

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

APLICACIÓN DE ETEPHON EN COSECHA MECANIZADA DE CAFÉ, EN FINCA LA VIÑA, EL
PALMAR, QUETZALTENANGO (2010-2015)
ESTUDIO DE CASO

NEHEMIAS JONATÁN FUENTES RODRIGUEZ
CARNET 21457-00

COATEPEQUE, JUNIO DE 2017
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

APLICACIÓN DE ETEPHON EN COSECHA MECANIZADA DE CAFÉ, EN FINCA LA VIÑA, EL
PALMAR, QUETZALTENANGO (2010-2015)
ESTUDIO DE CASO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
NEHEMIAS JONATÁN FUENTES RODRIGUEZ

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADO

COATEPEQUE, JUNIO DE 2017
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
LIC. JAIME ORLANDO BARRIOS DE LEON

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN
MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA
ING. HARRY FLORENCIO DE MATA MENDIZABAL
ING. LUIS ROBERTO AGUIRRE RUANO

Guatemala, 18 de mayo de 2017

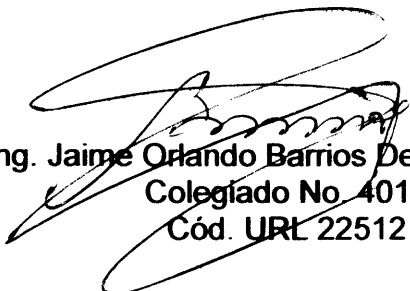
Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Estimados miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Nehemías Jonatán Fuentes Rodríguez, carné 21457-00, titulado: "Aplicación de Ethephon en cosecha mecanizada de café, en finca La Viña, El Palmar, Quetzaltenango, (2010-2015)".

La cual considero que cumple con los requisitos establecidos por facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. Jaime Orlando Barrios De León, MSc.
Colegiado No. 4012
Cód. URL 22512



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06744-2017

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Estudio de Caso del estudiante NEHEMIAS JONATÁN FUENTES RODRIGUEZ, Carnet 21457-00 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Coatepeque, que consta en el Acta No. 0687-2017 de fecha 14 de junio de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

APLICACIÓN DE ETEPHON EN COSECHA MECANIZADA DE CAFÉ, EN FINCA LA VIÑA, EL PALMAR, QUETZALTENANGO (2010-2015)

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 21 días del mes de junio del año 2017.



MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios, Ser Divino quien me regala la vida, la sabiduría y las bendiciones en todo ámbito.

Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por acogerme en sus instalaciones para formarme profesionalmente.

Catedráticos(as), por compartir sus conocimientos y experiencias.

Corporación JICOHEN, por permitir desarrollarme como profesional y brindarme las distintas oportunidades.

Ing. Agr. Msc. Jaime Orlando Barrios De León, por su acompañamiento y asesoría.

Personal Técnico Administrativo, Sede Coatepeque, por brindar el seguimiento de los distintos procesos y gestiones para mi profesionalización.

Ing. Agr. Leonel Solís, por su asesoría, revisión, compartiendo sus conocimientos y experiencias.

DEDICATORIA

A:

Dios: Quién siempre me ha acompañado en todas mis actividades brindándome fortaleza, sabiduría y abriéndome oportunidades para alcanzar mis metas.

Mis padres: José Rodolfo Fuentes Ávila (QPD) y Carmela Esther Rodríguez quienes han sido ejemplo de trabajo incansable hasta lograr las metas; por sus sabios consejos y sus muestras de humildad y amor.

Mis hijos: Joyce Leonor Fuentes Barrios (QPD) y José Daniel Fuentes Barrios, seres importantes quienes son el motor de mi vida para la búsqueda de superación y a quienes les servirá como ejemplo.

Mi esposa: Blanca Maribel Barrios, por su comprensión, apoyo y amor en todos los procesos de mi vida.

Mis suegros: Horacio Barrios y Leonor de Barrios, por acompañarme en todo momento positivo o negativo.

Mis Hermanos(as): Otto Renán, Raquel Anavella, Ludim Rebeca, Esdras Isaí, Ornan Esaú (QPD), Carlos Enrique, por su amor y unidad en nuestros eventos de la vida.

Mis sobrinos(as): A todos(as) como ejemplo para que puedan alcanzar sus metas.

Mis amigos: Por formar parte de mi desarrollo integral y su compañerismo; a todos con mucho aprecio y respeto.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	i
SUMMARY	ii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1 ANTECEDENTES	2
2.1.1 Cultivo del café	2
2.1.2 Clasificación Botánica	2
2.1.3 Variedad Catuaí	3
2.1.4 El fruto de café	4
2.1.5 Distribución de la cosecha	10
2.1.6 Acelerantes de la maduración en café	11
2.1.7 Ethrel® o Etephon	13
2.1.8 Cosecha mecánica de café	15
III. CONTEXTO	17
IV. JUSTIFICACIÓN	19
V. OBJETIVOS	21
5.1 GENERAL	21
5.2 ESPECÍFICOS	21
VI. METODOLOGÍA	22
6.1 DISEÑO DE INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS	22
6.2 EVIDENCIA DOCUMENTAL Y UTILIZACIÓN DE REGISTROS	23
6.3 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	23
6.4 ENTREVISTA A DIVERSOS INFORMANTES	24
6.5 METODOLOGÍA A SEGUIR PARA ALCANZAR LOS OBJETIVOS	24
6.6 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	26
6.7 VARIABLES DE ESTUDIO	27
6.8 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	27
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28

7.1 INTERVENCIÓN	28
7.1.1 Las actividades que constituyen el proceso	28
7.1.2 La secuencia en el tiempo de estas actividades	29
7.1.3 El papel que tomó cada uno de los actores involucrados	31
7.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
7.2.1 Comparación de la maduración natural y maduración forzada mediante la aplicación de Etephon en cultivo de café	37
7.2.2 Productividad de cosecha de forma manual y la cosecha mecanizada	39
7.2.2.1 Productividad de la cosecha manual	39
7.2.2.2 Cosecha mecanizada	42
7.2.3 Costos de producción para la cosecha manual y la cosecha mecanizada en el cultivo de café	45
VIII. CONCLUSIONES	51
IX. RECOMENDACIONES	52
X. BIBLIOGRAFÍA	53
XI. ANEXOS	55

ÍNDICE DE CUADROS

	Página	
Cuadro 1	Ítems de la encuesta a recolectores de grano de café	34
Cuadro 2	Variables de desempeño de los vibradores portátiles para cosecha mecánica de café	35
Cuadro 3	Determinación de los eventos de floración, porcentaje de maduración natural y maduración aplicando Etephon y eventos de recolección de grano año 2012 y 2013	37
Cuadro 4	Prueba t –Student para días a maduración de grano de café en forma natural y maduración forzada aplicando Etephon	39
Cuadro 5	Desempeño de los vibradores para la cosecha mecanizada de café en finca la Viña	42
Cuadro 6	Productividad de la cosecha mecanizada en una plantación con maduración natural y maduración forzada	44
Cuadro 7	Prueba t –Student para rendimiento en (kg/h) de la maduración de forma natural y maduración forzada aplicando Etephon	44
Cuadro 8	Distribución en porcentajes de los costos de producción de 1 kg de café oro en finca la Viña	45
Cuadro 9	Costos de producción de 1 kg de café cereza obtenido mediante cosecha manual	46
Cuadro 10	Costos de producción de 1 kg de café cereza obtenido mediante cosecha mecanizada	47
Cuadro 11	Comparación de los costos de la cosecha manual y cosecha mecanizada	48
Cuadro 12	Eficiencia de la recolección en cosecha manual y mecanizada	49
Cuadro 13	Prueba t –Student para grano verde en la masa cosechada	50

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Etapas de desarrollo del grano de café y curva de crecimiento	30
Figura 2	Distribución de frecuencias para la productividad de mano de obra	40
Figura 3	Distribución de la cosecha y productividad de mano de obra	41
Figura 4	Distribución de la estructura de costos en finca La Viña	46

APLICACIÓN DE ETEPHON EN COSECHA MECANIZADA DE CAFÉ, EN FINCA LA VIÑA, EL PALMAR, QUETZALTENANGO (2010-2015).

RESUMEN

El objetivo del presente estudio de caso fue analizar el impacto que tuvo la aplicación de madurante Etephon para mecanizar la cosecha del cultivo de café en finca La Viña, El Palmar, Quetzaltenango durante el periodo 2010 – 2015, donde la cosecha se hacía de forma manual, a partir del año 2010 la mano de obra fue deficiente. Como consecuencia de esto, se realizó la intervención al proceso en el año 2011, pasando a ser una actividad mecanizada, se utilizaron vibradores portátiles Ciafrelli SC700®. Las aplicaciones de Etephon forzaron la maduración y redujeron la cosecha a 45 días por lote, mientras la maduración natural fue de 105 días, por lo que se redujo el tiempo de cosecha y el número de cortes de grano. El rendimiento por hora de la cosecha mecánica fue 6.57 veces mayor que la cosecha manual y su productividad de 110.48 kg/h, para la cosecha manual fue de 9.31 kg/h. Esto permitió tener un rendimiento de 11.87 veces más que en la cosecha manual. En términos de eficiencia la cosecha manual tuvo un 94.43 % y la cosecha mecánica 83 %, esto debido a que el equipo mecánico, desprende un 17 % de café verde y la cosecha manual 5.57 %. El costo de cosecha fue 5.7 veces más económico al realizarla con vibradores mecánicos y forzando la maduración aplicando Etephon invirtiendo Q.0.33/kg, mientras que para la cosecha manual Q.1.88/kg, lo que representa un incremento en el costo de 560.70 % respecto a la cosecha mecanizada.

APPLICATION OF ETHEPHON IN COFFEE MECHANIZED HARVEST, IN LA VIÑA FARM, EL PALMAR, QUETZALTENANGO (2010-2015)

SUMMARY

The present case study had as objective to analyze the impact that Ethephon mature application to mechanize the coffee crop harvest in La Viña Farm, El Palmar, Quetzaltenango during 2010 – 2015 period, where the harvest was done manually, as of 2010 the labor force was deficient. Because of this, the intervention was made to the process in 2011, becoming a mechanized activity, using portable vibrators Ciafrelli SC700®. Ethephon applications forced ripening and reduced the harvest to 45 days per lot, while the natural ripening was 105 days, so the harvest time and the grain cuts number were reduced. The yield per hour of the mechanical harvest was 6.57 times greater than the manual harvest and its productivity of 110.48 kg/h, for the manual harvest was 9.31 kg/h. This allowed a yield of 11.87 times more than in the manual harvest. In efficiency terms, the manual harvest had a 94.43% and mechanical harvest 83%, due to the mechanical equipment, it gives off 17% of green coffee and the manual harvest 5.57%. The harvesting cost was 5.7 times more economic when performed with mechanical vibrators and forcing maturation by applying Ethephon by investing Q.0.33/kg, while for manual harvesting Q.1.88/kg, which represents an increase in the cost of 560.70% with respect to the mechanized harvest.

I. INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios, el sector caficultor ha sido parte importante de la historia y de la economía del país. La caficultura ha logrado ser por muchos años la base de la actividad agrícola de Guatemala impulsando el desarrollo del país y de todas aquellas personas que viven del cultivo del café. La actividad del sector caficultor guatemalteco ha generado una serie de efectos positivos como la creación de empleos, el ingreso de divisas y el aumento en la producción; pero de igual manera ha creado una serie de efectos negativos como los que hoy se viven, en donde los caficultores se han visto obligados a buscar alternativas de manejo, ante la fuerte crisis mundial que atraviesa el mismo.

Entre los factores que de forma directa afectan al cultivo están; la actual crisis de los precios internacionales, la migración de la mano de obra hacia las áreas urbanas en proceso de industrialización y hacia los Estados Unidos, el costo de la mano de obra, demandas laborales y la intervención de organizaciones que han causado desestabilización justificándose en la lucha social (ANACAFE, 2015).

Además de lo anterior, los constantes cambios en el ambiente, debido al cambio climático el café tiene un número alto de floraciones, cinco a seis al año, teniéndose poca uniformidad en la maduración de los frutos, esto se traduce a que en una misma rama puede conseguir frutos maduros, pintones, verdes, inclusive flores. Esas muchas floraciones dificultan la cosecha, por lo que de forma manual se deben realizar de 7 a 8 pasadas prolongándose de 2 a 3 meses para cortar el grano.

Toda esta problemática llevó a finca La Viña a mecanizar la cosecha, las aplicaciones de Etephon forzaron la maduración y redujeron la cosecha a 45 días por lote, El rendimiento por hora de la cosecha mecánica fue 6.57 veces mayor que la cosecha manual y su productividad de 110.48 kg/h. Esto permitió tener un rendimiento de 11.87 veces más que en la cosecha manual. En términos de eficiencia la cosecha manual tuvo un 94.43 % y la cosecha mecánica 83 %, esto debido a que el equipo mecánico, desprende un 17 % de café verde y la cosecha manual un 5.57 %. Todos estos resultados han permitido incrementar la productividad y el cambio en la colecta del grano de café.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Cultivo del café

Las plantas que producen café comercialmente pertenecen al género *Coffea* y por su considerable importancia económica requieren atención especial. Detalles de la botánica, de éstas han sido motivo de inseguridad y controversia entre botánicos. Los representantes de este género crecen en los trópicos y aunque incluye un gran número de especies sólo unas pocas son de importancia económica. Desde el punto de vista agrícola alrededor de 12 especies son de valor e interés (Vidal, 2014).

