



**FACULTAD DE POSTGRADO
TESIS DE POSTGRADO
PROPUESTAS DE SOLUCIÓN PARA EL
SECADO DEL CAFÉ UTILIZANDO
ENERGÍAS RENOVABLES EN LA ZONA
DE EL PARAÍSO.**

SUSTENTADO POR:

**ANIBAL NAHUN SOSA SOSA
PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE**

**MÁSTER EN
GESTIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES**

TEGUCIGALPA F.M., HONDURAS, C.A.

JUNIO DE 2019

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

UNITEC

FACULTAD DE POSTGRADO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

MARLON ANTONIO BREVÉ REYES

SECRETARIO GENERAL

ROGER MARTÍNEZ MIRALDA

DECANO DE LA FACULTAD DE POSTGRADO

CLAUDIA MARÍA CASTRO VALLE



FACULTAD DE POSTGRADO

PROPUESTAS DE SOLUCIÓN PARA EL SECADO DEL CAFÉ UTILIZANDO ENERGÍAS RENOVABLES EN LA ZONA DE EL PARAÍSO

**NOMBRE DEL MAESTRANTE:
ANIBAL NAHUN SOSA SOSA**

Resumen

El secado del café es uno de los procesos que resultan más costosos en todo el ciclo de cosecha, procesamiento y comercialización del café, esto debido a la cantidad de energía necesaria para la realización de este proceso, además de los altos costos de la energía eléctrica, la escases de la leña que es el otro combustible utilizado en combinación con la cascarilla de café, además se genera un problema mayor cuando los precios del café no son estables y crea cierta incertidumbre en cuanto a la inversión en este rubro, a pesar que el cultivo de café se realiza en el país por hace muchas décadas, no se han implementado en la zona de El Paraíso, ningún mecanismo que permita a los intermediarios dueños de beneficios secadores de café, poder ejecutar proyectos generadores de energía renovable que puedan disminuir los costos por concepto de energía eléctrica, a pesar de contar con las condiciones para establecer este tipo de proyectos, hasta la fecha se pueden observar algunos inicios con la implementación de secadoras solares en pequeña escala y la utilización de patios de secado, pero no representan un porcentaje significativo en el proceso de secado el cual sigue dependiendo en casi su totalidad de la energía eléctrica generada por la ENEE.

Palabras claves: Costoso, Energía, Leña, Renovable, Secado.



GRADUATE SCHOOL

PROPOSALS FOR SOLUTION FOR THE DRYING OF COFFEE USING RENEWABLE ENERGIES IN THE AREA OF EL PARAISO

**NOMBRE DEL MAESTRANTE:
ANIBAL NAHUN SOSA SOSA**

Abstract

The drying of coffee is one of the processes that are more expensive in the whole cycle of harvesting, processing and marketing of coffee, this due to the amount of energy necessary for the realization of this process, in addition to the high costs of electric power , the scarcity of firewood, which is the other fuel used in combination with coffee husks, also generates a greater problem when coffee prices are not stable and creates uncertainty regarding investment in this area, despite the fact that Coffee cultivation has been carried out in the country for many decades. No mechanism has been implemented in the El Paraíso area to allow coffee-making intermediaries owners to be able to carry out projects that generate renewable energy that could reduce costs for electric power, despite having the conditions to establish this type of projects, to date can be obse To start with the implementation of small-scale solar dryers and the use of drying patios, but they do not represent a significant percentage in the drying process, which still depends almost entirely on the electrical energy generated by the ENEE.

Keywords: Expensive, Energy, Firewood, Renewable, Drying

DEDICATORIA

A Dios y mi familia, especialmente a Fer que aunque se adelantó en el camino, está conmigo en cada paso que doy.

AGRADECIMIENTO

A los profesores que me impartieron clases en la UNITEC, a mi asesor de tesis por su dedicación para que terminara mi proyecto, a mis compañeros de maestría por su apoyo, a mis compañeros de trabajo por motivarme a seguir adelante y a las dueños de los beneficios de café de la ciudad de El Paraíso que me brindaron información para realizar mi proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
I.1- INTRODUCCIÓN	1
I.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	3
I.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	4
I.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	6
II.1 LA ENERGÍA EN HONDURAS	6
II.1.2 Las Energías Renovables	7
II.2 EL CAFÉ	8
II.2.1 Etapas del cultivo de café	11
II.2.2 Condiciones que debe reunir el área de siembra	11
II.2.2.1 Siembra.....	12
II.2.2.2 Siembra definitiva a primera floración	12
II.2.3 Desarrollo reproductivo	13
II.2.3.1 Desarrollo del grano de café	14
II.2.4 Recolección del café	15
II.2.5 Post cosecha- Beneficiado y Secado	16
II.3 REGIONES CAFETALERAS DE HONDURAS	19
II.3.1 Región Copán	20
II.3.2 Región Opalaca	20
II.3.3 Región Montecillos	21
II.3.4 Región Comayagua	22
II.3.5 Región Agalta.....	22
II.3.6 Región El Paraíso.....	23
II.4 EL CAFÉ COMO FUENTE DE ENERGÍA.....	23
II.5 EL SECADO DEL CAFÉ.....	24
II.5.1 Estándares de calidad requeridos durante el proceso de secado.....	25
II.5.2 Enfermedades que afectan la calidad del grano del café	26
II.5.3 Métodos de secado que se utilizan en la zona de El Paraíso	26

II.5.4 Componentes del secado mecánico	29
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	34
III.1 PARADIGMA DE LA INVESTIGACIÓN	34
III.2 ELEMENTOS QUE COMPONEN LA INVESTIGACIÓN	35
III.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	35
III.4 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	35
III.5 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	36
1. Fuentes de energía.....	36
2. Costos de energía	36
III.6 FUENTES DE INFORMACIÓN	36
III.7 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	36
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS	37
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
V.1 CONCLUSIONES	63
V.2 RECOMENDACIONES	64
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	64
<i>ANEXOS</i>	67
<i>GLOSARIO</i>	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Capacidad Instalada en Plantas (MW).....	6
Tabla 2. Tipo de granos que procesa	37
Tabla 3. Tipo de café que compra	38
Tabla 4. Método utilizado para el secado del café	40
Tabla 5. Combina métodos de secado	41
Tabla 6. Fuentes de energía que utilizan	42
Tabla 7. Fuente particular para abastecerse de energía diferente a la ENEE.	43
Tabla 8. Especie de leña que utilizan en el secado del café.....	45
Tabla 9. Manera de obtención de la leña utilizada en el secado del café	46
Tabla 10. Principales problemas para la adquisición de leña para el secado del café	47
Tabla 11. Otro material combustible utilizado aparte de la leña en el secado del café.	51
Tabla 12. Está en disposición de utilizar algún método de energía renovable para el secado del café.....	54
Tabla 13. Cantidad de leña utilizada y valor total por temporada de café.	54
Tabla 14. Gasto de energía eléctrica por beneficio	55
Tabla 15. Gasto total de leña y energía eléctrica.....	55
Tabla 16. Cálculos de cantidad de energía a generar en granja solar para abastecer a los 6 beneficios secadores de café.....	56
Tabla 17. Datos de amortización del préstamo para la instalación de granja solar.....	58
Tabla 18. Análisis de inversión para la instalación de granja solar utilizando préstamo para la inversión	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 19. Programa de la Amortización del Préstamo.....	60
Tabla 20. Valores de transporte de la pulpa de café.	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación departamento de El Paraíso	1
Figura 2. Composición del fruto del café.	8
Figura 3. Planta de café.....	10
Figura 4. Proceso de obtención del grano de café pergamino	15
Figura 5. Producción de café en Honduras por departamento.	19
Figura 6. Secador solar tipo domo	26
Figura 7. Secadora industrial cilíndrica “Guardiola”	28
Figura 8. Secadora industrial tipo vertical.....	29
Figura 9. Comparación de los resultados obtenidos experimentalmente con los obtenidos por programas de simulación del secado del café.	32
Figura 10. Esquema sobre metodología de la investigación	34
Figura 11. Tipo de granos que procesa en su beneficio	38
Figura 12. Cantidad de café en quintales que compra en la temporada	39
Figura 13. Métodos de secado que combina	41
Figura 14. Consumo de energía eléctrica en el proceso de secado de café por temporada	42
Figura 15. Fuente particular de energía para abastecer diferente de la ENEE.....	43
Figura 16. Cantidad de metros cúbicos de leña utilizados en el secado de café	44
Figura 17. Especie de leña que utiliza en el secado del café.	45
Figura 18. Manera de obtención de leña para el secado del café.....	46
Figura 19. Principales problemas para la adquisición de leña para el secado del café.	47
Figura 20. Precio que paga por metro cubico de leña para el secado del café.	48
Figura 21. Horas que tarda en el secado del Café.	49
Figura 22. Gasto promedio de energía eléctrica para el secado del quintal de café.....	49
Figura 23. Personas que se necesitan para realizar el secado del café.	50
Figura 24. Capacidad en quintales de la secadora de café.....	51
Figura 25. Otro material combustible utilizado aparte de la leña para el secado del café.	52
Figura 26. Sacos de material utilizado por secada de café.	52
Figura 27. Valor de material utilizado en el secado del café	53
Figura 28. Está en disposición de utilizar algún método de energía renovable.	54
Figura 29. Cantidad de leña utilizada y valor total por temporada de café	56

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

I.1- INTRODUCCIÓN

El departamento de El Paraíso, ubicado en el oriente de Honduras, ha sido por muchas décadas un departamento con alta producción de café, llegando en algún momento a ostentar el primer puesto en producción de café a nivel nacional, la cultura de este departamento está ligado desde hace muchos años a la producción de café, siendo este rubro la principal fuente de ingresos de las familias rurales y la actividad que genera dinamismo en la economía de la zona, ya que genera empleo para más de cien mil personas de forma directa quienes participan en el proceso de recolección del fruto en la temporada de cosecha.



Figura 1. Ubicación departamento de El Paraíso

.(EcuRed, 2016)

Por ser el café un cultivo de gran importancia en la zona se hace necesario realizar diversas investigaciones en diferentes aspectos que tienen que ver con el proceso de la obtención del producto final, uno de los principales retos de los productores es mejorar la calidad del grano para poder llegar a producir cafés especiales que tengan mayor valor económico, en este departamento

se ha capacitado mucho al productor para producir cantidad y no calidad dándole poca importancia al tratamiento del grano, enfocándose más en la calidad de la planta para que sea una planta con alta producción lo cual es muy importante también en el proceso.

El secado del café es una parte muy importante en el proceso de tratamiento del grano de café, máxime cuando este producto es para la exportación, porque como sabemos el café es uno de los principales productos de exportación del país, el secado es también uno de los procesos más caros ya que se generan gastos significativos debido al consumo de energía eléctrica, esto hace necesario pensar en otras alternativas para reducir la factura energética en el proceso de secado del café.

Actualmente en Honduras el secado del café se realiza en secadoras industriales las cuales funcionan a base de energía eléctrica en combinación con leña y cascarilla de café, esta combinación hace que se reduzcan los costos de energía eléctrica, pero la leña escasea por diversas razones de tipo social cada vez es más difícil adquirirla y se tienen mayores restricciones ambientales al respecto, sin embargo hasta el momento no se ha desarrollado ningún proyecto en la zona para cambiar esta forma de generar la energía necesaria en el secado del café.

Existen más de 25 beneficios secadores de café en la zona de El Paraíso, que desarrollan el proceso de secado del café en la forma descrita anteriormente, a pesar que el periodo en el cual se realiza esta actividad es una parte del año que comprende básicamente 4 meses del año, el gasto de energía amerita analizar otras opciones para obtener la energía necesaria y tratar de abaratar los costos, por tal razón se decidió realizar un estudio sobre el gasto de energía que tienen los secadores de café, considerando los tipos de combustible que utilizan ya sea leña, cascarilla de café o energía eléctrica, para tal efecto se tomó una muestra de 6 beneficios secadores de café,

donde se aplicó una encuesta con el propósito de recabar datos que nos permitan conocer las cantidades invertidas en el proceso, así como otros aspectos relevantes que nos permitan plantear otras alternativas de generación de energía que permitan reducir los costos.

I.2 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Los bajos precios del café afectan a todos los involucrados en el proceso productivo desde el productor hasta el exportador, esta situación es algo fuera del control de los involucrados en la cadena local del café, por consiguiente trae pérdidas a todos los niveles, el proceso de tratamiento del grano de café requiere de los mismos costos sin importar el precio final de venta, lo que genera cierta incertidumbre en los intermediarios por la fluctuación de los precios en la Bolsa de Valores de Nueva York, agregado a esto también el aumento continuo en la tarifa de la energía eléctrica genera un problema mayor que de alguna manera desincentiva la inversión en este rubro.

Además del problema de los precios del café y la energía eléctrica se suma el problema de la obtención de la leña para alimentar los hornos utilizados en el secado del café, el problema de deforestación continua en el país provoca que las autoridades impongan mayores restricciones para la extracción de la leña, si bien es cierto en algún momento la leña fue un producto abundante por causa de la plaga del gorgojo descortezador del pino, ahora estamos en un momento que se ha vuelto más escasa y de mayor valor económico, debiendo comprarla a altos precios ya que no existen otras alternativas para generar la energía necesaria para el secado del café. Sin desconocer el problema ambiental que puede causar el hecho de que algunas personas dedicadas a la extracción de leña no la obtengan de árboles secos, dañados o de residuos de aprovechamientos forestales, sino que la obtengan de árboles sanos aumentando con esto los

problemas ambientales que ya conocemos y que provocan el calentamiento global y la desertificación.

I.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El enunciado del proyecto de investigación es: “Propuestas de Solución Para el Secado del Café Utilizando Energías Renovables en la Zona de El Paraíso”, el planteamiento del problema es: analizar el impacto económico del uso de energía eléctrica y leña en el secado del café, para esta investigación se plantearon una serie de preguntas a través de una encuesta, tales como:

- Cantidad de café que seca cada beneficio
- Tipos de fuentes de energía que utiliza
- Gasto de energía eléctrica en el secado de café
- Cantidad de leña que se utiliza en el secado del café
- Cuáles son otros materiales combustibles utilizados en el secado del café
- Cuáles son los valores que pagan por cada uno de los tipos de combustible o energía utilizada en el secado del café
- Disponibilidad de utilizar fuentes de energía renovable en el secado del café
- Costos promedio en el secado de un quintal de café

I.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

General:

Proponer soluciones energéticas para el secado del café en la zona de El Paraíso.

Específicos:

1. Cuantificar el consumo de leña en un beneficio de café.
2. Medir el impacto económico en el uso de leña y otros insumos energéticos usados para el secado de café.
3. Proponer soluciones con energía renovable para el secado del café.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

II.1 LA ENERGÍA EN HONDURAS

La generación de energía es una prioridad en cualquier país, ya que de esto depende en gran manera el desarrollo industrial y por ende la generación de crecimiento económico además de ser un servicio básico para la población, el principal reto de cualquier gobierno actualmente es la generación de energía limpia, considerando que el cambio climático amenaza seriamente la vida en el planeta. (Umbarila, 2015)

La importancia de la energía generada por medio de la utilización de Recursos Naturales Renovables se ha vuelto relevante en todo el mundo, de ahí que se ha dado la mayor cantidad de incentivos para que se realicen inversiones en este rubro, con el fin de revertir la matriz energética que se venía presentando por décadas, basada principalmente en la generación por combustibles fósiles.

