 7,653.00); lo anterior indica que la mano de obra en este grupo no está siendo utilizada eficientemente, por lo que se sugiere aprovechar este recurso a través de una planificación formal de las actividades culturales, de fertilización y cosecha de las fincas.

Caracterización de conglomerados. En cualquier grupo de agricultores encontramos variación en términos del nivel de ingresos generados y tipo de tecnología utilizada. Esta situación se da por factores demográficos que limitan el desarrollo económico de estos productores.

Grupo limitado. Constituido por productores cuyos ingresos son los más bajos y la cantidad de mano de obra utilizada es la más baja. A este grupo pertenecen los productores más pobres lo que significa que estas familias presentan serias limitaciones de recursos económicos y de conocimientos. Como se puede observar en el Cuadro No. 8 Honduras y Guatemala utilizan un número mayor de jornales a la cantidad utilizada en El Salvador sin embargo presentan bajos índices de escolaridad por lo cual la intervención deberá enfocarse sobre todo en la parte educativa. En el caso de El Salvador y Guatemala los bajos ingresos pueden atribuirse al uso reducido de la mano de obra. El motivo de este hecho podría estar relacionado con un precio de la mano de obra muy alto o a los bajos rendimientos del cultivo. La estrategia de intervención deberá tomar en cuenta el aumento de la productividad de la tierra la cual está en función de la mano de obra en labores como limpia y deshierbe, conservación de suelo, podas de cafeto y manejo de sombras.

Cuadro 8. Información demográfica grupo limitado.

	Mano de obra (jornales)	Ingresos (US\$)	Edad jefe familia (años)	Escolaridad jefe familia (años)	Área cultivada de café (ha)	Tamaño de familia (No. de miembros)
Guatemala	81	1,316.58	43.00	3.40	0.97	7
Honduras	195	1,869.87	45.00	3.40	1.29	5
El Salvador	54	897.26	38.00	8.60	2.58	9

Grupo representativo. Se caracteriza porque sus agricultores son altamente eficientes para la producción de subsistencia que comparada con el mercado su relación es muy marginal. Como se puede observar en el Cuadro No. 9 los ingresos generados son mayores a los del grupo limitado al igual que la cantidad de jornales en el uso de mano de obra. Se pudo observar que existen diferentes factores que limitan el desarrollo de este grupo en los tres países. El Salvador está haciendo un uso más eficiente de la mano de obra con respecto a Honduras y Guatemala quienes presentan problemas en cuanto a niveles bajos de educación, no obstante este grupo cuenta con una productividad de café media que podría verse afectada positivamente aumentando la productividad del suelo por medio de la aplicación balanceada de insumos o mejorando la fertilidad natural del suelo. Adicionalmente la productividad del cultivo puede ser mejorada mediante la intensificación del uso de mano de obra en labores culturales y el mediante la expansión del área de la finca (área sembrada) dado que fincas mas grandes tienen mayor productividad que fincas más pequeñas ya que tienen un mayor acceso a insumos.

Cuadro 9. Información demográfica grupo representativo.

	Mano de obra (jornales)	Ingresos (US\$)	Edad jefe familia (años)	Escolaridad jefe familia (años)	Área cultivada de café (ha)	Tamaño de familia (No. de miembros)
Guatemala	304	3,490.70	51.00	6.00	2.50	8
Honduras	428	4,162.70	39.00	3.00	0.65	2
El Salvador	85	2,124.07	46.00	8.00	3.55	6

Grupo avanzado. Contiene a los caficultores con mayor éxito en sus gestiones económicas. Estos presentan rendimientos altos lo que genera los más altos ingresos. Como se puede observar en el Cuadro No. 10, Guatemala es el país con la mayor utilización de jornales, sin embargo sus ingresos son menores en comparación a Honduras que utiliza un promedio de jornales menor. Con lo anterior se puede inferir que la gran cantidad de mano de obra utilizada por este grupo podría ser mejor aprovechada, a diferencia de Honduras donde se enfatiza la expansión de su producción, para lo cual se requiere principalmente de recursos financieros dado que su actual estrategia es eficiente, reflejando su éxito en sus altos ingresos.

