



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**Variables Tecnológicas que Determinan la Productividad de las Fincas Cafeteras
del Departamento de Caldas**

**Technological Variables that Determine Productivity in the Coffee Farms in the
Department of Caldas**

Humberto Araque Salazar

Trabajo de grado optar al título de magister en administración

Hernando Duque Orrego

Ing. Agrónomo Msc

Director

Juan Carlos Chica Mesa

Administrador de Empresas Msc

Co-director

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Administración

Maestría en Administración

Manizales

2015

Tabla de Contenido

Resumen.....	6
1. Introducción	7
2. Diagnóstico del problema y planteamiento del problema	12
3. Formulación del problema	22
4. Objetivos de la investigación.....	23
4.1. General	23
4.2. Específicos	23
5. Marco Teórico	24
5.1. Desarrollo e importancia económica del cultivo del café.....	24
5.1.1. Origen y presencia del café en el mundo.....	24
5.1.2. Ubicación e importancia de la producción de café en Colombia.....	25
5.1.3. El cultivo de café en el departamento de Caldas.	26
5.2. Mercado mundial del café: Contexto, Producción/consumo y tendencias.....	27
5.2.1. Estado de la producción y consumo de café.....	30
5.2.2. Algunas tendencias del mercado del café.....	31
5.3. Competitividad y su relación con la productividad.....	33
5.3.1. Estudios sobre productividad de la actividad cafetera en Colombia.....	35
5.4. Tecnologías para la producción de café.....	39
5.5. Potencial productivo en el cultivo de café	42
5.6. La Función de Producción.	43

5.6.1. Función de producción tipo Cobb-Douglas.....	45
5.6.2. Linealización de la función Cobb- Douglas.....	47
6. Materiales y Métodos	49
6.1. Zona de estudio.....	49
6.2. Población Estudiada	49
6.3. Procedimiento de recolección de la información:	51
6.4. Variables de investigación.....	52
6.4.1 Variables tecnológicas.....	52
6.4.2 Variables relacionadas con la finca y el productor.....	53
6.5. Análisis estadístico de las variables.....	53
6.6. Construcción de la función de producción.....	54
7. Resultados.....	56
7.1. Características generales de los productores.	56
7.2. Características de las fincas.....	60
7.3. Características del sistema de producción.....	64
7.4. Modelo de productividad del cultivo de café.	68
7.5. Modelo de costos	74
8. Conclusiones.....	77
9. Recomendaciones	81
10. Referencias Bibliográficas	82

Lista de Tablas

Tabla 1. Evolución de las productividades de café en varios países	15
Tabla 2. Cantidad de fincas que participan en el estudio por municipio	50
Tabla 3. Variables tecnológicas de la investigación	52
Tabla 4. Variables relacionadas con la finca	53
Tabla 5. Variables relacionadas con el productor	53
Tabla 6 Nivel educativo de los participantes	58
Tabla 7 Valor de los cuartiles para el área total en café	60
Tabla 8 Valor de los cuartiles para el área en producción	61
Tabla 9 Valor de los cuartiles para el área en levante	62
Tabla 10 Valor de los cuartiles para producción por hectárea	63
Tabla 11 Valor de los cuartiles para el precio de venta	63
Tabla 12. Valor de los cuartiles para el margen bruto	64
Tabla 13 Valor de los cuartiles para Niveles de fertilización	66
Tabla 14 Valor de los cuartiles para porcentaje de variedad resistente	66
Tabla 15 Valor de los cuartiles para el edad del cafetal	67
Tabla 16 Valor de los cuartiles para densidad	67
Tabla 17 Parámetros estimados para el modelo de productividad del cultivo de café	69
Tabla 18 Parámetros estimados para el modelo de costos del cultivo de café	75

Lista de Figuras

Figura.1 Producción nacional de café y su tendencia 1990 -2012	14
Figura 2. Zona donde se ubica el estudio	49
Figura 3. Distribución por género de los participantes	57
Figura 4. Lugar de residencias de los productores	59

Resumen

El presente estudio determinó las variables tecnológicas de la producción de café, que pueden ser intervenidas por el productor y que contribuyen a la productividad del cultivo, la cual es medida en (@ c.p.s/ha-año), la investigación se desarrolló en fincas cafeteras del Departamento de Caldas que hicieron parte del programa de Gestión Empresarial del Comité Departamental de Cafeteros de Caldas, durante el año 2013. Se construyó una función de producción tipo Cobb–Douglas transformada que permitió visualizar el peso de las variables tecnológicas en la explicación del fenómeno de la productividad del cultivo, cinco de las variables estudiadas resultaron relevantes en las variaciones en la productividad del cultivo, la más importante fue la densidad de siembra. El trabajo aporta información de campo que permite ilustrar a los productores sobre el impacto que tienen las decisiones técnicas en la productividad en el largo plazo.

Palabras clave: Café, Productividad, Productividad del cultivo de café.

Abstract

This study determined the technological variables of coffee production, which can be tapped by the producer and contributing to crop productivity, which is measured in (@ cps / ha- year), the research was conducted in coffee farms in Caldas Department that were part of the Management Program of the Departmental Committee of Coffee Growers, during the year 2013, a modified Cobb-Douglas type production function is assumed which allows to visualize the weight of technological variables in the explanation of the crop productivity phenomenon, five of the variables studied were relevant changes in crop productivity , the most important was the seeding. The field work provides information that allows producers to illustrate the impact of technical decisions on productivity in the long term.

Key words: Coffee, Productivity, Productivity of coffee harvest.

1. Introducción

La caficultura Colombiana se desenvuelve en un contexto de fuertes fluctuaciones en el precio del café, afectando negativamente a los productores y las zonas cafeteras, la caficultura es el principal ingreso para 560 mil productores cuyas familias están compuestas por cerca de 2,7 millones de personas, ubicadas en 20 de los 32 departamentos del país (Ureña, 2013). La importancia social y económica que aún mantiene la caficultura en el país genera la necesidad de desarrollar estrategias para que las familias puedan ejercer su actividad económica de manera satisfactoria.

En la caficultura, como en cualquier actividad agrícola, la utilidad económica se da cuando los ingresos son mayores que los costos de producción; los ingresos dependen de la cantidad de café producido y su precio de venta, los costos de producción dependen del costo de la mano de obra y el precio de los agroinsumos.

El precio de venta del café en Colombia lo determinan tres elementos: precio del café en la bolsa de nueva York (Contrato C)¹, la prima de calidad que se paga al café colombiano y la tasa de cambio vigente. El precio de los fertilizantes que es el agroinsumo principal, está atado a las cotizaciones internacionales de la urea, el potasio y el fósforo (FNC, 2014).

¹ Contrato C, determina las reglas, para tranzar los cafés arábicos lavados, o cafés suaves como el que produce Colombia.

Analizando los elementos expuestos, se concluye que un productor para mejorar su utilidad únicamente puede actuar sobre dos variables del esquema de producción: la cantidad de café que produce y la cantidad de insumos que utiliza, las otras variables las define el mercado; entonces para aumentar la cantidad de café que produce lo que requiere es elevar su productividad, y para ser más eficiente debe optimizar en el uso de agroinsumos.

Los productores lograrán mejores utilidades, si realizan acciones encaminadas a elevar su productividad; lo que busca este estudio es aportar información a nivel de finca, relacionada con la contribución que hacen las variables tecnológicas, a la productividad del cultivo de café.

La productividad es definida como la relación entre productos obtenidos e insumos empleados en un proceso productivo; diferencias en productividad a través del tiempo pueden ser el resultado de factores tales como diferencias en eficiencia, variaciones en la escala de producción, o simplemente cambios tecnológicos (Ahearn, 1998).

En el mundo agrícola se utilizan, indistintamente, los términos “productividad” y “rendimiento” para indicar las unidades de peso que se producen por hectárea, esta medición depende de tres factores: la fertilidad del suelo, la adaptación genética de la planta a las condiciones del clima o los suelos y el impacto de la tecnología empleada (Machado, 2009), se podría considerar como un cuarto factor la oportunidad y pertinencia

de las prácticas administrativas, que permiten llevar a cabo la aplicación de la tecnología de manera oportuna correcta y al menor costo posible.

La tecnología en la agricultura es el conjunto de conocimientos prácticos, logrados mediante la investigación científica sobre: los componentes de la producción, los factores que la limitan, y la solución a los problemas de establecimiento, manejo y procesamiento (Cadena, 1991).

Los factores que definen la producción agrícola son complejos de medir, especialmente los vinculados con la interacción “planta-medio ambiente”, los cuales el productor no puede modificar, pero los relacionados con la tecnología que si puede modificar el productor, pueden ser objeto de estudios para encontrar su relación con la productividad.

Se definieron las “Variables Tecnológicas” para este estudio, como aquellos factores tecnológicos de producción de café limitados al cultivo², que el productor puede variar (cambiar), y que se consideró que tenían relación con la productividad, en fincas cafeteras del Departamento de Caldas, en el año civil de 2013. Su escogencia se realizó basándose en estudios previos y en los desarrollos tecnológicos para el cultivo de café, generados en Colombia, en el Centro Nacional de Investigaciones del café Cenicafé, dependencia de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

²Se excluyeron de análisis del proceso de producción de café, las tareas de cosecha y postcosecha, por la dificultad para la recolección de la información en campo, que implicaría un tiempo muy largo de dedicación a esta labor por parte de los técnicos del Servicio de Extensión quienes son los encargados de la recolección de la información, haciendo inviable la realización del estudio.

La productividad se puede medir en dos niveles: productividad múltiple y productividad parcial; la primera es una medida que relaciona todos los productos con todos los insumos pertenecientes a un determinado sector o industria, la segunda mide la relación entre uno o más productos con solamente un insumo, la producción de trigo por hectárea es una medición de productividad parcial (Fransman, 1985).

El trabajo realizado por (Vallejo, 1997), citado por (Duque & Bustamante 2002), encontró una baja productividad del factor tierra, término comúnmente entendido como la cantidad de arrobas de café pergamino seco (c.p.s) obtenidas en una hectárea de terreno; en este estudio observaron un rendimiento promedio nacional de 74 arrobas/hectárea de café pergamino seco, el cual se ajustó posteriormente en un rango entre 82- 85 arrobas/café pergamino seco-hectárea.

Como la productividad es un concepto muy amplio y difícil de medir, y el interés del estudio es obtener información que permita generar recomendaciones los productores, se acoto el trabajo únicamente al análisis de la productividad del cultivo, medida en la cantidad de arrobas de café pergamino seco obtenidas en una hectárea de terreno en un año (@ c.p.s/ha-año), y su relación con las variables tecnológicas, lo cual también permitió obtener información a nivel de finca, que es donde puede actuar el productor. Para este análisis se utilizó una función de producción tipo Cobb- Douglas.

El uso de las funciones tipo Cobb-Douglas es muy generalizado en estudios de productividad agrícola, esta función ha sido considerada por economistas agrícolas para

virtualmente cualquier proceso de producción que incluya la transformación de insumos en productos, no solo por su simplicidad algebraica, sino porque en la función las elasticidades parciales de producción para cada insumo o factor, corresponden a los parámetros β de cada uno de ellos (Debertin, 1986).

Los resultados encontrados contribuyen a actualizar la información sobre productividad del cultivo de café en el Departamento, además se encontró un modelo que explica el 49.7% de las variaciones en la productividad de la tierra y las cinco variables tecnológicas significativas.

La dificultad para lograr un mejor entendimiento del fenómeno de la productividad del cultivo, está relacionada con la complejidad para incluir variables que permitan establecer el impacto del medio ambiente sobre la plantación y la eficiencia con la cual el productor maneja la tecnología.

2. Diagnóstico del problema y planteamiento del problema

Colombia como agente productor de café ha vendido disminuyendo su participación en el mercado mundial; entre 1989 y 2011 Colombia perdió 7 puntos porcentuales, mientras que Brasil aumentó 13 puntos porcentuales, además han surgido nuevos países productores, principalmente en Asia, como Vietnam e Indonesia, que desplazaron a Colombia como segundo productor mundial, lugar que ocupó por muchos años; entre 1965 y 1995 el país contribuyó, en promedio, con el 13,5% de la producción mundial, y entre el 2000 y el 2011 con el 7,6% (Cano, 2012).

Esta tendencia se hizo más crítica desde los inicios de la década de los 2000, Brasil pasó de representar el 27,7% del mercado mundial en 2000, a 35,3% en 2012, con una producción de 50,8 millones de sacos de 60 kg, Etiopía aumentó su participación en un 63%, aportando actualmente el 4,5% del total, mientras que Perú aporta el 3,3%. Colombia ha perdido peso como productor mundial de café, pasando del 9,21% en 2000 al 5,55% en 2012, una caída del 40% (DNP, 2013).

Esta situación se ha presentado en un contexto cafetero mundial donde hay aumento de la producción y del consumo de café, desde el rompimiento del pacto de cuotas en 1989³, la producción mundial pasó de 90 millones de sacos a una producción de 131 millones para el año cafetero 2011/2012(FNC, 2013).

³“El pacto data de 1962 sobresale como el primer acuerdo multinacional cafetero en el que participaron la inmensa mayoría tanto de los países productores que representaban 90% de la producción mundial como de las naciones consumidoras. El objetivo de este primer acuerdo de la Organización Internacional del Café (OIC) era estabilizar los precios externos mediante el cumplimiento de cuotas obligatorias de exportación. El sistema de cuotas de exportación funcionó hasta julio de 1989. Aunque fue suspendido durante ciertos periodos.”
http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/mucho_mas_que_una_bebida/economia_institucional_del_cafe/

El consumo mundial aumentó en este periodo, debido principalmente a un crecimiento importante de la demanda en los países productores, en los países emergentes, y en Estados Unidos, lo que cambió la estructuras del mercado mundial, Indonesia, pasó de consumir 1,7 millones de sacos a 3,7 entre 2000 y 2012, Etiopía también aumentó su consumo, Brasil presentó un incremento neto de cerca de siete millones de sacos durante este periodo, pasando de un consumo de 13,2 a 20 millones de sacos (DNP, 2013).

China pasó de consumir en el año 1990 273 mil sacos de 60kg a 1,03 millones de sacos de 60 kg en el año 2013, Rusia para el mismo período pasó de 1,14 a 3,3 millones de sacos de 60 kg y Corea pasó 1,1 a 1,8 millones de sacos; Estados Unidos aumentó su participación en el consumo del 28,7% al 30%. Colombia por el contrario no ha seguido la tendencia de aumento del consumo interno, el cual pasó de representar el 5,16% en el año 2000 al 3,32% en el año 2012 (DNP, 2013).

Uno de los elementos que marca el nivel de consumo interno es el consumo per cápita/año, “en Brasil es de 5,6 kilos por habitante, superando a Estados Unidos, que consume 4,1 kilos, y muy por encima de Colombia, con sólo 1,8 kilos” (Cano, 2012, p.12).

Una de las posibles causas de la pérdida de participación en el mercado mundial del café, ha sido la disminución muy marcada de la producción especialmente en el último quinquenio, aunque esta tendencia data desde comienzos de los años 90 como lo muestra la figura 1. En el año cafetero 2006/07 se produjeron 12 millones de sacos, mientras en el año 2011/2012 se produjeron 7,8 millones de sacos, llevando al país al cuarto lugar de

producción a nivel mundial, aunque permanece como el primer productor de cafés suaves⁴ (FNC, 2012).