En Honduras actualmente se tiene una matriz energética basada en Energía Renovable alrededor del 62%, superando la generación con combustibles fósiles, la cual fue la principal fuente de generación anteriormente.

Tabla 1. Capacidad Instalada en Plantas (MW)

TIPO DE PLANTA	MW	%
Hidráulica	685.00	26.3
Térmica	875.1	33.6
Biomasa	209.7	8.0
Eólica	225.0	8.6
Fotovoltaica	450.9	17.3
Geotérmica	35.0	1.3
Carbón	125.0	4.8
Totales	2605.7	100

Fuente: (ENEE junio 2018)

II.1.2 Las Energías Renovables

La energía es un recurso natural que puede aprovecharse industrialmente a partir de la aplicación de tecnología y de diversos recursos asociados, en el caso de la Energía Renovable hace mención al tipo de energía que puede obtenerse de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya que contienen una inmensa cantidad de energía o pueden generarse naturalmente.

La energía eólica, la energía solar y la energía geotérmica son ejemplos de energías renovables no contaminantes (energías verdes), debido a que su utilización supone una mínima huella ambiental. Las energías que se obtienen a partir de biomasa, en cambio, son energías renovables contaminantes.

Se estima que el Sol abastecerá las fuentes de energía renovable (a través de la radiación solar, su incidencia en las lluvias, el viento, etc.) durante, al menos, cuatro mil millones de años. El uso de estas energías, por otra parte, no genera gases de efecto invernadero ni otras emisiones contaminantes. (Jose M. Fernandez, 2009)

Las energías renovables también presentan algunas desventajas, entre las cuales podemos mencionar su irregularidad (no puede generarse energía eólica cuando no hay viento por ejemplo), también se debe considerar que si bien es cierto es el camino más amigable con la naturaleza para la generación de energía, el mal uso de estas tecnologías puede crear desastres ya causan impactos en el medio ambiente.

La energía geotérmica puede ser perjudicial si se traen al ambiente gases que provoquen efecto invernadero y metales pesados, la energía hidráulica puede ser causante de inundaciones que causan daños a la población, así como enfermedades pandémicas como el dengue y otras, la energía eólica sino se planifica de manera adecuada puede causar daños a los pobladores de zonas

cercanas, tales como trastornos del sueño, problemas auditivos, daños a las aves, los tipos de energía que menos daños provocan esta la solar y la undimotriz (de las olas)

La mayor fuente de energía del planeta tierra es el Sol, mismo que hace llegar la energía a través de los rayos solares, la cual es absorbida por las plantas. Estos seres vivos convierten en energía radiante en energía química a través del proceso llamado fotosíntesis. Una parte de esta energía se almacena como materia orgánica, misma que conocemos como biomasa que puede procesarse para aprovechar la energía y transformarla en combustible. (Viloria, 2013)

II.2 EL CAFÉ

El cultivo del café se concentra entre trópico de Cáncer y el trópico de Capricornio en un área llamada el cinturón del café. Los factores climáticos que se dan en esta zona favorecen el cultivo y crecimiento, por tal razón en esta zona se encuentran los grandes productores de café del mundo.

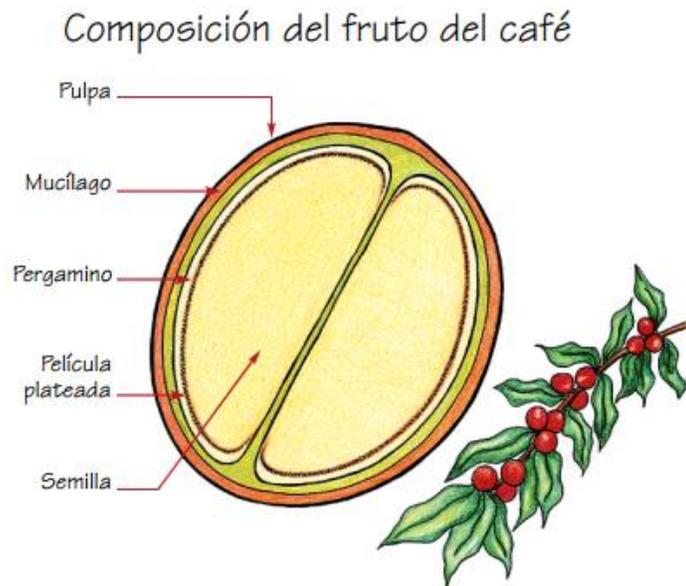


Figura 2. Composición del fruto del café.

(Cenicafé, 2010)

Las especies de café más cultivadas son *coffea arabica* (conocida como Arábica o Arábigo) y *coffea canephora* (conocida como Robusta), entre estas dos especies se presentan grandes diferencias a nivel sensorial, cultivos, comercio entre otros. (Jimenez, 2018)

Una de las más importantes diferencias entre las dos especies son las regiones de cultivo, el café robusta prefiere zonas con alturas entre 600 a 1600 msnm, suelen ser zonas con menos precipitación y terrenos planos que facilitan la cosecha y ayudan a la concentración. El café arábigo se adapta mejor a las zonas tropicales mayor altitud con temperaturas bajas y elevaciones entre los 1600 y un poco más de 2000 msnm.

El café es un cultivo de mucha importancia en el Honduras y en la región latinoamericana, desde el punto de vista económico, social y ecológico, un cultivo que tiene amplia incidencia en la cultura del campo de nuestros países, en la economía por ser un producto generador de divisas al ser un producto de exportación durante muchas décadas en Honduras, desde el punto de vista social es una fuente de empleo durante la cosecha, para muchos hondureños también es generador de polémicas con respecto a los daños o beneficios al medioambiente por los requerimientos naturales tanto para su cultivo como su proceso de cosecha y beneficiado. (INCAE, 1999)

La historia del café se remonta según los pocos datos a la región de Etiopia al norte de África desde su descubrimiento hasta los primeros cultivos que se realizaron de esta planta, pasando por una serie de procesos hasta poder llegar al punto en cual lo conocemos y consumimos, en tiempos antiguos llego a considerársele una bebida prohibida ya que le atribuían características diabólicas hasta llamarla la bebida del diablo. (Vergés, 2011)



PLATE XI.—*Coffea arabica* (Coffee). (From Jackson: *Experimental Pharmacology and Materia Medica*.)

Figura 3. Planta de café.

(Cenicafé, 2010)

Es una planta de la familia Rubiácea, con 500 géneros y 8000 especies, del genero *coffea* se cultivan 10 especies y se conocen 50 especies silvestres (*Miguel F. Monroig Inglés*), en Honduras la especie que se cultiva es *Coffea arábica*, Honduras cuenta con un parque cafetero de 430 mil manzanas y más de 120 mil familias productoras en su gran mayoría pequeños productores, representa del 6 al 8% al Producto Interno Bruto Nacional, aportando alrededor de 1400 millones de dólares por cosecha en concepto de divisas, en la temporada de cosecha es una fuente de empleo para más de un millón de familias en los 15 departamentos cafeteros del país. Honduras es el primer país productor de café de Centroamérica, con un parque cafetero con capacidad productiva de 9.9 millones de quintales de café de los cuales 7 millones de quintales oro son exportables. (IHCAFE, 2016)

II.2.1 Etapas del cultivo de café

El ciclo de vida de la planta de café está marcado por dos fases de desarrollo, el primero destinado a la formación de estructuras no reproductivas llamado desarrollo vegetativo y la segunda fase se denomina desarrollo reproductivo, en donde ocurre la formación y desarrollo de estructuras reproductivas como las flores y los frutos. Durante el ciclo de vida de la planta el desarrollo vegetativo continúa durante toda su vida con la formación de nuevos nudos, hojas, ramas y raíces de manera simultánea con el desarrollo reproductivo y la formación de flores y frutos. (ICAFE, 2017)

El desarrollo vegetativo comprende tres etapas: germinación, almacigo y siembra definitiva a primera floración.

El cultivo de café requiere de condiciones especiales para poder desarrollarse, por lo tanto el primer paso para el establecimiento de este cultivo es la selección del lugar de siembra.

II.2.2 Condiciones que debe reunir el área de siembra

Clima adecuado entre los 19 y 21.5 grados Celsius

Precipitación de lluvia normal, ya que la falta de lluvia y el exceso de la misma puede provocar sequía y proliferación de plagas.

Humedad y vientos normales

Es preferible que los terrenos sean de color oscuro, ya que la textura de los mismos favorece el proceso productivo en general.

II.2.2.1 Siembra

La siembra se da por partes. Primero se siembran las semillas en invernaderos controlados. Después de seleccionar la variedad de semilla que se va a utilizar se da inicio a su germinación en donde desarrollan sus órganos vegetativos (raíz, tallo y hojas) aproximadamente en dos meses. El germinador permite obtener chapolas sanas gracias a su construcción que brinda protección y facilidad para el cuidado de las plantas. Después de dos meses en el germinador la planta comienza a formar su primer par de hojas verdaderas (en esta etapa a la planta se le conoce como chapola). (ICAFE, 2011)

Cuando ya las dos hojas cotiledonares se encuentran extendidas se pasa a la fase de almacigo que es cuando las chapolas son trasplantadas del germinador a las bolsas de polietileno o se pueden pasar al suelo, en ambos sistemas se debe controlar la sombra, en esta etapa de almacigo la plantas puede estar por un tiempo de cinco a seis meses hasta que el colino esté en condiciones de ser trasplantado al campo. En promedio en esta fase la planta forma de 6 a 8 pares de hojas.

II.2.2.2 Siembra definitiva a primera floración

Esta etapa dura aproximadamente once meses dependiendo de la zona, recursos hídricos, época de siembra, temperatura, nutrición entre otros. Para una siembra exitosa los cafetos deben provenir de las mejores chapolas trasplantadas en el almacigo, resultado de la selección y eliminación de aquellas plantas débiles, deformes, amarillas y con raíces quebradas y torcidas. Las chapolas deben ser vigorosas, tener en lo posible follaje completo y las raíces bien formadas. Con la raíz pivotante recta y completamente desarrollada. (Colombia, 1979)

II.2.3 Desarrollo reproductivo

Al culminar la etapa vegetativa se da comienzo a la primera floración que marca el inicio del desarrollo reproductivo del café. La primera floración se da cuando por lo menos el 50% de las plantas han presentado floración, por ser una especie perenne el desarrollo vegetativo y reproductivo continúan durante toda la vida de la planta.

El tiempo que ocurre la primera floración puede variar dependiendo de factores propios de la zona de cultivo, como suelo o clima de la zona así como de la nutrición de la planta, las flores se forman a partir de las yemas ubicadas en las axilas foliares que se encuentran en los nudos de las ramas compuestas por cinco lóbulos, con cáliz, cinco estambres y el pistilo que compone el ovario, estilo y estigma. (Soto, 1994)

La floración es una respuesta fenológica a cambios en variables como la disponibilidad hídrica, temperatura del aire y el brillo solar, se considera como el periodo de tiempo en que las flores se encuentran abiertas, pero es un proceso de desarrollo que toma de 4 a 5 meses antes de la apertura de la flor.

La floración puede variar según la concentración de las lluvias en la zona de cultivo, en zonas donde la lluvia se concentra en un determinado periodo, las floraciones se dan en forma concentrada en un solo periodo, en cambio en zonas donde las lluvias son dispersas las floraciones pueden darse incluso cuando algunos granos ya están entrando a la etapa de maduración. (Zapata, 2015)

Las flores permanecen abiertas entre dos y tres días listas para la polinización, en el café arábica el 90% de la polinización es realizada por el mismo polen del árbol (autopolinización) el árbol también produce un aroma que atrae insectos que ayudan a la polinización. Una vez fertilizadas

sus anteras se tornan de color café y dos días después las demás partes de la flor caen dejando descubierto el ovario dando inicio a la formación del fruto.

Los registros de la floración son de gran importancia para determinar las curvas de desarrollo del fruto, identificar las épocas críticas para el control de la broca, proyectar el crecimiento de los frutos en cada evento de floración e identificar las épocas de fertilización y de mayor demanda de recursos hídricos.

II.2.3.1 Desarrollo del grano de café

El grano de café, la parte que consumimos es el fruto de una cereza que se forma a lo largo de ramas, suelen venir dos granos por cereza y dependiendo del nivel de maduración cambia de tonalidad pasando de tono verde a rojo intenso. Durante el desarrollo del fruto la disponibilidad hídrica tiene mucho que ver además de otros factores ambientales, si hay escases hídrica pueden formarse granos defectuosos por insuficiente llenado de almendra.

El desarrollo del grano dura aproximadamente 32 semanas desde que la flor es polinizada, el grano pasa por cuatro etapas en donde comienzan una serie de desarrollos fisiológicos partiendo como un pequeño fosforo desarrollando las dos semillas que se encuentran en el interior hasta lograr madurarlas. (Moreno, 2011)

Etapas I. desde la floración hasta 50 días aproximadamente, teniendo un lento crecimiento

Etapas II. Entre los 50 y 120 días en promedio, el fruto crece y adquiere su tamaño final, la semilla aun no gana su particular consistencia sólida. (cenicafe, 2017)

Etapa III. Entre los 120 y 180 días la almendra de café completa su desarrollo y comienza a madurar lo que se ve reflejado en la tonalidad de los frutos que pasan de ser verdes hasta tomar color rojo intenso.

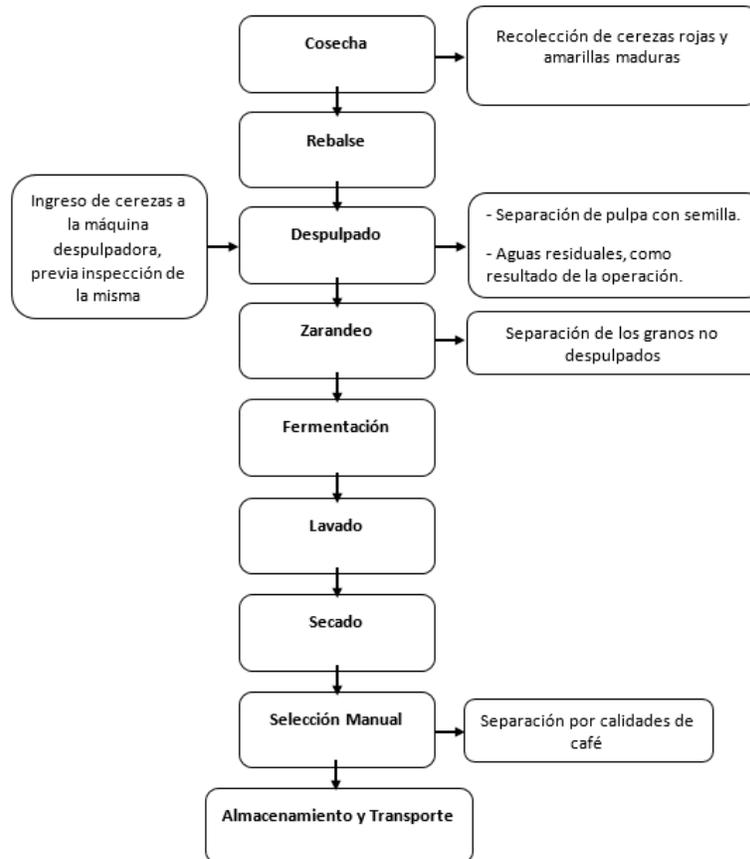


Figura 4. Proceso de obtención del grano de café pergamino

(Cenicafé, 2010)

II.2.4 Recolección del café

Lo ideal es recolectar los granos de café cuando se encuentran maduros, evitando recolectar granos verdes y pintones sin llegar a esperar que el grano se sobre madure ya que afecta la calidad de la bebida y el peso. Al realizar la recolección se debe tener especial cuidado en no dejar demasiados granos maduros en el árbol ni regados en el suelo con el fin de prevenir posibles focos de Broca.