Cuadro 10. Información demográfica grupo avanzado.

	Mano de obra (jornales)	Ingresos (US\$)	Edad jefe familia (años)	Escolaridad jefe familia (años)	Área cultivada de café (ha)	Tamaño de familia (No. de miembros)
Guatemala	925	7,447.26	39.00	13.0	12.37	3
Honduras	743	7,653.19	45.00	6.13	3.31	7
El Salvador	167	3,726.14	46.00	6.0	5.60	8

Los Anexos 9, 10 y 11, presentan un listado de los miembros de cada grupo con sus respectivos países para facilitar la intervención por parte de la Fundación HRNS. El Anexo 12 presenta la distribución de grupos por países en donde se puede observar el porcentaje de personas que clasifican dentro de cada grupo.

4. CONCLUSIONES

- El modelo que mejor expresa la relación existente entre nitrógeno, fósforo y potasio es el No. 8 y la función de producción que lo estima es la siguiente: $Y = 1.78375836 + 0.009598607 N - 0.045208556 P + 0.014507838 K - 0.0000363 N^2 + 0.000227059 P^2 - 0.000144601 K^2 + 0.000292854NP$.
- Las cantidades de insumos en las que se maximiza la producción física son: 212.13 kg/ha de nitrógeno, 5.67 kg/ha de fósforo y 71.79 kg/ha de potasio, para una producción de 22.82 qq/ha de café oro.
- Dadas las condiciones del mercado se calcula que el punto económico se encuentra en la aplicación de 207.19 kg/ha de nitrógeno, 23.17 kg/ha de fósforo y 22.59 kg/ha de potasio para una producción de 22.59 qq/ha de café oro.
- Las utilidades de acuerdo al análisis de sensibilidad son más susceptibles a las fluctuaciones del precio de café que a grandes variaciones en los precios de los insumos.
- La caracterización de productores por país permite plantear estrategias específicas para cada segmento y promover el desarrollo de acuerdo a sus necesidades.

5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar el modelo obtenido en el presente estudio en la zona del triffinio bajo las mismas condiciones para validar los resultados encontrados en la investigación que permiten la maximización física y maximización económica en la producción de café.
- Se considera necesaria la actualización de la información demográfica de los productores activos en los proyectos de HRNS para mejorar la eficiencia en análisis futuros.
- Realizar un nuevo estudio tomando en cuenta la aplicación de otros insumos relevantes en la producción de café, como materia orgánica.
- Se recomienda considerar la mano de obra como factor limitante del desarrollo económico de estos agricultores, de tal manera que las intervenciones vayan a dirigir el uso de la mano de obra.
- Diferenciar las intervenciones de estos agricultores de acuerdo a los grupos obtenidos en esta investigación.
- Identificar los grupos acorde a las variables demográficas estipuladas en este trabajo.
- En el grupo representativo debe considerarse aumentar la productividad del suelo por medio de fertilizaciones balanceadas y la intensificación del uso de mano de obra en labores culturales. El grupo avanzado requiere incrementar su producción realizando gestiones para la obtención de recursos financieros.

6. LITERATURA CITADA

Arias, F. 2008. Economía de la Producción. Guía de Estudio. Valle del Yeguaré, Universidad Zamorano. Honduras.

Blanco, R. 1974. Economía Agrícola. Guía de clases para Estudiantes de Ciencias Agronómicas. Departamento de Estudios Agrosocioeconómicos. Universidad de El Salvador. El Salvador.

Castro, F.; Montes, E.; Raine, M. 2004. Centroamérica La Crisis Cafetalera: Efectos y Estrategias para Hacerle Frente. (En línea). Consultado 31 de mayo de 2011. Disponible en:

(http://econegociosagricolas.com/ena/files/Centroamerica_La_Crisis_Cafetalera_Efectos_y_Estrategias_2004.pdf). (Sustainable Development Working Paper No.23).