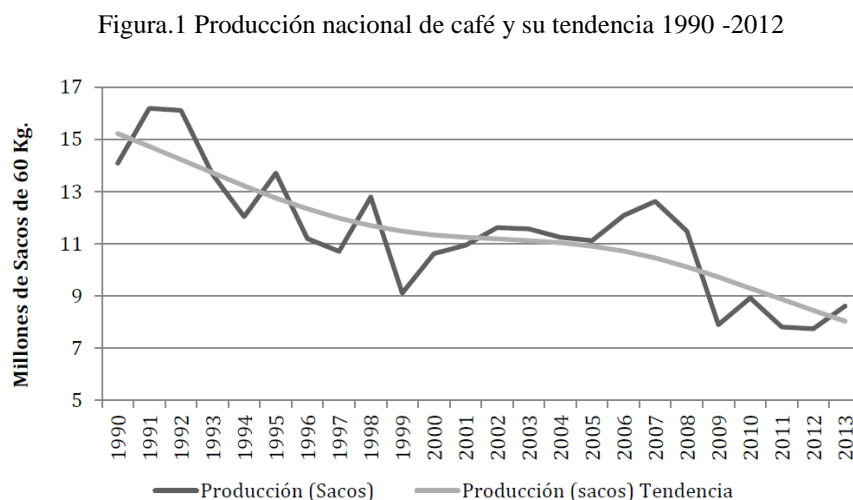


Figura 1: Producción nacional de café y su tendencia 1990 -2012

Tomado de (DNP, 2013)

La tendencia en la disminución de la producción, junto con el crecimiento de otros sectores productivos y el auge de la minería, redujeron la participación del café pergamino seco⁵ en el PIB del sector agropecuario a 6,0%, en el PIB total la participación del café cayó a 0,6% en 2011, lo cual ha conducido a una pérdida en la importancia económica de este producto (Cano, 2012).

La Federación Nacional de Cafeteros reportó que existieron varias causas probables de la disminución de la producción, y cita las siguientes como las principales.

⁴ “Los cafés suaves lavados son aquellos que presentan características moderadas de amargor y cuerpo, acidez y aromas pronunciados y son procesados por vía húmeda” (Roa, 1999, P.20).

⁵El café pergamino seco es aquel grano de café al cual se le ha retirado el exocarpio (epidermis), y el mesocarpio (mucílago) y se ha reducido su contenido de humedad a valores entre el 10% al 12% en base húmeda, es la forma más común en la que se comercializa el café en Colombia, concepto construido con base en la información de (Roa, 1999, P.9).

“Se atribuye a las alteraciones climáticas asociadas a un exceso de lluvia de 33% promedio por encima de los niveles históricos, la disminución del 1°C en la temperatura y de 13% en el brillo solar, afectando considerablemente la ocurrencia y concentración de las floraciones responsables de la cosecha cafetera”, también se plantea como causa el agresivo programa de renovación de cafetales que se adelanta en el país” (FNC, 2012, P.4).

Además de los fenómenos climáticos los cuales no pueden ser controlados por los productores, es importante analizar otros elementos asociados a la producción como son: la productividad física y la eficiencia para producir café, que sí pueden ser influenciadas por los productores y las cuales deben contribuir a entender el fenómeno de disminución de la producción.

Comparando las productividades de algunos países cafeteros referentes para Colombia en el periodo 1990 y 2010 reportadas por la FAO, en el caso de Vietnam, Brasil y Guatemala la productividad aumento, por el contrario, en Costa Rica y Colombia las productividades han disminuido en la tabla 1 se referencian los valores.

Tabla1. Evolución de las productividades de café en varios países (Sacos 60 kg /Ha)

País	1990	2000	2010
Vietnam	24,7	28	35,8
Brasil	8,3	13,8	22,3
Costa Rica	21,8	25	16,3
Guatemala	13,7	16,7	17
Colombia	14	15,7	11,3

Nota: Construida con información de FAO hasta el año 2010

Según datos de la (OIC)⁶ la productividad por hectárea de Colombia para el año 2011 fue de 8,3 sacos de 60 kilos de café verde por hectárea, mientras en el año 2007 había estado en 14,4 sacos de 60 kilos por hectárea (una reducción de 40% aproximadamente), mientras la de Brasil el primer productor mundial, en el año 2011 fue 21,2 sacos de 60 kilos de café verde por hectárea, (2,55 veces más que la de Colombia) (Cano, 2012).

En los últimos dos años cafeteros 2012/13 y 2013/14, los niveles de producción se han recuperado, y las productividades se han incrementado alcanzando un valor de 15,26 sacos de 60 kilos por hectárea para el año cafetero 2013/2014, pero aunque la productividad se ha elevado aun no se alcanzan los niveles de países como Brasil, lo permite pensar que aun se pueden hacer esfuerzos para mejorar.

Como enseñanza de la caída de producción, la cual se dio según (FNC, 2012), especialmente por temas climáticos adversos asociados al aumento de precipitación, se hace necesario entender con mayor profundidad el comportamiento de la tecnología y su relación con la productividad, para establecer estrategias que permitan fortalecer los sistemas de producción de café, evitando fuertes pérdidas económicas a los productores, en eventos climáticos adversos.

El punto de partida para el estudio del fenómeno de la productividad, está dado por el hecho que el potencial de producción de una planta, que es el que define la productividad, está en función de: “su interacción con el ambiente (suelo y clima), la genética de la planta (variedad), y por las prácticas de cultivo (agronomía del cultivo)” (Arcila, 2007, p.79). Estos dos últimos elementos se consideran como la tecnología del cultivo.

⁶Organización Internacional de Café (OIC)

El productor de café puede influir mediante decisiones y acciones directamente sobre (variedad) y (agronomía del cultivo), y de manera indirecta en el momento de decidir la siembra sobre el (suelo y clima), la efectividad de la interacción del productor para influir en estos aspectos contribuye a determinar la productividad del cultivo, por lo cual, el análisis de las diferentes variables asociadas a estos elementos son esenciales para poder mejorar la productividad (Arcila, 2007).

En el país, Cenicafé ha desarrollado investigaciones, que han conducido a avances tecnológicos como las variedades mejoradas y resistentes a la roya, estrategias de fertilización que buscan mayor eficiencia, técnicas de procesamiento del grano con bajos consumo de agua y manejo de subproductos, prácticas económicas eficientes y apropiadas para las fincas, en busca de mejorar el potencial del sistema de producción haciéndolos más robustos.

Estos avances tecnológicos pueden tener diferentes resultados en campo dependiendo de las condiciones económicas de los caficultores que las adoptan, el potencial ambiental de las zonas cafeteras, y la interacción con los eventos climáticos, por lo que es de vital importancia evaluar de manera periódica su desempeño y el aporte que hacen a la productividad y por ende a la producción del país en las diferentes zonas cafeteras.

Se encontraron tres estudios a nivel microeconómico, Leibovich y Barón (1996), Duque y Bustamante (2002) y Perdomo y Mendieta (2007) que abordan los siguientes elementos asociados al tema de estudio: la producción cafetera y relación con la productividad del cultivo y la eficiencia en la utilización de insumos según el nivel de

explotación. Se resalta que es escasa información en el país sobre el tema de estudio, en específico para el cultivo de café, pero también para otros cultivos de importancia económica.

En el estudio realizado en el eje cafetero colombiano (Caldas Quindío y Risaralda) utilizando un método no paramétrico denominado análisis envolvente de datos (AED), se determinó la eficiencia técnica y asignativa⁷ de los caficultores participantes. Los investigadores encontraron que los caficultores pequeños y medianos son ineficientes técnicamente, la eficiencia técnica promedio encontrada para pequeños cafeteros fue de 36,8%, medianos de 51,71%, y todo el sector de 42,38%, mientras los grandes cafeteros presentaron eficiencias técnicas en el orden de 60,15%, Perdomo & Mendieta (2007).

En el estudio realizado sobre productividad en los años 90, se obtuvo un modelo para la productividad de café pergamino seco por hectárea, en el cual se logra explicar el 41% de la productividad; las variables contempladas en el modelo fueron las siguientes: trabajo (jornales/ha), densidad de siembra, edad del cafetal, usos de fertilizantes, nivel educativo del productor, terreno de menor pendiente e infraestructura vial (Leibovich & Barón, 1996).

En Cenicafé⁸ se construyeron tres modelos econométricos del tipo de la función Cobb-Douglas, para tratar de explicar las variaciones en la productividad del factor tierra, costo unitario de producción y margen bruto por hectárea. El modelo encontrado para el factor

⁷“La eficiencia técnica y asignativa son análisis relativos, empleados en procesos productivos para conocer el máximo nivel producido y cantidad óptima utilizada de insumos acorde con sus precios”(Perdomo & Mendieta 2007, p.1).

⁸Centro Nacional de Investigaciones de Café – Cenicafé

tierra siendo altamente significativo, logra explicar el 41,54% de las variaciones en la productividad de la tierra, medida en (@ c.p.s/ha-año)⁹ (Duque & Bustamante, 2002).

Las cifras muestran un retroceso en la producción en las últimas décadas, y los estudios referenciados indican que se pueden estar presentando bajos niveles de eficiencia de los pequeños y medianos productores, lo que puede llegar a influir negativamente en la productividad a nivel nacional.

Todo esto se da a pesar de los esfuerzos que se hacen para incorporar nuevos desarrollos tecnológicos como nuevas variedades resistentes a la roya, técnicas para el mejoramiento de la fertilización y mejoras en los niveles de tecnificación como edades y densidades de cultivo¹⁰. Esto está originando en el sector cafetero una situación de pérdida de competitividad, que pone en riesgo la viabilidad del negocio de muchos caficultores y sus desafortunadas consecuencias para el ingreso de los habitantes de las zonas cafeteras y la estabilidad social de las mismas.

Se debe destacar por ejemplo el aporte positivo que se da en el mercado laboral del sector cafetero por la generación de empleo, lo que garantiza mejoras en los ingresos, disminución de la informalidad y de la incidencia de la pobreza (DANE- GEIH, 2011). El sector genera 631.000 empleos directos (supera en 3,7 veces el total aportado por las flores, el banano, el azúcar y la palma juntos), lo cual representa el 29% del empleo agrícola, FNC, 2010),

⁹Café pergamino seco por hectárea año

¹⁰FNC 2013 – Informe de gestión 2012

Al analizar los niveles de pobreza en términos generales se encuentra que los hogares cafeteros tienen mejores condiciones de vida que los no cafeteros, esto sin tener en cuenta el número de habitantes en el municipio, lo cual evidencia que las externalidades generadas por la caficultura inciden en las mejores condiciones de vida de los municipios cafeteros (DANE- GEIH, 2011).

Las estimaciones del Departamento de Planeación Nacional, basados en información del DANE de 2011, muestran que los municipios cafeteros son menos desiguales. “En la zona rural, estos tienen un índice Gini por ingresos de 0,44, mientras que en los no cafeteros éste es de 0,48. En la zona urbana también se evidencia una menor inequidad en los municipios cafeteros, 0,50 en comparación con 0,54 en los no cafeteros.” (DNP, 2013, p.18).

Las cifras anteriores muestran un panorama del impacto negativo que ocasionaría un declive o desaparición de la caficultura y las consecuencias que se podría presentar en las zonas cafeteras si no se logra mejorar la competitividad del sector, o buscar alternativas económicas para los productores.

Frente a esta problemática es conveniente aumentar los esfuerzos para mejorar el entendimiento de los elementos que influyen en la productividad, especialmente sobre los que puede actuar de manera directa e inmediata el caficultor a nivel de finca y que le permitan ser más competitivo. Como la productividad no ha tenido mejoras ostensibles, a pesar de los desarrollos tecnológicos, es importante seguir desarrollando trabajos de investigación en campo que logren comprender el real aporte a la productividad de dichos adelantos tecnológicos.

Teniendo en cuenta la complejidad que subyace para desarrollar trabajos encaminados a entender el fenómeno de la productividad del cultivo, se decidió que el presente trabajo abordará el tema únicamente desde el aporte que hacen a la productividad las variables tecnológicas sobre las cuales puede influir de manera directa el caficultor cuando toma decisiones de manejo de su finca, con el objetivo de buscar insumos para la construcción de programas que fomenten el mejoramiento de la productividad en el departamento.

3. Formulación del problema

3.1. Definición

- ¿Cuál es la contribución que hacen a la productividad del cultivo de café, las variables tecnológicas incorporadas a los sistemas de producción de café, en las fincas del programa de gestión empresarial del Comité de Cafeteros de Caldas?

3.2. Sistematización del problema

- ¿Qué características tienen las fincas cafeteras del programa de gestión empresarial del Comité de Cafeteros de Caldas?
- ¿Qué características tienen los caficultores que participan del programa de gestión empresarial del Comité de Cafeteros de Caldas?
- ¿Cuáles son las características de las variables tecnológicas de los sistemas de producción de café en fincas cafeteras del programa de gestión empresarial de Comité de cafeteros de Caldas?
- ¿Cuáles de las variables tecnológicas de los sistemas de producción de café tienen mayor influencia en la productividad del cultivo, en las fincas cafeteras del programa de gestión empresarial de Comité de cafeteros de Caldas?

4. Objetivos de la investigación

4.1. General

- Analizar la contribución que hacen a la productividad del cultivo de café, las variables tecnológicas incorporadas a los sistemas de producción de café, en las fincas del programa de Gestión Empresarial del Comité Departamental de Cafeteros de Caldas.

4.2. Específicos

- Caracterizar las fincas que participan en el programa de Gestión Empresarial del Comité Departamental de Cafeteros de Caldas.
- Caracterizar los caficultores que participan el programa de Gestión Empresarial del Comité Departamental de Cafeteros de Caldas.
- Caracterizar las variables tecnológicas de los sistemas de producción de café de las fincas del programa de Gestión Empresarial del Comité Departamental de Cafeteros de Caldas.
- Identificar cuáles son las variables tecnológicas que tienen mayor aporte en la explicación de la productividad del cultivo de café, en las fincas cafeteras del programa de gestión empresarial del Comité Departamental de Cafeteros de Caldas.

5. Marco Teórico

5.1. Desarrollo e importancia económica del cultivo del café

Aproximadamente del cultivo de café dependen 25 millones de personas en el mundo, existen zonas en África, que no figuran en los primeros lugares de producción mundial, pero sus economías dependen hasta en un 80 % de la exportación de café.¹¹ Este producto marco el desarrollo económico de Colombia en el siglo XX, y continúa siendo el primer renglón en la economía agrícola y contribuye a mantener el tejido social en más 590 municipios del país.

5.1.1. Origen y presencia del café en el mundo

El café pertenece a la gran familia de Rubiáceas, compuesta por 500 géneros y más de 6.000 especies, la mayoría de origen tropical y con amplia distribución geográfica, a esta familia pertenecen no solamente el café (género *coffea*), sino también árboles frutales como el borojo (*Borojoa patinoi*), *Ixora* sp. y plantas medicinales como la ipecacuana (*Psychotria ipecacuana*) o la chinchona spp., de la cual se extrae la quinina, Bridson & Verdcourt (1988), citado por Herrea & Cortina (2013).

De todos los géneros que constituyen las Rubiáceas, el género *coffea* es el de mayor importancia económica, de las 103 especies descritas en este género, 41 son originarias

¹¹ Tomado de http://www.bedri.es/Comer_y_beber/Cafe/El_cafe_en_el_mundo.htm 22 marzo de 2013

de África continental, donde se distribuyen a lo largo de la zona tropical húmeda, aproximadamente 59 se encuentran silvestres en la isla de Madagascar, mientras que al menos tres son originarias de las islas Mascarenas, particularmente de Mauricius y las islas de la Reunión (Davis et al, 2006), citado Herrea & Cortina (2013).