El género *Coffea*, consta de 25 a 40 especies en Asia y África tropicales; pertenece a la tribu *Coffeoidae* de la familia *Rubiaceae*. Géneros relacionados con ella y de valor económico u ornamental incluyen la Quina, *Ixora*, *Pavetta* y *Gardenia*, siendo la primera la fuente para la obtención de quinina (López, 2006).

El Cafeto *Coffea arabica*, es un arbusto lampiño de hasta 6 metros de altura en estado silvestre. Su genoma es bastante amplio y contiene aproximadamente 90 especies; de las cuales solo 5 ó 6 son relevantes a la evolución del cultivo. África es el centro de origen de la mayoría de las especies de cafetos. Tres de las cuatro secciones en las que está dividido el género del café (*Eucoffea*, *Argocoffea* y *Mascarocoffea*) son nativas de África y Madagascar. El cuarto género un poco pequeño es (*Paracoffea*), es endémica del suroeste de Asia (López, 2006).

2.1.2 Clasificación Botánica

Reino: Plantae

Tipo: Espermatofitas

Sub-tipo: Angiospermas

Clase: Dicotiledóneas

Sub-clase: Gamopétalas inferiovariadas

Orden: Rubiales

Familia: Rubiaceae

Género: Coffea

Especies: *Coffea arabica*

Coffea canephora

Coffea liberica

Monroig (1998).

2.1.3 Variedad Catuaí

Es el resultado del cruzamiento artificial de las variedades Mundo Novo y Caturra, realizado en Brasil. Las selecciones de las primeras 4 generaciones dieron líneas con fruto rojo y amarillo. Las primeras introducciones de Catuaí al país se realizaron alrededor del año 1970 (ANACAFÉ, 2005).

El Catuaí es una variedad de porte bajo, pero más alta que Caturra, las ramas laterales forman un ángulo cerrado con el tallo principal, entrenudos cortos. Las hojas nuevas o brotes son de color verde, las hojas adultas tienen una forma redondeada y son brillantes. Es una variedad muy vigorosa, que desarrolla mucho crecimiento lateral con “palmillas”. El fruto no se desprende fácilmente de la rama, lo que es una ventaja para las zonas donde la maduración coincide con períodos de lluvias intensas (ANACAFÉ, 2005).

El interés motivado, inicialmente, por esta variedad generó una fuerte comercialización de semilla, sin mucho control en los lotes de producción, propiciando que los cafetos de varias plantaciones no muestren el fenotipo o aspecto físico correspondiente (ANACAFÉ, 2005).

Se adapta muy bien en rangos de altitud de 700 a 1,500 msnm, en la Boca costa; de 1,200 a 1,900 msnm, en la zona central, oriental y norte del país. Es una variedad de alta producción que requiere un buen programa de manejo, especialmente en fertilización (ANACAFÉ, 2005).

2.1.4 El fruto de café

El fruto del cafeto es una drupa, de forma ovalada o elipsoidal ligeramente aplanada. Contiene normalmente dos semillas plano convexas separadas por el tabique (surco) interno del ovario. Pueden presentarse tres semillas o más en casos de ovarios tricelulares o pluricelulares o por falsa poliembrionía (cuando ovarios bicelulares presentan más de un óvulo en cada célula). A causa del aborto de un óvulo se puede originar un fruto de una sola semilla (caracolillo) (Monroig, 2010).

a. Desarrollo del fruto

El fruto es de color verde al principio, luego se torna amarillo y finalmente rojo, aunque algunas variedades maduran color amarillo. El tiempo que transcurre desde la florecida hasta la maduración del grano varía según la especie:

- *Coffea arabica* 6 a 8 meses
- *Coffea canephora* 9 a 11 meses
- *Coffea liberica* 11-14 meses

Desde el momento de la floración hasta la maduración del fruto transcurren en promedio 32 semanas. El desarrollo del fruto dura de 220 a 240 días en promedio, dependiendo de la región del país (Monroig, 2010).

Durante su desarrollo, el fruto pasa a través de diferentes estados, así:

- Etapa 1: Primeras 7 semanas después de la floración (0 – 50 días). Es una etapa de crecimiento lento, en la cual el fruto tiene el tamaño de un fósforo.
- Etapa 2: Semanas 8 a la 17 después de la floración (50 – 120 días). El fruto crece en forma acelerada, adquiere su tamaño final y la semilla tiene consistencia gelatinosa.
- Etapa 3: Semanas 18 a la 25 después de la floración (120–180 días). La semilla o almendra completa su desarrollo, adquiere consistencia sólida y gana peso.
- Etapa 4: Semanas 26 a la 32 después de la floración (180 – 224 días). El fruto se encuentra fisiológicamente desarrollado y comienza a madurar (Monroig, 2010).

- Etapa 5: Después de la semana 32 (más de 224 días), el fruto se sobremadura y se torna de un color violeta oscuro y finalmente se seca. En esta etapa generalmente el fruto pierde peso (Monroig, 2010).

b. Factores que afectan el desarrollo del fruto

Según Arcila (2010) existen diversos factores que pueden influir sobre el desarrollo normal del fruto, desde la floración hasta la maduración y causar distintos niveles de pérdida de la producción esperada del cultivo. Razón por la cual para la estimación de la cosecha es importante considerar estas pérdidas, pues no todas las flores que se desarrollan en la planta pueden formar frutos y no todos los frutos que se forman alcanzan un desarrollo normal o son cosechados, entre estos factores se tienen los siguientes:

- La broca del café, *Hypothenemus hampei*, ocasiona daños en el fruto y la caída de estos cuando son atacados en estados tempranos de desarrollo. Cuando la broca ataca frutos de café de dos meses de edad, más del 50% caen de las ramas y muchos de ellos se tornan de un color característico al de la madurez; pero si el ataque ocurre después de los tres meses de edad la caída de frutos es menor del 23,5%.
- El mal rosado ocasionado por el hongo *Corticium salmonicolor*. Esta enfermedad afecta tallos, ramas, hojas y frutos, en los cuales se observa necrosis o muerte de tejidos; los frutos se momifican y caen, sintomatología que genera un aspecto de paloteo en el árbol. El avance de la enfermedad puede afectar la totalidad de la producción de la rama o del árbol.
- La mancha de hierro ocasionada por *Cercospora coffeicola*, afecta hojas, ramas y frutos de todas las variedades de café cultivadas. Los frutos son más susceptibles después del cuarto mes de desarrollo, las lesiones producen necrosamiento y como consecuencia, la pulpa se adhiere al pergamino produciendo lo que comúnmente se conoce como café guayaba.

- *Colletotrichum* sp. ocasiona daños en flores en estado de comino y en frutos en todos sus estados. Este hongo produce secamiento y caída de los frutos y la flor afectada permanece adherida al glomérulo hasta su necrosis total.
- Déficit hídrico. El crecimiento reproductivo caracterizado por la formación de flores y frutos es afectado por la disponibilidad hídrica. Las deficiencias hídricas tienden a favorecer la floración, pero pueden perjudicar el crecimiento vegetativo de la planta y el desarrollo normal del fruto, afectándolo de diferentes formas de acuerdo a la etapa de desarrollo en la cual se encuentre.
- Grano vacío (flotantes): uno o ambos lóculos del fruto aparecen vacíos, sin ninguna formación de endospermo. Cuando se benefician estos granos producen el defecto “espuma” o “pasilla”. En las variedades cultivadas se presenta normalmente menos del 5% de este defecto.
- Grano parcialmente formado: uno o ambos lóculos del fruto presentan formación parcial del endospermo, sin que se llegue al llenado completo. Estos granos alcanzan a madurar y producen el defecto “averanado”.
- Grano negro: Frutos en un estado de desarrollo muy avanzado con una ligera tonalidad amarillenta, al partirlos muestran una o ambas almendras desarrolladas de un color café muy oscuro, casi negro. Estos granos al beneficiarlos producen el defecto “espuma” o “pasilla”.
- Grano pequeño: El fruto se desarrolla, pero adquiere un tamaño inferior al normal. Este tipo de grano se hace más perceptible al momento de la trilla.

c. Relación entre floración y fructificación

Arcila (2010), describe que el crecimiento y desarrollo del café ocurre una vez efectuada la fecundación, el ovario se transforma en fruto y los óvulos en semilla, este proceso se denomina cuajamiento de frutos. Indica el comienzo del crecimiento del fruto. Una estimación del cuajamiento puede ser el porcentaje de retención de frutos que se mide como la relación entre el número de frutos presentes tres meses después de la floración sobre el número de flores abiertas. En café estos valores varían de acuerdo con las condiciones climáticas presentes durante cada año y según las regiones. Se registran

valores de retención de frutos desde un 20 a un 90%. En los años más lluviosos se esperan menores valores de cuajamiento y retención de frutos.

d. Composición del fruto

Arcila (2010) clasifica al fruto de café como una drupa en la cual los tejidos externos en la madurez se separan por una capa mucilaginosa del endocarpio, delgado, duro y coriáceo, llamado pergamino.

La pulpa de la cereza madura está formada por el exocarpio (epidermis), que es la capa externa del fruto y representa el 43,2% del fruto en base húmeda. El color de la epidermis varía desde verde a amarillo, hasta rojo o rojo intenso y algunas veces hasta violeta o negro. El color depende de la variedad de café y del grado de madurez del fruto.

Recubierto por la epidermis se encuentra el mesocarpio, el cual está constituido por una capa gruesa de tejido esponjoso de 5 mm de espesor, rico en azúcares y mucílagos. Recubre los dos granos, los cuales se encuentran unidos por sus caras planas.

El mucílago representa el 11,8% del fruto en base húmeda. Los granos están revestidos por una doble membrana: la primera es el endocarpio, amarillo pálido y de consistencia dura y frágil, comúnmente llamado pergamino, representa del 6,1% del fruto en base húmeda; y la segunda, más fina que la anterior y adherida al grano (albumen), llamada película plateada (tegumento seminal), que representa el 0,2% del fruto en base húmeda. El endospermo, también llamado café verde, representa el 38,9 y 55,4% del fruto en base húmeda y base seca, respectivamente (Puerta *et al.*, 1988 citado por Arcila, 2010).

e. Madurez fisiológica del fruto

El estado de madurez fisiológica del fruto de café según Arcila (2010), puede definirse como: “Las alteraciones morfológicas y fisiológicas que ocurren a partir de la fecundación, seguidas por un momento en el cual las semillas están en condiciones de ser cosechadas”. En Brasil, Caixeta y Alvarenga (1981) citados por Arcila (2010),

desarrollaron estudios en los que observaron los cambios físicos y fisiológicos de la semilla cuando ésta alcanza la madurez.

Durante este proceso ocurren alteraciones en el contenido de materia seca, la calidad, el tamaño, la germinación y el vigor de las semillas. De acuerdo con estos parámetros el tiempo de madurez fisiológica del café se definió en 220 días después de la fecundación

Por otro lado, observaron que, a partir de este punto, ya no hay incremento de la materia seca, lo cual puede explicarse por la interrupción de la translocación de sustancias de la planta al fruto. El máximo porcentaje de germinación (97%) ocurre a los 200 días, pero la semilla de café inicia este proceso a los 160 días después de su fecundación, cuando aún está verde.

El grado de maduración del fruto es uno de los factores más influyentes en la calidad de la cosecha, así como en los factores de rendimiento en el beneficio y en la calidad de la taza.

Tradicionalmente, en muchos países el fruto del café se cosecha cuando éste muestra un color que puede ser rojo o amarillo que indica su madurez. Según el cultivar, la coloración roja o verde del exocarpio del café no es siempre un signo de maduración o de inmadurez del fruto.

A lo anterior se suman una serie de factores externos, los cuales influyen marcadamente en el metabolismo, el desarrollo de los cafetales y los frutos, como son: el ritmo de crecimiento de la planta de café en función de las condiciones específicas de clima, nutrición, edad y manejo de la plantación; características que guardan estrecha relación entre el crecimiento vegetativo y el crecimiento de los frutos.

En las condiciones climáticas de la zona cafetera colombiana el café tiene una alta desuniformidad de la maduración. Es así como en una misma rama se observan frutos en diferentes estados de desarrollo y en varios grados de madurez, razón por la cual es necesario realizar entre 10 y 15 recolecciones por año.

La cosecha de los frutos de café se hace habitualmente con el criterio empírico del color de la cereza, la cual, al madurar muestra una mezcla de tonalidades verdes, amarillas y rojas, según el cultivar o variedad, como resultado se obtiene un producto cosechado que incluye frutos verdes, pintones, maduros, sobremaduros y secos (Roa et al., 1999) cada uno de estos tipos de frutos posee unas características físicas y químicas específicas, que determinan la cantidad y calidad del producto obtenido durante los procesos de beneficio, trilla, almacenamiento y preparación de la bebida.

Al cosechar cerezas de café en un estado de madurez temprano (tonalidades verdes y amarillas), éstas pueden carecer de condiciones apropiadas para el consumo y además, realizar una cosecha prematura implicará pérdidas en peso y en rendimiento, debido a que los frutos son de menor tamaño que los maduros (Freire & Miguel, 1985). De otra parte, los frutos recolectados tardíamente pueden estar sobremaduros o secos y presentan un comportamiento elástico de la pulpa que perjudica las condiciones para un óptimo beneficio, al igual que disminuyen sus cualidades organolépticas, con una mayor predisposición a sabores de tipo fermento, a las alteraciones fisiológicas y al ataque de insectos o de patógenos.

En general, se ha demostrado que los frutos que tienen una coloración verde de la pulpa, demeritan la calidad del café en todos los procesos postcosecha hasta la bebida, produciendo bajos rendimientos, sabores, aromas rancios y características muy amargas. De otra parte, la recolección de frutos secos proporciona una bebida dura, debido a que son frutos senescentes y con alto porcentaje de daños por insectos, mientras que los frutos denominados maduros, aquellos que exteriormente presentan una coloración rojiza uniforme, proporcionan la mejor calidad de bebida.