Existen dos tipos de recolección que predominan en el mercado, la recolección manual (piking) y la recolección por maquinaria (tripping), en la recolección manual se recolecta grano por grano buscando seleccionar solo los frutos que se encuentran en estado de madurez adecuados lo que influye en gran medida en la calidad de la taza.

La recolección con maquinaria es predominante en el café robusta ya que las zonas donde se cultiva facilita la entrada de grandes maquinas que recolectan todos los granos. Los terrenos donde se cultiva el café arábigo suele tener grandes pendientes lo que imposibilita la entrada de maquinaria para que realicen esta función.

II.2.5 Post cosecha- Beneficiado y Secado

Los procesos de pos cosecha conocidos en muchos lugares como beneficio y secado, comienzan a partir de la recolección de las cerezas de café. En Honduras la gran mayoría de los productores utilizan el beneficiado húmedo que incluye el despulpado, la fermentación, el lavado y secado del grano. En el despulpado a las cerezas se les retira la pulpa rápidamente después de la recolección. En caso de que este se retrase por más de 6 horas, el grano, y posteriormente la bebida, pueden presentar el defecto de taza llamado fermento. Este defecto también se presenta cuando hay presencia de frutos sin despulpar y de pulpa adherida al pergamino o en la medida que aumenta el porcentaje de grano sobre maduro en el café cosechado.

Posteriormente se retira el mucilago (mesocarpio) por medio de la fermentación del grano en tanques de fermentación o por medios mecánicos. La fermentación puede durar de 12 a 18 horas, dependiendo de las siguientes variables:

- La temperatura del lugar, el mayor tiempo de fermentación se requiere en las zonas más frías.

- La altura de la masa de café en el tanque de fermentación, a mayor altura de la capa de café es menor el tiempo de fermentación.
- El uso de agua, es preferible la fermentación en seco ya que acelera la fermentación y se debe permitir que las aguas mieles salgan al exterior del tanque.
- El grado de madurez del café
- La cantidad d de mucilago del grano.

Una vez que el café ha pasado por el proceso de beneficio se seca al sol o con secadores mecánicos. Cuando ya se tiene el café seco se le llama café pergamino, puesto que al grano lo cubre una capa amarilla opaca llamada pergamino. (FHIA, 2004)

Luego el café se somete al proceso de trilla de café, para obtener el café almendra o café verde. Una vez trillado el grano verde se selecciona y clasifica cuidadosamente, teniendo en cuenta su tamaño, peso, color y apariencia física (defectos). Este café verde o almendra es el insumo para la elaboración del café tostado, del café soluble y los extractos del café, se caracteriza porque su color es verde, tienen un color característico de café fresco y su humedad promedio debe ser del 10 al 12%. (cafe de colombia, 2018).

La cosecha del café es un paso muy importante y que influye mucho en la calidad del producto final, la cosecha consiste en recoger los granos completamente maduros, haciendo uso de sacos o canastas para evitar dañar el producto. En El Paraíso la temporada de cosecha se produce entre los meses de octubre a febrero.

Rebalse: Consiste en depositar todos los granos cosechados en una pila llena de agua, de manera que los granos de café vacíos por dentro rebalsen o floten en el agua, para después separarlos y desecharlos.

Despulpado: Consiste en separar la cascara o pulpa del grano el mismo día de la cosecha, haciendo uso de la maquina despulpadora.

Zarandeo: Separación de los granos de café no despulpados.

Fermentado: Es un proceso por el cual se descompone el mucilago mediante la fermentación natural en la que actúan bacterias, Leboclaeros y Hasgocicle. Se realiza en tanques de cemento, en cajones de madera o en sacos. El tiempo requerido para este proceso varía entre 24 y 36 horas. (Quiróz, 2009)

Lavado: Consiste en extraer completamente el mucilago del grano y seleccionar los granos por densidad al momento del lavado, haciendo uso de agua limpia, ya que el uso de agua sucia o reciclada puede deteriorar la calidad en taza de café.

Secado: consiste en eliminar el contenido de agua del grano del café del 52% de humedad hasta llegar al 10% o 12% de humedad. Esta etapa es una de las más importantes, ya que requiere un buen secado para mantener la calidad del grano durante el tiempo necesario, mientras se logra comercializar. El café pergamino haciendo uso de un método de secado artesanal al aire libre, tarda en secar 5 días, dependiendo de la radiación.

Selección manual del café: consiste en seleccionar los granos del café después del secado. Debe procurarse que los granos secos tengan un color verde azulado o verde claro, pues esto asegura la calidad con una humedad del 10 al 13% por lo tanto los demás deben ser descartados.

Almacenamiento y transporte a los centros de acopio: en este proceso no se debe almacenar ni transportar el café junto a sustancias contaminantes, ya sean abonos, gasolinas, o algún toxico; ya que el café absorbe todo lo que está a su alrededor. (Agrobanco, 2013)

II.3 REGIONES CAFETALERAS DE HONDURAS

Según el IHCAFÉ en Honduras se reconocen seis regiones cafetaleras, mismas que tienen características particulares tanto de clima, topografía, tipos de suelo etc. Estas condiciones le dan un sabor característico al café de cada región, mismas que se detallan a continuación:

1. Región Copán
2. Región Opalaca
3. Región Montecillos
4. Región Comayagua
5. Región El Paraíso
6. Región Agalta



Figura 5. Producción de café en Honduras por departamento.

II.3.1 Región Copán

La región Copán está localizada en los departamentos de Copán, Ocotepeque, Lempira, Norte de Santa Bárbara y Cortés.

El café de esta zona siempre ha tenido una calificación arriba del 95% en competencias de taza de la excelencia. Esta zona además de producir un excelente café presenta otros atractivos turísticos por esta razón es bastante visitada por turistas extranjeros.

Perfil de la región:

Se produce un café con sabor a chocolate, bien balanceado de sabor agradable, se produce en alturas de 1,000 hasta los 1,500 metros sobre el nivel del mar, con precipitaciones entre los 1,300 y 2,300 mm anuales, temperaturas promedio de 12- 22°C, se utilizan sombra de frutales, ingas y otras especies forestales.

Las variedades de café más cultivadas son Bourbon, Caturra y Catuai, la cosecha se realiza entre los meses de noviembre a marzo.

II.3.2 Región Opalaca

Comprende los departamentos de Santa Bárbara, Lempira e Intibucá, es una zona de mucha población indígena, esto significa que los productores de esta zona mantienen ciertas tradiciones en cuanto al tratamiento del café, sobre todo en el aspecto de la producción es mucho más amigable con el ambiente.

Es una zona ubicada en la montaña de Opalaca, misma que es un refugio de vida silvestre, esta zona está rodeada por varios ríos quebradas y montañas que proveen a las fincas de café un ambiente perfecto para la cosecha de café de sombra natural.

Perfil de la región:

En esta zona se produce un café con fina y delicada acidez, aromático y con sabores a frutas tropicales, la zona tiene altitud de 1,100 a los 1,600 metros sobre el nivel del mar, con precipitaciones entre los 1,350 y los 1,900 mm anuales, temperaturas en rango de 19 a 21°C

El tipo de sombra utilizada en las fincas es árboles frutales, ingas y forestales básicamente, las variedades cultivadas son el Bourbon, Caturra, Catuai, Typica, la época de cosecha es en los meses desde noviembre hasta febrero.

II.3.3 Región Montecillos

Esta región es reconocida por producir un café de alta calidad cotizado a nivel internacional tipo gourmet, la zona de Marcala ha participado desde hace muchos años en competencias de tazas de la excelencia obteniendo premios por la alta calidad de su café.

Perfil de la región:

Este es un café con fragancia a frutas y dulces con sabores a naranja y melocotón, la región comprende los departamentos de La Paz, Comayagua, Santa Bárbara e Intibucá, con precipitaciones entre los 1,300 y 2,300 mm anuales, esta zona tiene alturas entre los 1200 y 1600 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas entre los 12 y 21°C, el tipo de sombra utilizada en las fincas de esta zona es Inga, frutales, forestales y pino.

Las variedades cultivadas son el Bourbon, Catuai, Caturra y Pacas, la época de cosecha es de diciembre a abril.

II.3.4 Región Comayagua

Esta región comprende los departamentos de Comayagua y Francisco Morazán, es una zona de bosques nublados, zonas lluviosas y selva tropical, es una zona donde se ubican ciudades y pueblos coloniales que forman parte de la historia del país. Esta región tiene suelos fértiles con colinas inclinadas, el café crece con sombra de Inga y Musa.

Perfil de la región:

El café de esta zona tiene fragancia cítrica con sabores ácidos y dulces. Se cultiva en zonas de 1100 a 1400 metros sobre el nivel del mar, con precipitación anual de 1350 a 1700 mm anuales, temperaturas entre los 14 y 22°C. La época de cosecha es de diciembre a marzo.

II.3.5 Región Agalta

Esta zona comprende los departamentos de Olanchito, Atlántida, Colón y Yoro, caracterizada por ser una zona con mucha actividad eco turística, con muchas áreas protegidas que permiten una amplia diversidad de vida silvestre y donde se produce un café muy suave y fresco.

Perfil de la región:

En esta región se produce un café con sabor a frutas tropicales con fragancia a caramelo y chocolate, cultivado en alturas de 1100 y 1400 metros sobre el nivel del mar, con precipitación anual de 1350 hasta los 1950 mm anuales, con temperaturas entre los 14 y 22°C, el tipo de sombra que se utiliza en esta zona es de Inga, frutales y forestales.

Las variedades cultivadas son Bourbon, Caturra, Typica, la época de cosecha es de diciembre a marzo.

II.3.6 Región El Paraíso

Esta región está formada por el departamento de El Paraíso y algunas áreas adyacentes de los departamentos de Francisco Morazán y Choluteca, es una región con una tradición agrícola y por mucho tiempo fue celebrada como la región de mayor producción de café. En esta región sobresale la montaña de Dipilto, montaña de Yuscarán y otras áreas que ofrecen condiciones óptimas para la producción de café de alta calidad.

Perfil de la región:

En esta región se produce un café con sabores cítricos, con fragancia dulce, las alturas entre los 1100 y 1400 metros sobre el nivel del mar, con precipitaciones anuales de 950 a los 1950 mm, temperaturas entre los 16 y los 22°C

El tipo de sombra utilizado en la producción es Inga, frutales y forestales, las variedades cultivadas son Catuai, Caturra y otros, la época de cosecha es de diciembre a marzo.

www.ihcafe.hn

II.4 EL CAFÉ COMO FUENTE DE ENERGÍA

Actualmente el café es reconocido por el valor que tiene como grano aromático, hasta la fecha no se destaca ningún otro uso o valor del café, es utilizado de diversas formas para la elaboración de productos derivados lo que consigue darle un valor agregado al mismo, pero además del grano el café representa un considerable volumen de desechos o desperdicios que no reciben ningún tipo de tratamiento y que podrían ser utilizados para otros usos.

El café representa una fuente de energía considerada renovable por provenir de la naturaleza y que persistirá mientras se mantenga el cultivo, la base de la energía proviene básicamente del

proceso de la fotosíntesis que realizan las plantas en su proceso natural de vida mediante el cual son capaces de absorber CO₂ de la atmosfera y transformarlo en alimento para ellas con la ayuda de la energía proveniente del sol, haciendo esto que la planta de café sea una planta con mucha biomasa para aportar en un proceso de generación de energía. (Arcila, 2015)

La mayoría de los países del mundo están realizando investigaciones con el propósito de cambiar su matriz energética pasando de la generación de energía a base de combustibles fósiles a energía producida por fuentes renovables, esto hace que se consideren todas las probabilidades de encontrar fuentes de energía tal es el caso de la biomasa que se ha convertido en una fuente de generación importante más que todo por la agroindustria azucarera y la industria maderera que aprovechan el gajoso de caña y el aserrín proveniente del aserrío de la madera para generar la energía que consumen y en algunos casos son proveedores de la estatal energética encargada de suministrar a la población,

En el caso del secado del café se considera la cascarilla o mucilago del café una fuente de energía que sirve para la realización de este proceso en combinación con la leña, esta fuente de energía es hoy en día muy utilizada por los beneficios que se dedican a la comercialización del café, ya que la misma abarata los costos y reduce la contaminación. (Cenicafé, 2010)

II.5 EL SECADO DEL CAFÉ

La calidad del café es el resultado de un conjunto de procesos que permiten la expresión y desarrollo y conservación de las características físico-químicas propias del café hasta el momento de su transformación y consumo.

En la calidad del grano de café influyen los cuidados culturales en el manejo del cultivo los factores de ambiente y el grado de madurez en la cosecha del grano de café, así como el proceso de beneficio secado y almacenamiento del grano.

II.5.1 Estándares de calidad requeridos durante el proceso de secado

Un café de calidad debe cumplir con ciertos parámetros medibles de forma, tamaño, densidad, color, humedad, requiriéndose para ello una humedad óptima de 10% a 12% en el grano de café seco, además debe cumplir con ciertas características sensoriales como son el sabor y aroma.

En la zona de El Paraíso la mayor parte del café se seca en secadoras industriales que funcionan a base de energía eléctrica, leña y cascarilla de café, siendo muy poco la cantidad de café que se seca con método natural en su mayor parte con secado de patio y la incorporación en los últimos años de secadoras solares.

Algunos pequeños productores realizan el secado del café de manera particular en patios de su propiedad o secadoras solares, obteniendo café de muy buena calidad, mismo que utilizan para su consumo, para la comercialización como producto molido y empacado y en menor escala para la exportación en pequeñas cantidades.

En el proceso de producción del café se presentan algunos problemas que son parte de la cultura del productor de café, debiendo luchar con plagas como la broca, la cual ocasiona la pérdida de calidad del producto, permite la entrada de organismos patógenos y provoca la reducción en el peso del fruto perforado que no desciende. Además es capaz de atacar bajo condiciones de almacén cuando se almacena el café con alto porcentaje de humedad. (Zamorano, 1999)

II.5.2 Enfermedades que afectan la calidad del grano del café

Existen enfermedades en la planta de café, entre las cuales las que más destacan son la roya del café o roya amarilla y el ojo de gallo, se producen por exceso de sombra, aparecen en las hojas pequeñas manchas de color café oscuro. El ojo de gallo ataca las hojas y frutos en todos sus estados de desarrollo y se observa como una mancha redonda hundida y de diferente tamaño color amarillento, volviéndose pardo al final.