La producción comercial de café en el mundo está concentrada en zonas tropicales y subtropicales, se cultiva entre el trópico de cáncer (23,5° N) y el trópico de capricornio (23,5° S), los cafés arábigos se cultivan a temperaturas entre 18°C y 24°C, y, y los robustas, se cultivan a temperaturas entre 26°C, y 30 °C o incluso superiores. En las regiones situadas por fuera del sistema tropical el cultivo se restringe por la ocurrencia de heladas (CDCQ, 2001).

De las dos especies que tienen importancia económica en el mundo: las cuales se conocen comercialmente como cafés arábigos y cafés robustas, la primera es la producida en Colombia, los cafés arábigos presentan aroma y acidez pronunciados mientras los robustas se caracterizan por su mayor cuerpo (Roa, 1999). (CDCQ, 2001).

5.1.2. Ubicación e importancia de la producción de café en Colombia.

El café llegó a Colombia a finales del siglo XVIII al departamento de Santander, desde allí se difundió hacia los departamentos donde hoy se concentra la producción del grano, las variedades de café arábigo que se siembran en Colombia son: Típica, Borbón, Maragogipe, Tabí, Caturra, Variedad Colombia y Variedad Castillo (FNC-Cenicafé, 2004).

La producción cafetera de Colombia se desarrolla sobre las cordilleras y en la sierra nevada de Santa Marta, los principales departamentos productores de café son Antioquia, Huila, Tolima, Caldas, Risaralda, Valle de Cauca y Quindío.

El cultivo de café en Colombia es de gran trascendencia en la economía agrícola del país, especialmente desde el punto de vista de generación de empleo por lo tanto tiene un alto impacto social, representa el 6% del PIB agrícola y es el primer producto de exportación (después de los mineros energéticos), además es un gran generador de empleo, 631.000 empleos directos (supera en 3,7 veces el total aportado por las flores, el banano, el azúcar y la palma juntos), lo cual representa el 29% del empleo agrícola, 560 mil familias viven directamente de esta labor y se generan alrededor de dos millones de empleos entre directos e indirectos, en las 921.000 hectáreas en café cultivadas en los 587 municipios cafeteros (FNC, 2010).

Finalmente cabe destacar que la actividad cafetera, no es solamente agrícola sino que como cadena productiva involucra agregación de valor en los segmentos industriales, comercio, servicios y transporte (Ureña, 2013).

5.1.3. El cultivo de café en el departamento de Caldas.

El departamento de Caldas está ubicado en la cordillera central, se conforma de 27 municipios de los cuales 25 derivan su economía de la producción de café, Caldas cafetero tiene 74.528 hectáreas en café, en 43.643 fincas, del área en café, 851 hectáreas son variedad Típica, 18.505 hectáreas son variedad Caturra, 27.789 hectáreas son variedad

Colombia y 27,789 hectáreas son variedad Catillo. (FNC – 2015 - Sistema de Información Cafetero SICA corte enero 1/2015), la producción anual del grano en el departamento en condiciones normales puede llegar a los 9 millones de arrobas de café pergamino seco.

En cuanto a la población que vive y depende directamente del café se cuentan alrededor de las 37.676 familias, las cuales poseen fincas con un área promedio de 3,06 hectáreas totales, y con 1,71 hectáreas sembradas en café, (FNC -2015 SICA corte enero1/2015), lo anterior muestra que el cultivo se convierte en el hilo fundamental del tejido social y cultural del departamento.

5.2. Mercado mundial del café: Contexto, Producción/consumo y tendencias

En los últimos 25 años se han generado grandes transformaciones en el mercado mundial del café, en el año 1989 terminó el régimen de cuotas del Acuerdo Internacional del Café, conocido como “el pacto cafetero”¹², lo cual marcó dos grandes tendencias: la primera relacionada con el establecimiento del libre mercado en el comercio mundial de café y la segunda cambios entre la oferta y la demanda que concentraron el control del mercado en los países consumidores (Reina et al, 2007).

Una de las consecuencias que trajo este nuevo contexto cafetero fue el establecimiento de

¹²“El pacto data de 1962 sobresale como el primer acuerdo multinacional cafetero en el que participaron la inmensa mayoría tanto de los países productores que representaban 90% de la producción mundial como de las naciones consumidoras. El objetivo de este primer acuerdo de la Organización Internacional del Café (OIC) era estabilizar los precios externos mediante el cumplimiento de cuotas obligatorias de exportación. El sistema de cuotas de exportación funcionó hasta julio de 1989. Aunque fue suspendido durante ciertos periodos.”

http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/mucho_mas_que_una_bebida/economia_institucional_del_cafe/

periodos de crisis, que son épocas donde los precios caen por debajo del costo de producción; la primera crisis luego de la ruptura del pacto cafetero ocurrió en el periodo 1989-1992, se generó una fuerte caída de los precios externos, “la cotización se redujo de un promedio US\$1.39 por libra durante el primer semestre de 1989, a US \$0.89 por libra entre septiembre de 1990 y febrero de 1991” (Lanzetta,1991, p.3).

Lo anterior se dio luego de 15 años de precios históricamente altos que protegieron al productor y los gobiernos de países exportadores de las realidades de la economía de mercado; en estos años también habían dado un falso sentido de seguridad al productor, quien llegó a creer que los mecanismos intervencionistas para apuntalar los precios serían una característica permanente del mercado (Gillet, 2005, p.1).

Posteriormente hacia finales de los años noventa la producción mundial se incrementó un 20% alcanzando cerca de 130 millones de sacos para el año cafetero 1999/2000, la cifra más alta en la historia para ese momento, lo cual se dio por el incremento de áreas en Brasil y la expansión de plantaciones en Vietnam las cuales fueron promovidas por el Banco Mundial, ocasionado nuevamente una caída de precios alrededor de 25% (Ureña, 2013).

En el periodo 2003-2008 se presentó un déficit en el balance mundial como consecuencia del rápido crecimiento del consumo, acelerando la disminución de inventarios en los países productores, finalizando el periodo se presenta la crisis inmobiliaria en Estados Unidos, lo cual llevo a los inversionistas financieros a invertir en *commodities*, generando

un aumento cercano al 15% en los precios internaciones del café durante el año 2008 (Ureña, 2013).

En el periodo 2009-2013, el mercado cafetero fue fuertemente determinado por dos elementos, la continuidad de la crisis financiera de Estados Unidos la cual impactó a Europa, y una gran variabilidad climática afectado la producción de centro y sur América. La combinación de estos elementos y el aumento de producción en Vietnam y Brasil, generaran gran volatilidad durante el año cafetero 2011/12 se alcanzó un máximo de USD \$ 2,31 un incremento del 42 % pero para el año 2012/13 los precios cayeron un 26% (FNC, 2014).

Esta situación sumada a una tasa de cambio poco favorable generó que el precio interno pagado a los productores, no alcanzara para cubrir los costos de producción, ocasionando grandes dificultades sociales en las zonas cafeteras, por lo cual el gobierno estableció un programa de apoyo al ingreso al caficultor denominado AIC/PIC.

Iniciando el año 2014, se presentó una fuerte época seca en la zona cafetera de los estados de Minas Gerais y Sao Paulo en Brasil, lo que afectó significativamente llenado y desarrollo de los granos, además de la disminución de la oferta de café en Centroamérica, por una fuerte epidemia de roya, lo que ha generó desde mediados del año un aumento no sostenido de los precios del café, tendencia que se mantiene hasta comienzos de 2015.

5.2.1. Estado de la producción y consumo de café

La producción mundial del año cafetero 2012/2013¹³ presentó niveles record alcanzando una producción mundial de 153 millones sacos de 60 Kg de café verde, equivalente a un aumento de 6% comparado con el año cafetero anterior (2011/12), situación generada como consecuencia del ciclo bienal alto de Brasil y el incremento de la producción cafetera de Colombia e Indonesia¹⁴(FNC, 2014).

Para el año cafetero 2012/2013 la producción de Brasil alcanzó los 57,6 millones de sacos, lo que representó un incremento del 17% con respecto al año de cosecha anterior por su parte, la producción de café en Vietnam se estimó en 26,5 millones de sacos, correspondiente a un incremento de 2% en relación con el año anterior, Centroamérica alcanzó los 18,1 millones de sacos, equivalente a una reducción del 5% con respecto al año cafetero 2011/12, explicada por la epidemia de la roya que afecta a los países de la zona (FNC, 2014).

En 2013 el consumo mundial alcanzó un nivel récord y se ubicó en 144 millones de sacos, este crecimiento ha sido impulsado por la demanda de café de países emergentes como Rusia y Corea del Sur y de países productores como Brasil, Indonesia, Vietnam, Filipinas y México (países que consumieron 43 millones de sacos con un incremento del 3% con respecto al 2012), (FNC, 2014).

¹³ Los años cafeteros comienzan el 1° de octubre y terminan el 30 de septiembre del año siguiente

¹⁴A la fecha de elaboración de este informe aun no se han publicado los datos oficiales de la producción mundial del año cafetero 2013/2014, pero si se cuenta con la información de Colombia, la cual se presentará en la próxima sección.

La producción registrada de Café de Colombia, llegó a 12,1 millones de sacos de 60 kilos durante el año 2014, cifra superior en un 12% frente a la cosecha registrada en el año 2013, Colombia se consolidó como el primer productor de café de alta calidad y el tercer productor de café en el mundo, la mayor producción registrada en 2013 y 2014 se atribuye al resultado de los programas de reconversión de cafetales (FNC, 2015).

Los programas de la Federación, lograron renovar cerca de 3.200 millones de árboles de café desde el año 2009, y a unas mejores condiciones de clima, permitieron que la productividad promedio nacional se elevara a 15,26 sacos de 60 kilos por hectárea, (equivalen a 96,44 @ c.p.s/ha) la tercera más alta de los últimos 14 años (FNC, 2015).

5.2.2. Algunas tendencias del mercado del café

La liberación del mercado generó nuevos competidores, Vietnam en el segmento de los cafés Robustas, fruto de su abundante mano de obra y los subsidios del estado; México, Perú, y algunos países africanos, en el segmento de los cafés suaves lavados, generándose una aguerriada competencia al producto colombiano que antes no existía.

Se da un cambio de los hábitos de consumo de café en los países desarrollados, especialmente en la población joven, ya no toman café en casa sino en tiendas de café,

con lo cual surgen cadenas como Starbucks, que impulsó una nueva corriente frente al consumo denominada la revolución de late, Reina et al. (2007).

Surge el mercado de los cafés especiales, el cual está dividido en dos grupos: cafés de origen que buscan sabores diferenciados y cafés sostenibles que son consecuencia del surgimiento en el mundo de un grupo de compradores preocupados por el medio ambiente y las condiciones de producción, laborales entre otras; estos tipos de cafés reconocen un precio adicional a los productores por cumplir requisitos específicos, consignados en una norma certificable.

Se forma un nuevo esquema comercial con actores distintos a los tostadores; estos actores son ONG's que se encargan de verificar y certificar ante los clientes el cumplimiento de las exigencias para considerar especial un café, entre ellas tenemos Rainforest Alliance, UTZ Certifice, FairTraid, entre otras.

El consumo de café en la última década mantiene una tendencia al alza; en el año 2000 se consumieron 107 millones de sacos de 60 kg, el año 2011 el consumieron 136 millones de sacos de 60 kg, el aumento entre el año 2000/2011 fue un 26% y el aumento entre el año 2010 /2011 fue de 1,9 % (FNC 2012).

5.3. Competitividad y su relación con la productividad

En la economía actual donde las relaciones económicas vigentes son las que privilegian el libre mercado y la libre competencia, es esencial el estudio de la competitividad, intervenir sobre las variables que la gobiernan, es lo que le permiten a una empresa o un productor lograr mantener operando su sistema productivo.

Sobre competitividad se encuentran muchas definiciones y enfoques; en el siguiente análisis se escogieron dos, en las cuales se evidencia con claridad su relación con la productividad, debido a que es sobre la productividad donde tienen de manera directa injerencia y posibilidad de trabajar los productores para mejorar sus competitividad.

Hertford y García (1999), mencionan que la competitividad es “la capacidad, de la empresa o productores, para generar en un contexto de competencia niveles altos de ingreso y empleo; la competitividad implica adaptarse a las características del mercado y, simultáneamente, al cambio técnico mediante el mejoramiento de la productividad de los factores expuestos a la competencia”.

En segundo enfoque plantea que en el contexto económico actual “la competitividad se define, por la productividad con la que un país utiliza sus recursos humanos, económicos y naturales; la productividad depende tanto del valor de los productos y servicios de un país, como *por la eficiencia con la que pueden producirse*, por lo tanto, la verdadera competitividad se mide por la productividad” (Porter, 2005).

En las dos definiciones anteriores, se visualiza la importancia del trabajo por la productividad para lograr un mejor desempeño económico en un contexto económico actual, aunque se requieren unas condiciones de orden macroeconómico, político, jurídico y social para sustentar el crecimiento de la economía, estas condiciones de ámbito amplio brindan la oportunidad para crear riqueza, *pero no la crean por sí misma*, (Porter, 2005).

“La riqueza se crea al nivel microeconómico de la economía”, esto tiene sus raíces en la sofisticación de las prácticas de trabajo y las estrategias de la empresa, así como en la calidad del entorno empresarial microeconómico en el que compiten las empresas de un país; más del 80 % de las variaciones per cápita entre países se debe a las variables fundamentales microeconómicas (Porter, 2005).

Para un sector importante en la economía nacional como el cafetero, es importante retomar una de las afirmaciones de Porter, uno de los académicos más destacados en el tema, en su trabajo *¿Qué es la Competitividad?* del año 2005 donde menciona, “muchos países pueden mejorar su prosperidad si logran mejorar su productividad, por consiguiente, el reto fundamental en el desarrollo económico *es cómo crear las condiciones* para un crecimiento rápido y sostenido de la productividad”.

En la teoría económica elemental, la productividad es definida como la cantidad producida de un bien por unidad de insumo utilizado en el proceso productivo. ¿Qué factores explican las diferencias en la productividad? Las diferencias se deben a tres factores claves: el estado de la tecnología o procesos de producción utilizados; las

cantidades y tipos de recursos usados en el proceso productivo y la eficiencia con la cual esos recursos son utilizados (Recalde, 2001).

Las mediciones de la productividad agrícola son esenciales para conocer las relaciones entre: los insumos, para saber los cambios en la producción y en la tecnología, para determinar cómo los factores y recursos influyen en el crecimiento de la productividad. (Recalde, 2001).

5.3.1. Estudios sobre productividad de la actividad cafetera en Colombia.

Para elevar los niveles de productividad es necesario estudiar las variables a nivel microeconómico, esta es una afirmación hecha por Porter en su trabajo *¿Qué es la Competitividad?*, entendiendo la importancia de esta información para el análisis del estudio desarrollado, se presentan a continuación los trabajos más recientes en el sector cafetero a nivel microeconómico.

Perdomo y Hueth (2011) y Perdomo y Mendieta (2007) determinaron la eficiencia técnica y asignativa para: caficultores pequeños, medianos, grandes y la de todo el sector cafetero. Los valores se encontraron mediante dos técnicas diferentes: fronteras estocásticas de producción (FEP) y el Análisis Envolvente de Datos (AED), la información utilizada, fue tomada en 999 fincas encuestas por la Facultad de Economía de la Universidad de los Andes, en los departamentos de Caldas Risaralda y Quindío.