Para establecer un criterio objetivo de maduración, es necesario describir las características químicas y físicas, que indiquen en forma directa los cambios entre los diferentes estados de maduración del fruto, así mismo estas características deben relacionarse con el comportamiento en las diferentes etapas del proceso de beneficio, secado, trilla y calidad de la taza. Con base en esta información será posible definir

estándares de recolección para el agricultor y todas las personas relacionadas con los procesos de cosecha y postcosecha del café (Arcila, 2010).

f. Determinación de los estados de maduración del fruto

Según Vidal (2014), en Cenicafe se realizó una investigación que tuvo como objetivo caracterizar el proceso de maduración del fruto del café, en términos de color, aspectos físicos y químicos, rendimiento y calidad, teniendo en cuenta los días transcurridos desde la floración (ddf). Los estados considerados fueron el verde inmaduro (182 ddf), hasta el rojo maduro (217 ddf) y el estado seco (231 ddf).

g. Características físicas y químicas

Para Arcila (2010), las variables físicas que mejor determinan el proceso de maduración del café a través del tiempo son: la fuerza de remoción, la firmeza polar y la firmeza ecuatorial. Estas variables disminuyen a medida que el fruto madura, presentando el cambio más notable entre los 217 y los 224 días después de la floración. Las diferencias entre el estado pintón, los estados maduro y sobre maduro estuvieron alrededor de 2,90 y 6,93 Newton (N) para la fuerza de remoción; entre 11.46 y 14.85 N para la firmeza polar; entre 10,95 y 16,39 N para la firmeza ecuatorial.

La variable química que mejor describe la maduración del café son los sólidos solubles, expresados en grados brix, los cuales se incrementan a través del tiempo, encontrando el máximo valor en los frutos sobre maduros (24°brix).

2.1.5 Distribución de la cosecha

Desde la floración hasta la maduración de los frutos transcurren de 7 a 8 meses, pero debido a que en nuestras condiciones ambientales se favorece el desarrollo sucesivo de las flores sobre los nudos, esto trae como consecuencia que en las ramas se encuentren frutos en diferentes estados de desarrollo en forma simultánea. La distribución de la cosecha depende además de los patrones de floración de cada región (Marín, 2005).

Durante el desarrollo del fruto existen diferentes factores ambientales que pueden afectarlo. Entre estos factores, la disponibilidad hídrica juega un papel primordial y su efecto varía de acuerdo con la etapa del desarrollo en que se encuentra el fruto, por tanto, si las deficiencias hídricas ocurren entre las semanas 7 y 14 después de la floración, se afectará el tamaño del fruto y si éste ocurre entre las semanas 15 y 25, se producen granos vanos o defectuosos por insuficiente llenado de la almendra. Los excesos hídricos no tienen un efecto particular sobre el crecimiento y desarrollo de los frutos y más bien su efecto es indirecto al favorecer la presencia de enfermedades que atacan los frutos como el mal rosado o favorecer la pérdida de flores.

El café presenta alta desuniformidad de maduración, observándose en una misma rama frutos en diferentes estados de desarrollo y en varios grados de madurez. Por esta razón, es necesario recolectar el café entre 8 y 10 veces por año. La cosecha de los frutos de café se hace habitualmente con el criterio empírico sobre el color de la cereza, la cual al madurar presenta una mezcla de tonalidades verdes, amarillas y rojas, según el cultivar o variedad; como resultado, se cosecha una mezcla que incluye frutos verdes, pintones, maduros, sobremaduros y secos. Cada uno de estos tipos de frutos presenta características físicas y químicas específicas, que determinan la cantidad y calidad del producto obtenido durante los procesos de beneficio, trilla, almacenamiento y preparación de la bebida (Marín, 2005).

2.1.6 Acelerantes de la maduración en café

El Etephon (ácido 2-cloroetil-fosfónico) ha sido utilizado en varios países para acelerar la maduración de los frutos de café. En investigaciones realizadas en Cenicafé (2003), se ha encontrado que, aunque es posible anticipar la maduración de los frutos hasta 4 semanas, con aplicaciones de este producto, también se afecta la calidad física del grano (defecto inmaduro) y la calidad de la bebida debido a la disminución de la acidez. Este resultado se explica por la desuniformidad en el desarrollo de los frutos.

Valencia (1999) menciona que en 1970 se iniciaron en Cenicafé, Colombia los estudios de factibilidad del uso de Ethrel® (ácido 2-cloroetil-fosfónico) en cafetales, pues de ser

posible controlar o dirigir la cosecha de café mediante este madurador, la recolección de café sería más eficiente y un mismo número de trabajadores se podría tener ocupado durante un tiempo mayor que cuando en forma natural madura el café, pues en este caso habría recolecciones o pases muy voluminosos que requerirían aumento del número de cosechadores.

El primer ensayo comprendía dos experimentos: a. aplicación por árbol de 200 cc de soluciones 0, 100-200-300-400 mg/planta en plantas de Típica, Borbón y Caturra de 4 años; b. 200 mg por planta de soluciones con pH 1-2-3-4. Se encontró que el grado de acidez de la solución de Ethrel no influye sobre su acción y que este producto provoca maduración de frutos, caída de frutos y hojas en el término de 15 días después de aplicado.

Los tratamientos en el segundo ensayo incluían dos épocas de aplicación con intervalo de 15 días y 30 cc por planta de soluciones con 0-75-150-225-300 mg/ planta. Los resultados mostraron que, aunque es posible adelantar la maduración de los frutos en cuatro semanas, al aumentar la dosis se disminuye la acidez y el cuerpo de la bebida de café y especialmente mientras menor madurez fisiológica tengan los frutos al recibir el tratamiento. La calidad comercial del grano también resulta perjudicial por la aparición de color marrón en la almendra.

En el tercer ensayo se hizo una aplicación de 90 miligramos de producto activo por árbol (0.75 ml de Ethrel por litro, para cuatro plantas) en la cosecha de 1975 para registrar peso, color, tamaño del grano, rendimientos de café cereza en café pergamino seco y se registró la producción de 1976. La cosecha de 1976 fue igual para las parcelas testigo y para las tratadas con Ethrel; se encontró reducción en el rendimiento de café cereza a café pergamino seco, aumentó del porcentaje de granos pequeños, así como la cantidad de granos y de hojas caídas en las parcelas tratadas.

El cuarto ensayo (1976) se realizó teniendo en cuenta la parte del árbol con producción para aplicar en esa zona, 200 ml por árbol de las concentraciones siguientes: 0-0.4-0.8-

1.2 ml de Ethrel para un litro de solución. La aplicación de tratamientos se hizo cuando había entre el 10 y 20% de frutos maduros.

Los resultados mostraron con dosis bajas (menos de 80 miligramos de Ethrel por árbol, aplicados en la zona de producción del árbol y cuando ya se han iniciado los pases de recolección de café maduro, se logra no solo acelerar la maduración sin afectar la calidad, sino que dejan de ser serios otros problemas, como caída de hojas, caída de frutos, reducción en el rendimiento de café cereza a café pergamino seco, aumentó del porcentaje de pasilla, aumentó del porcentaje de granos de color indeseable y del porcentaje de granos pequeños. Sin embargo, para una adecuada utilización de Ethrel en cafetales, es indispensable ceñirse estrictamente a tal serie de requisitos que hacen crítico su empleo y no recomendable su uso en cafetales colombianos (Valencia, 1999).

2.1.7 Ethrel® o Etephon

Según Salguero (2014), el Ethrel o Etephon (ácido 2-cloroetil-fosfónico) es un fitoregulator usado para la maduración uniforme de un gran número de frutas, tales como piña, tomates, bananas, manzanas, melones, peras y otras.

Salguero (2014), determina al Etephon como un compuesto que puede considerarse como una hormona sintética, la cual es absorbida por la planta y en cuyo interior se descompone liberando etileno.

El Etephon es el producto estimulante de mayor uso en el mundo hulero, constituyendo un componente normal del sistema de explotación y la intensidad va íntimamente relacionada con el metabolismo de los clones.

a. Ventajas del Etephon

Según la gremial de huleros de Guatemala (GREMHULE) (2010), el Etephon (ácido 2-cloroetil-fosfónico), presenta las siguientes ventajas en el hule:

- Mano de obra utilizada eficientemente y económicamente.

- Aumenta la vida productiva del panel de pica con base en el consumo de la corteza anual.
- Disminuye la incidencia de las enfermedades del panel de pica.
- Siendo el Etephon (ácido 2-cloroetil-fosfónico) un producto cuyo ingrediente activo es el ETILENO se hace necesario conocer algunas de las características más importantes de este gas.

b. Etileno o eteno

Salguero (2014), describe al etileno o eteno como un gas incoloro, de ligero olor etéreo, irrespirable e insípido. Se liquida a 103° centígrados y se solidifica a los 169° centígrados; a 0 grados centígrados se liquida con 44 atmósferas de presión y su densidad es de 0.9784 con relación al aire.

El etileno se encuentra en la capacidad de modificar la floración, la sexualidad de la flor en cucúrbitas, el letargo de yemas, la maduración de frutos, etc. Además, se le atribuye rompimiento de latencia en varias semillas y vástagos.

El etileno es un agente químico al que quizás no se le puede considerar estrictamente como una hormona, puesto que no cumple con el concepto de tal, pero sin duda es un compuesto activo en el desarrollo del vegetal. El etileno en las plantas es producido a partir del aminoácido metionina.

c. Química del etileno o eteno

En su estructura química, el etileno es un producto natural del metabolismo vegetal, es la hormona vegetal más simple, hay otros compuestos volátiles como el acetileno y el propileno, que tienen efectos similares al etileno, sin embargo, el etileno es entre 60 y 100 veces más activo que estos. El etileno es el único producto del grupo de los compuestos volátiles, que se producen en cantidades apreciables en los tejidos vegetales (Salguero, 2014).

2.1.8 Cosecha mecánica de café

a. Vibradores sobre la rama

Una investigación realizada entre Cenicafé y la Universidad Nacional de Colombia permitieron ver algunos de los retos y dificultades de la mecanización. En el trabajo cosecha del café con vibradores portátiles de tallo, el investigador Carlos Oliveros y sus colaboradores, se resume que:

“El rendimiento potencial con esta tecnología varió en el rango de 288 a 504 kilos por hora por vibrador. El rendimiento efectivo, incluyendo el tiempo para recoger el café con mallas, varió en el rango de 53 a 67 kilos por hora por operario, que en relación con el promedio observado en países pico en cosecha manual tradicional (doce kilos por hora por operario) representa un incremento del 341,7 a 458,3%, respectivamente” desprendidos (Torrice, 2016).

Aunque estos resultados muestran un aumento notorio en la eficiencia de la mano de obra en cosecha del café, la eficiencia global de recolección (rendimiento efectivo/rendimiento potencial) fue muy baja (0,13%) y por lo tanto, se requiere desarrollar métodos más eficientes para la captura de los frutos desprendidos (Torrice, 2016).

b. Actuadores oscilantes

En condiciones de la caficultura colombiana, se evaluó el equipo de cosecha portátil STIHL SP-81, producido comercialmente para la cosecha semi-mecanizada del café en otros países. Con el equipo se aplican vibroimpactos a las ramas y frutos, con un actuador compuesto de dos juegos de cinco dedos, fabricados en poliamida reforzada, soportados en el extremo de una lanza y accionados por un motor de combustión interna de 0,95 kW. La primera fase se realizó en una finca del municipio del Líbano (Tolima), en el pico de la cosecha principal del 2006, en un lote de 2.000 árboles de variedad Caturra y Colombia, sembrado a 2,0 x 0,5 m, con promedios de carga y concentración de frutos maduros de 320 g/árbol y 33%, respectivamente. La segunda fase en la Subestación Experimental El Tambo (Cauca) en el pico de cosecha principal del 2007,

en un lote de café variedad Colombia, sembrado a 2,0 x 1,0 m, con promedios de carga de 916 g/árbol y 60% concentración de frutos maduros. En la primera fase los resultados no fueron favorables a la tecnología, principalmente por el incremento en el costo unitario de recolección. En la segunda fase, sin repase manual adicional, se logró reducir el costo unitario en 41,4% e incrementar el rendimiento del operario en 102,5%, con relación a la cosecha manual. Con el equipo STIHL se recolectó café con 11,5 y 15,8% de frutos verdes, por lo cual se requiere separarlos en el beneficio para obtener café de alta calidad (Díaz, 2009).

c. Vibradores portátiles de tallo (VPT's)

Los vibradores portátiles del tallo (VPT's) son herramientas con gran potencialidad para ser empleadas en la cosecha de café en Colombia, en los países con mayor producción (más de 800 g/ árbol) y concentración de frutos maduros por árbol (más del 60 %). Por su relativo bajo peso y tamaño se pueden operar fácilmente en el interior de plantaciones con distancia entre surcos superiores a 1,2 m, en suelo húmedo con pendiente de hasta del 50 %. Para obtener la mejor calidad de cosecha y el mayor rendimiento de recolección, el tiempo de vibración por árbol debe ser inferior a 5 segundos. Por facilidad de operación, el vibrador se debe acoplar al tallo en la mitad de su altura. La recolección debe realizarse en equipos constituidos por dos VPT's y cuatro personas, dos para operar los vibradores y dos para manejar las mallas de captura de los frutos desprendidos. El rendimiento potencial con esta tecnología varió en el rango 288 a 504 kg/h/ vibrador. El rendimiento efectivo, incluyendo el tiempo para recoger el café con mallas, varió en el rango 53 a 67 kg/h/operario, que con relación al promedio observado en países pico en cosecha manual tradicional (12 kg/h/operario) representa un incremento del 341,7 a 458,3 %, respectivamente. Aunque estos resultados muestran un aumento notorio en la eficiencia de la mano de obra en cosecha del café, la eficiencia global de recolección (rendimiento efectivo/rendimiento) (Oliveros, 2005).