Comisión Trinacional del Plan Trifinio. 2011. Informe anual Enero-Diciembre 2010.

EDE Consulting (Embden, Drishaus & Epping Consulting GmbH, CR). 2009. Línea Base: Diagnóstico de tres ejes para el sector agronómico en Departamento de Chiquimula, Guatemala, Departamento de Ocotepeque, Honduras.

EDE Consulting (Embden, Drishaus & Epping Consulting GmbH, CR). 2010. Línea Base: Diagnóstico de tres ejes para el sector agronómico en Departamento de Chalatenango, El Salvador.

FIMARC (Federación Internacional de los Movimientos de Adultos Rurales Católicos) 2005. Agricultural Products in the International Trade . (En línea). Consultado 01 de junio de 2011. Disponible en (<http://www.fimarc.org/File3COFFEE.pdf>).

HRNS (Hanss R. Neumann Stiftung, DE). 2010. Farmer Voice Innovation Award with Independent Learning and Evaluation Process: Farmer Field Book – SIMPATICA.

IHCAFE (Instituto Hondureño del Café). 2008. Noticias: Producción de café In vitro ¿una realidad en Honduras!. (En línea). Consultado 02 de junio de 2011. Disponible en (http://cafedehonduras.org/ihcafe/noticias.php?noti_id=11&start=10&categoria_id=&pred_e_id=&arctype=&arcmonth=).

IHCAFE (Instituto Hondureño del Café). 2009. Informe Anual Cosecha 2008-2009. (En línea). Consultado 02 de junio de 2011. Disponible en (http://www.cafedehonduras.org/ihcafe/administrador/aa_archivos/documentos/informe_cierre_%202008_2009.pdf).

López y Salgado. 2009. Modelación Hidrológica de la subcuenca Lempa Alto, en cooperación con la comisión trinacional del plan Trifinio (El Salvador, Honduras, Guatemala). Tesis Lic. Ing. Civil. Santa Ana, El Salvador, Universidad de El Salvador. (En línea). Consultado 16 de agosto de 2011. Disponible en (<http://www.pnuma.org/aguamiac/SUBREGIONAL%20MESO/MATERIAL%20ADICIONAL/BIBLIOGRAFIA-WEBGRAFIA/Modulo%202%20Herramientas%20claves%20para%20el%20MIAAC/Balance%20hidrico%20y%20caudal%20ecologico/Doc%204.%20TESIS%20UNIVERSIDAD.pdf>)

Mora, N. 2008. Agrocadena de Café. (En línea). Consultado 21 de mayo de 2011. Disponible en: (<http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00080.pdf>).

Muñoz, C. 2010. Aproximación a la cadena de valor el café de Guatemala. Informe final. Sin publicar.

Programa Nacional de Promoción de Inversiones. 2011. Oportunidades de inversión sector agronegocios: Honduras is open for business. (En línea). Consultado 31 de mayo de 2011. Disponible en: (<http://www.icex.es/inversiones/PROYECTOS%20SECTOR%20AGROINDUSTRIA%20HONDURAS.pdf>).

SOCODEVI (Sociedad de Cooperación para el Desarrollo Internacional) – CECI (Centro de Estudios y de Cooperación Internacional). 2006. Cadena del Café (Parte 1). (En línea). Consultado 17 de noviembre de 2011. Disponible en: (<http://www.prosolola.com/sites/default/files/Informe%20Cadena%20Caf%C3%A91.pdf>)