También existen factores ambientales que pueden contaminar el grano de café en el secado, como la lluvia, contacto directo con animales, entre ellos las mascotas de los mismos agricultores. (IHCAFE, Manual de Caficultura, 2001)

II.5.3 Métodos de secado que se utilizan en la zona de El Paraíso

Patios.

Construidos en concreto, con una pendiente del 1%, se pueden armar casetas para proteger de la lluvia. No se recomienda poner café cuando el piso este muy caliente.



Figura 6. Secador solar tipo domo

(Cenicafé, 2010)

La secadora solar tipo domo consiste básicamente en una estructura de madera y tubo PVC, piso de tierra, cubierta de nylon para invernadero con protección UV.

Mide 3.4 metros de ancho por 10 de largo por 2.25 metros de altura, la entrada de aire frío es de 15 cm en la parte baja, las ventanas de ventilación miden 30 cm. Por 80 cm y estas tienen una cortina del mismo nylon para cubrirlas en la noche.

En el interior se encuentran 20 zarandas de 1.20 metros de largo por 0.91 metros de ancho, construidas de madera, maya de acero inoxidable, en cada una de ellas tienen una capacidad aproximada de 50 libras de café húmedo para hacer un total de 10 quintales, la altura de la masa del café no debe ser mayor a 4 cm. Las zarandas son móviles al igual que las tarimas y las reglas esto se hace con el objetivo de usar la instalación para otros fines. Cuando no haya café para secado. En los lados se construye una zanja recubierta con cemento para el drenaje del agua lluvia. Este tipo de secador presenta muchas ventajas como ser la reducción de la mano de obra, el grano no se expone a la lluvia, se evita el contacto con tierra o polvo, menor costo y tiempo de construcción. (Magem, 2015)

Ventajas sobre los secadores mecánicos:

- Se evita el uso de combustibles
- No se transmiten malos olores del combustible al grano de café.
- Bajo costo de implementación y mantenimiento
- Tecnología sencilla
- Diversidad de usos. Se puede utilizar para otras actividades en tiempo que no es de cosecha.

Secado Mecánico.

El secado del café en patios al sol se utiliza únicamente en cantidades pequeñas, debido al aumento en la producción y el desplazamiento del cultivo a zonas más húmedas y lluviosas ha hecho necesario la adopción de secadoras mecánicas.

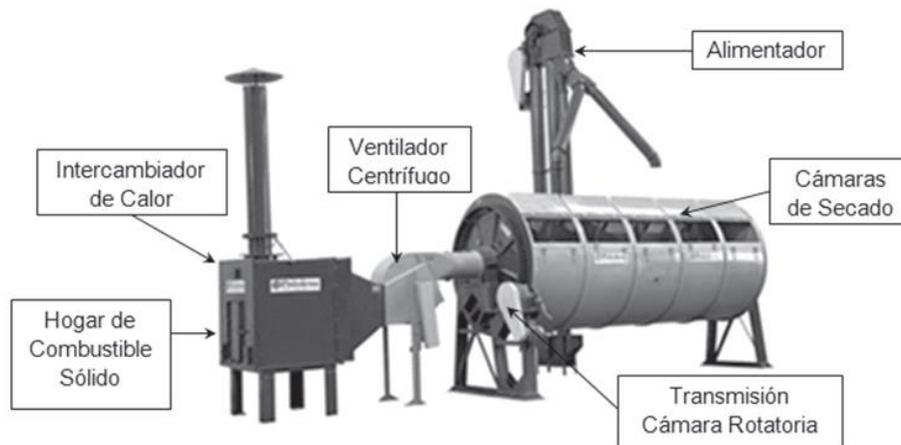


Figura 7. Secadora industrial cilíndrica “Guardiola”

(Flores, 2009)

El café es el grano más difícil de secar hasta el nivel recomendable del 11% por las siguientes razones:

- a. Alto contenido de humedad (50% al 55%) con que sale del proceso de lavado para iniciar el de secamiento. Otros granos como el maíz se cosechan con una humedad que no excede del 20%
- b. Por la diferente naturaleza del físico-química del pergamino (endocarpio) y el grano o endospermo. Debido a su composición celulósica, el pergamino se endurece durante el secamiento, sobre todo si este se efectúa en forma violenta. La pérdida o contracción de volumen que experimenta es pequeña. Las células del parénquima del grano, en cambio, si reducen considerablemente su tamaño durante el proceso. Se va formando entonces una

cámara de aire entre ambos, que interfiere con la transferencia de calor hacia el interior del grano, y con el paso hacia el exterior de la humedad, en forma de vapor de agua.

- c. Por la volatilización de componentes aromáticos que ocurre si se emplean altas temperaturas de secamiento. Durante el proceso de secamiento la temperatura del propio grano es la que interesa, porque es la que puede provocar la pérdida de la calidad. La masa de café puede llegar a tolerar y alcanzar durante unas pocas horas (4 a 10) 50°C de temperatura, sin deterioro sensible de su taza, pero solamente un periodo menor a una hora a 60°C.

II.5.4 Componentes del secado mecánico

Cualquiera que sea el sistema mecánico de secamiento o tipo de secadora empleados, consistirá básicamente de los siguientes componentes: a) una fuente o generador de calor llamado horno o calorífero. b) un ventilador o abanico, para forzar el aire caliente a través del grano, y c) una estructura columnar o cilíndrica donde se pone la carga de café a secar.

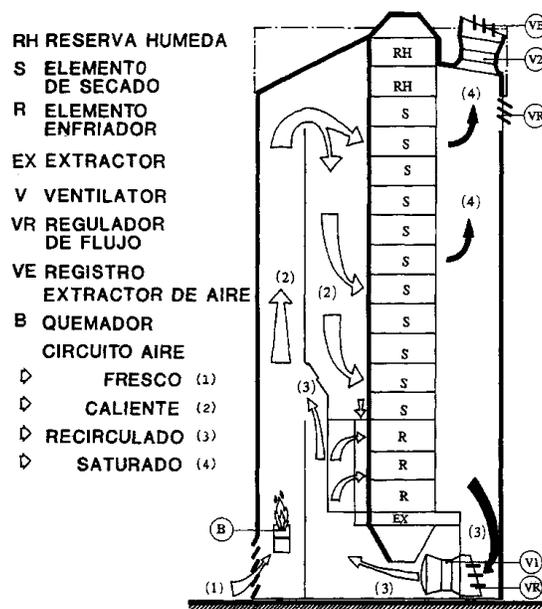


Figura 8. Secadora industrial tipo vertical.
 (Flores, 2009)

Generalmente existe un mecanismo para mantener el café en movimiento, ya sea por gravedad, (secadoras verticales), o por rotación de la propia secadora (Guardiolas). Esta agitación permite el intercambio de calor y vapor de agua y garantiza mayor uniformidad en el secamiento.

También existe el secamiento estático, en compartimientos o bandejas en que el grano cambia de posición periódicamente o se invierte el flujo de aire. Este sistema se emplea generalmente para pequeñas partidas, calidades inferiores, muestras, etc.

El elemento básico en el secamiento es el aire caliente, mecánicamente impulsado y forzado a través de una masa de café. Para que el aire adquiriera su condición desecante, es necesario elevar su temperatura de bulbo seco, o sea el calor sensible el que registra el termómetro. (Cleves, 1995)

La energía para este proceso se obtiene en el horno o calorífero, mediante la combustión de leña y pergamino (cascarilla) seco del mismo café o carbón. En menor escala se utilizan otros combustibles como bagazo de caña o derivados del petróleo. También se utiliza energía eléctrica.

Es importante utilizar leña bien seca ya que la leña húmeda pierde gran parte de su energía en evaporar la humedad.

La humedad relativa del aire ambiente tiene mucho que ver con el secado de cualquier grano ya que si estamos en periodo de lluvias la humedad relativa puede llegar a ser muy alta hasta del 100%, en temporadas cálidas puede descender a 50% y hasta menos.

El flujo de aire caliente que impulsa la ventiladora de la secadora tiene dos funciones fundamentales a) transferencia del calor del aire al café, para elevar su temperatura y convertir el agua de hidratación en vapor de agua; b) la de vehículo expulsor de este, fuera de la secadora.

El flujo de aire depende básicamente de:

- El diseño de las espadas del abanico
- La velocidad del abanico
- La presión estática o resistencia que se presenta en la salida del abanico

Se acostumbra indicar el flujo en metros cúbicos por hora, o en pies cúbicos por minuto.

La presión estática se mide en milímetros o en pulgadas de agua y es la diferencia de presión dentro del ducto que lleva el aire a la secadora.

La secuencia del proceso secado de granos se divide en dos etapas bien definidas:

Oreado y presecado: se inicia aplicando un determinado flujo de aire caliente a la masa de café.

La naturaleza granular de esta permite el paso del aire y la transferencia del calor a la superficie grano. El pergamino y el agua superficial se calientan primero. Se inicia el periodo de evaporación rapidísima de agua, la cual es arrastrada por el mismo flujo de aire. La velocidad de evaporación es hasta 20 veces mayor que al final del secamiento.

Hace aproximadamente cuatro décadas atrás cuando se empezó a utilizar las computadoras para desarrollar programas que facilitan una serie de actividades, también se comenzó a desarrollar programas de simulación del secado del grano del café, para el caso tenemos los programas de la Universidad del Estado de Michigan (MSU) y el modelo Thompson, mismos que han sido comparados con experimentos realizados por Cenicafé (Centro Nacional de Investigaciones del

café) en Colombia, en esta comparación se demuestra que los modelos matemáticos predicen adecuadamente el secado del café en pergamino.

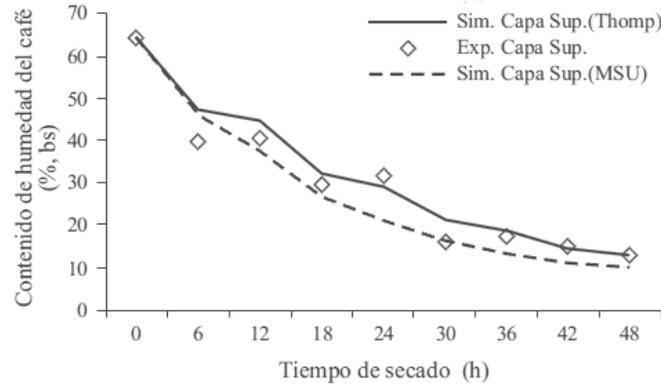


Figura 9. Comparación de los resultados obtenidos experimentalmente con los obtenidos por programas de simulación del secado del café.

(Flores, 2009)

La segunda etapa es el secamiento: que consiste en secar el grano desde afuera hacia adentro ya que los tejidos exteriores se endurecen y separan lo cual dificulta la llegada del calor al centro del grano y la salida del vapor de agua, el secamiento en su etapa inicial es eficiente y rápido, se va haciendo cada vez más lento y dificultoso. La duración del proceso tarda entre 10 a 24 horas según se haya efectuado de eficiente el pre secamiento.

II.6 Marco Legal

Según la normativa legal vigente en Honduras las explotaciones forestales se pueden realizar mediante la elaboración y ejecución de un Plan de Manejo Forestal, mismo que se contempla en la Ley Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre, según las Normas Técnicas de la Ley Forestal, una vez que se finaliza un aprovechamiento forestal, el contratista tiene la obligación de utilizar los residuos resultantes del aprovechamiento los cuales pueden ser utilizados para leña ya sea

para el uso doméstico o para la industria, siendo este el caso que nos ocupa ya que estos residuos son los que se utilizan para generar el calor en los hornos utilizados en el secado del café.

Según el DECRETO EJECUTIVO NUMERO PCM 042-2015 del 12 de agosto del año 2015, se autoriza al Instituto de Conservación Forestal Áreas Protegidas y Vida Silvestre, para autorizar el aprovechamiento de la madera resultante del ataque del gorgojo descortezador del pino, durante el ataque de esta plaga en el periodo del año 2013 al 2017, la madera que se pueda utilizar para construcción de casas, muebles y cualquier otro artículo y en los casos que la madera ya presente daños severos se puede utilizar para leña en este punto los beneficios secadores de café aprovechan este fenómeno natural de la plaga para abastecerse de leña para alimentar los hornos de las secadoras de una forma legal y favoreciendo el hecho de eliminar combustibles que sirven para la propagación de incendios forestales y consecuentemente la destrucción del bosque remanente y regeneración natural.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

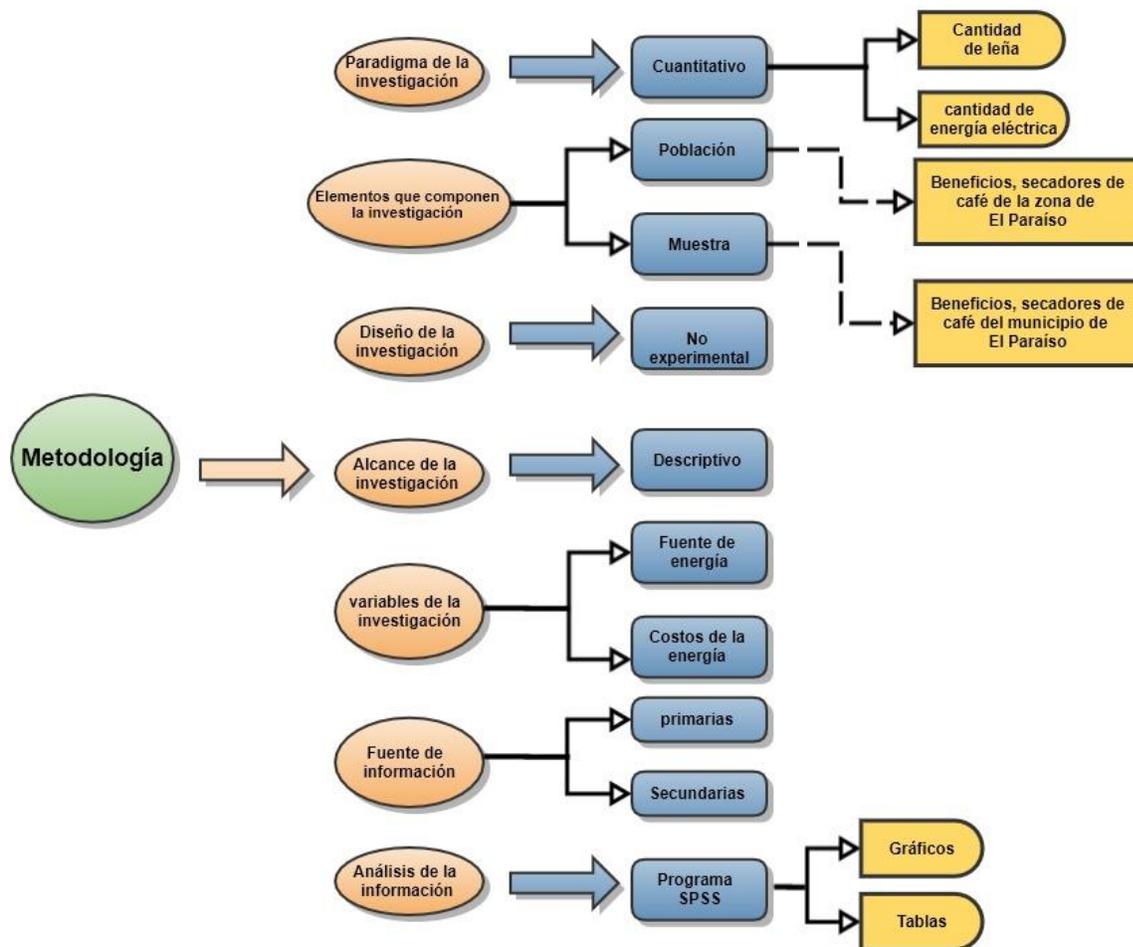


Figura 10. Esquema sobre metodología de la investigación

(Sampieri, 2014)

III.1 PARADIGMA DE LA INVESTIGACIÓN

Este trabajo de investigación se adscribe al paradigma de investigación del tipo *cuantitativo*, ya que su propósito se orienta a cuantificar los gastos relativos a la cantidad que se invierte en leña y en energía eléctrica para la realizar la actividad de secado del café.