III. CONTEXTO

La maduración organoléptica es el proceso por el cual los frutos alcanzan las características de color, textura, aroma, sabor, entre otros; que los definen como comestibles. Este proceso se inicia comúnmente durante las etapas finales de la maduración fisiológica del fruto y constituye el comienzo de la senescencia, proceso durante el cual tienen lugar una serie de transformaciones físicas, bioquímicas y fisiológicas determinantes de la calidad y vida en postcosecha. Entre las alteraciones están: cambios en el color, composición de proteínas, carbohidratos, ácidos orgánicos, polifenoles; así como en la producción de aromas, incremento de la actividad respiratoria y producción de etileno (Marín, 2005). Estos fenómenos, además de indicar cambios físicos y químicos a través del tiempo, definen características de palatabilidad y aceptación del producto por el consumidor, tanto para frutos que son consumidos directamente (sin transformación previa) como para frutos procesados, como en el caso del café.

El método de recolección de las cerezas de café está intrínsecamente unido a la fisiología del cafeto. Las cerezas que crecen unas junto a otras en la misma rama pueden madurar a distinto ritmo, por lo tanto, deberán recolectarse en diferentes tandas. La tarea del caficultor consiste en seleccionar y recolectar los frutos maduros y dejar el resto en la rama.

La mecanización en caficultura utilizada con eficiencia y oportunidad, significa un apoyo importante en la búsqueda constante para disminuir los costos de producción que tanto agobia a los productores de café, en especial en Guatemala en donde el uso de mano de obra se encuentra entre los costos más elevados de los países productores de café.

Bajo esta modalidad finca la Viña se ha visto intervenida con algunas modificaciones y ajustes para facilitar la mecanización, una de estas es la implementación de la cosecha mediante el uso de vibradores y uso de madurantes para facilitar la cosecha.

Esta experiencia se realizó en Finca la Viña, El Palmar, Quetzaltenango, la cual se ubica sobre las coordenadas geográficas, 14° 42' 28" latitud norte y 91° 39' 17" longitud oeste. El casco de finca se encuentra a una elevación de 760 metros sobre el nivel del mar, teniendo en la parte baja 710 msnm y la parte alta a 795 msnm. Dista a 30 km de la cabecera municipal, a 70 km de la cabecera departamental y 190 km de la ciudad capital de Guatemala. La finca forma parte de la cuenca del río Samalá, en la vertiente del pacífico.

El clima experimenta temperaturas máximas en verano durante los meses de enero a abril, las cuales oscilan entre los 28°C a 30°C, en los meses de diciembre a febrero, desciende la temperatura al nivel mínimo, entre 20°C a 24°C, en invierno oscilan entre los 27 y 32°C. La humedad relativa es de 82% y la precipitación pluvial media anual es de 3800 mm.

Según Holdridge (1982), la zona de vida a la que corresponde es bosque muy húmedo subtropical (cálido), tipo boca costa.

Según la clasificación de Simmons, citado por Gálvez (1990), clasifica a la zona dentro de la región fisiográfica: suelos del declive del pacífico, que se extiende a lo largo del lado sur de la faja volcánica presente en Guatemala.

Por lo que el presente estudio de caso analizó los resultados derivados del uso de Ethrel® para uniformizar la maduración del fruto de café y la mecanización para facilitar la recolección. Tradicionalmente, finca La Viña ha comercializado el café en pergamino con empresas que se dedican a la compra y venta del producto a nivel internacional.

IV. JUSTIFICACIÓN

La recolección es la etapa más costosa de la producción del café, se inicia cuando la cáscara del fruto ha tomado color de cereza, la tarea es delicada, por lo tanto, se debe tener cuidado de no dañar las hojas, los botones o cortar la fruta inmadura, pues existen diferencias significativas en la calidad de la bebida, que puede resultar alterada si el café se beneficia cuando está verde, completamente maduro o sobre-maduro. El grano verde tiende a producir en el exocarpo sabor áspero, el grano sobremaduro produce un sabor agrio o frutoso.

En Guatemala, la cosecha del café varía de un clima a otro y a la altura del terreno sobre el nivel del mar. Su madurez no ocurre al mismo tiempo, por lo que se recolecta entre agosto a diciembre en zonas de clima cálido y entre noviembre a abril en las tierras frías, esta etapa requiere gran cantidad de hombres y mujeres que se adentran con canastos por los caminos del cafetal y con las manos arrancan los granos rojos de las ramas, utilizando a veces escaleras para los cafetos más altos. Al final del día llevan lo cosechado en sacos al beneficio húmedo, en donde es vertido en cajones y pesado en una romana para retribuir el tamaño de la cosecha realizada durante el día.

Entre los factores que de forma directa afectan al cultivo está la actual crisis de los precios internacionales, la migración del recurso humano, el costo de la mano de obra, demandas laborales, los constantes cambios en el ambiente debido al cambio climático, por lo que el café tiene un número alto de floraciones, cinco a seis al año, teniéndose poca uniformidad en la maduración, esto se traduce a que en una misma rama puede conseguir frutos maduros, pintones, verdes, inclusive flores. Esas muchas floraciones dificultan la cosecha, por lo que de forma manual se deben realizar de 7 a 8 pasadas prolongándose de 2 a 3 meses para levantar el grano.

Toda esta problemática ha llevado a finca la Viña a incorporar nuevas tecnologías para lograr uniformizar la cosecha, por lo que se ha cambiado la recolección manual de los frutos maduros, labor que implica bajos rendimientos y altos costos, alrededor del 38% de los costos totales de producción. Como alternativa para uniformizar la cosecha,

disminuir los costos de recolección, se ha incorporado a partir del año 2010 el forzamiento de la maduración mediante la aplicación de etileno (Ethrel®) logrando su uniformidad y realizando la cosecha de forma mecanizada, con lo cual se ha logrado incrementar notoriamente la eficiencia de mano de obra y reducir costos.

V. OBJETIVOS

5.1 GENERAL

- Documentar la aplicación de madurante Etephon para mecanizar la cosecha del cultivo de café (*Coffea arabica*) en finca La Viña, El Palmar, Quetzaltenango.

5.2 ESPECÍFICOS

- Comparación de la maduración natural y maduración forzada mediante la aplicación de Etephon en cultivo de café.
- Determinar la productividad de cosecha de forma manual y la cosecha mecanizada.
- Documentar los costos de producción para la cosecha manual y la cosecha mecanizada en cultivo de café.
- Determinar el porcentaje de grano maduro y grano verde de la masa cosechada de forma manual y de manera mecanizada.

VI. METODOLOGÍA

6.1 DISEÑO DE INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS

Para el presente estudio de caso, se partió de la secuencia de los eventos que se suscitaron y desarrollaron desde el año 2010 al 2015, ya que en este periodo se ha llevado el registro de la cosecha de café de forma manual y de forma mecanizada, la implementación se realizó en la temporada 2012-2013, pero se consideran datos de la temporada 2011-2012 previo a la implementación, 2012-2013 periodo de intervención e implementación y periodo 2014-2015 como periodo de post implementación de la nueva tecnología de recolección de frutos maduros de café.

Se planificó y elaboraron los instrumentos para realizar el análisis; así también en esta fase se realizaron acercamientos con el personal a cargo de las labores en las plantaciones de café de la finca, esto con la finalidad de definir preliminarmente los alcances del presente estudio de caso, también se definió de manera conjunta los mecanismos de acercamiento para desarrollar entrevistas guiadas con el gerente agrícola y asesor de la Asociación Nacional del Café ANACAFE. Se contactó con el encargado de la base de datos y al técnico de campo para la obtención de la documentación de registro que se obtuvo con las dos metodologías cosecha manual y cosecha mecanizada. En este contexto se analizaron los fundamentos teóricos del proceso de estudio de caso, se elaboraron las guías de entrevistas, se definieron los elementos procesados y se sistematizaron los documentos a los cuales se tuvo acceso.

La inducción fue un método utilizado partiendo de la información documental que se analizó, misma que fue validada con los elementos que se aportaron en las entrevistas con los actores involucrados en el proceso de implementación de la mecanización de la cosecha de café. La observación directa en campo también fue un método que ayudó a desarrollar el presente estudio, así como la estructuración cronológica de los sucesos que se dieron.

6.2 EVIDENCIA DOCUMENTAL Y UTILIZACIÓN DE REGISTROS

La obtención de resultados consistentes dió respaldo al presente estudio de caso, se revisaron registros que permitieron cuantificar cada uno de los eventos. Esta evidencia documental sirvió para análisis de apreciaciones objetivas y para análisis estadístico con lo cual se alcanzaron los objetivos propuestos; para un mejor respaldo se compararon estos datos con resultados que se obtuvieron en instituciones especializadas de Brasil y Colombia los cuales han realizado la implementación, publicaciones e informes relacionados con este tipo de tecnología.

6.3 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para recolectar la información se solicitó la aprobación de la Gerencia de finca La Viña para poder tener acceso a todos los registros desde el año 2010 hasta el año 2015, también se tuvo acceso a todos los actores involucrados en el proceso de implementación de la mecanización de la cosecha del grano de café.

La validación de los registros de todas las actividades que se han realizado en el manejo del cultivo de café durante el período 2010-2015, así como la documentación del estudio de caso, es de interés para la gerencia de Finca La Viña como para el estudiante.

Para la recolección de datos se procedió de la manera siguiente:

- a) Se revisaron los archivos y registros del manejo del cultivo de café durante los años 2010-2015, donde se obtuvo información sobre los porcentajes de eficiencia que se han obtenido con cada una de las técnicas de cosecha, registros de precipitación, registro de producciones, manejo y uso de prácticas culturales, presupuestos y rendimientos por lotes.
- b) Teniendo la información, se validó realizando tres entrevistas individuales, con preguntas estructuradas al propietario, al administrador y al asesor agrícola.
- c) Se analizó la información recabada y se redactó el informe respectivo, formulando tablas, gráficos, figuras, analizando los hallazgos relevantes de la documentación. Finalizado el trabajo de campo y el análisis de la información, se procedió a

desarrollar el taller de devolución de resultados a los actores con la finalidad de validar la información analizada en este estudio de caso.

6.4 ENTREVISTA A DIVERSOS INFORMANTES

Se realizaron los contactos respectivos y mediante entrevistas con guías semiestructurada se obtuvieron elementos de primera mano que arrojaron información referente a historia, principios, participación, regulación, procedimientos, organización, coordinación, injerencia, reglas de acceso, metodologías que se desarrollaron en torno al manejo del cultivo. Luego se analizó la información recabada en dichas entrevistas y se cotejaron las mismas entre sí para encontrar congruencias y aquella información que respondió a los objetivos planteados para el presente estudio de caso.

6.5 METODOLOGÍA A SEGUIR PARA ALCANZAR LOS OBJETIVOS

Para lograr este objetivo fue necesaria la técnica de la entrevista a los colaboradores de campo de finca La Viña, un cuestionario referente a las técnicas de cosecha, para validar la información que se tiene en los registros. Posteriormente se entrevistó al asesor y propietario, para poder recabar la mayor cantidad de información posible en cuanto a la apreciación que se tiene de esta nueva tecnología de cosecha y la continuidad de la misma en futuras cosechas.

a. Productividad de la mano de obra

Esta variable se determinó mediante el rendimiento en kilogramos de café cereza recolectados por jornal.

b. Rendimiento operativo de la cosecha mecanizada (kg/h)

Se registró el peso del café cosechado (kilogramos) y el tiempo empleado en esta operación (horas) por observación.

c. Frutos verdes en la masa cosechada (FVMC) (%)

Del café cosechado se extrajo una muestra compuesta de un kilogramo, se separaron y pesaron los frutos por estado de maduración. El porcentaje de frutos verdes en la masa

cosechada correspondió a la relación entre el peso de los frutos verdes y el peso de la muestra obtenida, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\%FV = \left[1 - \frac{\text{Peso fruto maduro}}{\text{Peso total}} \right]$$

d. Encuesta

La encuesta abarcó cuatro aspectos básicos. En primer lugar, se incluyeron variables sobre las semanas de cosecha correspondiente, el lote de la finca. En segundo lugar, se describieron las características fundamentales del lote de café como área, edad del cafetal, densidad de siembra, pendiente del lote y número de ejes por planta. El tercer aspecto considerado correspondió a las características socioeconómicas del recolector, como origen, edad, género, estado civil, escolaridad, oficio en el sitio de origen, probabilidad de empleo en el lugar de origen y salarios nominales en las regiones de procedencia, entre otras. Finalmente, la encuesta incluyó preguntas relacionadas con la recolección, kilogramos por jornal y desplazamientos por los lotes, entre otras.

e. Inversión realizada para la cosecha

Para cumplir con este objetivo fue necesario revisar los registros contables de la empresa, en los cuales se obtuvieron los rubros de planillas (Jornales por concepto de cosecha), compra de material, equipo e insumos para manejo de la cosecha.

f. Análisis estadístico de la información.

Para alcanzar este objetivo. Se incluyó el análisis descriptivo y el inferencial de las variables de estudio, así como un análisis de los componentes principales que permitieron observar las relaciones entre las variables. Se utilizó como variables activas aquellas relacionadas con el cultivo del café y como ilustrativas, las relacionadas con aspectos socioeconómicos.