7. ANEXOS

Anexo 1. Jefes de familia encuestados de la región Trifinio

HONDURAS	GUATEMALA	EL SALVADOR
Jose Carlos Plitez Guillén	Sonia Dalila Paz	Salvador Vásquez Reyes
Marta Lidia Tobar	Marco Tulio Diaz	José Antonio López Pineda
Encarnación Tobar	Domingo Santos	Agustin López Pineda
Samuel Guillén Ruano	Ana Marilú García	Emilio Vasquez Landaverde
Dionisia Acosta	Gloria Elizabeth García	Oscar López
Kelly Migdalia Pleitez	Vicenta Angélica de Paz	Morena Lemus
Juan José Maldonado	Viviana Ramírez	Carlos Murcia
Juan Ramon Polanco	Juan Francisco López	Isaias Aguilar
Manuel de Jesús Mata Peña	Consuelo Pérez	Raúl Aguilar
Omar Antonio Villeda	Marco Antonio Santos	Leonel Merlos Interiano
Rene Pineda	Joaquin Pérez	Benedicto Flores
José B. Portillo	Juan Francisco Vásquez	José Arturo Flores Landaverde
José David Pineda	Santos Ávalos	Vilma Luz Portillo
Carlos A. López	Candelaria García	Carlos Enrique Aguilar
Carlos Maldonado	Cesar Augusto Martínez	Antonio Flores Landaverde
Reinaldo Pineda	Rogelio García	Vilma Sonia Pineda
José Humberto Santos Cruz	Alberto García	Reyna Isabel Ochoa
José Alberto Guillén	Rosa Elena López	Gregorio de Jesús García
María Florinda Coto Rosa	Rosa Vásquez	Jose Angelino Landaverde
Manuy Antonio Coto		Jose Arnulfo Montiel
César Yanuario Erazo López		Jaime René Solis
Serafín Antonio López Santos		Felicita Ditamar Díaz
Juan Antonio Lonla Flores		Gerardo Aguilar Lemus
Abel Eduardo Méndez Valle		Friselda del Carmen Portillo
		Fernando Aguilar Landaverde
		Jose Felipe Aguilar
		Hector Aguilar
		Salvador Ochoa Landaverde

Anexo 2. Cuadro del modelo No. 1 para la determinación de la función de producción en café (N, P, K, N², P², K², NPK).

Variable dependiente: café cereza					
Fuente	G.d.l.	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr > F
Modelo	7	100391.287	14341.6124	2.62	0.0164
Error	90	492027.0156	5466.9668		
Total corregido	97	592418.3026			
	R-Cuadrado	Coef de Var	Raíz de medias al cuadrado	Media de cereza	
	0.16946	60.61336	73.93894	121.9846	
	Parámetro Estimado	Error Estándar	Valor t	Pr > t	
Intercepto	45.78223	27.68015347	1.65	0.1016	
N	0.651552	0.31308637	2.08	0.0403	
P	-1.08451	1.25330955	-0.87	0.3892	
K	0.658138	0.61222808	1.07	0.2853	
n*n	-0.00086	0.00086391	-0.99	0.3228	
p*p	0.035555	0.02255048	1.58	0.1184	
k*k	-0.00301	0.00452641	-0.66	0.508	
n*p*k	-6.9E-05	0.00005825	-1.18	0.2417	

Función: $Y = A + C1N + C2P + C3K + C4N^2 + C5P^2 + C6K^2 + C7NPK$

En donde:

A=INTERCEPTO; N=NIVEL DE NITROGENO; P=NIVEL DE FOSFORO; K= NIVEL DE POTASIO, N²= N*N, P²=P*P, K²=K*K, NPK =N*P*K

C1, C2, C3, C4, C5, C6, y C7 = Son los coeficientes para cada variable de N a NPK respectivamente.

Anexo 3. Cuadro del modelo No. 2 para la determinación de la función de producción en café (N, P, K, N², P², K², PK).