Según (Sampieri, 2014) cuando hablamos de una investigación cuantitativa damos por aludido al ámbito estadístico, es en esto en lo que se fundamenta dicho enfoque, en analizar una realidad objetiva a partir de mediciones numéricas y análisis estadísticos para determinar predicciones o patrones de comportamiento del fenómeno o problema planteado.

III.2 ELEMENTOS QUE COMPONEN LA INVESTIGACIÓN

Población: Beneficios secadores de café del departamento de El Paraíso.

Muestra: Se tomó como muestra los beneficios secadores de café del municipio de El Paraíso, departamento de El Paraíso.

Se utilizó un muestreo intencionado con el objetivo de seleccionar los beneficios que posean información más precisa y actualizada.

III.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño es de tipo no experimental debido a la naturaleza de la investigación, sus objetivos y alcances.

Se puede considerar un diseño no experimental transversal descriptivo, que son aquellos que tienen como objetivo indagar la incidencia y los valores en que se manifiesta una o más variables. (Sampieri, 2014)

III.4 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación se enmarca en un alcance descriptivo, ya que proporciona datos relativos a la situación del beneficiado del café en el municipio de El Paraíso, atendiendo a la energía más utilizada en este proceso.

III.5 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

De acuerdo a la naturaleza compleja del fenómeno se ha estudiado la relación existente entre los costos de las diferentes fuentes de energía que se utilizan comúnmente los beneficios secadores de café de la zona, se proponen como variables en estudio:

1. Fuentes de energía
2. Costos de energía

Según Hernández Sampieri, una variable es una propiedad que puede variar y cuya variación es susceptible de medirse. Las variables adquieren valor para la investigación científica cuando pueden relacionadas con otras.

III.6 FUENTES DE INFORMACIÓN

Las fuentes primarias de esta investigación están constituidas por libros, publicaciones y boletines del Instituto Hondureño del Café IHCAFE, artículos científicos y otros.

Además se elaboró un instrumento de tipo cuestionario con 23 preguntas vinculadas al propósito de la investigación, en este sentido, se validó el instrumento a juicio de expertos por el director de la oficina regional del IHCAFE en El Paraíso.

III.7 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La información recabada fue procesada utilizando SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), mismo que es un conjunto de programas orientados a la realización de análisis estadísticos aplicados a las ciencias sociales. Se presentan tablas y gráficos que permiten una mejor visualización de cada una de las preguntas que se aplicaron en el cuestionario.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Para la investigación se tomó como muestra seis beneficios secadores de café de la ciudad de El Paraíso, mismos que se seleccionaron por considerar que proporcionaban información completa respecto a los costos en los que incurren ya sea por la compra de leña o el pago de energía eléctrica por realizar la actividad de secado de café.

Los beneficios secadores de café seleccionados son los siguientes:

1. Beneficio de café Lagos (BELAGO)
2. Cooperativa Mixta de Cafetaleros de Oriente Limitada (COMICAOL)
3. Beneficio de café AGROCAFE
4. Beneficio de café Toledo
5. Beneficio de café Sosa
6. Beneficio de café Montes (BECAMO)

IV.1. A continuación se presentan una serie de tablas y gráficos como resultado de la aplicación del instrumento de consulta aplicado a los 6 beneficios seleccionados.

Estadísticos

Tipo de granos que Procesa en su beneficio

N	Válidos	6
	Perdidos	0

Tabla 2. Tipo de granos que procesa

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos Café	6	100.0	100.0	100.0

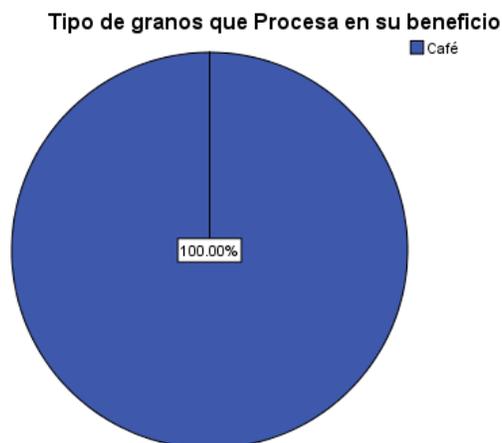


Figura 11. Tipo de granos que procesa en su beneficio

Elaboración propia 2019

En su totalidad los beneficios tomados como muestra se dedican exclusivamente a la compra y procesamiento del café, siendo el secado del mismo la actividad más relevante por el cambio en el estado del producto y por lo que representa desde el punto de vista económico.

Resumen de los casos

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	Nº	Porcentaje	Nº	Porcentaje	Nº	Porcentaje
TipoCafe	6	100.0%	0	.0%	6	100.0%

Tabla 3. Tipo de café que compra

	Respuestas	
	Nº	Porcentaje
Tipo de Café que Compra	En uva	3 18.8%
	Pergamino Húmedo	5 31.3%
	Pergamino Seco	6 37.5%
	Otros	2 12.5%
Total		100.0%

Elaboración propia, 2019

La actividad predominante en los beneficios secadores de café es la compra del café en la forma de pergamino, ya sea húmedo o seco, esto debido a que la mayoría de productos procesan el grano hasta el punto del lavado y en pequeñas cantidades lo pueden llevar hasta el secado, el cual se hace en el patio o en secadoras solares; sin embargo por la cercanía de las fincas a los beneficios tienen maquinas que les permiten comprar el café en uva y lo despulpan y lavan para después secarlo.

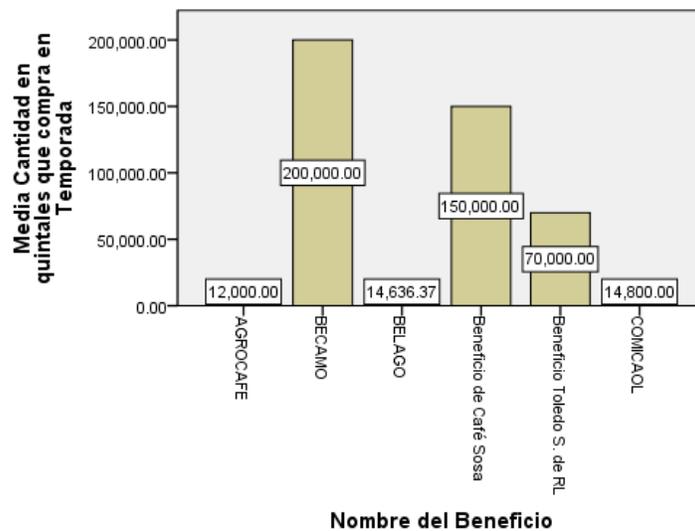


Figura 12. Cantidad de café en quintales que compra en la temporada

Elaboración propia, 2019

Se observa una gran diferencia entre algunos beneficios respecto a la cantidad que compran y es debido a que algunos beneficios se dedican a la actividad hasta el punto de secado y le venden a otros beneficios, que además de comprar húmedo para secar, también se dedican a exportar por tal razón aparecen como grandes compradores.

Resumen de los casos

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	Nº	Porcentaje	Nº	Porcentaje	Nº	Porcentaje
Método	6	100.0%	0	.0%	6	100.0%

Tabla 4. Método utilizado para el secado del café

		Respuestas		Porcentaje de casos
		Nº	Porcentaje	
Método que utiliza para el secado	Secadora Industrial	6	40.0%	100.0%
	Secadora Solar	3	20.0%	50.0%
	Patio de Secado	6	40.0%	100.0%
Total		15	100.0%	250.0%

Elaboración propia, 2019

El secado del café en la zona de El Paraíso es básicamente a base de secadoras industriales y comienzan a utilizarse otras opciones más económicas y amigables con el ambiente, como las secadoras solares y los patios de secado que tradicionalmente se han usado para secar pequeñas cantidades de café que generalmente son especiales ya sea por su buena o mala calidad y presentan características que no permiten mezclarlo con el resto del producto. En los últimos años algunos secadores de café han establecido patios de secado en lugares con alta radiación, como ser la zona sur del país y transportan hasta allá el grano para secarlo y disminuir costos.

5. ¿Combina métodos de secado?

Estadísticos

Combina métodos de secado

N	Válidos	6
	Perdidos	0

Tabla 5. Combina métodos de secado

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Si	4	66.7	66.7	66.7
	No	2	33.3	33.3	100.0
	Total	6	100.0	100.0	

Elaboración propia, 2019

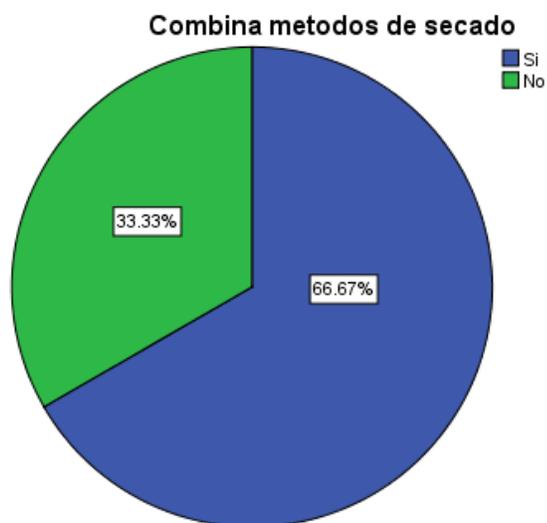


Figura 13. Métodos de secado que combina

Elaboración propia, 2019

La mayor parte de los beneficios de café combina los métodos de secado en pequeña escala ya que la mayor parte del café es secado en secadoras industriales.

Resumen de los casos

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	Nº	Porcentaje	Nº	Porcentaje	Nº	Porcentaje
FuenteEnergia	6	100.0%	0	.0%	6	100.0%

Tabla 6. Fuentes de energía que utilizan

	Fuentes de energía que utiliza	Respuestas		Porcentaje de casos
		Nº	Porcentaje	
	Energía Eléctrica	6	50.0%	100.0%
	Leña	6	50.0%	100.0%
Total		12	100.0%	200.0%

Elaboración propia, 2019

Las fuentes de energía utilizada para el secado para el secado del café son la energía eléctrica abastecida por la ENEE y la leña que se utiliza para calentar los hornos en combinación con la casulla de café.

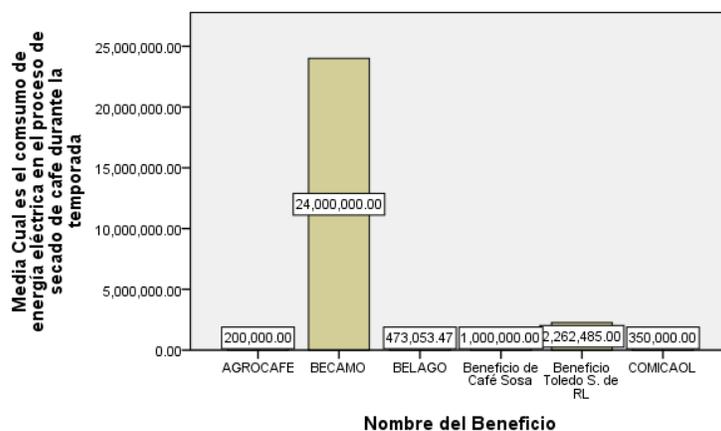


Figura 14. Consumo de energía eléctrica en el proceso de secado de café por temporada

Elaboración propia, 2019

Para los secadores de café el pago de energía eléctrica es el mayor costo pagado en el proceso de la industrialización del café el cual es superado solamente por el valor del grano.

Debido a estos valores tan altos por pago de energía y combinado con el bajo precio del café en el mercado internacional, sugiere recurrir a realizar cambios en cuanto a las fuentes de energía y proponer otras alternativas.

Estadísticos

N	Válidos	6
	Perdidos	0

Tabla 7. Fuente particular para abastecerse de energía diferente a la ENEE.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Si	1	16.7	16.7	16.7
	No	5	83.3	83.3	100.0
	Total	6	100.0	100.0	

Elaboración propia, 2019



Figura 15. Fuente particular de energía para abastecer diferente de la ENEE.

Elaboración propia, 2019

Todos los beneficios de café dependen de la energía eléctrica suministrada por la ENEE, hasta el momento ningún empresario de este rubro de la zona de El Paraíso ha implementado algún tipo de energía renovable a pesar de reconocer que existen condiciones y necesidad de hacerlo, debido a las altas tarifas.

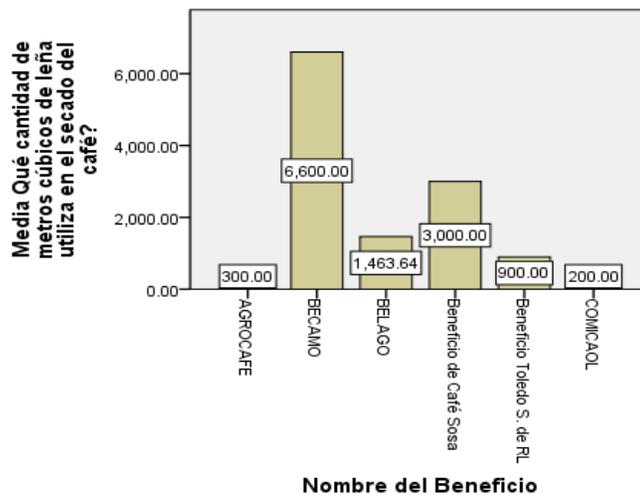


Figura 16. Cantidad de metros cúbicos de leña utilizados en el secado de café

Elaboración propia, 2019

La cantidad de leña utilizada en el secado de café es significativa y revela como la leña se convierte en una fuente de energía muy importante en este proceso. Se debe considerar la procedencia de esta leña ya que los residuos de planes de manejo forestal no representan un gran volumen como para asegurar que es la forma como se obtiene, esto debe ser objeto de otro tipo de trabajo de investigación.