6.6 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	MES																										
	Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero						
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
Inducción al estudio de caso	■	■																									
Elaboración del estudio de caso			■	■																							
Presentación del estudio de caso					■	■																					
Exposición del estudio de caso							■																				
Inducción en la unidad de estudio								■	■																		
Acceso a la información								■	■																		
Encuesta con administrador									■																		
Obtención de libretas de campo									■	■	■																
Encuesta con personal de campo											■	■	■	■													
Encuesta con propietario													■														
Revisión de registros contables													■	■	■												
Análisis y discusión de resultados																	■	■	■	■							
Elaboración del informe final																			■	■	■						
Presentación del informe final																							■	■			

6.7 VARIABLES DE ESTUDIO

a. Variable Independiente

- Método de cosecha
 - Método mecánico
 - Método manual

a. Variables Dependientes

- Calidad del producto
- Productividad de la mano de obra
- Rendimiento operativo de la cosecha mecanizada (kg/h)
- Frutos Verdes en la masa cosechada
- Determinación económica de la aplicación de cada uno de los métodos de cosecha de granos de café.

6.8 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Con los datos que se obtuvieron por medio de las encuestas, se realizó una clasificación en orden cronológico de los eventos y actividades que conformaron la intervención para la determinación del agente causal y el cambio de metodología en la cosecha manual y mecanizada.

Se analizó también el papel que tomó cada uno de los actores involucrados y la apreciación que tienen del uso de cada uno de los métodos de cosecha y el rendimiento obtenido durante el proceso de intervención.

Se recopilaron y tabularon los registros cuantitativos de las variables de estudio, con ellos se procedió a realizar un análisis estadístico a través de la prueba t-Student, para comparar los eventos antes y después de la implementación de cada una de las tecnologías (Prueba pretest y prueba postest) comparando la cosecha manual contra la cosecha mecanizada, se compararon las medias a un nivel de significancia del 5%. Para realizar el análisis se utilizó el paquete de software MINITAB® 17.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 INTERVENCIÓN

7.1.1 Las actividades que constituyen el proceso

El mercado internacional del café bajo el enfoque de la libre competencia se ha caracterizado por la fluctuación de los precios internacionales del grano, debido a factores como la sobreoferta del producto, las coyunturas causadas por heladas o sequías en las zonas cafeteras brasileras, las nuevas relaciones entre los países productores, consumidores y las especulaciones en la bolsa (Marín, 2005).

La alta calidad del café de Guatemala, es el resultado del cultivo de las variedades de la especie *Coffea arabica*, del manejo de las plantaciones, de la oferta ambiental y de suelos, de la recolección manual de frutos maduros y del beneficio húmedo (despulpado, fermentación desmucilaginado, lavado y secado) y el beneficio seco (trilla y selección).

En Guatemala los costos de cosecha son altos debido a que solamente se recolectan frutos maduros, fruto por fruto, en suelos con pendientes moderadas y altas, en época de lluvias y a que es ésta, de por sí, una labor de bajos rendimientos. En general, los costos de la recolección representan entre el 30 y el 40% de los costos totales de producción del cultivo.

La caficultura guatemalteca ha estado sometida durante la década de los 90's y 2010, a los precios internacionales y a los efectos de la devaluación de la moneda, la cual ha elevado los costos de producción y ha afectado negativamente la economía de una de las principales agroindustrias del país.

Ante este panorama y para los próximos años, se hace necesario formular propuestas tecnológicas para el mejoramiento de la rentabilidad, que vayan dirigidas a conseguir una drástica disminución de los costos de producción y más específicamente, hacia la utilización racional y eficiente de la mano de obra en todo el proceso agroindustrial cafetero.

7.1.2 La secuencia en el tiempo de estas actividades

Finca la Viña, se ubica en el municipio de El Palmar, Quetzaltenango, en la denominada ruta del café del Palajunoj, su principal actividad es la producción de café y la generación de energía limpia, no ha escapado a los efectos en la producción de café, sufriendo el alto costo de la cosecha, la falta de mano de obra, múltiples floraciones, prolongación del periodo de corte, demandas laborales y migración de la mano de obra local.

a. Eventos importantes de la producción de café en finca La Viña

En cuanto a la cosecha, el café arábigo florece y luego de ello tarda entre seis y ocho meses para que sus frutos estén maduros. Es entonces cuando se inicia la cosecha.

La recolección de las bayas del cultivo del café se hacía en la finca hasta el año 2011, de forma manual; en este caso las cerezas del café se recolectaban utilizando un grupo entre 350 a 400 personas. Lo que distingue a este método de cosecha es que los recolectores sólo deben tomar aquellas cerezas que estaban totalmente maduras, por lo que se trabajaba de 5 a 7 veces en las mismas plantas para retirar las cerezas a medida que estas van madurando. Por esta razón se trata de un sistema costoso de recolección, aunque el café que se obtiene es de gran calidad.

Los registros para la variedad Catuaí en finca la Viña, reportan que desde el momento de la floración hasta la maduración del fruto transcurren en promedio 32 semanas. El desarrollo del fruto dura de 220 a 240 días en promedio.

Durante el desarrollo del fruto pueden marcarse diferentes etapas, las cuales se describen a continuación (figura 1):

- Etapa 1: Esta comprende las primeras 7 semanas después de la floración (de 0 a 50 días). Se evidencia en las bandolas que esta es una etapa de crecimiento lento, en la cual el fruto adquiere el tamaño de un fósforo.
- Etapa 2: ocurre entre las semanas 8 a la 17 después de la floración (comprende entre los 50 a 120 días). Puede notarse durante esta etapa el crecimiento de forma

acelerada del fruto, el cual adquiere su tamaño final, la semilla tiene consistencia gelatinosa o lechosa.

- Etapa 3: Comprende a las semanas 18 a la 25 después de la floración (entre los 120 a 180 días). La semilla o almendra completa su desarrollo, adquiere consistencia sólida y gana peso, toma consistencia el pergamino.
- Etapa 4: comprende entre las semanas 26 a la 32 después de la floración (ocurre entre los 180 a 224 días). Fisiológicamente el fruto se encuentra desarrollado e inicia su maduración, es la etapa donde debe forzarse la maduración del fruto para la uniformidad de la cosecha.
- Etapa 5: Después de la semana 32 (más de 224 días), el fruto se sobre madura y se torna de un color violeta oscuro y finalmente se seca o se cae. En esta etapa generalmente el fruto pierde peso.

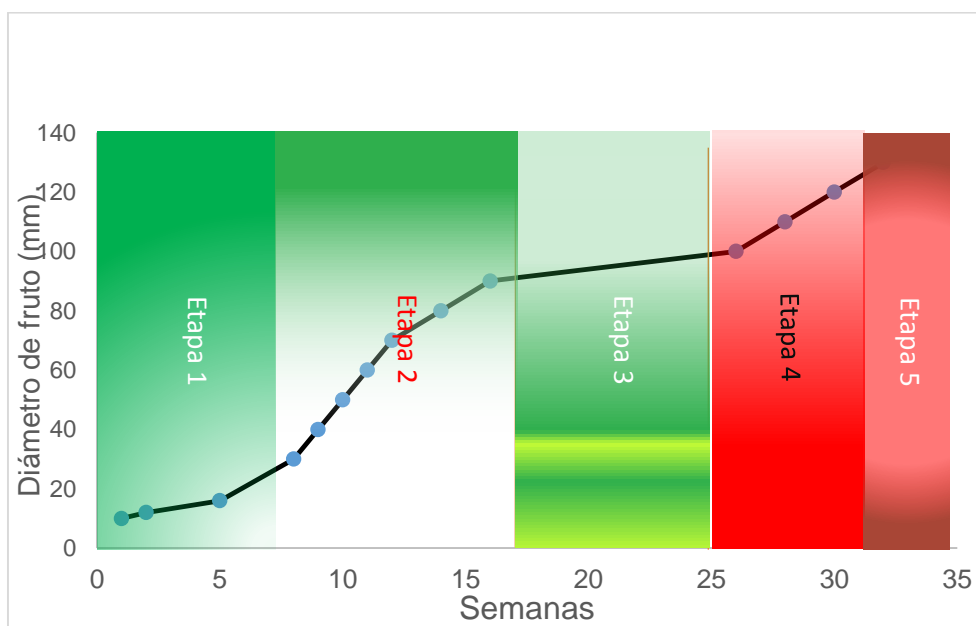


Figura 1. Etapas de desarrollo del grano de café y curva de crecimiento

b. Mano de obra

Del año 2000 hacia atrás, la temporada de cosecha de café era uno de los momentos más esperados por los habitantes de la zona cafetera del Palajunoj, además finca La Viña mantenía una relación constante con contratistas que trasladaban del altiplano occidental, principalmente del departamento de Quiché, a personal que realizaba el

trabajo de recolección del grano, también se disponía de las familias de los mozos de la finca las cuales junto a familias de aldeas, cantones y caseríos circunvecinos, constituían la mano de obra local que iniciaba la cosecha o graneado como se denomina comúnmente en la finca y eran quienes hacían el cierre o cosecha con verde y la denominada pepena. Hasta este momento la cosecha era una actividad familiar, donde solo se reportaba una persona como responsable ante la finca y con un alto rendimiento debido a que entregaba lo colectado por 4 a 6 personas por día.

A partir del año 2001, se empieza a tener déficit de mano de obra, las migraciones hacia los centros urbanos como municipios, cabeceras departamentales y hacia centros industriales como la ciudad capital, la oportunidad de ingresos encontrados en el comercio informal, o viajar hacia Estados Unidos, son parte de los factores que han incidido en la falta de disponibilidad de recurso humano para levantar la cosecha.

A partir del año 2010, La disponibilidad de mano de obra es un tema recurrente en la mayoría de las fincas productoras de café cuando se inicia la época de recolección, fundamentalmente en la cosecha principal. Para este período, los productores y administradores de fincas cafeteras se preguntan regularmente si habrá suficiente mano de obra o al contrario si ésta será deficitaria. Esta incertidumbre ha llevado a finca La Viña a buscar nuevas alternativas para efectuar la cosecha. El forzamiento de maduración del grano mediante la aplicación exógena de etileno, la cosecha mecanizada mediante el uso de vibradores mecánicos y mallas colectoras del grano han permitido dar un nuevo enfoque a esta labor.

7.1.3 El papel que tomó cada uno de los actores involucrados

a. Propietario

Es el principal actor ya que el margen de rentabilidad por efecto de la comercialización de café se vió seriamente afectada durante la cosecha 2008-2009 y 2009-2010, por lo que buscó el medio para incrementar la productividad, evitar menos pérdida por caída de fruto, facilitar el corte, realizar menos pasadas por planta y reducir el número de cosecheros, lo que le lleva a buscar en países cafeteros de Latinoamérica, como México,

Costa Rica, Colombia, Ecuador y Brasil; alternativas que estos países usan para contrarrestar la deficiencia de mano de obra que tienen para realizar la cosecha.

b. Gerencia

Fue la encargada de diseñar, elaborar el cronograma de trabajo y presupuesto para la implementación de la nueva tecnología, por lo que seleccionó el equipo de trabajo, supervisó y coordinó de variables técnicas para el inicio del proyecto.

A partir de la implementación del proyecto, la gerencia se encargó de investigar y estudiar temas a fines con el proyecto con el fin de aumentar sus indicadores técnicos, humanos y financieros. Definiendo los principales rubros a medir y evaluar

c. Asesor técnico

Debido a su estrecha relación con el manejo agronómico de la plantación se tuvo en consideración su propuesta para resolver el problema. Ha mantenido especial vigilancia sobre el comportamiento de la plantación, la aplicación de madurante, rendimientos, fisiología, aplicación de fertilizantes y manejo de tejido.

Elabora informes de importancia agronómica sobre cómo evalúa el comportamiento de la plantación sometida a cosecha mecanizada.

d. Técnico de campo

Ha sido el encargado del desempeño de las labores, de modo que se cumplan todos los planes establecidos y se alcancen los objetivos propuestos, hace cumplir las recomendaciones para la implementación de la cosecha mecanizada a nivel de campo, su relación con este proceso ha sido desde el inicio participando en su evolución y ampliación dentro de la finca. Realiza informes de forma oportuna sobre las eventualidades que han ocurrido con el equipo, material utilizado para la colecta del grano, así como la respuesta del recurso humano, haciendo un seguimiento de las labores que desempeñan las personas que tiene a su cargo.

e. Personal operativo

Es el encargado de realizar las aspersiones de Etephon a las plantaciones, realizar muestreos para el control de porcentaje de maduración del grano, así como realizar la cosecha mecanizada y colecta del grano.

f. Medios y recursos empleados para el desarrollo de actividades

Para llevar a cabo los análisis, se trabajó sobre las bases de datos de la gerencia, base de datos del asesor agrícola y base de datos del técnico de campo, relacionados con la cosecha de café manual y mecanizada

La actividad consistió en evaluar la cosecha de café de forma manual y de forma mecanizada.

- **Cosecha manual**

Para la cosecha manual se seleccionó una muestra. La unidad de muestreo seleccionada fue el cosechador de café. El estudio se llevó a cabo entre las semanas 33 y 50 en los años 2011, 2012 y 2013, que equivale a 18 semanas por año. Este período comprendió la cosecha principal de la finca, por tanto, coincidió con la mayor parte del café recolectado, que normalmente es más del 80% de la cosecha anual de la localidad.

Encuesta. La encuesta abarcó cuatro aspectos básicos. En primer lugar, se incluyeron variables sobre la semana de cosecha correspondiente, la finca, el lote o pante; en segundo lugar, se describieron las características fundamentales del lote de café como área, edad del cafetal, densidad de siembra, pendiente del lote y número de ejes por árbol.