Los dos estudios coinciden en que para los pequeños cafeteros, el factor tierra es el insumo más importante para desarrollar la actividad, seguida por la intensidad en el uso de fertilizantes y maquinaria. Este grupo de caficultores exhibe rendimientos crecientes a escala en su actividad, pero son ineficientes técnicamente, lo cual indica que no están asignando ni empleando adecuadamente los principales insumos en el área productiva en café, mano de obra, cantidad de químicos y maquinaria, el mismo resultado fue encontrado para las explotaciones cafeteras medianas y en general el sector.

Las unidades cafeteras empresariales, presentan rendimientos decrecientes a escala, eficiencia técnica pero ineficiencia estocástica, lo cual señala la existencia de factores externos no controlables que afectan negativamente el desempeño adecuado de su producción; entre estos factores pueden resaltarse los climáticos, el control de plagas en fincas vecinas, la incertidumbre de la producción internacional del café y la volatilidad de los precios externos del grano (Perdomo y Hueth, 2011), los resultados destacan también la importancia del requerimiento de mano de obra para los caficultores empresariales, por lo cual el factor tierra no es significativo.

La eficiencia asignativa determinó lo siguiente: pequeños cafeteros 36,13%, medianos 42,98%, grandes 18,86% y el sector 36,50%. Estas cifras, posiblemente presumen un sector cafetero y por tamaño de caficultor, ineficiente técnica y asignativamente. Esto significa que las unidades empresariales emplean muy bien la cantidad de insumos para maximizar su producción pero no logran producir al mínimo costo, dada la ineficiencia asignativa. Mientras los minifundistas, los campesinos y el sector general no explotan sus

factores óptimamente y tampoco llegan al menor costo en producción por tener ineficiencia técnica y asignativa, Perdomo & Mendieta (2007).

Lozano, (2007) utilizando como punto de partida teórico los Modelos Agrícolas de Hogar (AHM)¹⁵, estudió la existencia de una relación inversa entre la productividad por hectárea y el tamaño del cafetal y de la finca, para caficultores con cultivos menores de 5 años. Dentro de las explicaciones planteadas a dicho fenómeno, concluye que fallos en el mercado laboral permiten explicar el fenómeno. ”Indican que los hogares cafeteros se ven obligados a utilizar intensivamente la mano de obra en sus predios debido a la dificultad para emplearse en el mercado laboral rural, lo que explica que logren una mayor producción y presenten una mayor productividad por hectárea”. (Lozano, 2007).

Dussán et al, (2006), elaboraron un estudio entre cafeteros con áreas menores de 7 hectáreas, a los cuales les realizan una caracterización tecnológica¹⁶, especificaron tres sistemas de producción; caficultura a pleno sol, sombra y semisombra; encontraron un alto grado de especialización en café, buen nivel de adopción de tecnología, 46,3 % siembran variedad caturra, 43,7% variedad Colombia, densidades promedio fueron de 5015 árboles por hectárea, aunque se evidenció una tendencia al envejecimiento, ya que el promedio de edad de los cafetales encontrado fue de 6,7 años.

Duque (2001) realizó un análisis económico de cada una de algunas prácticas y tecnologías recomendadas por Cenicafe para el manejo del cultivo del café, las prácticas

¹⁵Éstos intentan reflejar la interacción entre las decisiones de producción y consumo que se presentan al interior de las familias del sector rural, a partir de la maximización de la utilidad de la familia agrícola y los beneficios obtenidos de la producción de la finca (Lozano, 2007).

¹⁶ Este trabajo se realizó en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca, Huila, Risaralda, Tolima Quindío y Valle.

escogidas fueron consideradas claves, por el papel que desempeñan en: reducción de costos de producción, mejoramiento de la productividad, aumentos de los ingresos de la fincas cafeteras, así como preservación de la calidad del café. Este estudio buscó difundir las ventajas de las tecnologías estudiadas presentando su viabilidad técnica y económica con el objetivo de mejorar el desempeño económico de las fincas cafeteras, elevar su competitividad y contribuir al desarrollo rural de región cafetera.

Duque y Bustamante (2002) utilizando una función de producción tipo Cobb – Douglas, estudiaron variables asociadas a la producción de café; estas fueron agrupadas en tres categorías: variables para describir las condiciones de producción de las fincas, variables para la descripción socioeconómica de los productores y variables relacionadas con los aspectos económicos y financieros de las fincas estudiadas.

Es este estudio se construyeron tres modelos econométricos partiendo de la función tipo Cobb Douglas, los cuales buscaban explicar las variaciones en la productividad del factor tierra, los costos unitarios de producción y el margen bruto por hectárea.

Dentro de los resultados encontrados en el estudio se encontró que la productividad promedio del factor tierra, para el Departamento de caldas fue de 96,7 @ c.p.s –ha – año. El modelo que explica la productividad del factor tierra incluye siete variables que resultaron significativas, disponibilidad de capital de trabajo, hectáreas cultivadas en café, edad promedio de los lotes, densidad de siembra promedio, mano de obra (jornales/Ha), kilogramos de fertilizante aplicados por hectárea, porcentaje de la finca sembrada en café; la mayor respuesta en términos de productividad por hectárea se debe a la densidad de siembra.

5.4. Tecnologías para la producción de café

La tecnología es un concepto amplio que abarca un conjunto de técnicas, conocimientos y procesos, que sirven para el diseño y construcción de objetos, procesos, técnicas que satisfacen las necesidades humanas (Cadena, 1991).

La tecnología evoluciona con base en los conocimientos básicos, producto de la observación y de la experimentación la investigación basada en los principios científicos de las distintas disciplinas genera los conocimientos tecnológicos. Para el caso de la agricultura, el conjunto de conocimientos prácticos sobre los componentes de la producción, los factores que la limitan, y la solución a los problemas de (establecimiento, manejo y procesamiento) constituyen la tecnología que respalda al agricultor en su empresa (Cadena, 1991).

En el mundo agrícola, la tecnología debe considerar los fertilizantes, plaguicidas, técnicas agronómicas, mecanización, riego, tipo de semilla (variedad) y cualquier otra manipulación bajo control del productor. Así es posible señalar, con un elevado grado de certeza, que en la actualidad los rendimientos por hectárea, dependen en muy buena medida de las tecnologías empleadas, a su vez la intensidad de la asimilación tecnológica está asociada con las políticas públicas y el entorno económico (Machado, 2009).

Como ya se ha mencionado, el café no es de origen propio sino introducido por los europeos, inicialmente no se disponía de la tecnología para que fuera un cultivo de alta

productividad, pero las buenas condiciones de suelo y clima lograron que se extendiera por el país.

A partir de 1960, los investigadores de Cenicafé, han desarrollaron las tecnologías que fueron fundamentales para el impresionante progreso del cultivo en la segunda parte del siglo XX, entre las cuales están: introducción de variedad Caturra de porte bajo y alta producción, la generación de conocimientos sobre la nutrición del cafeto, el efecto de la densidad de siembra, el manejo de las arvenses y los sistemas de renovación (Cárdenas, 1990).

Después de un periodo de veinte años de investigación, se obtuvo una nueva variedad de café arábigo con excelentes características agronómicas, de calidad en taza y con resistencia durable a la roya del cafeto, esta nueva variedad fue nombrada como variedad Colombia, (Castillo & Moreno, 1988).

En 1988 ingresó al país la broca del café (*Hypothenemus hampei*), afectando la producción cafetera nacional; para combatir esta plaga se desarrolló una estrategia de Manejo Integrado de Plagas (MIP) y control biológico, con el fin de evitar que el control se realizara exclusivamente usando insecticidas químicos (Bustillo, 1990).

Esfuerzos continuos de cerca de diez años de investigaciones lograron en 1995, entregar la tecnología conocida como Becolsub (Beneficio Ecológico con Manejo de Subproductos), la cual permite reducir los consumos de agua en proceso de beneficio de café y dar un manejo adecuado los subproductos del proceso pulpa y mucílago,

contribuyendo a disminuir los impactos ambientales negativos de la producción de café (Roa, 1999).

En el año 2012 Cenicafé presentó la tecnología Ecomill, que es la evolución de la tecnología Becolsub la cual permite remover el mucílago degradado en el proceso de fermentación natural con bajo consumo de agua (Oliveros et al, 2013).

En 2002, una nueva variedad con porte alto, apta para regiones cafeteras en donde se emplea el sombrero, con resistencia durable a la roya, buena calidad en taza y buena productividad, fue entregada a los caficultores bajo el nombre TABI (Moreno, 2002).

Tres años más tarde se liberó la variedad Castillo y sus compuestos regionales: las variedades Castillo Naranjal, Castillo El Rosario, Castillo Paraguaicito, Castillo La Trinidad, Castillo Pueblo Bello, Castillo Santa Barbará y Castillo el Tambo, estas variedades además de la resistencia a la roya, tienen mayor tamaño de grano, y tolerancia al CBD (Enfermedad de la cerezas del café, aún no está presente en Colombia es de origen Africano) (Cortina et al, 2013).

Se han desarrollado recomendaciones para implementar las buenas prácticas agrícolas y de manufactura, con el fin de controlar el proceso productivo en todas sus etapas y prevenir acciones que deterioren la calidad física, la organoléptica o las condiciones de inocuidad del producto, de acuerdo con los requerimientos del mercado (Puerta,2000).

Finalmente se pueden mencionar otros desarrollos tecnológicos como: establecimiento de sistemas agroforestales con café, manejo integrado de arvenses, recomendaciones para la

nutrición de cafetales basadas en análisis de suelos, desarrollo de secadores solares y mecánicos para el café y desarrollo de sistemas anaeróbicos modulares para el tratamiento de aguas residuales provenientes del beneficio del café entre otros, basado en (Sanz et al, 2013) y (Rodríguez et al, 2013).

5.5. Potencial productivo en el cultivo de café

Cuando las condiciones son ideales se logra la máxima producción o producción potencial, pero en la práctica, cuando se producen cultivos existen diversos niveles de productividad agrícola ya que se presentan factores limitantes por ejemplo disponibilidad de agua y de nutrientes, que impiden lograr esta producción potencial; también existen otros factores que actúan como reductores, es el caso por ejemplo de las plagas y enfermedades (Moreno, 2007).

El factor limitante es conocido como ley del mínimo Justus Von Liebig (1862), quien definió que la producción de la planta se reduce cuando el nivel óptimo de uno de los factores que incide en el crecimiento se encuentra en menor cantidad; con respecto a la cantidad adecuada para este factor, la tarea del productor es identificar en forma precisa todos los factores limitantes y eliminar o minimizar la influencia de aquellos que puedan manejarse (Havlin et al, 1999).

La eficiencia del proceso productivo se verá favorecida también por la oportunidad y pertinencia de las prácticas administrativas, que permitan llevar a cabo de manera oportuna correcta y al menor costo posible; el control de arvenses, control de plagas y

enfermedades, el suministro de los nutrientes esenciales necesarios, las buenas prácticas de cosecha y beneficio para obtener la calidad óptima del producto para el consumidor (Arcila, 2007).

Una estrategia que se ha utilizado para tratar de entender las variables que permiten que la planta exprese su potencial, asociadas a la biología, medio ambiente, tecnología y administración, es el concepto de sistema entendido como un conjunto de unidades reciprocas relacionadas, esto es que en términos generales considera que un sistema está conformado por componentes con estructura y funciones determinadas con entradas (insumos) y salidas (productos) definidas hacia un fin establecido (Bertalanffy, 1976).

Los sistemas se pueden estudiar por medio de modelos, todo sistema real tiene la posibilidad de ser representado en más de un modelo; el propósito de la modelación de sistemas es la simplificación, la función de producción es quizás el modelo más simple para representar la producción de café (Arcila, 2007).

5.6. La Función de Producción.

La función de producción es una expresión matemática que conjuga conceptos económicos y estadísticos los cuales permiten explicar la relación que existe entre el producto obtenido y la combinación de los factores de producción. Entre las funciones más comunes tenemos: La Función de Producción de Proporciones Fijas, la Función de

Producción de Elasticidad de Sustitución Constante y la Función de Producción de Cobb-Douglas (García, 2004).

La función de producción se encuentra enmarcada en el entorno de la empresa y/o explotación y las condiciones técnicas reinantes, por lo que, cualquier modificación en el proceso productivo va a modificar esta función en general, los modelos econométricos y específicamente la función de producción son utilizados como una herramienta de análisis que ayuda en la toma de decisiones tanto a nivel económico general (macro) como en el ámbito de la dirección de empresas (micro) (Toro et al, 2005).

El propósito de toda empresa es convertir los insumos en productos; los agricultores combinan su trabajo con semillas, tierra, agua, fertilizantes y maquinaria para producir cosechas, los economistas estudian las elecciones que hacen las empresas para lograr sus objetivos, desarrollan un modelo de producción abstracto, en este modelo la relación entre insumos y productos, se formaliza mediante una función de producción de la siguiente forma:

$$q = f(K, L, M \dots) \quad (1)$$

Donde: q = producción de un bien durante un periodo específico
K= representa el uso de capital
L = representa las horas de trabajo
M= representa las materias primas utilizadas
.... Otras variables que puedan afectar el proceso productivo

La función de producción, en consecuencia, resume lo que la empresa conoce acerca de la combinación de diferentes insumos para obtener el producto.

En Colombia se ha utilizado la función de producción para construir modelos que permiten representar la producción de café y las variables que la explican; como se ha

mencionado anteriormente, el presente trabajo utilizará la técnica de la función de producción para analizar el impacto de las variables tecnológicas en la productividad del café en caldas.

5.6.1. Función de producción tipo Cobb-Douglas.

La función de producción de Cobb-Douglas es una de las funciones de producción más utilizada en economía, su popularidad se da por el cumplimiento de las propiedades básicas que los economistas consideran deseables, es la función de producción neoclásica por excelencia (Sanchoa, 2005).

Fue enunciada por Paul Douglas y su amigo matemático Charles Cobb. En 1927 Douglas descubrió un hecho sorprendente; la distribución de la renta entre trabajo y capital en Estados Unidos se había mantenido más o menos constante a lo largo del tiempo, el trabajo se lleva el 70% de las rentas y el capital el 30%, junto con su amigo Cobb encontraron una función de producción que mantenía las participaciones constantes en los factores y el resultado fue la siguiente función.

$$Y_t = AK_t^\alpha L_t^\beta \text{ donde } 0 < \alpha, \beta < 1 \quad (2)$$

Donde:

Y_t = Producción

A = Progreso técnico exógeno

K_t = Stock de capital

L_t = Número de empleados en una economía

En esta función formalizada por Cobb–Douglas, α y β son los parámetros que representan el peso de los factores K y L (factores productivos) en la distribución de la

renta, A es el Progreso Técnico Productivo Total de los Factores (PTF). El PTF no es una variable directamente observable, porque representa un estado no cuantificable formado por factores tales como: la organización empresarial, los conocimientos de los empresarios y los trabajadores o el nivel de aplicación de la tecnología, por tanto, esta función de producción está compuesta por dos factores productivos que se mantienen constantes en el tiempo y un factor adicional (progreso técnico), (Sanchoa, 2005).