Variable Dependiente: Café cereza					
Fuente	G.d.l.	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr > F
Modelo	7	104763.9299	14966.2757	2.76	0.012
Error	90	487654.3727	5418.3819		
Total corregido	97	592418.3026			
	R-Cuadrado	Coef de Var	Raíz de medias al cuadrado	Media de cereza	
	0.176841	60.34342	73.60966	121.9846	
	Parámetro Estimado	Error Estándar	Valor t	Pr > t	
Intercepto	38.65302	28.09523119	1.38	0.1723	
N	0.708258	0.304729	2.32	0.0224	
P	-0.49919	1.23263191	-0.4	0.6865	
K	0.889281	0.64686799	1.37	0.1726	
n*n	-0.0012	0.00078325	-1.53	0.1293	
p*p	0.031485	0.01983913	1.59	0.116	
k*k	-0.00291	0.00448858	-0.65	0.5185	
p*k	-0.02236	0.01504931	-1.49	0.1407	

Función: $Y = A + C1N + C2P + C3K + C4N^2 + C5P^2 + C6K^2 + C7PK$

En donde:

A=INTERCEPTO; N=NIVEL DE NITROGENO; P=NIVEL DE FOSFORO; K= NIVEL DE POTASIO, N²= N*N, P²=P*P, K²=K*K, PK =P*K

C1, C2, C3, C4, C5, C6 y C7 = Son los coeficientes para cada variable de N a PK respectivamente.

Anexo 4. Cuadro del modelo No. 3 para la determinación de la función de producción en café (N, P, K, N², P², K², NP).

Variable dependiente:	Café cereza				
Fuente	G.d.l.	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr > F
Modelo	7	95599.453	13657.0647	2.47	0.0228
Error	90	496818.8497	5520.2094		
Total corregido	97	592418.3026			
	R-Cuadrado	Coef de Var	Raíz de medias al cuadrado	Media de cereza	
	0.161372	60.9078	74.29811	121.9846	
	Parámetro Estimado	Error Estándar	Valor t	Pr > t	
Intercepto	44.20256103	28.0564644	1.58	0.1187	
N	0.71103824	0.30848894	2.3	0.0235	
P	-0.61979326	1.24840714	-0.5	0.6208	
K	0.55961467	0.60676519	0.92	0.3588	
n*n	-0.00100556	0.00088064	-1.14	0.2565	
p*p	0.02895366	0.02220083	1.3	0.1955	
k*k	-0.00396587	0.00447086	-0.89	0.3774	
n*p	-0.00407171	0.00571517	-0.71	0.478	

Función: $Y = A + C1N + C2P + C3K + C4N^2 + C5P^2 + C6K^2 + C7NP$

En donde:

A=INTERCEPTO; N=NIVEL DE NITROGENO; P=NIVEL DE FOSFORO; K= NIVEL DE POTASIO, N²= N*N, P²=P*P, K²=K*K, NP =N*P

C1, C2, C3, C4, C5, C6 y C7 = Son los coeficientes para cada variable de N a NP respectivamente.

Anexo 5. Cuadro del modelo No. 4 para la determinación de la función de producción en café edad del cultivo 1-5 años (N, P, K, N², P², K²).

Variable dependiente: Café cereza					
Fuente	G.d.l.	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr > F
Modelo	6	60783.1759	10130.5293	1.61	0.1927
Error	22	138789.5933	6308.6179		
Total corregido	28	199572.7692			
	R-Cuadrado	Coef de Var	Raíz de medias al cuadrado	Media de cereza	
	0.304566	63.46346	79.42681	125.1536	
	Parámetro Estimado	Error	Valor t	Pr > t	
Intercepto	117.5535456	54.59646615	2.15	0.0425	
N	0.587176	0.39359605	1.49	0.1499	
P	4.6258796	3.17495115	1.46	0.1592	
K	-3.3899097	1.62799559	-2.08	0.0492	
n*n	-0.0006443	0.00065027	-0.99	0.3326	
p*p	-0.0957515	0.0573483	-1.67	0.1092	
k*k	0.0220248	0.01201361	1.83	0.0803	

Función: $Y = A + C_1N + C_2P + C_3K + C_4N^2 + C_5P^2 + C_6K^2$

En donde:

A=INTERCEPTO; N=NIVEL DE NITROGENO; P=NIVEL DE FOSFORO; K= NIVEL DE POTASIO, N²= N*N, P²=P*P, K²=K*K

C1, C2, C3, C4, C5 y C6= Son los coeficientes para cada variable de N a K² respectivamente.