El tercer aspecto considerado correspondió a las características socioeconómicas del cosechador, como origen, edad, género, estado civil, escolaridad, oficio en el sitio de origen, probabilidad de empleo en el lugar de origen y salarios nominales en las regiones de procedencia, entre otras. Finalmente, la encuesta incluyó preguntas relacionadas con la recolección, kilogramos por jornal y desplazamientos por los lotes, entre otras.

La encuesta fue aplicada por los integrantes de la oficina de recursos humanos a los cosechadores entre los meses de agosto y diciembre de cada año. Los cosechadores fueron seleccionados al azar y encuestados directamente en los lotes de café donde ellos se encontraban desempeñando su labor.

Cuadro 1. Ítems de la encuesta a recolectores de grano de café

No.	Ítem
1.	Municipio donde se realizó la encuesta
2.	Municipio de origen del cosechador
3.	Procedencia del recolector (local / foráneo)
4.	Edad del recolector
5.	Género del cosechador
6.	Estado civil del cosechador
7.	Educación del cosechador
8.	Años de experiencia en cosechar café
9.	Número de personas a cargo del cosechador
10.	Número de años viniendo a esta localidad a cosechar café
11.	Salario nominal en el origen (si hubiera permanecido en el origen)
12.	Probabilidad de empleo en el lugar de origen (si hubiera permanecido en el origen)
13.	Salario esperado en el origen
14.	Kilogramos de café recolectados (el día de la entrevista)
15.	Precio pagado por kilogramo de café recolectado (al día de la entrevista)
16.	Salario hoy (salario devengado al momento de la entrevista)
17.	Diferencia de salarios (salario hoy – salario esperado)
18.	Disponibilidad de regresar para la cosecha café del año siguiente

- **Cosecha mecánica**

Como sucede en toda nueva tecnología, fue necesario comprender los alcances e implicaciones que representaba la implementación de estos equipos mecánicos para la cosecha del café, por lo que se evaluó durante las cosechas 2011 - 2012, 2012 - 2013, 2013 - 2014 y 2014 - 2015, el uso de "cosechadoras" mecánicas portátiles de café, con el fin de determinar el rendimiento por hora del equipo mecánico versus la recolección manual (kg/hora), la calidad de la recolección (% de café maduro y verde), la cantidad de café residual en la planta y el costo de recolección en Q/kg.

La evaluación de los equipos se realizó durante las etapas de óptimo de maduración. Los equipos de trabajo con las cosechadoras mecánicas estuvieron compuestos de tres operarios, uno encargado de utilizar el equipo mecánico y dos para realizar actividades asociadas al manejo de las mallas.

Materiales y equipos. Los equipos empleados fueron dos vibradores portátiles Ciafrelli SC700® de 2.2 kW de potencia, accionados con motor 2T de combustión interna y un peso total de 16.4 kg. El mecanismo de vibración de los equipos es una biela manivela con amplitud de desplazamiento teórica de 62 mm y frecuencia de oscilación máxima de 1800 ciclos por minuto. La lanza telescópica tiene un alcance máximo de 2710 mm y en su extremo presenta un gancho de sujeción al tallo en forma de "C" recubierto con un caucho 70-75 tipo reforzado. El movimiento de vibración es unidireccional y paralelo al eje central de la lanza.

Los frutos desprendidos con los dos vibradores se capturaron sobre el suelo utilizando mallas plásticas tipo sarán (polisombra) de 2 m de ancho x 20 m de longitud, extendidas sobre las calles del cafetal.

Cuadro 2. Variables de desempeño de los vibradores portátiles para cosecha mecánica de café

1. Variedad

2. Edad de la plantación
 3. No de ejes
 4. No de cosecha
 5. Frutos maduros (kg/planta)
 6. Frutos verdes (kg/planta)
 7. Tiempo de vibración/planta
 8. Colocación de mallas (tiempo en segundos)
 9. Eficacia
-

g. Unidad de muestreo

La unidad de muestreo para la cosecha manual fue el recolector individual, por lo que el tamaño de muestra se estimó de tal forma que los resultados fueran representativos de la población de recolectores de la finca, asumiendo una confiabilidad del 95% y un error máximo permisible del 5%. Para establecer el tamaño de la muestra se empleó como variable el número de kilogramos de café cereza recolectados por un jornal, ésta variable aparte de indicar la productividad de la mano de obra en la cosecha de café, determina el ingreso del recolector.

Para estimar la muestra se utilizó la fórmula propuesta por Poate y Daplin (1993).

$$n = \left[\frac{Z_a C}{X} \right]^2$$

En esta fórmula cada término equivale a:

n = número de cosechadores a muestrear (tamaño de la muestra)

$Z_a = 1,96$. El cual corresponde al cuartil de la distribución normal equivalente a una confiabilidad del 95%

$X = 0,05$. Equivale a la precisión o error máximo permisible.

C = coeficiente de variación de la variable (en este caso kilogramos de café cereza por jornal). Se tuvo como referencia el resultado del trabajo de Duque *et al.*

$$n = \left[\frac{1.96 * 0.20}{0.05} \right]^2 = 61.4656 \approx 61 \text{ cosechadores a muestrear}$$

7.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.2.1 Comparación de la maduración natural y maduración forzada mediante la aplicación de Etephon en cultivo de café

En el año 2010 se iniciaron estudios de factibilidad del uso de Etephon (ácido 2-cloroetil-fosfónico) para uniformizar la maduración del grano de café, pues mediante el uso de este regulador se pudo dirigir la cosecha de café, a partir de la aplicación del producto comercial Ethrel® 48 SL, 400 cc/200 litros de agua, aplicado cuando los frutos estaban completamente desarrollados cuando se iniciaba el cambio de coloración de amarillo a rojo, realizando la aspersion directamente sobre el grano. Se comparó el porcentaje de maduración obtenido en los 105 días siguientes a la aplicación del Ethrel®. En el cuadro 3 se muestran los resultados de la maduración en diez parcelas, 5 tratadas con Etephon y 5 que sirvieron de comparador.

Cuadro 3. Determinación de los eventos de floración, porcentaje de maduración natural y maduración aplicando Etephon y eventos de recolección de grano año 2012 y 2013.

Lote	Eventos de Floración	% de maduración							Eventos de recolección
		15	30	45	60	75	90	105	
Sector IA	4	66	98						2
Sector IB	4	12	27	42	65	84	97		6
Sector IIA	4	62	97						2
Sector IIB	4	14	27	32	51	78	96		6
Sector VA	4	58	99						2
Sector VB	4	13	24	37	50	76	97		6
Sector VIA	4	69	97						2
Sector VIB	4	14	26	41	55	75	97		6
Sector XIIA	5	61	87	97					3
Sector XIIB	5	8	20	31	41	62	78	96	7
Sector XIVA	5	63	83	98					3
Sector XIVB	5	9	22	31	44	67	81	95	7

Los lotes donde se realizaron las evaluaciones se dividieron en dos partes, una que se utilizó como tratamiento y la otra como testigo. Siendo la parcela I tratada con Etephon y parcela II maduración natural, la lectura se realizó cada 15 días a partir del momento de la aplicación de Etephon. De acuerdo a las lecturas realizadas se observa que dentro de la finca los eventos de floración variaron, teniendo en los lotes XII y XIV, 5 floraciones, los cuales se ubican en la parte más baja de la finca, mientras en los sectores I, II, V y VI, que se ubican en la parte más alta de la finca se registran 4 floraciones.

El porcentaje de maduración de grano se determinó cada 15 días, a partir del momento de la aplicación del Etephon, se muestrearon de forma aleatoria, 100 plantas por sector, tomando 3 ramas, tercio bajo, tercio medio y tercio alto contando en ellas granos maduros y granos verdes.

En los sectores donde se aplicó Etephon se tuvo el máximo de maduración a los 30 días después de la aplicación y 105 días en los sectores donde la maduración fue natural, esta dispersión en la maduración se debió al número de floraciones registradas.

Para los sectores donde se midió el porcentaje de maduración de forma natural se registraron entre 6 y 7 cortes con intervalos entre 10 y 12 días de trabajo en la misma planta, al comparar con maduración forzada se redujo el periodo de cosecha entre 75 días para la parte alta y 60 días para la parte baja (8.5 a 10.7 semanas).

El uso de Etephon permitió que la recolección de café fuera más eficiente y un mismo número de trabajadores se pudo tener ocupado durante un tiempo mayor que cuando en forma natural madura el café, pues en este caso hubo recolecciones o pases muy voluminosos que requirieron aumento del número de cosechadores. Los resultados mostraron que es posible adelantar la maduración de los frutos entre 8.5 a 10.7 semanas.

En el cuadro 4 se presenta el resultado de la comparación entre días a maduración natural y maduración forzada.

Cuadro 4. Prueba t –Student para días a maduración de grano de café en forma natural y maduración forzada aplicando Etephon.

	G. L.	N	Media	Desviación Estándar.	Error estándar de la media	P>F
Tratamiento	5	6	35.00	7.75	3.2	0.0000**
Testigo	5	6	95.00	7.75	3.2	

Valor T = -13.42

El estadístico de prueba mostró que existe diferencia altamente significativa entre el tiempo empleado para la cosecha mecanizada y la cosecha manual. Por lo que el inducir al forzamiento de maduración de granos de café permitió en un tiempo de 35 días tener mayor disponibilidad de grano maduro lo que permitió una mayor productividad de la mano de obra.

7.2.2 Productividad de cosecha de forma manual y la cosecha mecanizada

7.2.2.1 Productividad de la cosecha manual

La variable kilogramos de café cereza recolectados por cosechador, es normalmente utilizada para medir la productividad de la mano de obra en la cosecha en finca La Viña. Esta es una medida de productividad parcial, puesto que se refiere a la razón o proporción entre una cantidad obtenida (kilogramos de café cereza) y un solo tipo de recurso empleado, en este caso la mano de obra (un cosechador).

La productividad es una variable que determina las necesidades de contratación del recurso mano de obra a nivel de finca y contribuye a aumentar o disminuir la demanda en el mercado de mano de obra local o solicitada a los contratistas. En la figura 2 se presenta la productividad de la mano de obra en la cosecha de café, referida al porcentaje de cosechadores que cortan un determinado peso de café cereza, expresado en kg/día.

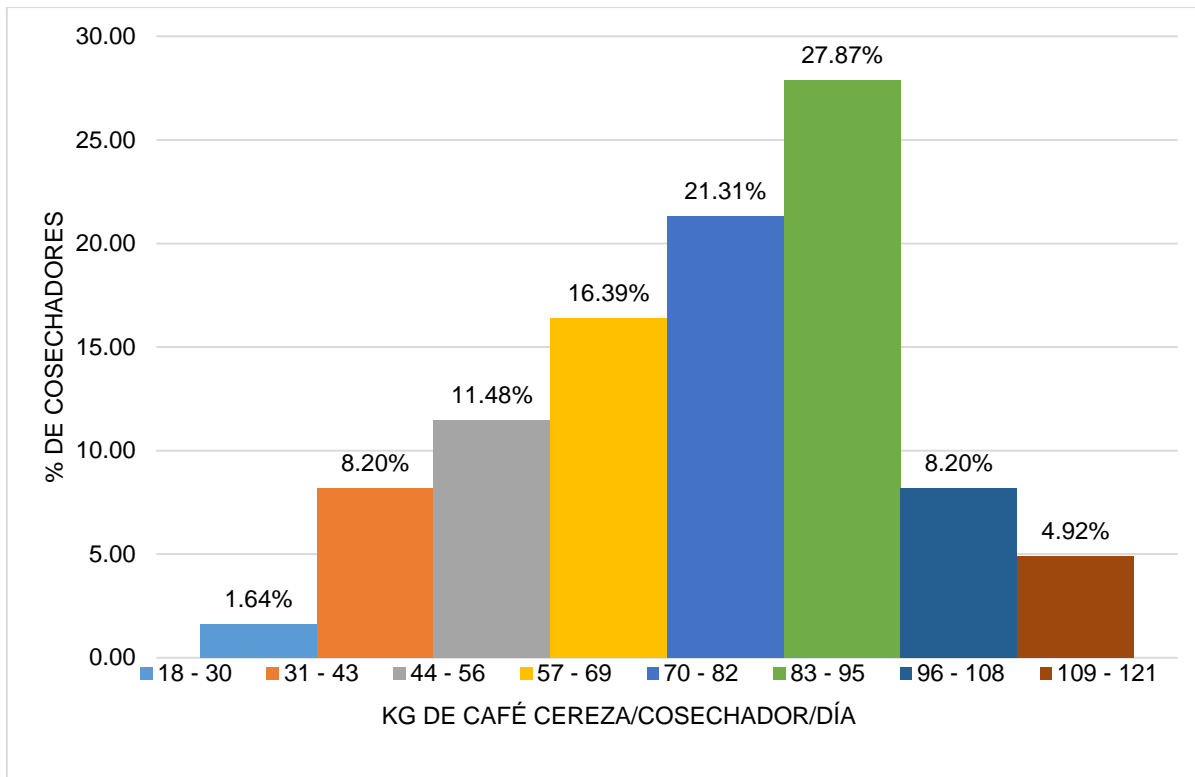


Figura 2. Distribución de frecuencias para la productividad de mano de obra.

De acuerdo con la figura 2, la productividad de la mano de obra de la mayoría de los recolectores y durante la cosecha principal, estuvo entre 83 y 95 kg de café cereza por cosechador. De hecho, la media para esta variable fue de 74.51 kilogramos. De otro lado, el cosechador con menor cantidad de café recolectado obtuvo 18 kg café cereza/día; mientras que lo máximo cosechado por día fue de 120 kg.