La idea de la función de producción es muy intuitiva, pues representa combinaciones de los factores de capital, trabajo y satisface las propiedades de:

- Rendimientos constantes a escala (homogeneidad de grado 1). Es decir si el capital y el trabajo se aumentan en la misma proporción, la producción aumentará en la misma proporción
- Productividad marginal positiva y decreciente. Esta función es la que introduce el postulado más básico de la economía clásica, los rendimientos marginales decrecientes, tanto de capital como de trabajo (Sanchoa, 2005).

Como se observa en la ecuación (2), la función de producción de Cobb-Douglas es no lineal en los parámetros, lo que dificulta la obtención de los mismos, para facilitar su uso y obtener fácilmente los parámetros es necesario realizar una transformación logarítmica para hacerla lineal, y poder usar un método sencillo como una regresión lineal para estimar los parámetros; en actualidad para hacer este proceso se usan programas estadísticos (Olva, 2009).

5.6.2. Linealización de la función Cobb- Douglas.

Dado que la función Cobb-Douglas es no lineal en sus parámetros, es necesario realizar un proceso de linealización, la transformación más común y sencilla es tomar logaritmos en la función original.

$$Y_t = AKt^\alpha Lt^\beta e^{u_t} \text{ donde } 0 < \alpha, \beta < 1 \quad (3)$$

Se aplican logaritmos neperianos a la ecuación, obteniendo la siguiente forma

$$\ln(Y_t) = \ln(A) + \beta \ln(L_t) + \alpha \ln(k_t) + u_t \quad (4)$$

Quedando una nueva forma funcional, que facilita la obtención de parámetros: los parámetros de esta ecuación, α y β , son las elasticidades¹⁷, α es la elasticidad de la producción –capital y el parámetro β es la elasticidad producción–empleo (Sanchoa, 2005).

Esta función se emplea regularmente para estudiar procesos productivos agrícolas y pecuarios; a continuación se enuncian algunos ejemplos:

En Brasil Silva et al (2007), especificaron y ajustaron la función de producción de la industria de la celulosa para el año 2004, usaron función tipo Cobb-Douglas, para

¹⁷ Elasticidad: medida del cambio porcentual en una variable ocasionado por un cambio de 1% en alguna otra variable. Ej elasticidad precio/demanda cambio porcentual en la cantidad demandada de un bien, en respuesta a un cambio de 1% en su precio (Nicholson, 2001. p 120).

determinarla, y encontraron que la tierra y el trabajo constituían los factores principales en la formación de la cantidad producida.

García et al (1997) propuso un modelo que simula la función de producción láctea de la cuenca central Santafesina (Argentina) a partir del número de vacas y el consumo de concentrado por año y por explotación, encontró la función del beneficio por explotación en condiciones extensivas y dependiendo de los precios de mercado de factores y producto.

6. Materiales y Métodos

6.1. Zona de estudio

El estudio se desarrolló en Colombia - Departamento de Caldas, el departamento está conformado por 27 municipios de los cuales 25 derivan su economía de la producción de café.

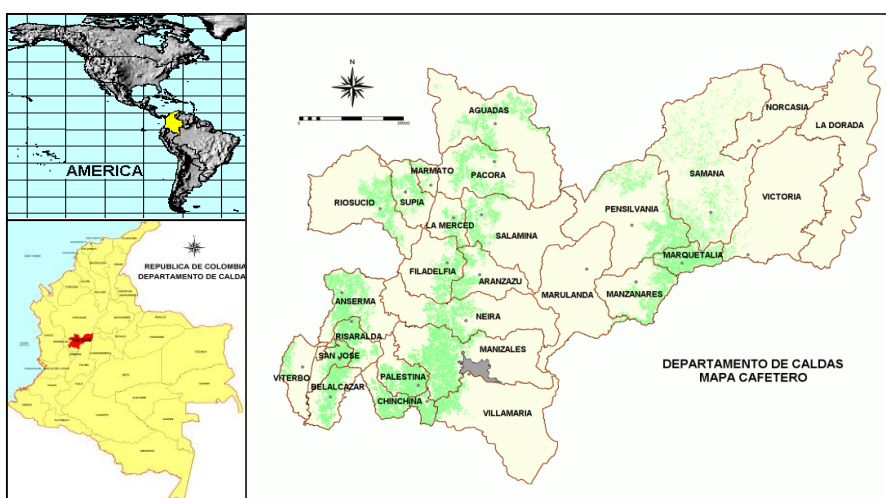


Figura 2. Zona donde se ubica el estudio

Participaron 22 de los 25 municipios cafeteros, como lo muestra la tabla 2, se destaca que los tres municipios faltantes son los que tienen menores áreas en café en el departamento.

6.2. Población Estudiada

Se estudiaron los cultivos de café de las 336 fincas cafeteras, que participaron en el año civil 2013, en el programa de Gestión Empresarial del Comité Departamental de

Cafeteros de Caldas y que registraron costos en la herramienta “mis costos en la Web”¹⁸ u otros aplicativos pero que utilizan la misma estructura de costos. Estas fincas se encuentran distribuidas en 22 municipios del Departamento como lo muestra la tabla 2; los tamaños de estas fincas, medidos como área total varían entre 0,33 hectáreas la de menor tamaño y 161 hectáreas, las de mayor tamaño.

Los caficultores ingresan a este programa de manera voluntaria, digitan directamente la información en la herramienta (previa capacitación por parte del Comité), por lo cual su distribución no obedece a ninguna regla específica. Por lo anterior para este estudio las 336 fincas cafeteras se consideran como una población, no como una muestra aleatoria.

Tabla 2. Cantidad de fincas que participan en el estudio por municipio

MUNICIPIO	FINCAS PARTICIPANTES
AGUADAS	14
ANSERMA	16
ARANZAZU	4
BELALCAZAR	5
CHINCHINA	52
FILADELFIA	5
LA MERCED	1
MANIZALES	56
MANZANARES	12
MARQUETALIA	12
NEIRA	11
PACORA	17
PALESTINA	59
PENSILVANIA	7
RIOSUCIO	9
RISARALDA	21
SALAMINA	8
SAMANA	5
SAN JOSE	8
SUPIA	7
VILLAMARIA	5
VITERBO	2
TOTAL	336

¹⁸ El programa mis costos en la Web, fue desarrollado por El Comité Departamental de Cafeteros de Caldas, y lo pone a disposición de los caficultores del departamento, para que registren sus costos. Algunos caficultores registran costos en herramientas distintas pero los entregan al Comité para su consolidación.

El Comité Departamental de Cafeteros de Caldas, por medio del Servicio de Extensión Rural, ejecuta programas de apoyo a los productores de café en el departamento, dentro de estos programas se encuentra el de Gestión Empresarial, que tiene por objetivo “fortalecer la habilidades técnicas y administrativas en los caficultores”.

Como parte de las labores del programa, el servicio de extensión capacita y apoya a los caficultores para que organicen, estandaricen y digiten la información de sus fincas, de tal manera que puedan obtener los costos de producción, necesarios para la administración de sus fincas.

6.3. Procedimiento de recolección de la información:

La información se tomó de tres fuentes:

- a) Sistema de información cafetera SICA, para las variables asociadas al componente tecnológico de la producción de café.
- b) Base de datos consolidada por El Comité Departamental de Cafeteros de las 336 fincas, del programa mis costos en la Web y otros aplicativos que utilizan la misma estructura de costos para las variables del componente económico de la producción de café.
- c) Una encuesta a los propietarios de las fincas, que busca identificar algunos componentes socioeconómicos y algunas prácticas agronómicas que realizan los productores, (las cuales no están en SICA y no se pueden obtener directamente de

la información de costos) las cuales fueron aplicadas a las 336 fincas, por profesionales del Servicio de Extensión del Comité Departamental de Cafeteros de Caldas, la encuesta se muestra en el Anexo 1.

6.4. Variables de investigación.

6.4.1 Variables tecnológicas.

Las variables escogidas en el estudio, para analizar su aporte a la explicación del fenómeno de la productividad del cultivo de café, fueron las de tipo tecnológico. Se escogieron teniendo en cuenta tres criterios: primero que aparecieran en las investigaciones previas, específicamente las reportadas por, Leibovich y Barón (1996), Duque y Bustamante (2002) y Perdomo y Mendieta (2007), segundo que hicieran parte de los avances tecnológicos para el cultivo de café generados por Cenicafé, y tercero que pudieran ser objeto de intervención por parte del agricultor, de tal manera que la información generada y los elementos encontrados en la investigación pudieran ser de utilidad para los caficultores, se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Variables tecnológicas de la investigación

Ítem	Variable	Descripción de la variable	Unidades de medida
1	Densidad de los cafetales	Número de árboles sembrados por hectárea.	Árboles/ha
2	Edad de los cafetales	Edad promedio de los cafetales de la finca.	Años
3	Área en producción	Área de la finca en la cual el café esta en producción.	Hectáreas
4	Área en levante	Área de la finca en la cual el café esta en renovación.	Hectáreas
5	Nivel de fertilización	Cantidad total de fertilizante aplicado en una hectárea por año.	Kg fertilizante/hectárea
6	Variedad de café	Porcentaje de café sembrado en variedades resistentes a la roya del café.	Porcentaje resistente
7	Manejo de arvenses	Número de plateos y limpieas realizados en promedio al año.	Plateos/año

6.4.2 Variables relacionadas con la finca y el productor.

Como complemento a las variables de orden tecnológico, se estudiaron variables que permitieran caracterizar las fincas participantes y el tipo de caficultores, las variables escogidas están consignadas en las siguientes tablas 4 y 5.

Tabla 4. Variables relacionadas con la finca

Ítem	Variable	Descripción de la variable	Unidades de medida
1	Tamaño de la finca	Área total de la finca	Hectáreas
2	Producción unidad de área	Cantidad de café pergamino seco producido por unidad de área	Arrobas c.p.s/ha
3	Precio de venta	Precio al que vende café pergamino seco el productor	Pesos/arroba c.p.s
4	Margen bruto	La diferencia entre el precio de venta de una arroba de c.p.s y su costo de producción	Pesos/arroba c.p.s

Tabla 5. Variables relacionadas con el productor

Ítem	Variable	Descripción de la variable	Unidades de medida
1	Edad del productor	Edad del productor	Años
2	Nivel de escolaridad	Años de escolaridad formal	Años
3	Residencia del productor	Lugar donde habita el productor, en la finca o fuera de ella	Habita/no habita
4	Experiencia como caficultor	Tiempo dedicado a trabajar en la caficultura	Años

6.5. Análisis estadístico de las variables.

Se realizó un análisis de tipo univariado descriptivo para todas las variables, para las variables continuas se calcularán las medidas de tendencia central, y las medidas de dispersión. Para las variables categóricas o nominales, los análisis se realizaron mediante

análisis de frecuencias, este trabajo se realizó con el objetivo de caracterizar las variables estudiadas.

6.6. Construcción de la función de producción.

Con el objetivo de identificar el aporte que hacen cada una de las variables tecnológicas al fenómeno de la productividad del cultivo de café, se construyó una función de producción que relacionó la productividad del cultivo de café medida (@ c.p.s/año) y las variables tecnológicas del sistema de producción, como complemento al análisis se construyó una segunda función que relacionó el costo por unidad de producción (costo/arroba) con los componentes del mismo. Se utilizó una función Tipo Cobb-Douglas transformada.

Como se mencionó anteriormente, la función Tipo Cobb-Douglas, presenta una forma general que puede expresarse de la siguiente manera.

$$Y_t = AK_t^\alpha L_t^\beta \text{ donde } 0 < \alpha, \beta < 1 \quad (5)$$

Donde:

Y_t = Producción

A = Progreso técnico exógeno (constante de la función)

K_t = Stock de capital (capital)

L_t = Número de empleados en una economía (mano de obra)

α y β : representan las elasticidades parciales de las variables capital y mano de obra (Schotter, 1996).

Aprovechando que la función es exponencial, se toman logaritmos en ambos lados de la ecuación para transformarla en una función Logaritmo-logaritmo (Debertin, 1986) la cual es lineal en sus parámetros. En su uso econométrico se incluye el término e , el cual representa el error de la función, la expresión de la función que se utilizará para construir los modelos se representa en la siguiente ecuación (6)

$$\text{Ln}(Y) = \text{Ln}\beta_0 + \beta_1\text{Ln}(X_1) + \beta_2\text{Ln}(X_2) \dots \beta_n \text{Ln}(X_n) + e \quad (6)$$

Donde:

Y = Productividad

X_n = Variables tecnológicas

β = Elasticidades parciales de variables

Para estimar los parámetros β se usa el método de regresión lineal, para ello se emplean programas estadísticos como (SAS o SPSS) (Olva, 2009), se consideró significativas para el modelo aquellas variables, que presentaron un nivel de significancia menor o igual al 15%, por tratarse de un estudio de campo y con énfasis en caficultura comercial, además de tener en cuenta los supuestos de, heterocedasticidad, autocorrelación y multicolinealidad.

Una de las características destacables de la función transformada, es que permite conocer con facilidad las elasticidades parciales de cada variable, (parámetros β), a mayor valor de un parámetro β , mayor elasticidad parcial y por tanto tendrá mayor determinación en la productividad, esta propiedad se utilizó para determinar el aporte de las variables tecnológicas a la productividad.

7. Resultados

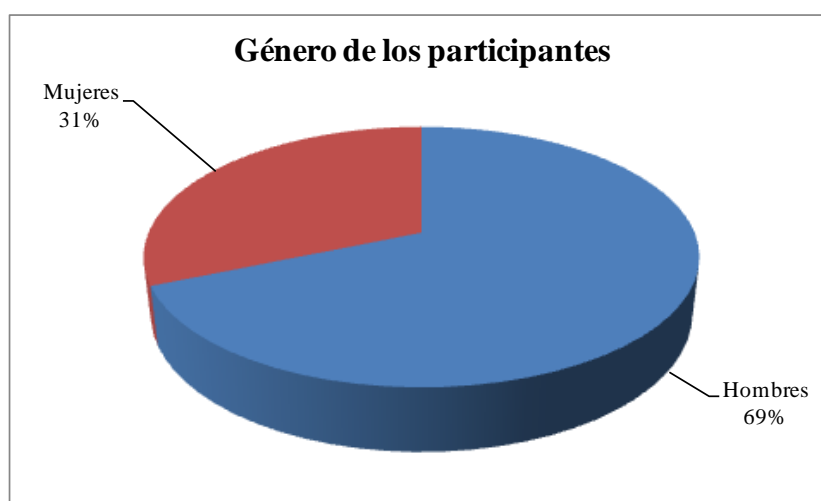
Los resultados obtenidos se presentaran en cinco capítulos: el primero de ellos muestra las características generales de los productores, la segunda especifica las características de las fincas cafeteras, la tercera abordará las variables estudiadas del los sistemas de producción, el cuarto capítulo mostrará el modelo obtenido para explicar el factor de productividad de la tierra y el último capítulo mostrará el modelo obtenido para el costo por unidad de producción (costo/arroba).

7.1. Características generales de los productores.

Se indagó sobre las condiciones socioeconómicas generales de los productores participantes en el estudio, se analizaron las siguientes variables que ayudan a contextualizar el tipo de caficultor: género, edad de los caficultores, experiencia en la actividad, lugar de residencia.

El análisis de la estructura por género encontró un número mayor de hombres, pero la evidencia de 31,4% de mujeres indica una relación 70/30 en dicha estructura, lo cual muestra una importante participación de la mujer en el desarrollo de la caficultura; en otros estudios como el de Aristizabal en (2008) en la zona central cafetera, las mujeres alcanzaba a ser 15 % de la caficultores encuestados.