Estadísticos

Especie de leña que utiliza en el secado del café

N	Válidos	6
	Perdidos	0

Tabla 8. Especie de leña que utilizan en el secado del café

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos Pino	6	100.0	100.0	100.0

Elaboración propia, 2019

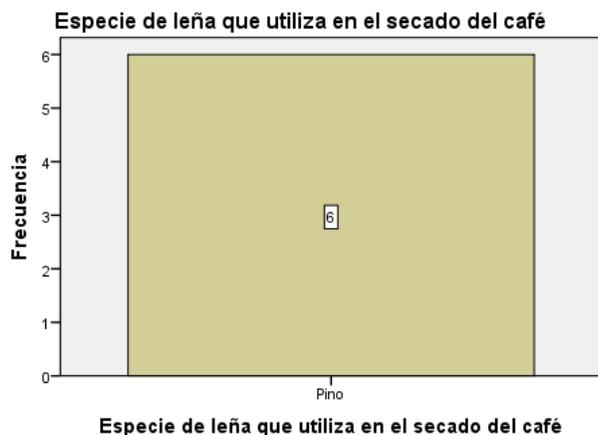


Figura 17. Especie de leña que utiliza en el secado del café.

Elaboración propia, 2019

En su totalidad los beneficios utilizan madera de pino para el secado del café, esto por su fácil combustión y abundancia en la región, además los aprovechamientos forestales se hacen en su totalidad en bosque de pino de la zona y son residuos de estos aprovechamientos los utilizados en los secadores de café.

Estadísticos

De qué manera obtiene la leña utilizada en el secado del café?

N	Válidos	6
	Perdidos	0

Tabla 9. Manera de obtención de la leña utilizada en el secado del café

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Compra	5	83.3	83.3	83.3
	Planes de Manejo	1	16.7	16.7	100.0
Total		6	100.0	100.0	

Elaboración propia, 2019

De qué manera obtiene la leña utilizada en el secado del café?

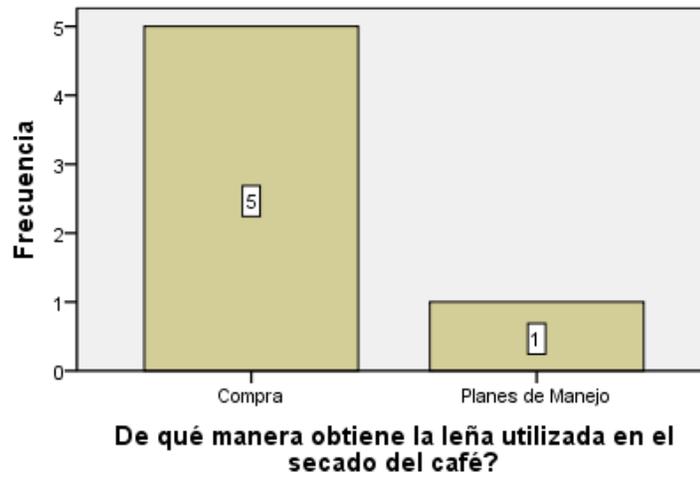


Figura 18. Manera de obtención de leña para el secado del café.

Elaboración propia, 2019

Legalmente la leña solamente puede obtenerla a través de planes de manejo forestal, sin embargo, se evidencia que la mayor parte de la leña no proviene de estos planes, esto representa un problema ambiental al desconocer la procedencia de la leña.

Estadísticos

N	Válidos	6
	Perdidos	0

Tabla 10. Principales problemas para la adquisición de leña para el secado del café

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Escasez	1	16.7	16.7	16.7
	Ninguno	1	16.7	16.7	33.3
	Restricciones Ambientales	3	50.0	50.0	83.3
	Solo un Proveedor	1	16.7	16.7	100.0
	Total	6	100.0	100.0	

Elaboración propia, 2019

Cuáles son los principales problemas para la adquisición de leña para el secado del café?

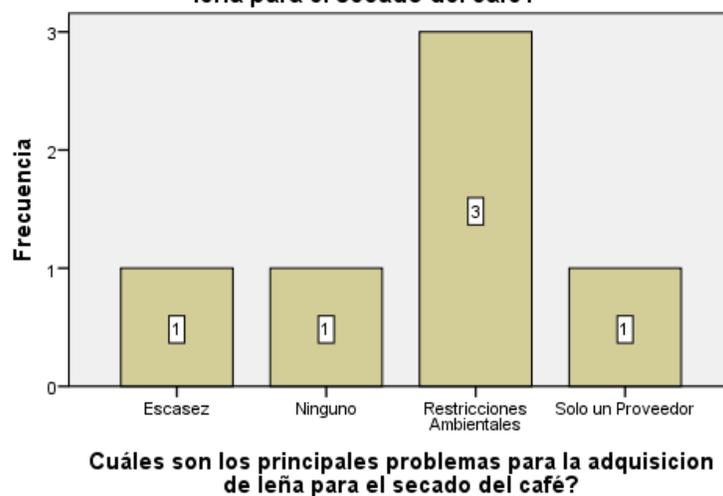


Figura 19. Principales problemas para la adquisición de leña para el secado del café.

Elaboración propia, 2019

Las restricciones ambientales son el principal problema para adquirir la leña en el secado del café, esto debido a que la mayor parte de la leña utilizada en esta actividad no procede de planes de manejo forestal es la única forma legal de adquirir la leña.

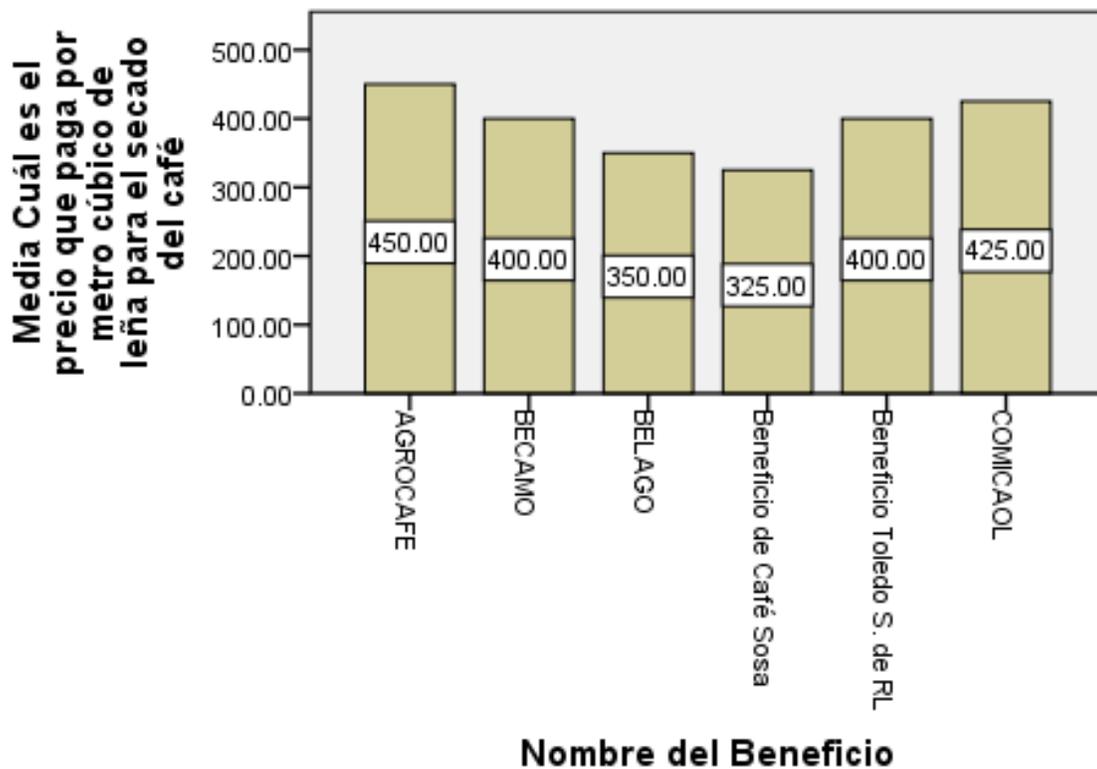


Figura 20. Precio que paga por metro cubico de leña para el secado del café.
Elaboración propia, 2019

El precio del metro cuadrado de leña oscila entre 300 y 450 lempiras. Dependiendo de la disponibilidad en la zona el precio puede variar.

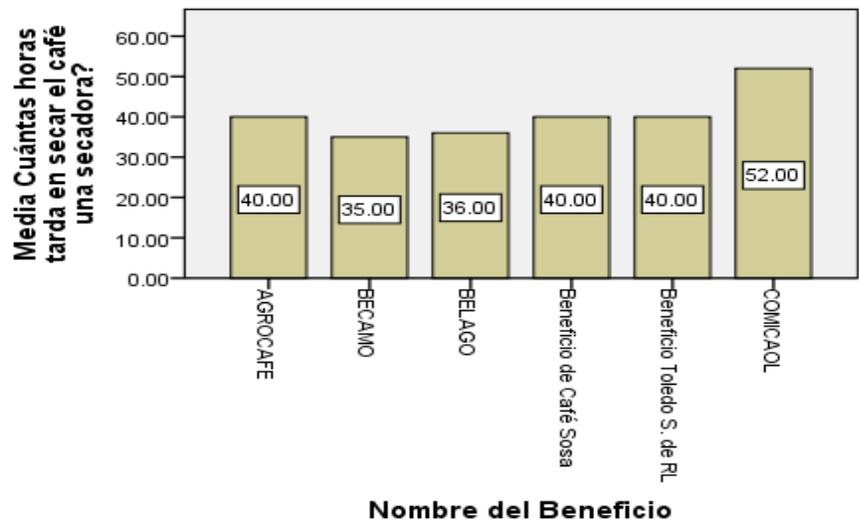


Figura 21. Horas que tarda en el secado del Café.

Elaboración propia, 2019

El café tarda en promedio 40 horas en obtener el porcentaje de secado adecuado que es de 12% de humedad.

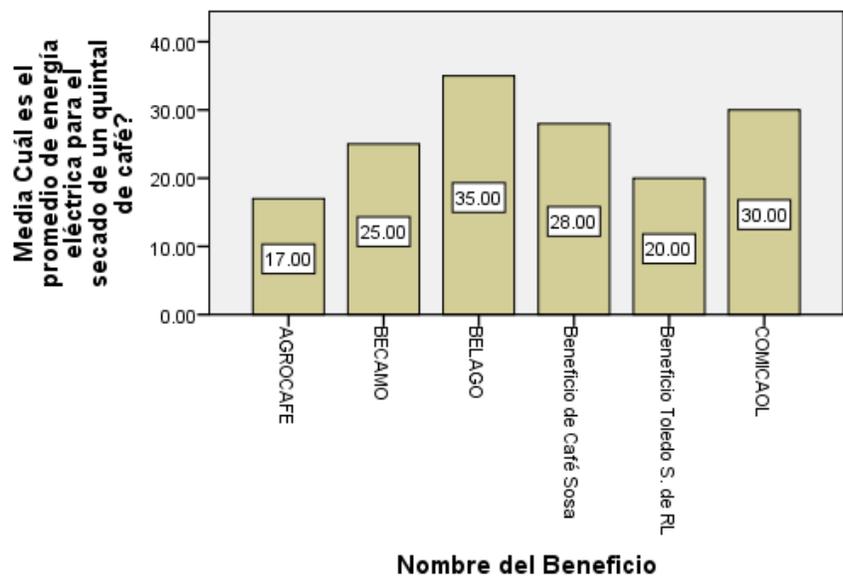


Figura 22. Gasto promedio de energía eléctrica para el secado del quintal de café.

Elaboración propia, 2019

El gasto promedio para secar el quintal de café es de aproximadamente 26 lempiras, estos costos se ven reducidos debido a la cantidad de café que se seca en el beneficio.

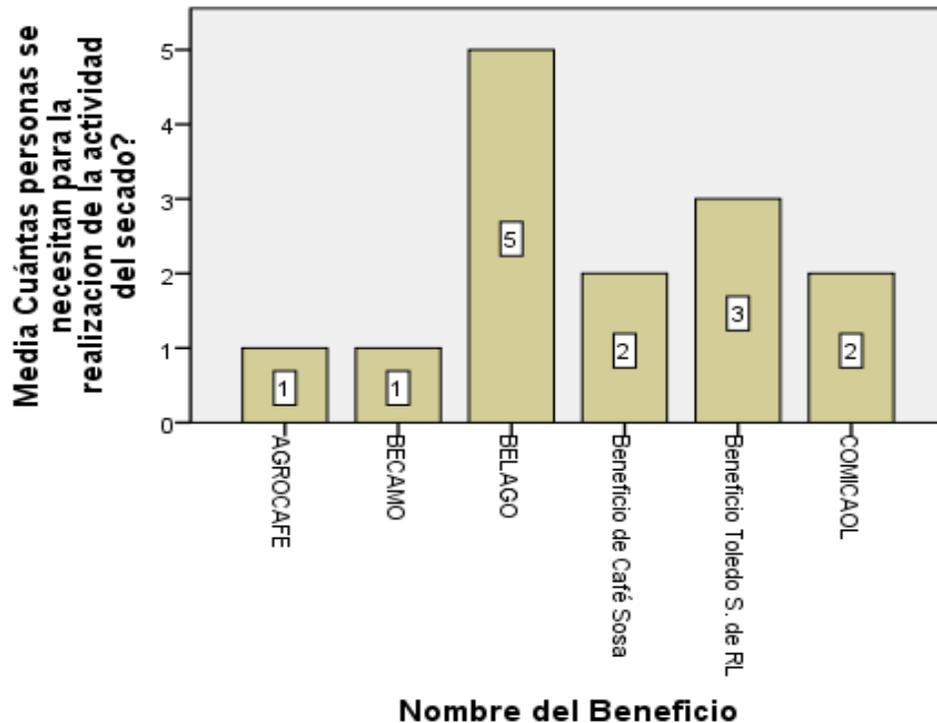


Figura 23. Personas que se necesitan para realizar el secado del café.

Elaboración propia, 2019

Directamente se necesita una persona para atender secadora de café con un turno de 12 horas. Dependiendo de la cantidad de secadoras que tenga el beneficio así será la necesidad de personal, un tren de secado se compone de un horno abastecido de leña y cascarilla de café para cuatro secadoras, cada tren de secado es atendido por una persona.

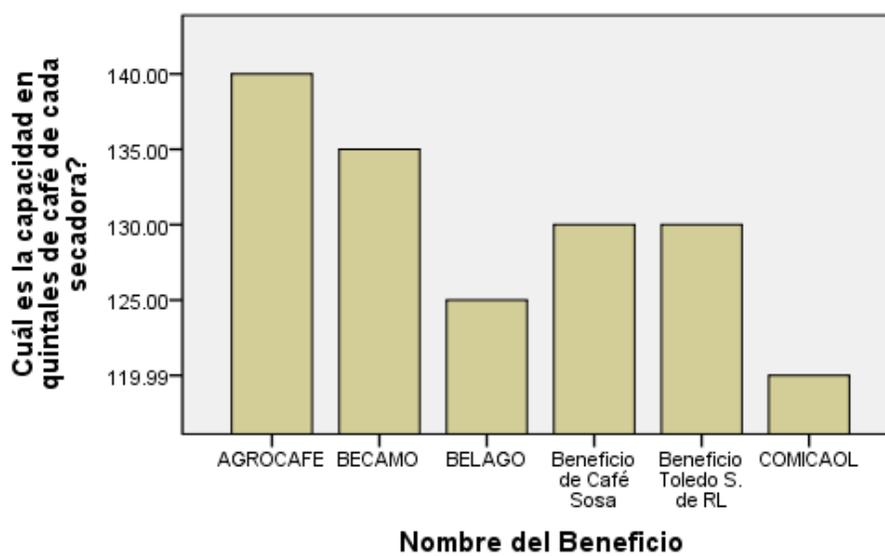


Figura 24. Capacidad en quintales de la secadora de café.