Es claro que recolectores con altas cantidades café cereza por día son pocos. Por ejemplo, recolecciones superiores a 100 kg se encontraron en el 8.97% de los casos. Y finalmente solo el 4.98% de los cosechadores alcanzan más de 110 kg de café cereza/día.

a. Productividad de la mano de obra y la distribución de la cosecha

La variable kilogramos de café cereza por cosechador depende en alguna magnitud, de la oferta de frutos de café para recolectar en los lotes; esto significa que, para cafetales con manejo y edad similares en cosechas de café más abundantes, la productividad de la mano de obra deberá ser mayor que cuando ocurren cosechas poco abundantes.

La Figura 3, muestra el comportamiento de las variables productividad de la mano de obra y distribución de la cosecha, durante las 18 semanas que duro el estudio.

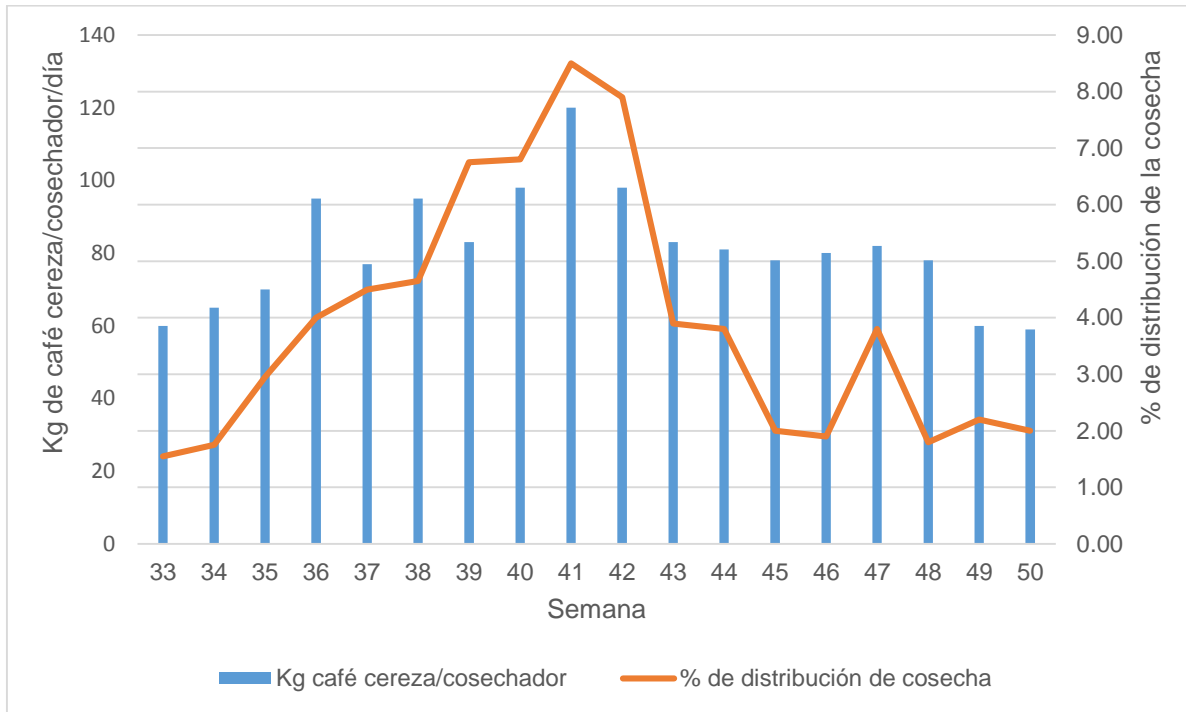


Figura 3. Distribución de la cosecha y productividad de mano de obra

En la Figura 3, el eje X corresponde a las semanas del estudio y el eje Y de la izquierda corresponde a la productividad de la mano de obra, mientras que el de la derecha está relacionado con la distribución de la cosecha. Para el período comprendido entre las semanas 33 a la 41, al incrementarse el porcentaje de café recolectado, que pasó del 1.55% al 8.50%, también aumentó la productividad de la mano de obra que ascendió de 60 kilogramos por cosechador en la semana 33, a 120kg en la semana 41. Así mismo, cuando los porcentajes de la cosecha comenzaron a disminuir desde el 8.50% al 1.80% en la semana 48.

La productividad de la mano de obra también pasó de 60 kg/cosechador/día en la semana 33 a 120 kg/cosechador/día en la semana 41. El comportamiento de las curvas muestra una asociación directa, es así como a medida que se incrementó el volumen de

la cosecha u oferta de frutos, también aumentó la productividad de la mano de obra, haciéndose más eficiente.

7.2.2.2 Cosecha mecanizada

a. Productividad de la cosecha mecanizada

El empleo de vibradores portátiles ha hecho más eficiente la recolección del grano de café, por lo que la evaluación realizada en los años 2011, 2012 y 2013, donde se compararon el uso de vibradores en plantas con maduración natural y maduración forzada se midió también: rendimiento (kg/h), número de plantas por hora cosechadas, desempeño en función del tiempo para la recolección por planta. Para facilitar la recolección se emplearon lonas, ya que de esta forma se facilitó la operación del recolector y se aprovechó el 10% de los granos que normalmente se pierden al caer naturalmente por sobre maduración o debido a otros factores, el uso de la lona debido a su peso y su consistencia dificultaba su manejo por lo que se cambió a sarán lo que facilitó la colecta.

Cuadro 5. Desempeño de los vibradores para la cosecha mecanizada de café en finca la Viña.

Año de cosecha/ maduración	No de ejes por planta	Tiempo de vibración/planta (s)	Manejo de colector (s)	Rendimiento efectivo (kg/h)
2011 natural	2	11.50	68.10 (lona)	16.40
Forzada	2	9.10	67.80 (lona)	53.40
2012 natural	2	10.25	52.25 (sarán)	14.75
Forzada	2	7.15	52.30 (sarán)	57.45
2013 natural	2	11.35	51.55 (sarán)	15.48
Forzada	2	6.55	52.10 (sarán)	66.70

Los resultados obtenidos durante los años 2010 a 2013 permitieron realizar observaciones importantes para el buen desempeño de la maquinaria por lo que sirvió para realizar correcciones importantes que ayudaron a mejorar la eficacia de la implementación de la mecanización de la cosecha.

Dentro de las observaciones importantes del técnico de campo y asesor agrícola está el desgarramiento de ramas que se tuvo en el año 2012, debido al ángulo que formaba el operador al momento de la maniobra entre la lanza y el eje del tallo del arbusto, por lo que luego de varios ensayos se encontró que, al momento de sacudir, la lanza y el eje del tallo formen un rango de alrededor de 90° con lo que se evitan desgarramientos de la corteza. También debe buscarse que la inserción de la lanza se haga en un área donde haya mayor espacio entre ramas lo que facilita las labores de acople y desacople del vibrador.

Los resultados que se presentan en el cuadro 5. Se obtuvieron de la media del trabajo realizado durante periodos de 8 horas, estos valores se promediaron y se reportan como el desempeño del hombre/equipo durante 1 hora. Tiempo durante el cual para el año 2011 se vibraron en promedio 41.06 arbustos/hora, en el año 2012 se incrementó a 56,54 arbustos/hora y en el 2013 fue de 68 arbustos/hora. El incremento se logró en función del menor tiempo de manejo del colector, ángulo entre la lanza y el eje principal del arbusto para la sacudida y mayor compatibilidad hombre/máquina.

En el tiempo de vibración por planta se tuvo diferencia ya que la maduración natural requiere una mayor cantidad de segundos debido a que no hay uniformidad de maduración, lo que dificulta el desprendimiento del grano, en la maduración forzada la uniformidad de maduración permite también una caída uniforme.

b. Comparación de la productividad de la cosecha mecanizada y cosecha manual

Para evaluar el rendimiento efectivo en kilogramos por hora, al realizar la cosecha mecanizada en una plantación donde la maduración ha sido de forma natural y

maduración forzada mediante la aplicación de Etephon, se compararon los rendimientos medios de las temporadas 2011, 2012 y 2013.

En el cuadro 6. Se presentan los rendimientos efectivos de café cereza en kg/h, comparando el rendimiento de la maduración forzada y la maduración natural.

Cuadro 6. Productividad de la cosecha mecanizada en una plantación con maduración natural y maduración forzada.

Año	Rendimiento (kg/h).	
	Maduración natural	Maduración forzada
2011	16.40 - 15.95	83.40 - 84.98
2012	14.75 - 14.55	107.45 - 110.83
2013	15.48 - 15.05	110.40 - 108.80

Para cada una de las temporadas se evaluaron 4 parcelas, 2 para cada uno de los sistemas de maduración, por lo que la productividad se analizó estadísticamente utilizando el estadístico de prueba t-Student, los resultados se presentan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Prueba t –Student para rendimiento efectivo en (kg/h) de la maduración de forma natural y maduración forzada aplicando Etephon.

	G. L.	N	Media	Desviación Estándar.	Error estándar de la media	P>F
Tratamiento	5	6	15.363	0.717	0.29	0.0000**
Testigo	5	6	101.00	13.100	5.30	

Valor T = -16.02

Al comparar el rendimiento efectivo en kilogramos de café cereza por hora, entre la maduración aplicando Ethepon y la maduración natural se tienen diferencia altamente significativa, ya que la oferta de grano por pasada es mayor para maduración forzada

uniformizando el corte y reduciendo el número de pasadas por planta. El mayor rendimiento por cosechador incrementa la productividad y los costos de producción se reducen por lo que la maduración forzada y la cosecha mecanizada ha sido para finca la Viña la solución inmediata ante la carencia de mano de obra en la región.

7.2.3 costos de producción para la cosecha manual y la cosecha mecanizada en cultivo de café

a. Estructura de los costos para producir 1 kg de café

La estructura de los costos de producción, para producir un kilogramo de café oro se debe invertir, en promedio, un 70% en mano de obra y un 30% en insumos. Al revisar ese 70% de costo en mano de obra encontramos que se subdivide en: 65% en cosecha de café cereza colectado en los meses de octubre a diciembre y un 35% en trabajos culturales que se implementan en los meses restantes del año. En el cuadro 8, se presenta la distribución en porcentajes de los diferentes rubros de los costos de café en finca la Viña.

Cuadro 8. Distribución en porcentajes de los costos de producción de 1 kg de café oro en finca la Viña.

Rubro	Porcentaje
Labores de cultivo	6.48
Fertilización	17.27
Control de malezas	2.90
Control fitosanitario	2.83
Otras labores	9.46
Cosecha	30.00
Costo laboral de empleados	27.28
Costos directos	96.22
Costos indirectos	3.78
Total costos	100.00

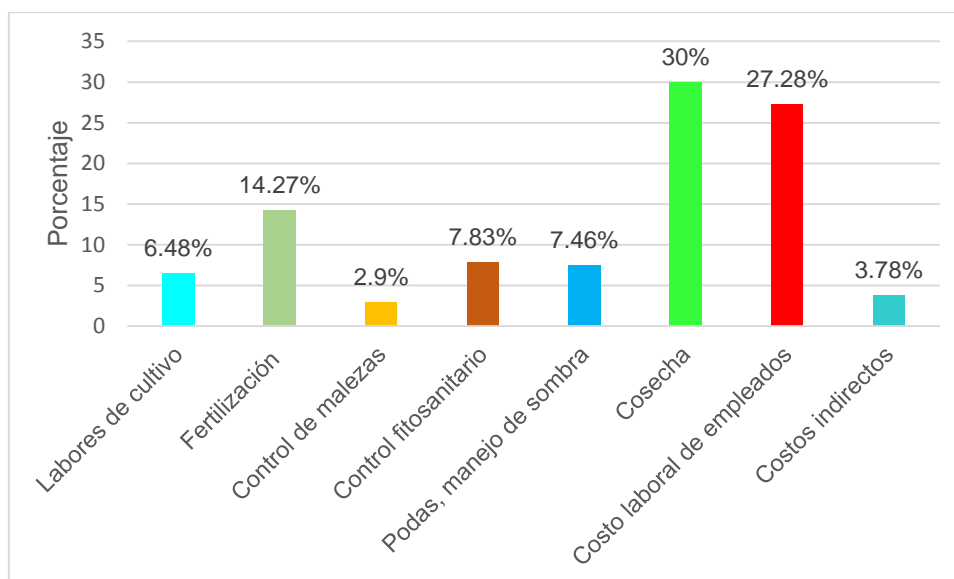


Figura 4. Distribución de la estructura de costos en finca La Viña.

La representación gráfica de la estructura de costos en la producción de café, muestra que es el rubro de cosecha es quien tiene el mayor costo, siendo este del 30%, el costo en otras labores en el proceso de producción incurre en un 27.28%. Todas las actividades, como muestreo, insumos, aplicación de fertilizantes el 14.27% de los costos.

b. Costos de la cosecha manual

Los costos de mano de obra para el campo en los últimos años han sufrido un incremento anual de aproximadamente el 5%. En los últimos 10 años el salario mínimo aumentó un 181.65% y paso de Q.45.07 diarios a Q.81.87. Estos cambios de forma anual de valor de mano de obra por jornal más el incremento casi del 100% de los insumos, ha hecho que la recolección del grano de café sea uno de los rubros más altos, en el cuadro 9 se presenta el costo de la cosecha de 1 kg de café cereza de forma manual.

Cuadro 9. Costos de producción de 1 kg de café cereza obtenido mediante cosecha manual.

Operarios	Costo/45.36 kg (1 qq)	Costo por kg	Costo insumos	Costo/kg de café cereza cosechado
1	Q. 81.87	Q.1.81	Q.0.07	Q.1.88

De acuerdo al salario mínimo que se paga por unidad de medida en las fincas cafetaleras durante la colecta del grano es el quintal (100 libras) que equivale a 45.35 kg, en función de esto se determinó el costo por kilogramo, el cual tiene un costo de Q.1.88.

c. Los costos de la cosecha mecanizada

Los costos estimados para la cosecha mecanizada de los años 2014 y 2015, se basaron sobre un rendimiento medio de 1.8 kg de café maduro por planta y un tiempo de cosecha por planta de 0.97 minutos, los resultados se presentan en el cuadro 10.