Figura 3. Distribución por género de los participantes



En promedio, la edad de los caficultores fue de 53,95 años, con una coeficiente de variación de 26,69%, mostrando un promedio de edad elevada en la población participante en el estudio, esta información es similar a la encontrada en trabajos previos, que involucra la población de caficultores, como el realizado por Leibovich et al (2008), citado por López (2013), donde se reporta una edad promedio para los caficultores de Caldas de 54,4 años.

Esta característica puede dificultar la incorporación o promoción de nuevas tecnologías tendientes a mejorar la productividad entre los productores, especialmente las relacionadas con las tecnologías de la información y comunicaciones; también es muy importante tener en cuenta esta característica para escoger los métodos de extensión rural idóneas con este grupo de población.

El nivel educativo de los participantes se muestra en la tabla N 6, la información se subdividió en nueve rangos para facilitar su análisis; como hecho relevante se destaca que

el 99,07% de los caficultores tiene algún nivel de escolaridad, el 26,32 % tienen secundaria completa y el 34,68 % tiene formación de nivel técnico, tecnológico o profesional, lo cual marca una diferencia con relación a estudios en zona cafetera donde se ha encontrado bajos niveles de escolaridad en la población rural, Aristizabal (2008), reporta que el 10% de los encuestados manifestaron no tener ningún nivel de escolaridad y encontró que el nivel promedio de escolaridad era de cinco años, es decir, primaria completa.

Esta característica es muy importante, probablemente una población con un nivel de formación más completo incluso de nivel profesional, tenga mayores elementos para entender e implementar las herramientas tecnológicas que se han desarrollado para el cultivo del café en Colombia, y por consiguiente pueda lograr mejores resultados productivos.

Tabla 6 Nivel educativo de los participantes

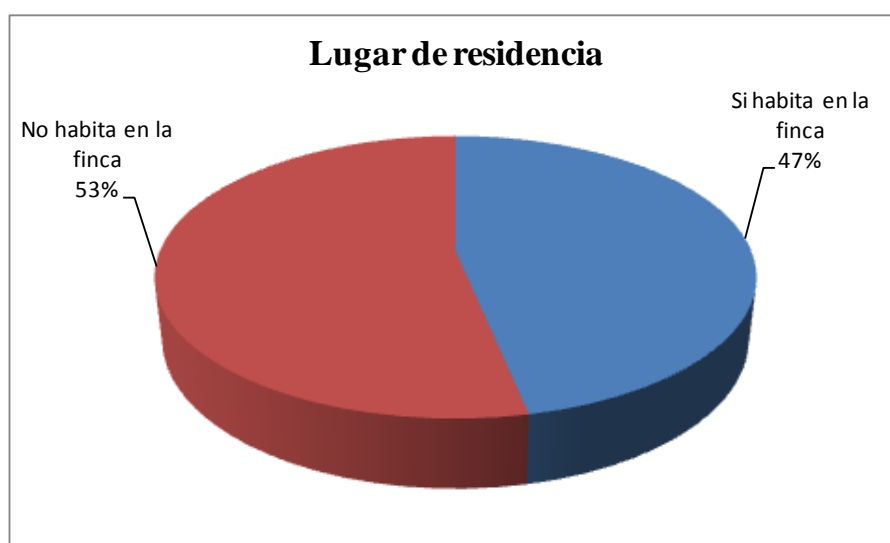
Nivel Educativo	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Primaria completa	57	17,65%	17,65%
Primaria incompleta	36	11,15%	28,79%
Secundaria completa	85	26,32%	55,11%
Secundaria incompleta	30	9,29%	64,40%
Técnica	7	2,17%	66,56%
Tecnológica	5	1,55%	68,11%
Profesional	94	29,10%	97,21%
Profesional especializado	6	1,86%	99,07%
Ninguna	3	0,93%	100,00%
Total	323	100,00%	

Se encontró que en promedio la población tienen 24,78 años trabajando como caficultores, con un coeficiente de variación de 57,38%, el valor indica un nivel de experiencia alta entre participantes del estudio, se puede deducir un buen conocimiento de los sistemas de producción.

Esta experiencia acumulada debe haber permitido al productor conocer de manera más detallada los elementos intrínsecos a los sistemas de producción de café, implementar sistemas de producción en campo, comparar los cambios tecnológicos que se han presentado en el tiempo por ejemplo nuevas variedades de café, enfrentar las dificultades climáticas y su impacto en los sistemas de producción, entre otros, los que indicaría un mejor desempeño y más altos niveles de productividad.

Se encontró que el 53,25% de los caficultores no viven en la finca, esta información es relevante porque indicaría de manera genérica si los productores, controlan de manera directa la ejecución de las labores propias de la producción de café, o esta responsabilidad es compartida con un administrador o un mayordomo, lo cual puede afectar el nivel de control y seguimiento sobre las labores, especialmente las agronómicas; ejemplo de esto son los controles culturales y el manejo de plagas y enfermedades, las cuales si se hacen de manera oportuna evitan pérdidas o dan mejor resultado, impactado de manera positiva la productividad.

Figura 4. Lugar de residencias de los productores



7.2. Características de las fincas.

Para caracterizar el tipo de fincas participantes, se analizaron las siguientes variables: tamaño de fincas (área total-hectáreas), área productiva (área en producción -hectáreas), área renovada (área en levante-hectáreas), producción unidad de área (arrobas/hectárea), valor promedio de venta (\$/arroba), y el margen bruto definido como precio venta – costo producción (\$/arroba).

El tamaño total del predio incluye las áreas que están ocupadas por café en producción, áreas con café en levante (el café está sembrado pero no ha empezado a producir), áreas útiles como viviendas y las que están destinadas a otros cultivos. El tamaño total promedio de las fincas participantes en el estudio es de 15,40 ha, con una coeficiente de variación de 153,63%, lo que muestra una alta variabilidad de la medida, para ampliar el análisis de las características de tamaño de las fincas, se calcularon los cuartiles, los que se muestran en la tabla (7)

Tabla 7 Valor de los cuartiles para el área total en café

Análisis de cuartiles para (Área total -hectáreas)	
Cuartil estimado	Valor
Min	0,33
Q1	2,15
Q2	4,985
Q3	18,59
Max	161

El valor de la mediana encontrado para la variable tamaño total de la finca fue de 4,9 hectáreas, un tamaño de finca más pequeño que el valor indicado por el promedio, además el análisis muestra que el 75 % de las fincas son menores de 18,5 hectáreas.

El área productiva promedio (aquella con árboles en plena producción) es de 15,59 hectáreas, con un coeficiente de variación de 124,56%, igual que para el área total se muestra alta variabilidad. Se realizó análisis de frecuencias el cual se muestra en la tabla (8).

Tabla 8 Valor de los cuartiles para el área en producción

Análisis de cuartiles para (Área producción -hectáreas)	
Cuartil estimado	Valor
Min	0,32
Q1	1,72
Q2	3,995
Q3	14,89
Max	131

El valor de la mediana, para la variable área productiva es de 3,99 hectáreas, este tamaño es mayor que el valor promedio para el departamento, el cual es de 1,7 ha (FNC – SICA), el 75% de las fincas tiene un área productiva menor de 14,8 hectáreas, son fincas consideradas como medianas y pequeñas.

Una de las características de los sistemas de producción establecidos por la población estudiada, es que tienen una porción de la finca en levante; lo que quiere decir que son árboles que no han entrado en producción porque se les realizó un proceso de renovación

(eliminación y remplazo de los árboles que han terminado su ciclo productivo). El área en levante promedio encontrada fue de 2,81 hectáreas, con un coeficiente de variación de 167,97%. La tabla (9) muestra el resultado de los cuartiles encontrados, el valor de la mediana para el área en levante es de 0,925 hectáreas y el 75% de las fincas tienen menos de 3,34 hectáreas en levante.

Tabla 9 Valor de los cuartiles para el área en levante

Análisis de cuartiles para (Área levante- hectáreas)	
Cuartil estimado	Valor
Min	0
Q1	0,19
Q2	0,925
Q3	3,34
Max	31,5

La producción promedio por unidad de área encontrada fue de 142,95 arrobas /ha con un coeficiente de variación de 46,53%. La mediana para esta variable es de 135,4 arrobas por hectárea, el 25 % de las fincas producen más de 189 arrobas/ha, tabla 10, con valores máximos hasta 371 arrobas por hectárea. El valor promedio de producción por área a nivel país es de 80 arrobas/ha, lo que nos indica que estas fincas son de alta productividad.

Tabla 10 Valor de los cuartiles para producción por hectárea

Análisis de cuartiles para (Producción/área Arrobas/ha)	
Cuartil estimado	Valor
Min	17,2
Q1	94,17
Q2	135,4
Q3	189
Max	371,3

El precio de venta promedio encontrado fue de \$ 58.040,66 pesos/arroba, con un coeficiente de variación de 8,15%, se realizó el análisis de frecuencias para tener un mayor información de la variable. La mediana encontrada es de \$ 57.838 pesos/arroba, únicamente el 25 % de las fincas vendieron con precios superiores a \$60,833 pesos/arroba, y el precio de venta máximo fue de \$73.412 pesos/arroba, los datos se encuentra consignados en la tabla (11)

Tabla 11 Valor de los cuartiles para el precio de venta

Análisis de cuartiles para (Precio de venta_PIC \$/arroba)	
Cuartil estimado	Valor
Min	39148
Q1	55220
Q2	57838
Q3	60833
Max	73412

Finalmente se presenta el valor promedio del margen bruto, definido como (Precio de venta – Costo de producción); esta medida indica si en el ejercicio económico, las fincas

lograron obtener beneficio económico en el año civil 2013. El margen bruto promedio fue de \$5.586,02 pesos/arroba, con un coeficiente de variación de 35,28%. La tabla (12) resume el análisis de frecuencia, la mediana encontrada fue de \$6.650 pesos/arroba; se destaca que por lo menos el 25% de las fincas obtuvieron márgenes brutos negativos en el año 2013, lo anterior causado por una fuerte caída en el precio interno del café, debido a una devaluación importante del peso ante el dólar, además de bajos precios internacionales del café.

Tabla 12. Valor de los cuartiles para el margen bruto

Análisis de cuartiles para (Margen bruto \$/arroba)	
Cuartil estimado	Valor
Min	-66821
Q1	-2431
Q2	6650
Q3	14712
Max	49149

7.3. Características del sistema de producción.

Teniendo en cuenta que el objetivo del estudio es determinar la influencia de las variables tecnológicas sobre la productividad del cultivo del café, y que el estudio se realizó sobre una amplia diversidad de fincas, en tamaños, ubicaciones y tipos de caficultores, los criterios para escoger las variables tecnológicas fueron:

- Que estudios previos la referenciaran como influyentes en la productividad.

- Experiencia por parte del Comité de Cafeteros en su recolección por varios años, garantizando con esta experiencia una buena calidad de la misma.
- Que incluyan la incorporación de avances tecnológicos, como por ejemplo las variedades resistentes.
- Finalmente que la variable pueda ser intervenida por el productor, de tal manera que los resultados de este trabajo puedan conducir a recomendaciones prácticas para mejorar la productividad de los cafeteros del departamento.

Las variables tecnológicas escogidas para estudiar el sistema de producción fueron: edad de los cafetales (años), densidad de los cafetales (platas/hectárea), porcentaje del área cultiva en variedades resientes a la roya (porcentaje), porcentaje del área cultivada en variedades susceptibles a la roya (porcentaje) y fertilización por hectárea (Kg fertilizante/hectárea).

La cantidad de fertilizante promedio que se aplica al cultivo es de 987,71 Kg fertilizante/ha con un coeficiente de variación de 43,37%, la mediana encontrada fue de 941,61 Kg fertilizante/hectárea y el 25% de las finca aplican menos de 679,74 Kg fertilizante/hectárea, la tabla (13) muestra el análisis de frecuencia. Los valores encontrados pueden indicar que posiblemente se esté realizando una fertilización inadecuada (sub-fertilizando).

Tabla 13 Valor de los cuartiles para Niveles de fertilización

Análisis de cuartiles para (Fertilización/ha Kg fertilizante/ha)	
Cuartil estimado	Valor
Min	171,828
Q1	679,74
Q2	941.617
Q3	1300
Max	2240

El porcentaje de área sembrada en variedad resistente a la roya encontrado para las fincas del estudio fue de 0,8346 (83.46%), con una coeficiente de variación de 31,14%, la información consignada en la tabla (14) nos indica que el 50% de la fincas tienen la totalidad de su área sembrada en variedades resistentes a la roya del café.

Tabla 14 Valor de los cuartiles para porcentaje de variedad resistente

Análisis de cuartiles para (Porcentaje de resistentes)	
Cuartil estimado	Valor
Min	0
Q1	0,7731
Q2	1
Q3	1
Max	1

Como complemento a la variable anterior, se encontró el porcentaje de área sembrada en variedades susceptibles a la roya del café, con un valor promedio de 0,1653(16.53%) y coeficiente de variación de 157%.

De estudios previos como el realizado por Duque (2005), se ha encontrado que la edad de los cafetales es una de las variables más importantes en la productividad del cultivo, la edad promedio encontrada para la población de este estudio fue de 3,71 años, con un coeficiente de variación de 40,43%. Al analizar los cuartiles mostrado en la tabla (15) se destaca que 75% de las fincas estudiadas tienen cafetales menores de 4,2 años.

Tabla 15 Valor de los cuartiles para el edad del cafetal

Análisis de cuartiles para (Edad cafetal - años)	
Cuartil estimado	Valor
Min	0,7
Q1	2,9
Q2	3,4
Q3	4,2
Max	16,66

La densidad del cultivo igual que la edad es considerada de gran importancia para la productividad del cultivo de café; la densidad promedio de la población del estudio fue de 6643,48 árboles/hectárea con un coeficiente de variación de 20,58%, de la información mostrada en la tabla (16) análisis de frecuencias se destaca que más del 50% de las población tiene densidades superiores a 6517,5 árboles/hectárea.

Tabla 16 Valor de los cuartiles para densidad

Análisis de cuartiles para (Densidad)	
Cuartil estimado	Valor
Min	3830
Q1	5622
Q2	6.517,5
Q3	7559
Max	9988

7.4. Modelo de productividad del cultivo de café.

Los datos para el estudio fueron obtenidos a partir de información primaria, (año civil 2013), la cual se extrajo del sistema de información cafetera (SICA), del programa mis costos en la Web y otros aplicativos que utilizan la misma estructura de costos para las variables del componente económico de la producción de café, que recopila anualmente por el programa de Gestión Empresarial del Comité Departamental de Cafeteros de Caldas y de una encuesta aplicada a los caficultores, por los técnicos del servicio de extensión del Comité de Cafeteros de Caldas.

La variable de respuesta elegida para el modelo fue la productividad, definida como producción de café por unidad de área (@c.p.s/ha) a partir del procedimiento stepwise se obtuvo un modelo en función de cinco variables que fueron significativas (P valor < 0,15). El modelo fue significativo (P valor < 0,0000) y presentó un R^2 de 0,497, lo anterior nos permite concluir que este modelo explica el 49.7 % de la variaciones en la productividad del cultivo, en la tabla (17) se presenta los valores de los parámetros β encontrados para las variables que resultaron significativas en el modelo.

Es importante destacar que el modelo no incluyó por su dificultad para ser medidas, variables de orden ambiental como: clima, suelos, radiación solar, entre otras y que por ser un proceso productivo agrícola deben tener impacto en la productividad.