Anexo 6. Cuadro del modelo No. 5 para la determinación de la función de producción en café edad del cultivo 1-5 años (N, P, K, N², P², K², PK).

Variable dependiente	Café cereza				
Fuente	G.d.l.	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr > F
Modelo	7	67847.9684	9692.5669	1.55	0.2066
Error	21	131724.8007	6272.6096		
Total corregido	28	199572.7692			
	R-Cuadrado	Coef de Var	Raíz de medias al cuadrado	Media de cereza	
	0.339966	63.28208	79.19981	125.1536	
	Parámetro Estimado	Error	Valor t	Pr > t	
Intercepto	112.403779	54.65626064	2.06	0.0524	
N	0.6422298	0.39588467	1.62	0.1197	
P	5.064193	3.19270334	1.59	0.1276	
K	-3.1105851	1.64454108	-1.89	0.0724	
n*n	-0.0007193	0.00065225	-1.1	0.2826	
p*p	-0.1601442	0.08337584	-1.92	0.0684	
k*k	0.0090781	0.0170975	0.53	0.601	
p*k	0.0524616	0.04943288	1.06	0.3006	

Función: $Y = A + C1N + C2P + C3K + C4N^2 + C5P^2 + C6K^2 + C7PK$

En donde:

A=INTERCEPTO; N=NIVEL DE NITROGENO; P=NIVEL DE FOSFORO; K= NIVEL DE POTASIO, N²= N*N, P²=P*P, K²=K*K, NP =P*K

C1, C2, C3, C4, C5, C6 y C7 = Son los coeficientes para cada variable de N a PK respectivamente.

Anexo 7. Cuadro del modelo No. 6 para la determinación de la función de producción en café edad del cultivo 6-10 años (N, P, LnK, N², P², LnK², NP).

Variable dependiente:	Lnc				
Fuente	G.d.l.	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr > F
Modelo	7	6.6580963	0.95115661	2.45	0.0398
Error	32	12.44750133	0.38898442		
Total corregido	39	19.10559764			
	R-Cuadrado	Coef de Var	Raíz de medias al cuadrado	Media de Cereza	
	0.348489	12.86574	0.623686	4.8477	
	Parámetro Estimado	Error	Valor t	Pr > t	
Intercepto	5.894642485	1.54359466	3.82	0.0006	
N	0.009812371	0.0031076	3.16	0.0035	
P	0.042931629	0.02313807	1.86	0.0728	
Lnk	-1.675985619	1.04252982	-1.61	0.1177	
n*n	-0.000007757	0.0000067	-1.16	0.2555	
p*p	-0.000070364	0.0002853	-0.25	0.8068	
lnk*lnk	0.259721371	0.15127198	1.72	0.0957	
n*p	-0.000188929	0.00013363	-1.41	0.1671	

Función: $Y = A + C1N + C2P + C3LnK + C4N^2 + C5P^2 + C6LnK^2 + C7NP$

En donde:

A=INTERCEPTO; N=NIVEL DE NITROGENO; P=NIVEL DE FOSFORO; K= LOGARITMO NATURAL DE NIVEL DE POTASIO, N²=N*N, P²=P*P, K²=K*K, NP =N*P

C1, C2, C3, C4, C5, C6 y C7 = Son los coeficientes para cada variable de N a NP respectivamente.

Anexo 8. Cuadro del modelo No. 7 para la determinación de la función de producción en café (N, P, K, N², P², K², NP).