Elaboración propia, 2019

Por lo general en la zona de El Paraíso, se utilizan secadoras con una capacidad de 130 quintales en promedio.

Estadísticos

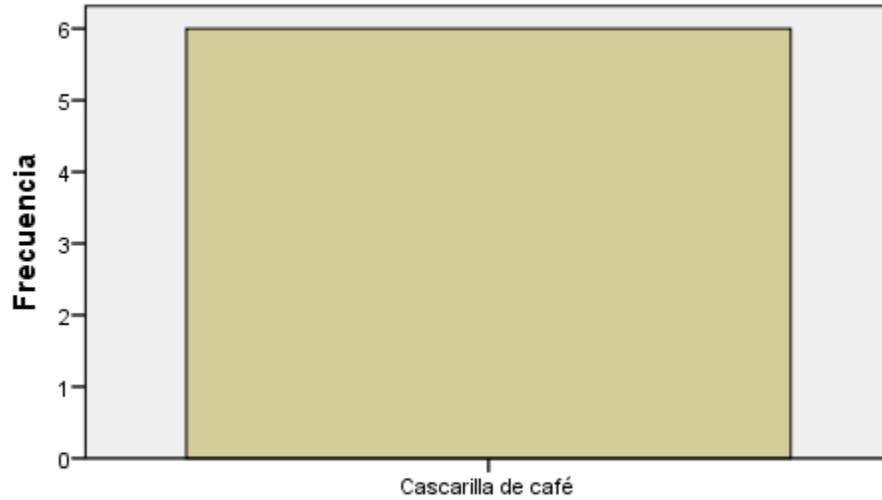
N	Válidos	6
	Perdidos	0

Tabla 11. Otro material combustible utilizado aparte de la leña en el secado del café.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos Cascarilla de café	6	100.0	100.0	100.0

Elaboración propia, 2019

Qué Otro material combustible utiliza aparte de la leña en el secado del café?



Qué Otro material combustible utiliza aparte de la leña en el secado del café?

Figura 25. Otro material combustible utilizado aparte de la leña para el secado del café.

Elaboración propia, 2019

Aparte de la leña se utiliza cascarilla de café o mucilago para generar el calor en el horno de la secadora, mismas que se utilizan combinadas.

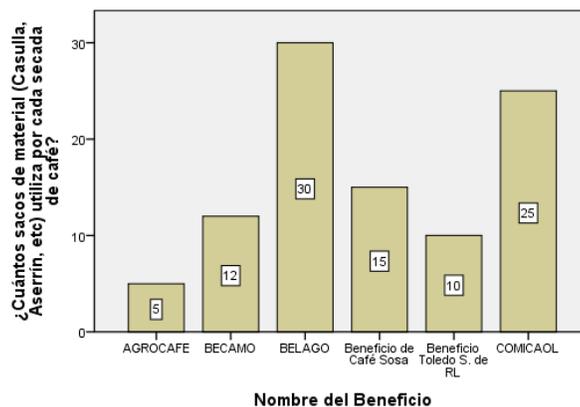


Figura 26. Sacos de material utilizado por secada de café.

Elaboración propia, 2019

La cantidad de cascarilla de café utilizada en el secado del café es relativamente poca ya que la misma presenta un gran poder calorífico. Hasta el momento no se ha encontrado otro material que brinde más eficiencia en la generación de calor y que tenga las características físicas de la cascarilla de café.

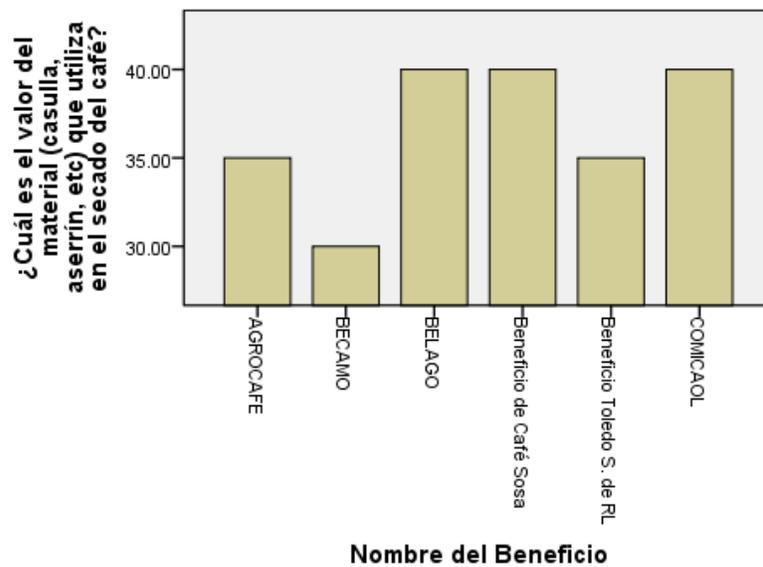


Figura 27. Valor de material utilizado en el secado del café

Elaboración propia, 2019

El precio de la cascarilla de café oscila entre los L. 35.00 y L. 40.00

Estadísticos

N	Válidos	6
	Perdidos	0

Tabla 12. Está en disposición de utilizar algún método de energía renovable para el secado del café.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos Si	6	100.0	100.0	100.0

Elaboración propia, 2019

¿Estaría en disposición de utilizar algún método de energía renovable para el proceso de secado del café?

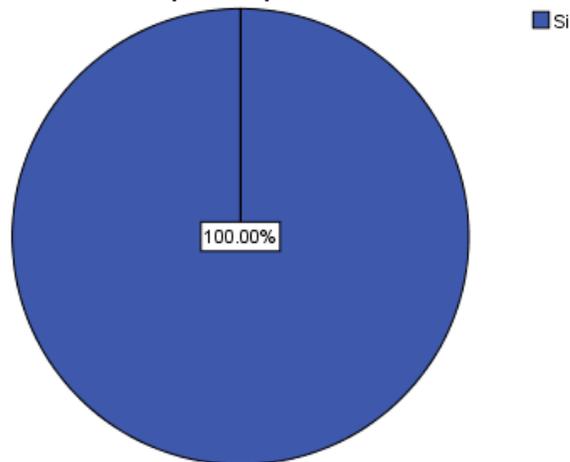


Figura 28. Está en disposición de utilizar algún método de energía renovable.

Elaboración propia, 2019

Tabla 13. Cantidad de leña utilizada y valor total por temporada de café.

Beneficio	Volumen de leña	Precio del M3	Total
BELAGO	1463	L. 425.00	L. 621,775.00
AGROCAFE	300	450.00	135,000.00
SOSA	3000	325.00	975,000.00
COMICAOL	200	425.00	85,000.00
TOLEDO	900	400.00	360,000.00
BECAMO	6600	400.00	2,640,000.00
	12463		L. 4,816,775.00

Elaboración propia, 2019

Tabla 14. Gasto de energía eléctrica por beneficio

Beneficio	Total
BELAGO	L. 473,053.00
AGROCAFE	200,000.00
SOSA	1,000,000.00
COMICAOL	350,000.00
TOLEDO	2,262,485.00
BECAMO	24,000,000.00
TOTAL	L. 28,285,538.00

Elaboración propia, 2019

Tabla 15. Gasto total de leña y energía eléctrica

Beneficio	Leña	Energía Eléctrica	Total
BELAGO	L. 621,775.00	L. 473,053.00	L. 1,094,828.00
AGROCAFE	135,000.00	200,000.00	335,000.00
SOSA	975,000.00	1,000,000.00	1,975,000.00
COMICAOL	85,000.00	350,000.00	435,000.00
TOLEDO	360,000.00	2,262,485.00	26,22,485.00
BECAMO	2,640,000.00	24,000,000.00	26,640,000.00
TOTALES	L. 4,816,775.00	L. 28,285,538.00	L. 33,102,313.00

Elaboración propia, 2019

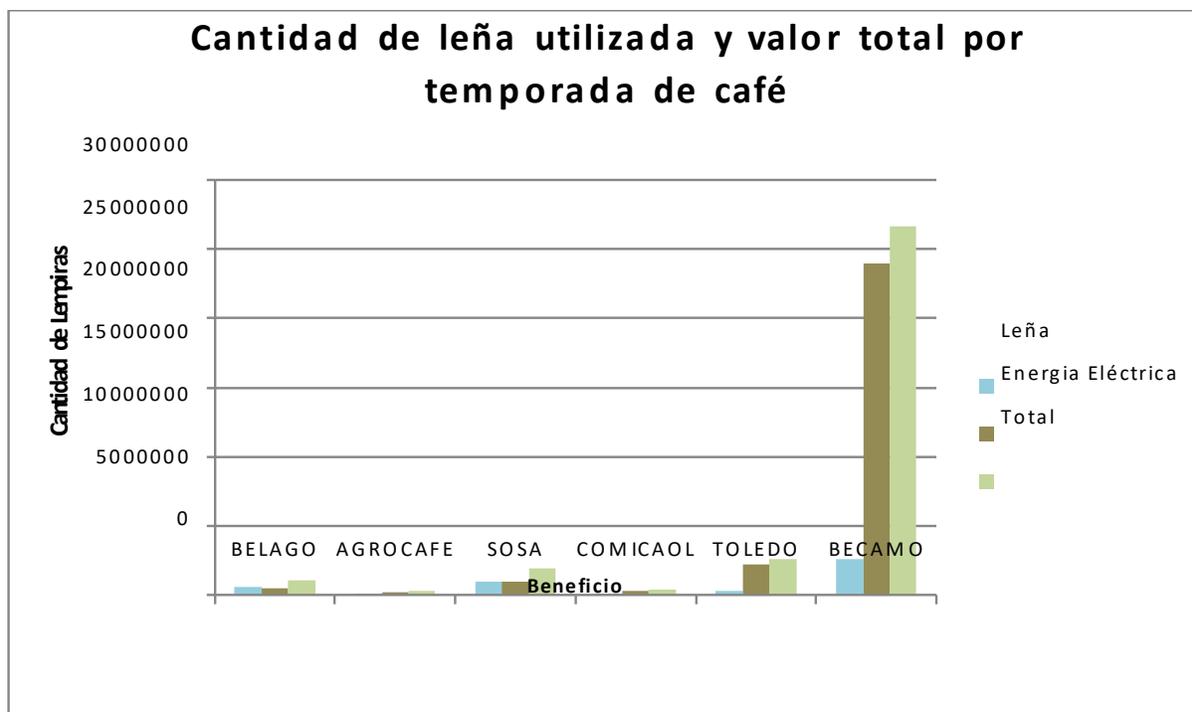


Figura 29. Cantidad de leña utilizada y valor total por temporada de café

Elaboración propia, 2019

IV.2. Análisis y resultados de evaluación realizada para el establecimiento de una granja solar como solución de Energía Renovable, para el secado del café en los seis beneficios que se tomaron como muestra para realizar el análisis del consumo de energía eléctrica y leña para este proceso de secado.

Tabla 16. Cálculos de cantidad de energía a generar en granja solar para abastecer a los 6 beneficios secadores de café.

Consumo de energía	5,468,486.84 <i>kwh al año</i>
Consumo mensual de energía	$\frac{5,468,486.84kw}{12} = 455,707 \text{ kwh al mes}$
Consumo diario de energía	$\frac{455,707kwh}{20dias} = 22,785.36kwh \text{ al dia}$
Consumo de energía por hora	$\frac{22,785.36kwh}{8horas} = 2,848 \text{ kwh}$

Elaboración propia, 2019

Tamaño de la granja solar

$$\frac{2,848kwh}{0.8} = 3,560kw$$

El tamaño de la granja solar se calcula dividiendo el consumo de energía por hora entre la relación corriente alterna/corriente continua y así obtenemos la potencia de la granja.

Generacion

$$E = (3,560kw)(3.8)(30dias) = 405,864kwh \text{ al mes}$$

La generación se calcula multiplicando la potencia de la granja solar por el factor de generación para Honduras (3.8), por los 30 días del mes eso nos da como resultado la generación de energía por la granja solar en un mes.

Ahorro

$$\frac{405,864kwh}{455,707kwh} = 89.06\%$$

De los 455,707 kwh que necesita el proyecto para operar, la granja estará generando el 89.06% que equivale a 405,864 kwh, por lo tanto tendrá que tomar de la energía de la ENEE 49,843 kwh al mes.

Inversión

$$(3560kw)(\$750.00) = \$ 2,670,000.00$$

El valor por kwh instalado es de \$ 750.00 de esta manera se calcula el valor de la inversión multiplicando ese valor por el tamaño de la granja que será capaz de generar el 89.06% de la energía necesaria.

Costo de la energía

$$\frac{\$2,670,000}{(405,864kwh)(12)(20)} = \$ 0.027kwh$$

$$Lps. 0.66 \text{ kwh}$$

Tabla 17. Datos de amortización del préstamo para la instalación de granja solar

Tasa de Interés de préstamo	0,13
Generación Anual (kwh)	4.870.728,00
Potencia (kw)	3.560,00
total de inversión (L)	65.949.000,00
Pago por la ENEE (L)	5,17
Total pago de ENEE Mensual	2.098.309,62
Total pago de ENEE Anual	25.179.715,47
Tasa aumento ENEE	0,03
Pago de préstamo (Amortización) (L)	984.689,40
Ahorro Pago al ENEE 89.06%	22.425.054,60

Elaboración propia, 2019

Se realizó un análisis del establecimiento de una granja solar para generar la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de las secadoras de café de los beneficios tomados como muestra para esta investigación, según los cálculos realizados tomando como fuente de información las facturas que estas empresas pagan a la ENEE por concepto de energía eléctrica, se determinó la cantidad de energía necesaria a generar en la granja solar, misma que es de 405,864 kwh/mes, para una generación anual de 4,870,728 kw al año, para poder generar esta cantidad de energía necesitamos una inversión de Lps. 65,949,000.00, mismos que se presume se obtendrán de un préstamo en un banco al 13% de interés anual pagadero en 10 años, esto produce un ahorro por pago de energía de más de 22 millones de lempiras al año ya que el ahorro es del 89.06% el cual se obtiene por concepto de generación de energía eléctrica producto de la instalación de la granja solar.

Tabla 18. Análisis de inversión para la instalación de granja solar utilizando préstamo para la inversión.