Tabla 17 Parámetros estimados para el modelo de productividad del cultivo de café

Variable	Unidad medida variable	Nomenclatura para el modelo	Parámetro Estimado	Error	t	Pr > t
		Intercepto	-7,853	1,294	-6,07	0,00000
Área en levante	hectáreas	alev	-0,072	0,0225	-3,214	0,00000
Edad del cafetal	años	edad	0,0994	0,0744	1,336	0,00140
Nivel de fertilización	kg fertilizante/ha-año	fert_ha	0,515	0,0517	9,967	0,01400
Porcentaje de variedad resistente	porcentaje	por_res	0,0309	0,055	0,0557	0,01500
Densidad del cafetal	árboles/hectárea	dens	1,03	0,145	7,162	

Los coeficientes determinados, corresponden a la elasticidad parcial de cada variable, las máximas elasticidades parciales correspondieron a la variables: densidad del cafetal árboles/hectárea (1,03) y nivel de fertilización Kg fertilizante/hectárea-año (0,515), las dos con coeficiente positivo, lo cual nos indica que estas variables son las que tienen mayor peso en el aumento de la productividad.

El estudio previo elaborado por Duque y Bustamante (2002), coincide con el resultado mostrado por este modelo donde la densidad (árboles/ha) es la variable con mayor influencia en la productividad del café (mayor elasticidad parcial), elemento preponderante en los sistemas de producción de café y por consiguiente debe ser tenida en cuenta en las estrategias y programas para elevar la productividad del cultivo. A continuación se analizan cada una de las variables que se incluyen en el modelo.

Densidad: se entiende por densidad del cultivo de café, el número de árboles sembrados por unidad de área (árboles/hectárea), el modelo encontró que la mayor elasticidad parcial se da para la variable densidad, lo que implica que el aumento porcentual en la densidad de siembra, logra aumentos porcentuales en la productividad.

El modelo elaborado interrelaciona las variables tecnológicas, indica que variables resultan significativas y muestra la importancia y el peso de cada una de ellas en la explicación del fenómeno de la productividad, pero es importante tener en cuenta que tratamos con un fenómeno biológico y como tal tiene restricciones.

Para el caso de la densidad se han realizado estudios que han permitido establecer la respuesta en productividad a densidad de siembra en Colombia. (Duque, 2005) reporta la siguiente ecuación:

$$Y=130,73 + 0,052647X - 0,000002359X^2 \quad (7)$$

Donde:

Y= Producción en arrobas/ha

X= número plantas/ha

Esta función es de tipo cuadrático y se caracteriza por ser marginal decreciente, por tanto al aumentar la densidad de siembra a partir de 2500 árboles por hectárea hasta un poco más de 10.000 árboles, la productividad se incrementa pero en forma decreciente, para luego comenzar a disminuir. Utilizando esta función estimaron el óptimo biológico y económico para la variable densidad de siembra, encontrando el óptimo biológico alrededor de 11.000 plantas/hectárea y el óptimo económico entre 9400 -9800 plantas por hectárea (Arcila, 2007).

Es importante destacar que aunque el modelo encontró la variable densidad como la más influyente en la productividad, esta tiene un límite biológico y económico, en consecuencia los aumentos que se den en densidad que contribuyan alcanzar los niveles óptimos serán beneficios para la productividad, lo contrario la afectaría negativamente.

Estos óptimos también están sujetos a las condiciones ambientales donde se encuentre el cultivo.

Edad: la variable edad de la plantación medida en años, presenta una elasticidad parcial positiva, mostrando que esta tiene influencia directa en la productividad, lo que indicaría que aumentos porcentuales en la edad tendría aumentos porcentuales en la productividad. Para entender el impacto de esta variable se debe complementar la información obtenida en el modelo con las conclusiones de los estudios realizados por (Mestre & Ospina, 1994), donde encontraron que la respuesta en productividad de acuerdo a la edad de la plantación se explica mediante funciones cuadráticas, que son además marginales decrecientes reportado por (Duque 2001).

Lo anterior significa que durante el ciclo productivo se incrementa la producción pero en forma decreciente, hasta alcanzar un máximo y luego comienza a disminuir Duque en 2005, con información obtenida por Uribe 1965 en ocho cosechas y tres densidades de siembra, encontró el punto específico para cada densidad en el cual el promedio de la producción era máximo, el punto varía para cada densidad de población.

Como consecuencia de lo expuesto anteriormente, para mantener altas productividades es necesario evitar la prolongación el ciclo del cultivo excesivamente; existen edades óptimas para evitar el envejecimiento de plantaciones, lo cual puede afectar negativamente la producción, por lo cual las plantaciones deben ser renovadas en el momento oportuno, según su densidad de siembra.

Área en levante: la variable área en levante, la cual corresponde a las áreas que están sembradas pero no han entrado en producción, porque han sido renovadas, presentan un coeficiente con signo negativo, lo cual indica que si las áreas en levante aumentan la productividad disminuye.

Para que una finca pueda mantener equilibrio técnico y económico en su sistema productivo, y a la vez se evite el envejecimiento de sus plantaciones (Arcila, 2007), basado en los trabajos de Mestre & Ospina (1994) recomienda: mantener en la misma proporción, plantas en todas las edades posibles dentro del sistema de manejo que se está empleando, es decir que para manejar la finca hay que dividir el número total de plantas en grupos de igual tamaño y cada año, debe renovarse uno de ellos (las áreas correspondientes a este grupo de plantas son las áreas en levante).

Cuando no se cumple esta regla y se renuevan un mayor número de plantas se afectará negativamente la productividad, tal como lo indica el signo del coeficiente en el modelo; pero por el contrario si no se realiza el proceso de renovación se envejecerá la plantación afectando negativamente la productividad, como se había mencionado antes.

Porcentaje de variedades resistentes. Esta variable mide la cantidad de café sembrado con variedades resistentes a la roya, el modelo muestra un coeficiente con signo positivo, indicado que si se aumenta el porcentaje de variedades resistentes se tendrá un aumento porcentual en la productividad; el máximo aumento se daría cuando la totalidad del área se encuentre sembrada con variedades resistente.

Lo anterior es concordante con estudios realizados sobre el impacto de la enfermedad de la roya del café en la producción; se encontró que en ausencia de medidas de control, se presentaban reducciones hasta del 23 % de la producción acumulada en un ciclo de cinco años (cuatro cosechas) pero también puede afectar la conversión de café cereza a pergamino seco (Rivillas et al, 1999).

Niveles de fertilización: medido en Kg fertilizante/hectárea, mostro un coeficiente con una valor de (0,515) el segundo más grande después de la densidad y con valor positivo, indicando que si se dan aumentos porcentuales en los niveles de fertilización se tendrá un aumento porcentual en la productividad.

El crecimiento y el desarrollo de los cafetales y, por ende, su producción y rentabilidad depende en buena medida de una adecuada nutrición, la cual se logra cuando la planta dispone de cantidades suficientes y balanceadas de todos los nutrientes requeridos; adicionalmente los cultivos correctamente alimentados ofrecen una mejor calidad del grano y son más resistentes a plagas, enfermedades, sequías y otras condiciones adversas (Sadeghian, 2013).

En promedio, la producción de café puede disminuir en más de 40 % cuando no se realiza la labor de la fertilización (Sadeghian, 2010), lo expuesto anteriormente es concordante con el resultado obtenido por el modelo.

Pero es necesario tener presente, que en los trabajos realizados sobre fertilización se ha encontrado respuesta positiva en producción hasta cierto límite, (Duque, 2005) reporta para un estudio en el Departamento del Quindío, que la aplicación de nitrógeno se ajusta a una función polinomial del segundo grado (cuadrática) que es marginal decreciente.

El análisis de esta función contribuyó a concluir que para la aplicación de fertilizante existe un valor óptimo, por lo cual los aumentos en fertilización afectan positivamente la productividad (como lo sugiere el modelo) hasta que se alcance el valor óptimo, valores superiores no tendrán efecto y generan sobrecostos.

La herramienta técnica para hacer un adecuado manejo de la fertilización es el análisis de suelos, los cuales conducen a la aplicación ajustada de los elementos deficientes en el suelo, lo cual contribuye a la racionalización de los insumos y por tanto a la reducción del costo de producción (Sadeghian, 2013).

7.5. Modelo de costos

La información para trabajar el modelo, es de origen primario y se obtuvo de la misma fuente que la utilizada en el modelo de productividad.

La variable de respuesta elegida para el modelo fue es el costos por arroba (\$/@c.p.s), a partir del procedimiento stepwise se obtuvo un modelo en función de ocho variables que

fueron significativas (P valor $< 0,15$). El modelo fue significativo (P valor $< 0,0000$) y presentó un R^2 0,6989, lo anterior nos permite concluir que este modelo explica el 69,69 % de las variaciones en los costos del cultivo, en la tabla (18) se presentan los valores de los parámetros β encontrados para las variables que resultaron significativas en el modelo.

Tabla 18 Parámetros estimados para el modelo de costos del cultivo de café

Variable	Unidad medida variable	Nomenclatura para el modelo	Parámetro Estimado	Error	t	Pr > t
		Intercept	2,789	0,607	4,598	0,00000
Productividad	arobas/ha	arr_ha	-0,133	0,0234	-5,677	0,00000
Costo control de arvences	\$/aroba	arv	0,124	0,0155	8,04	0,00000
Costo beneficio de café	\$/aroba	ben	0,006	0,0039	1,563	0,09850
Edad del cafetal	años	edad	-0,053	0,0265	-1,989	0,04750
Costo de la fertilización	\$/aroba	fert	0,166	0,0163	7,121	0,00000
Costo de la recolección	\$/aroba	recol	0,414	0,0449	9,222	0,00000
Costo de renovación	\$/aroba	renov	0,0142	0,0028	5,05	0,00000
Costo control sanitario	\$/aroba	sanit	0,0135	0,0033	4,117	0,00000

Las máximas elasticidades parciales correspondió a la variable, costo de recolección \$/arobas (0,414) indicando que aumentos porcentuales en la variable costos-recolección, genera aumentos porcentuales en los costos totales.

El costo de la recolección depende de varios factores, entre ellos la oferta de frutos maduro, la edad de los cafetales, la cercanía de la finca a la cabecera municipal, el trato en la finca (alimentación, entre otros) y la disponibilidad de la mano de obra. Se destaca que en Colombia la recolección se realiza de forma manual, por tanto depende de la disponibilidad de la mano de obra FNC, (2013), lo que muestra que la actividad tiene un impacto muy destacable en la generación de empleo rural.

La segunda variable con mayor influencia según el modelo es el costo de fertilización \$/aroba c.p.s, que mostró un valor del coeficiente (0,166), con signo positivo, lo que implica que si se dan aumentos porcentuales el valor del costo de fertilización habrá

aumentos porcentuales el costo de producción. Los fertilizantes en Colombia para labores agrícolas son importados, por lo cual cambios en los precios internacionales o cambios en la tasa de cambio afecta de manera importante el costo de producción.

En general el modelo es concordante con la información reportada por FNC (2013), donde se presenta la participación de las actividades y labores productivas en la estructura de costos para el año 2012: recolección y beneficio representan el 60% de los costos, fertilización 16% administración 8%, gastos generales 5%, instalación 4%, control sanitario 3%, planteos y desyerbas 3% y otras labores 1%. El modelo no incluyó conceptos como administrativos y financieros estuvo asociado a los costos de producción para identificar su relación con la productividad del cultivo.

La variable productividad presentó un coeficiente con signo negativo; este fenómeno implica que si la productividad aumenta el costo de producción disminuye, lo cual desde el punto de vista práctico significa que los esfuerzos que se realice para aumentar la productividad redundan en disminución del costo total y por tanto en un mejor beneficio económico para los productores.

8. Conclusiones

El estudio realizado, utilizando la técnica de la función de producción, permitió actualizar la información relacionada con la productividad en el departamento de Caldas, los resultados obtenidos puedan redundar en recomendaciones prácticas a los productores que les permitan aumentar la productividad, de acuerdo con los resultados encontrados, se presentan las siguientes consideraciones finales.

- Se destaca la importante presencia de la mujer, en la dirección de las empresas cafeteras, un 30% de los caficultores participantes en el estudio son mujeres.
- La productividad promedio encontrada, para el Departamento de Caldas fue de 142,95 arrobas/ha-año, el promedio anual para el país es de 80 arrobas/ha-año, con lo cual se muestra que las fincas participantes manejan altos niveles de productividad.
- El modelo encontrado para la productividad relaciona cinco variables que resultaron significativas: el área en levante medido en hectáreas, la edad de los cafetales medida en años, la densidad del cultivo medida árboles/hectárea, porcentaje de área sembrado en variedades resistentes medido en porcentaje, nivel de fertilización medido en kilogramos fertilizante/hectárea –año.
- El modelo de productividad del cultivo de café encontrado, explica el 49.7 % de las variaciones en la productividad, resultado muy positivo, teniendo en cuenta la información obedece a un ejercicio real de los caficultores participantes, donde la

información se recolecta durante todo el año, además el modelo no contempla la variables ambientales que pueden influir en la productividad del cultivo.

- La variable que más aporta a la productividad por hectárea es la densidad de siembra (árboles /hectárea), quien presento la mayor elasticidad parcial y con signo positivo, este resultado concuerda con el modelo previo elaborado por Duque y Bustamante (2002).
- La densidad de siembra es la variable que más influye en la productividad del cultivo de café, presenta gran dificultad para ser intervenida por el productor. Esta dificultad nace del hecho que solo se puede mejorar en el momento de la siembra del cultivo, pero como el café es un cultivo perenne que tiene un periodo de vida en campo alrededor de 20 años, su cambio está sujeto a esta restricción.
- Teniendo en cuenta la dificultad de cambiar la densidad de siembra, los productores deben abordar el manejo de esta variable como estratégica para su empresa cafetera, y lo deben hacer con una visión de largo plazo, para evitar impactos negativos en la productividad.
- La segunda variable con mayor aporte a la productividad es la fertilización, la cual se mide en Kg fertilizante/ha-año; esta variable tiene una característica destacable, que está relacionada con el hecho de que el productor la puede intervenir de manera inmediata, adoptado las recomendaciones técnicas de fertilización, generadas por la investigación y transferidas por el servicio de extensión rural.

- El modelo también encontró a la variable edad del cafetal como significativa en la explicación de la productividad, presentado una elasticidad parcial con signo positivo; esta variable puede ser intervenida de manera inmediata para mejorar la productividad, pero la decisión del grado de intervención sobre esta variable, deben tener en cuenta el impacto sobre las áreas en levante, las cuales en el modelo presentan elasticidad parcial con signo negativo, indicando que si aumentan reducen la productividad.
- El modelo confirma las bondades de establecer variedades resistentes a la roya, las cuales presenta elasticidad parcial con signo positivo, lo que indica que si aumentan aportan al aumento de la productividad. Esta variable igual que la densidad solo se puede intervenir en el momento de la siembra siendo el café un cultivo perenne que tiene un periodo de vida en campo alrededor de 20 años, por lo cual se convierte en una decisión estratégica para el éxito del negocio cafetero.
- Tres de las cinco variables que se encontraron para el modelo, son variables técnicas que se deciden en el momento del establecimiento del cultivo (densidad, edad y variedad), y no se pueden modificar en largos periodos de tiempo, lo cual requiere que el productor tenga un alto nivel de información y comprensión de las implicaciones sobre la productividad, y por tanto en la rentabilidad del negocio. Lo anterior requiere que el productor evalúe las consecuencias en el largo plazo, las intervenciones que realice o deje de realizar sobre estas variables y su relación con la productividad y rentabilidad de la finca.