Variable dependiente: Café Oro					
Fuente	G.d.l.	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Valor F	Pr > F
Modelo	7	1902.031	271.718653	3.23	0.005
Error	70	5893.773	84.196762		
Total corregido	77	7795.804			
	R-Cuadrado	Coef de Var	Raíz de medias al cuadrado	Media de Cereza	
	0.243981	50.7791	9.175879	18.07019	
	Parámetro Estimado	Error	Valor t	Pr > t	
Intercept	8.905394	5.281509	1.69	0.0962	
N	0.109865	0.058619	1.87	0.0651	
P	-0.27697	0.37664	-0.74	0.4646	
K	0.049172	0.146138	0.34	0.7375	
N*N	-0.00026	0.000181	-1.41	0.1623	
P*P	-0.00116	0.005525	-0.21	0.8339	
K*K	-0.00027	0.001195	-0.22	0.8245	
N*P	0.001761	0.001265	1.39	0.1682	

Función: $Y = A + C1N + C2P + C3K + C4N^2 + C5P^2 + C6K^2 + C7NP$

En donde:

A=INTERCEPTO; N=NIVEL DE NITROGENO; P=NIVEL DE FOSFORO; K= NIVEL DE POTASIO, N²=N*N, P²=P*P, LnK²=K*K, NP =N*P

C1, C2, C3, C4, C5, C6 y C7 = Son los coeficientes para cada variable de N a NP respectivamente.

Anexo 9. Clasificación de productores por país del Grupo limitado.

Grupo limitado	
Nombre del productor	País
Celso Martínez Villanueva	EL Salvador
Manuel Antonio Carranza	EL Salvador
Juan Vicente Figuro Méndez	EL Salvador
Carlos Aquilino Murcia Rivera	EL Salvador
Ignacio Landaverde Ramírez	EL Salvador
Francisco Interiano	Guatemala
César Augusto Martínez	Guatemala
Vilma Interiano Ramírez	Guatemala
Alberto García	Guatemala
Agustín Martínez	Guatemala
José David Pineda Pinto	Honduras
Ermis Jhovany Tovar Lorenzo	Honduras
Arturo Sosa Ramos	Honduras
José Efraín Tovar	Honduras
José Humberto Santos Cruz	Honduras
Juan Carlos Pleitez Guillen	Honduras
Santos Erinaldo Cruz	Honduras

Anexo 10. Clasificación de productores por país del Grupo representativo.

Grupo representativo	
Nombre del Productor	País
Emilio Vasquez Landaverde	El Salvador
Manuel Alberto Gonzalez	El Salvador
Raúl Aguilar Landaverde	El Salvador
Manuel Antonio Carranza	El Salvador
Alvaro Ricardo Lemus	Guatemala
Juan Francisco López	Guatemala
Dora Sagastume	Guatemala
Juan Francisco López	Guatemala
Maximiliano Pérez Javier	Guatemala
Joaquín Pérez García	Guatemala
Francisco Vásquez Pérez	Guatemala
Rosa Maria Vásquez	Guatemala
Juan Jose Maldonado Tovar	Honduras
José Humberto Santos Cruz	Honduras

Anexo 11. Clasificación de productores por país del Grupo avanzado.

Grupo avanzado	
Nombre del productor	País
Héctor Alberto Aguilar Murcia	El Salvador
José Efraín Landaverde	El Salvador
Álvaro Ricardo Lemus	Guatemala
Nelson Orlando Lemus	Guatemala
Henry Leonel Lemus Sagastume	Guatemala
José David Pineda Pinto	Honduras
José Hugo Rosa	Honduras
José Lazaro Arita	Honduras
José Santos Cruz Peña	Honduras
John Kennedy Tovar Guevara	Honduras
Santos Hernandez Mejía	Honduras
Reinaldo Jaime Pineda Arita	Honduras
Neptaly Antonio Hernández Pérez	Honduras

Anexo 12. Distribución de grupos por país

País	Grupo	Porcentaje (%)
El Salvador	Limitado	45
	Representativo	36
	Avanzado	19
	Total	100
Guatemala	Limitado	31
	Representativo	50
	Avanzado	19
	Total	100
Honduras	Limitado	41
	Representativo	12
	Avanzado	47
	Total	100