Año	Costos Préstamo	Pago a la ENEE	Costo total	Ingresos	Saldo	Saldo acumulado
1	11.816.272,79	2.754.660,87	14.570.933,66	22.425.054,60	7.854.120,94	7.854.120,94
2	11.816.272,79	2.837.300,70	14.653.573,49	23.097.806,23	8.444.232,75	16.298.353,68
3	11.816.272,79	2.922.419,72	14.738.692,51	23.790.740,42	9.052.047,91	25.350.401,60
4	11.816.272,79	3.010.092,31	14.826.365,10	24.504.462,63	9.678.097,53	35.028.499,13
5	11.816.272,79	3.100.395,08	14.916.667,87	25.239.596,51	10.322.928,64	45.351.427,77
6	11.816.272,79	3.193.406,93	15.009.679,72	25.996.784,41	10.987.104,69	56.338.532,46
7	11.816.272,79	3.289.209,14	15.105.481,93	26.776.687,94	11.671.206,01	68.009.738,47
8	11.816.272,79	3.387.885,41	15.204.158,20	27.579.988,58	12.375.830,38	80.385.568,85
9	11.816.272,79	3.489.521,98	15.305.794,77	28.407.388,24	13.101.593,47	93.487.162,32
10	11.816.272,79	3.594.207,64	15.410.480,43	29.259.609,88	13.849.129,46	107.336.291,77
11		3.702.033,87	3.702.033,87	30.137.398,18	26.435.364,31	133.771.656,09
12		3.813.094,88	3.813.094,88	31.041.520,13	27.228.425,24	161.000.081,33
13		3.927.487,73	3.927.487,73	31.972.765,73	28.045.278,00	189.045.359,33
14		4.045.312,36	4.045.312,36	32.931.948,70	28.886.636,34	217.931.995,67
15		4.166.671,73	4.166.671,73	33.919.907,16	29.753.235,43	247.685.231,11
16		4.291.671,88	4.291.671,88	34.937.504,38	30.645.832,49	278.331.063,60
17		4.420.422,04	4.420.422,04	35.985.629,51	31.565.207,47	309.896.271,07
18		4.553.034,70	4.553.034,70	37.065.198,39	32.512.163,69	342.408.434,76
19		4.689.625,74	4.689.625,74	38.177.154,35	33.487.528,60	375.895.963,36
20		4.830.314,51	4.830.314,51	39.322.468,98	34.492.154,46	410.388.117,83
21		4.975.223,95	4.975.223,95	40.502.143,04	35.526.919,10	445.915.036,92
22		5.124.480,67	5.124.480,67	41.717.207,34	36.592.726,67	482.507.763,59
23		5.278.215,09	5.278.215,09	42.968.723,56	37.690.508,47	520.198.272,06
24		5.436.561,54	5.436.561,54	44.257.785,26	38.821.223,72	559.019.495,78
25		5.599.658,39	5.599.658,39	45.585.518,82	39.985.860,43	599.005.356,22

Elaboración propia, 2019

Según la tabla número 18 del análisis de la inversión para el establecimiento de la granja solar que abastecerá a los beneficios secadores de café, este es un proyecto viable ya que en el séptimo año se estaría recuperando la inversión de los más de 65 millones de lempiras que se invirtieron en la instalación del parque solar, la generación de la granja solar se considera la producción o ingreso del proyecto y por consiguiente el ahorro que se tiene porque es dinero que ya no se paga a la ENEE por concepto de energía, a partir del undécimo año las ganancias o saldo acumulado aumenta considerablemente ya que se ha terminado de pagar el préstamo que se destinó para la instalación del parque solar y al finalizar la vida útil del proyecto el ahorro es de alrededor de los 600 millones de lempiras lo cual hace el proyecto sumamente rentable y una verdadera opción para realizar el cambio de fuente de energía eléctrica y pasar a la generación de energía renovable propia de las empresas en este caso energía solar fotovoltaica.

Se concibe el proyecto como un proyecto denominado “Llave en mano”, esto significa que la empresa responsable de proveer equipo y materiales para la granja solar se encargaran de los costos de operación y mantenimiento de la misma por ese motivo no se consideraron estos costos en los cálculos anteriores.

Tabla 18. Programa de la Amortización del Préstamo

ESCRIBA LOS VALORES		RESUMEN DEL PRÉSTAMO	
<i>Importe del préstamo</i>	L 65949,000.00	<i>Pago programado</i>	L 984,689.40
<i>Tasa de interés anual</i>	13.00%	<i>Número de pagos programados</i>	120
<i>Periodo del préstamo en años</i>	10	<i>Número real de pagos</i>	120
<i>Número de pagos por año</i>	12	<i>Importe total de pagos anticipados</i>	L -
<i>Fecha de inicio del préstamo</i>	08/08/2019	<i>Importe total de intereses</i>	L 52213,727.89
<i>Pagos extra opcionales</i>	L -	NOMBRE DE LA ENTIDAD DE CRÉDITO	

Elaboración propia, 2019

Tabla 19. Valores de transporte de la pulpa de café.

1 volqueta promedio en la zona tienen capacidad para transportar un volumen de	5 M3
1 M3 equivale a transportar	750 Kg de pulpa húmeda (Cenicafé, 2010)
1 volqueta con capacidad de 5M3 transporta	3,750 kg. = 3.75 toneladas
Valor de un viaje de una volqueta	Lps. 500.00 = 3.75 ton (IHCAFE, Manual de Caficultura, 2001) 1 ton. = Lps.133.00
La pulpa de café tiene una humedad del 80% (Cenicafé, 2010)	3.75 ton x 0.20= 750 kg. de pulpa seca por cada viaje de una volqueta.
El poder calorífico de la leña y la pulpa de café es el mismo (Cenicafé, 2010)	15.88 MJ/kg (se considera que son equivalentes 1kg pulpa seca= 1kg de leña seca

Elaboración propia, 2019

Analizando el cuadro anterior se determina que para obtener los cinco metros cúbicos equivalentes a la leña que se utiliza actualmente (5M3= 3,750 kg.), los cuales se transportan en una volqueta de un solo viaje, se necesitan cinco viajes de pulpa de café si consideramos que la pulpa de café, según tiene una humedad del 80% (Cenicafé, 2010), cuando estará lista para quemarse en el horno los 5M3 que transportamos de pulpa de café húmeda se habrán convertido en 1M3 de pulpa seca.

Esto le da un valor a cada tonelada de pulpa de café seca de Lps. 666.00, además de este valor por transporte se le debe sumar los costos por carga y descarga de la pulpa, mano de obra por secado y almacenamiento, esto aumenta significativamente el precio que solo con el transporte ya es superior al valor de la tonelada de leña seca que se compra puesta en el plantel del beneficio.

El valor de la leña de pino puesta en el plantel está en un precio promedio de Lps. 400.00 por metro cubico si utilizamos el factor de conversión de 1 M3 = 750 kg el valor de la tonelada de

leña es de Lps. 533.00 mismo que es inferior al precio de la pulpa de café y a este valor no se le agrega ningún otro costo porque se compra puesto en el plantel.

Se concluye que no es rentable cambiar de usar leña de pino seca para los hornos de los beneficios secadores de café por la pulpa de café, ya que esta resulta más cara, costos que básicamente representan el transporte de la misma, además de mano de obra por carga y descarga y el secado de la misma.

En su totalidad los secadores de café están en disposición de utilizar o implementar algún método de energía renovable para generar la energía necesaria en este proceso.

Uno de los principales hallazgos es que todos los beneficios se dedican exclusivamente a la compra, secado de café y la venta del mismo, algunos beneficios con menor volumen de compra no exportan el grano directamente sino que le venden a beneficios más grandes como ser BECAMO y Toledo, que compran a los demás beneficios y a los productores directamente para luego exportarlo.

Todos los beneficios secadores de café trabajan con el mismo sistema de secadoras verticales, las cuales son accionadas por energía eléctrica y calor producido por el horno que funciona con leña de pino, un horno y cuatro secadoras forman lo que se conoce como un tren de secado.

Todos los hornos de estos beneficios están diseñados para trabajar con leña y se le adiciona cascarilla de café ya que este producto presenta un alto potencial calorífico, se ha probado con otros combustibles como la cascarilla de arroz o aserrín pero no resultan tan eficaces como la cascarilla de café.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V.1 CONCLUSIONES

1. De la inversión total en secado de café respecto al gasto en energía (Tabla número 13, Figura número 29), la leña representa el 15% , utilizándose únicamente la leña de pino y la energía eléctrica el 85 % la cual es provista por la estatal ENEE ya que los industriales que se dedican a esta actividad no tienen otra fuente de energía.
2. Como una propuesta para la generación de energía eléctrica con fuentes renovables se realizó un análisis para el establecimiento de una granja solar fotovoltaica, que abastezca a estas seis empresas secadoras de café, este proyecto de la granja solar es altamente rentable, debido a que se recupera la inversión en el año número 7 de iniciado el proyecto, al llegar a la vida útil del proyecto se habrán ahorrado aproximadamente 600 millones de lempiras por concepto de energía.
3. Considerando que la pulpa de café es un material que actualmente se desecha en su mayoría y la misma tiene un alto poder calorífico, se realizó un análisis para conocer el valor de la pulpa de café seca para utilizarse como un sustituto de la leña de pino en el proceso de secado de café, después de este análisis se concluye que este cambio no es viable considerando que el precio de la pulpa de café seca puesta en el beneficio es mayor al de la leña de pino que se compra puesta en el plantel del beneficio.
4. Se cumplen los objetivos planteados ya que se logra cuantificar las cantidades de leña utilizadas por los beneficios secadores de café en cada temporada, además de la energía eléctrica utilizada y la comparación de ambos gastos.

V.2 RECOMENDACIONES

1. Además de la instalación del proyecto de parque solar fotovoltaico es recomendable aprovechar la energía directa de la radiación solar mediante la implementación de patios de secado en las zonas con alta radiación solar como los municipios del sur del departamento de El Paraíso o Choluteca, ya que en estas zonas se puede alquilar terrenos para realizar la labor del secado del café utilizando material como nylon, esto le da un mayor valor al café ya que tiene mayor demanda en el mercado internacional el café secado de manera artesanal.
2. Incentivar a los productores a implementar sistemas de secado como las secadoras solares tipo domo o túnel y patios de secado y así vender el producto ya seco para evitar el gasto de energía y contribuir de alguna manera a la disminución del calentamiento global, estos incentivos pueden ser mediante beneficios económicos que pueden obtener al lograr mejores precios por su café secado de manera artesanal lo cual los convierte en cafés especiales mismos que tienen una mayor demanda en el mercado internacional.

BIBLIOGRAFÍA

cafe de colombia. (15 de 03 de 2018). Recuperado el 12 de mayo de 2019, de

<http://www.cafedecolombia.com>

Agrobanco. (2013). *Cosecha y postcosecha en el cultivo de café*. San Martín, Perú.

Arcila, J. (2015). *Sistemas de producción de café en Colombia*. Medellín, Colombia.

Cenicafé. (2010). *Avances Técnicos*.

cenicafe. (01 de 01 de 2017). *cenicafe.org*. Recuperado el 20 de mayo de 2019, de

<http://www.cenicafe.org>

Cleves, R. (1995). *Tecnología en Beneficiado de Café*. San José, Costa Rica.

Colombia, F. N. (1979). *El Cultivo del Café*. Bogotá.

EcuRed. (01 de febrero de 2016). *EcuRed*. Recuperado el 20 de junio de 2019, de <http://www.ecured.cu>

FHIA. (2004). *Guía Práctica Producción de Café con Sombra de Maderables*. San Pedro Sula.

Flores, J. M. (2009). *Hacia la mejora del secado mecánico del café en Colombia*. Medellín, Colombia.

ICAFFE. (2011). *Guía Técnica para el Cultivo de Café*. San José, Costa Rica.

ICAFFE. (01 de junio de 2017). *www.icafe.cr*. Recuperado el 15 de junio de 2019, de www.icafe.cr:

<http://www.icafe.cr>

IHCAFFE. (2001). *Manual de Caficultura*. Tegucigalpa.

IHCAFFE. (2016). *Anuario Estadístico*.

INCAE. (1999). *La caficultura en Honduras*. Alajuela Costa Rica.

Jimenez, H. (2018). *Generalidades del cultivo del café*. Santo Domingo.

- Jose M. Fernandez, A. M. (2009). *Tecnología de las Energías Renovables*.
- Magem, J. B. (2015). *Secador solar de café*. Cajamarca, Perú.
- Moreno, A. (2011). *Sistemas de Producción de Café*.
- Quiróz, L. H. (2009). *El libro pionero de Dumont sobre el café en el siglo XIX*. San José, Costa Rica.
- Rica, I. d. (2011). *Guía Técnica Para el Cultivo de Café*.
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la Investigación* . México DF: Interamericana .
- Soto, M. A. (1994). *El cultivo y beneficiado del café*. San José, Costa Rica.
- Umbarila, L. P. (2015). *Importancia de las energías renovables en la seguridad energética y su relación con el crecimiento económico*. México DF.
- Vergés, A. B. (2011). *La Hora del Café*. México DF.
- Viloria, J. (2013). *Energías Renovables: Lo que hay que saber*.
- Zamorano. (1999). *Zamorano academic press*. Honduras.
- Zapata, R. D. (2015). *Crecimiento del Café*. Medellin, Colombia.

ANEXOS

GLOSARIO

Beneficio de café: *Lugar en el cual se logra la transformación de café en cereza a café pergamino seco mediante la separación de las partes del fruto y secado de los granos, con el fin de conservar su calidad física, organoléptica y sanitaria.*

Broca del café: *Plaga en plantaciones comerciales de café.*

Cascarilla de Café: *También llamada cisco, es una envoltura cartilaginosa de color blanco amarillento de aproximadamente 100 micrómetros de espesor y que corresponde al endocarpio (pergamino) del fruto.*

Chapola: *Nombre que reciben los granos de café pergamino seco que van a ser sembrados.*

Energía Eólica: *Fuente de energía renovable que utiliza la fuerza del viento para generar electricidad.*

Energía Geotérmica: *Fuente de energía renovable que aprovecha el calor que existe en el subsuelo de nuestro planeta.*

Energía Renovable: *Energía que utiliza los recursos inagotables de la naturaleza, como la biomasa, las radiaciones solares o el viento.*

Despulpado: *Consiste en separar la cascara o pulpa del grano de café.*

Fermentado: *Proceso por medio del cual se descompone el mucilago mediante la fermentación natural.*

Lavado: *Consiste en extraer completamente el mucilago del grano haciendo uso de agua limpia.*

Mucilago: *Es una estructura rica en azúcares y pectina que cubre el endospermo de la semilla y mide aproximadamente 0.4 milímetros de espesor.*

Pergamino Húmedo: *Es el producto resultante del proceso de lavado del café.*

Pergamino seco: *Es la semilla de café protegida por una cáscara o cutícula amarilla (el pergamino) y es el estado del grano en el cual los cafeteros venden su café.*

Rebalse: *Consiste en depositar todos los granos cosechados en una pila llena de agua, de manera que los granos de café vacíos por dentro rebalsen o floten en el agua, para después separarlos y desecharlos.*

Roya del café: *Es considerada una de las enfermedades de plantas más catastróficas de toda la historia. Está dentro de las siete pestes y/o enfermedades de las plantas que han dejado mayores pérdidas en los últimos 100 años.*

Secado: *Consiste en eliminar el contenido de agua del grano del café.*

Trilla: *Consiste en el descascarado o pelado de la cubierta del grano.*

Zarandeo: *Separación de los granos de café no despulpados.*