- El modelo de costos explica 69,89 % de las variaciones de los costos, la variable que más influye es el costo de recolección, la recolección de café en Colombia se hace de manera manual, por lo cual el costo de mano de obra está fuertemente ligado al valor del costo total.
- En el modelo de costos, la variable productividad presentó un coeficiente con signo negativo, lo cual indica que si la productividad aumenta el costo de producción disminuye; este resultado refuerza la necesidad de realizar esfuerzos necesarios para aumentar la productividad en las fincas cafeteras, porque contribuiría de manera importante a la sostenibilidad del negocio cafetero.
- Finalmente se destaca el aporte que realiza el trabajo, el cual consistió en mejorar la información microeconómica a nivel finca, mediante el análisis de variables que pueden ser modificadas por el productor, ya que están bajo su control, lo cual permitirá desarrollar recomendaciones técnicas concretas para transferir a los productores, con el objetivo de aumentar la productividad de su cultivo y su competitividad. Esta información también es relevante para El Comité de Cafeteros ya que le ayudará a orientar los programas de fomento de la productividad.

9. Recomendaciones

Como parte final de esta investigación se sugieren las siguientes recomendaciones para futuros trabajos en el tema de productividad.

- El desarrollo del presente estudio encontró que las variables tecnológicas explican, una parte importante del fenómeno de la productividad del cultivo de café, pero es necesario continuar adelantando este tipo de trabajos, de tal manera que se puedan incluir parámetros que permitan identificar como la eficiencia en el manejo la tecnología, influye en la productividad.
- Se encontró una productividad promedio de 142 @ c.p.s hectárea, pero con un coeficiente de variación de 46,5%, lo que indica que existen productores que logran mejores rendimientos con la misma tecnología, lo cual indica que se puede mejorar la productividad de un grupo importante de productores.
- Es necesario adelantar acciones de promoción entre los caficultores, para concientizarlos sobre la importancia de sembrar con la densidad óptima para su finca, lo cual lo ayudara a mejorar su productividad.

10. Referencias Bibliográficas

- Aristizabal, C., & Duque, H. (2008). Identificación de los patrones de ingreso en fincas de economía campesina de la zona central cafetera de Colombia. *Cenicafé*, 59 (4), 343-360.
- Ahearn, M., Yee, J., Ball, E. & Nehring, R. (1998). *Agricultural productivity in the United States*. Washington .D.C. Resource Economics Division, Economics Research Division, U.S Department of Agriculture. 21 p AgricultureInformationBulletin N°740.
- Arcila, J. (2007). Factores que determinan la productividad del cafetal. En Arcila (ed) *Sistemas de producción de café en Colombia*.(pp 15-20). Chinchina. Cenicafé.
- Bertalanffy, L.Von. (1976). *Teoría general de sistemas*. México. Editorial fondo de cultura económica. 311p.
- Bridson, D. & Verdcourt, B.(1988). Coffea.RM Polhill (Ed). *In flora of tropical east Africa –rubiaceae (part2)*703-727. Balkema. Rotterdam.
- Bustillo, P.A.(1990). Perspectivas de manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* en Colombia. In: *Seminario sobre la broca del café*. Medellín, Mayo 21 de 1990. Medellín. Socolen. p. 91-105

- Cadena, G.(1991). Sostenibilidad de la producción cafetera; el control biológico de plagas y enfermedades. *Economía Cafetera* .4(6):19-31.
- Cano, C.G., Vallejo, C., Caicedo, E., Amador, J.S., & Tique, E.Y. (2012). El mercado mundial del café y su impacto en Colombia. *Borradores de Economía Banco de la República de Colombia*, 2012 (710), 1-56.
- Cárdenas, G. J. (1990). En: *Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. 50 años de Cenicafé*. Conferencias Conmemorativas. Edit. Colorgráficas, Manizales. p. 238-242.
- Castillo, Z. J. & G. Moreno, R. (1988). *La variedad Colombia: Selección de un cultivar compuesto resistente a la roya del cafeto*. Editolaser. Bogotá. 171 p.
- CDCQ Comité Departamental de Cafeteros del Quindío (2001). *Libro del Café*. Armenia.
- Cortina, H.A., Acuña, J.R., Moncada, M.P., Herrera, J.C., & Molina, D.M. (2013). Variedades de café desarrollo de variedades. En Gast. (Ed.), *Manual del cafetero colombiano investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura* (pp.18-25). Chinchina: FNC-Cenicafé.
- DANE-Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2011). *GEIH- Gran Encuesta Integrada de Hogares 2011*.
- Davis, A.P.; Govaerts, R.; Bridson, D.M.; & Stoffelen, P. (2006). *An annotated taxonomic conspectus of the genus Coffea(Rubiaceae)*. Bot Jour Linnean Society 152: 465-512.

Debertin, D.L. (1986). *Agricultural production economics*. New York. University of Kentucky. MacMillan Publishing Company.

DNP-Departamento Nacional de Planeación-República de Colombia (2013). Documento COMPES 3763 *El café: camino hacia la justicia y la modernidad - comisión de expertos para la caficultura moderna*.

Duque, H. (2001). *Análisis económico de doce prácticas para mejorar el desempeño de las fincas cafeteras*. Chinchina. Cenicafé. 58 p.

Duque, H. & Bustamante, F. (2002). *Determinantes de la productividad del café*. Chinchina. Cenicafé.

Duque, H. (2005). *Cómo reducir los costos de producción en la finca cafetera*. Chinchina. Cenicafé. 101p.

Dussán, C., Duque H. & González, J. (2006). Caracterización tecnológica de caficultores de economía campesina, de los principales municipios cafeteros de Colombia. *Cenicafé*. 57,167-186.

FNC- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia-Cenicafé. (2004). *Cartilla cafetera tomo I*. Chinchina. p.270.

FNC- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2010). *Café de Colombia la estrategia de los cafeteros Colombianos*. Gerencia Comercial Luis Fernando Samper. Presentación Institucional.

FNC-Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2012). *Comportamiento de la industria cafetera colombiana en el año 2011*.

FNC-Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2013). *Informe de gestión 2012*

FNC-Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2014). *Comportamiento de la industria cafetera colombiana 2013*.

FNC-Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2015). *Sistema de Información Cafetero, corte a enero 1-2015*

FNC-Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2015). *Informe de producción año 2014*. Recuperado de www.cafedecolombia.com.

Fransman, M. (1985). *Conceptualising Technical Change in the third World in the 1980's: An interpretative survey*. The journal of development studies, N°2.

García, A., Martos, J., Rodríguez, J.J., Acero de la Cruz, R., Schilder, E., & Galetto, A. (1997). Determinación de la función de producción y el beneficio máximo en explotaciones lecheras extensivas en Argentina. *Arch-Zootec*. 46: 9-19

- García, F.(2004). *Funciones de producción y programación lineal*. Universidad de los Andes Facultad de Ciencias Económicas y Sociales Escuela de Administración y Contaduría Pública Departamento de Empresas Cátedra de Producción y análisis de la Inversión.
- Gillet, G. (2005). *Lecciones de la crisis: Aprovechando la oportunidad*. Ensayos sobre Economía Cafetera FNC.
- Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L., & Nelson, W.L. (1999). *Soil fertility and fertilizers, an introduccion to nutrient management. 6 ed.* Upper Saddle River, Prentice Hall. 499 p
- Herrera, J.C. & Cortina, H.A. (2013). Taxonomía y Clasificación del café. En Gast. (Ed.), *Manual del cafetero colombiano investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura*. (pp.118-121). Chinchina: FNC-Cenicafé.
- Hertford, R. & García, J. (1999). *Competitividad de la agricultura en las américas*. Cali. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y Pontificia Universidad Católica de Chile - Serie de economía e impacto 1.
- Lanzetta, C. (1991). Coyuntura Cafetera. *Revista de relaciones económicas internacionales*. Universidad de los Andes. Revista 13 – enero –marzo. (pp. 10-15).
- Leibovich, J. & Barón, C. (1996). *Determinantes de la productividad cafetera en finca*. Santafé de Bogotá. Universidad de los Andes Facultad de Economía Centro de estudios sobre desarrollo económico CEDE.

- Leibovich, J., García, C.R., Matijasevic, M.A., Soto, Y.J., & Zarate, C. (2008). Modelos innovadores de intervención para el sector cafetero- Línea base. Manizales. Centro de Estudios Regionales Cafeteros y Empresariales CRECE.
- López, L. (2013). Generación de relevo y decisiones de inversión en fincas cafeteras en el departamento de Caldas- Colombia. *Sociedad y Economía*, N° 24 del 2013.pp 263-286.
- Lozano, A. (2007). Relaciones de tamaño, producción y trabajo en las fincas cafeteras colombianas. *Ensayos sobre economía cafetera*, 22, 85-106.
- Machado, C.E. (2009).El rezago productivo de la agricultura venezolana. *Debates IESA*. 15(3), 69-73.
- Machado, C.E. (2009).Políticas públicas y desarrollo tecnológico agrícola en Venezuela. *Boletín de la Academia Nacional de la Ingeniería y el Hábitat*. No. 17.
- Mestre, A. & Ospina, H.F. (1994). *Estabilización de la producción en fincas cafeteras, Avance técnico N° 200*. Chinchina, Cenicafé.10 p.
- Moreno, L. G. (2002). *Tabi: variedad de café de porte alto con resistencia a la roya. Avances Técnicos*. Cenicafé. 8 p.
- Moreno, A.M. (2007). Fundamentos sobre sistemas de producción. En Arcila (ed) *Sistemas de producción de café en Colombia*. (pp. 15-20). Chinchina. Cenicafé.
- Nicholson, W. (2001). *Microeconomía intermedia y sus aplicaciones octava edición*. Madrid. McGrawHill.

- Oliveros, C.E., Sanz, J.R., Ramírez, C.A & Tibaduiza, C.A (2013). *Ecomill- tecnología de bajo impacto ambiental para el lavado del café- Avance Técnico 432. Chinchina. Cenicafé*.8 p.
- Olva, H. (2009). *Análisis de la función de producción cobb-douglas y su aplicación en el sector productivo mexicano* (Tesis pregrado para optar al título de licenciado en estadística) Universidad Autónoma de Chapingo. Mexico
- Perdomo, J.A. & Hueth, D. (2012). *Funciones de producción y eficiencia técnica en el eje cafetero colombiano: una aproximación con frontera estocástica*. Bogotá. Universidad de los Andes Facultad de Economía Centro de estudios sobre desarrollo económico Documentos CEDE N° 21 Agosto.
- Perdomo, J.A. & Hueth, D. (2011). Funciones de producción, análisis de economías a escala y eficiencia técnica en el eje cafetero colombiano: una aproximación con frontera estocástica. *Revista Colombiana de Estadística Junio 2011, Volumen 34, no 2*, 377- 402.
- Perdomo, J.A. & Mendieta, J.C. (2007). Factores que afectan la eficiencia técnica y asignativa en el sector cafetero colombiano: una aplicación con análisis envolvente de datos. *Desarrollo y sociedad, segundo semestre*, 1-45.
- Porter, M. (2005). ¿Qué es la competitividad?. *Newsletter Apuntes e Globalización (IESE Business School, Universidad de Navarra)*. Año 1 n° 1 enero-abril.
- Puerta, G.I. (2000). Calidad en taza de algunas mezclas de variedades de café de la especie *Coffea arabica* L. *Cenicafé*. 51 (1): 5-19.

Recalde, M. & Actis, J. L. (2001). *La innovación tecnológica en el sector agrícola de Canadá: Enseñanzas y comparaciones con Argentina*. Instituto de economía y finanzas–Facultad de ciencias económicas–Universidad Nacional de Córdoba.

Reina, M.; Silva, G.; Samper, L.F.; & Fernández, M.D. (2007). *Juan Valdez: la estrategia detrás de la marca (primera edición)*. Bogotá. Ediciones B Colombia.

Rivillas, C.A., Leguizamon, J.E., & Gil, L.F. (1999). *Recomendaciones para el manejo de la roya del cafeto en Colombia* Boletín Técnico N°19 .Chinchina,36p.

Roa, G., Oliveros, C.E., Álvarez, J., Ramírez, C.A., Sanz, J.R., Álvarez, J.R., & Rodríguez, N. (1999). *Beneficio ecológico del café*. Chinchina. Cenicafé.

Rodríguez, N., Zambrano, D.A., & Ramírez, C.A. (2013). Manejo y disposición de los subproductos y de las aguas residuales del beneficio del café. En Gast. (Ed.), *Manual del cafetero colombiano investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura*.(pp.18-25). Chinchina: FNC-Cenicafé.

Sadeghian, S. (2013). Nutrición de cafetales. En Gast. (Ed.), *Manual del cafetero colombiano investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura*. (pp.85-115). Chinchina: FNC-Cenicafé.

Sadeghian, S. (2010). *Fertilización. Una práctica que determina la producción de los cafetales* Avance técnico N° 391. Chinchina: Cenicafé. 8 p.

Sanchoa, A. (2005). *Econometría de económicas, Función de producción Cobb- Douglas* recuperado de: <http://www.uv.es/sancho/funcion%20cobb%20douglas.pdf>

Sanz, J.R., Oliveros, C.E., Ramírez, C.A., Peñuela, A.E., & Ramos, P.J. (2013). Proceso de beneficio. En Gast. (Ed.), *Manual del cafetero colombiano investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura*. (pp.18-25). Chinchina: FNC-Cenicafé.

Silva, N., Lopes da Silva, M., & De Lima, J.E. (2007). A função de produção da indústria brasileira de celulose, EM 2004.R. *Árvore, Viçosa-MG*, v.31, n.3, p.495-502.

Schotter, A. (1996). *Microeconomía*. Primera edición. México. Editorial continental S.A .700p.

Toro, P., García, A., Aguilar, C., Acero, R., Perea, J., & Vera, R. (2005). *Modelos econométricos para el desarrollo de funciones de producción*.

Ureña, M. (2013). El mercado mundial y nacional del café en el siglo XX. En Gast. (Ed.). *Manual del cafetero colombiano investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura*. (pp.18-25). Chinchina: FNC-Cenicafé.

Uribe, H. (1965). *Influencia de la densidad de población sobre la producción de café*. Chinchina, Cenicafè. 4p (proyecto C-7 de la sección de café mecanografiado).

Vallejo, M.C., & Vallencilla, J. (1997). Programa de reestructuración y desarrollo en regiones cafeteras de Colombia: *Ensayos sobre economía cafetera*. 13:57-82.

Anexo 1

ENCUESTA	
INFORMACIÓN SOCIO-ECONÓMICA DE LAS FINCAS CAFETERAS QUE PARTICIPAN EN EL PROGRAMA	
Gestión Empresarial del Comité Departamental de Cafeteros de Caldas	
A) Información socio-económica	
Fecha _____	
Municipio _____	Finca _____ Codigo SICA _____
Nombre del caficultor _____	
Genero	Masculino _____ Femenino _____
Edad caficultor	_____ (años)
Educación (ultimo año de educación formal cursado)	_____
Experiencia como caficultor	_____ (años)
Residencia del caficultor (vive en la finca) si/no	_____
b) Manejo agronómico	
Conoce el análisis de suelos si/no	_____
En el año 2013, fertilizó con base en análisis de suelos si/no	_____
En el año 2013, cual fue el número de plateos y/o limpias que realizó en promedio /ha	_____