Cuadro 10. Costos de producción de 1 kg de café cereza obtenido mediante cosecha mecanizada.

Operarios	Costo Operario/hora	Costo Máquina/h	total costo	Rendimiento kg/h	Costo/kg de café cereza cosechado
3	Q 10.23	Q 5.52	Q. 36.12	110.48	Q.0.33

La estimación del costo de la maquinaria por hora considera la depreciación del equipo y el gasto de combustible y lubricantes, para los operarios no considera las prestaciones de ley. El costo por kilogramo de café cereza recolectado es de Q.0.33, el rendimiento obtenido con los equipos mecánicos portátiles fue superior a lo observado para la cosecha manual en similares condiciones productivas, principalmente en la etapa de óptimos de cosecha. El rendimiento por hora de los equipos mecánicos portátiles es tres veces mayor al manual, sin embargo, se debe considerar que durante la manipulación del equipo mecánico se emplearon tres operarios.

d. Comparación de costos y rendimiento de cosecha manual y cosecha mecanizada

La cosecha es una de las fases más importantes en la producción de café, pues es en este momento cuando se reciben los ingresos del cultivo. La cosecha de café se caracteriza por dos aspectos fundamentales: de un lado, tiene la mayor participación en la estructura de costos de producción y de otro, la mano de obra es el recurso

indispensable para desarrollar la recolección. Adicionalmente, la calidad del café está parcialmente definida por la cosecha, pues una recolección indebida conduce a problemas en la bebida. Debido a estas razones, las decisiones tomadas en relación con la cosecha tienen efectos importantes en el desempeño económico de la producción cafetera. La comparación de los costos se realizó con respecto al salario mínimo y los rendimientos obtenidos en el año 2015, los datos se presentan en el cuadro 11.

Cuadro 11. Comparación de los costos de la cosecha manual y cosecha mecanizada.

Cosecha manual		Cosecha mecanizada	
Rendimiento Kg/h	Costo kg café cereza	Rendimiento kg/h	Costo kg café cereza
9.31	Q. 1.88	110.48	Q. 0.33

Al comparar los costos para cosechar un kilogramo de café cereza de forma manual y de forma mecanizada se tuvo para el año 2015, con un salario de Q.81.87, que es 5.7 veces más barato realizar la cosecha utilizando vibradores mecánicos y forzando la maduración aplicando Etephon. Podemos ver en el cuadro 11 que la cosecha mecanizada la recolección de un kilogramo de café cereza es de Q.0.33, mientras que la cosecha manual tiene un costo de Q.1.88

Si analizamos cada uno de los métodos de cosecha vemos que al realizarla de forma manual cada kilogramo tiene un costo constante, pues al cosechador se le paga por cada kilo de grano de café que recolecta, mientras la cosecha mecanizada tiene un precio por hora de operario, por lo que a más kilos se cosechen por hora, el costo es más bajo.

La productividad de la mano de obra en la labor de recolección se estableció al determinar el número de kilogramos de café cereza recolectados por un cosechador, durante un día de trabajo. Tradicionalmente la jornada de cosecha en finca La Viña es de 8 horas diarias, la cual suele ser de 6:00 a 14:00 horas, antes de hacer la entrega ocupan entre 30 a 45 minutos para separar el grano verde del maduro.

Al comparar el rendimiento en kilogramos cosechados por hora efectiva de trabajo, la cosecha mecanizada y con maduración forzada aplicando Etephon, tuvo un rendimiento de 11.87 veces mayor que la cosecha manual. Por lo que el uso de equipos mecánicos portátiles e inducción de la maduración del grano de café, desde el año 2012 ha sido la alternativa para efectuar esta labor a un menor costo.

En términos económicos y considerando dentro del análisis el pago de la recolección manual versus el pago de los jornales y gasto en combustible y lubricantes necesarios para el uso del equipo mecánico, se determinó que el precio por kilogramo de café cosechado mediante el método manual es de Q. 1.88, mientras que con el método mecanizado es de Q. 0.33.

e. Estado del grano cosechado de forma manual y de manera mecanizada.

En términos de eficiencia de la calidad de la recolección esta se midió durante el año 2013, 2014 y 2015, en cada año se procedió a tomar 61 muestras a igual número de cosechadores, de igual manera se tomaron 61 muestras de la cosecha mecánica, ya que de acuerdo al cálculo realizando mediante formula esto permitió asumir una confiabilidad del 95% y un error máximo permisible del 5%. La media de los resultados obtenidos en cada uno de los años se presenta en el cuadro 12.

Cuadro 12. Eficiencia de la recolección de grano verde y maduro en la masa cosechada de forma manual y mecanizada.

Año	Estado de grano	Cosecha manual			Cosecha mecanizada		
		Peso (kg).	Calidad (%)		Peso (kg).	Calidad (%)	
2013	Maduro	0.940	94.00	MMC	0.808	80.80	MMC
	Verde	0.060	6.00	VMC	0.192	19.20	VMC
2014	Maduro	0.943	94.30	MMC	0.847	84.70	MMC
	Verde	0.057	5.70	VMC	0.153	15.30	VMC
2015	Maduro	0.950	95.00	MMC	0.835	83.50	MMC
	Verde	0.050	5.00	VMC	0.165	16.50	VMC

MMC = Maduro en la masa cosechada VMC = Verde en la masa cosechada

En términos de eficiencia de la calidad de la recolección, el método manual tiene un 94.43 % de eficiencia mientras que el mecánico un 83 %. Esto debido a que el equipo mecánico, desprende un 17 % de café verde, en comparación al 5.57 % de café verde que se tuvo en la planta con el método manual.

El rendimiento obtenido con los equipos mecánicos portátiles fue superior a lo observado para la cosecha manual en similares condiciones productivas, sin embargo, la masa de granos verdes fue mayor, por lo que se compararon sus medias, los resultados se presentan en el cuadro 13.

Cuadro 13. Prueba t –Student para grano verde en la masa cosechada

Cosecha	N	Media	Desviación Estándar.	Error estándar de la media	P>F
Manual	10	5.339	0.421	0.13	0.0000**
Mecanizada	10	16.960	1.390	0.44	
G.L = 18				Valor T = -25.31	

En términos de eficiencia entre la cosecha manual y la cosecha mecanizada existe diferencia estadística altamente significativa, por lo que la selección que hace cada uno de los cosechadores al momento de colectar el grano disminuye la masa de grano verde.

En términos de eficacia para la cosecha manual fue de 94.66%, mientras que la cosecha mecanizada mostró una eficacia del 80.04%.

VIII. CONCLUSIONES

Al evaluar el tiempo de maduración de la masa total de granos de café de forma natural y forzada aplicando Etephon, existió diferencia altamente significativa para maduración forzada la cual maduro en 45 días, mientras la maduración natural tuvo una media de 105 días. acortando el tiempo de cosecha y el número de cortes del grano.

Al evaluar la productividad entre la cosecha mecanizada y manual se tuvo diferencia estadística altamente significativa para la cosecha mecanizada, con un rendimiento por hora de 6.57 veces mayor que la cosecha manual. Siendo este de 101 kg/h, mientras que el rendimiento para la cosecha manual fue de 15.36 kg/h.

Al comparar el rendimiento en kilogramos cosechados de café cereza por hora efectiva de trabajo, se tuvo que la cosecha mecanizada más la aplicación de Etephon, tuvo un rendimiento de 11.87 veces más que la cosecha manual. Por lo que el uso de equipos mecánicos portátiles y forzamiento de la maduración del grano de café, ha sido la mejor alternativa de cosecha a un menor costo.

En términos de eficiencia entre la cosecha manual y la cosecha mecanizada, se tuvo diferencia estadística altamente significativa para la cosecha manual, teniendo un 94.43% de eficiencia y para la cosecha mecanizada fue 83 %. Debido a que el equipo mecánico, desprende un 17% de café verde y la cosecha manual un 5.57 % de café verde.

La comparación del costo de cosecha de un kilogramo de café cereza de forma manual y forma mecanizada en el año 2015, fue 5.7 veces más económica realizarla de forma mecanizada y forzando la maduración. Siendo su costo de Q.0.33, la cosecha manual tuvo un costo de Q.1.88. Representando un incremento en el costo de 560.70 %.

IX. RECOMENDACIONES

Considerando los resultados del presente estudio de caso, se recomienda realizar la cosecha de café en finca La Viña de forma mecanizada utilizando vibradores portátiles Ciafrelli® SC 700 y forzando la maduración asperjando Etephon directamente al grano en dosis de 0.4 litros/200litros de agua, cuando estos cambien de color verde amarillento a rojo, para homogenizar la maduración y reducir el número de cortes.

Se recomienda la colocación de sarán para facilitar la recolección del grano al accionar el vibrador y para el movimiento del colector utilizar 3 personas.

Como colector se recomienda el uso de malla plástica sarán relación 60:40, de 2 m de ancho x 20 m de longitud, extendidas sobre las calles del cafetal. Este material es resistente, fácil de manejar y en caso de lluvia no retiene el agua.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Anacafé. (2015). Control de enfermedades de café. Consultado el día 1 de septiembre del 2016 disponible en línea en: www.anacafe.org/glifos/index.../Caficultura_ControlEnfermedades
- Anacafé. (2005). Variedades de café. Consultado el día 1 de septiembre del 2016 disponible en línea en: www.anacafe.org/glifos/index.php Variedades_de_cafe
- Arcila P, J. (2010). Crecimiento y desarrollo del café. Capítulo II. Sistemas de producción, CENICAFE, Colombia.
- Díaz G., D (2009). Cosecha de café con el equipo portátil Stihl sp-81, de actuadores oscilantes, Centro de investigación del Café, CENICAFE, Colombia, Cenicafé 60(1):41-57.
- López P, R. J (2006). Caracterización de tres variedades de café (*Coffea arabica*) en tres zonas ecológicas del país. Tesis Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Marín L, S. M. (2005). Relación entre el estado de madurez del fruto del café y las características de beneficio, rendimiento y calidad de la bebida. CENICAFE, Colombia.
- Monroig I, M. F. (2010). Descripción botánica del café. Información técnica, Puerto Rico. Consultado el día 2 de septiembre de 2013 disponible en línea: academic.uprm.edu/mmonroig/id51.htm
- Oliveros T, C. E. (2005). Cosecha del café con vibradores portátiles del tallo. Centro Nacional de Investigaciones de Café. CENICAFÉ. Chinchiná, Caldas, Colombia.
- Poate, C. D.; Daplyn, P. F. (1993). Data for agrarian development. Cambridge, Cambridge University Press,. 385 p.
- Salguero C, E. D. (2014). Efecto del estimulante Etephón sobre la producción de látex en el cultivo de hule, clon RRIC 100; Morales, Izabal. Tesis de Grado, Licenciatura en Ciencias Agrícolas y Ambientales, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Rafael Landívar de Guatemala, Campus Zacapa.

Torrico S. E. (2016). Recolección mecanizada de café aún está lejana. Centro de investigación del Café, CENICAFE, Colombia.

Valencia, A. G. (1999). Efectos de la aplicación de Ethrel (ácido 2-cloroetil-fosfónico) en cafetales. Centro Nacional de Investigaciones de Café, (CENICAFE), Revista Comalfi, Colombia, 4(2):70-81. 1977..

Vidal V, M. A. (2014). Rango ideal de concentración de sólidos solubles durante la maduración del café y su influencia sobre la calidad de taza, en dos variedades y tres niveles altitudinales Campus Central. Tesis de grado, Licenciatura en Ciencias Agrícolas y Ambientales, Universidad Rafael Landívar, Campus Central, Guatemala.

XI. ANEXOS

TABLA DE DATOS

Variable: Días a maduración de grano de café según tratamiento

M a d u r a c i o n (días)	
Etephon	Natural
30.0000	90.0000
30.0000	90.0000
30.0000	90.0000
30.0000	90.0000
45.0000	105.0000
45.0000	105.0000

Variable: Distribución de la cosecha y productividad de mano de obra

Semana	Kg café cereza/cosechador	% de distribución de cosecha
33	60	1.55
34	65	1.75
35	70	2.95
36	95	4.00
37	77	4.50
38	95	4.65
39	83	6.75
40	98	6.80
41	120	8.50
42	98	7.90
43	83	3.90
44	81	3.80
45	78	2.00
46	80	1.90
47	82	3.80
48	78	1.80
49	60	2.20
50	59	2.00

Variable: Crecimiento de grano de café determinado en peso (gr) y diámetro (mm)

Peso (gr)	Semana	Diámetro (mm)	Semana
0.01	1	10	1
0.05	4	12	2
0.1	7	16	5
0.14	10	30	8
0.18	12	40	9
0.2	14	50	10
0.4	17	60	11
0.6	18	70	12
0.8	19	80	14
1	21	90	16
1.2	24	100	26
1.4	28	110	28
1.6	30	120	30
1.8	32	130	32

Variable: Masa verde de frutos cosechados

Manual (kg)	Mecanizada (kg)
4.96	16.01
4.98	15.33
5.00	16.50
5.05	17.49
5.12	15.78
5.25	18.35
5.33	18.43
5.70	15.30
6.00	19.20
6.03	17.22



Maduración forzada con Etephon (Ethrel®)

**Maduración
Natural**



**Ubicación de la
Vibro_cosechadora
en el cafeto**





Manejo de la Vibro_cosechadora