

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA



POR:  
DIEGO ARTURO CALDERÓN ALFARO

GUATEMALA, ABRIL DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

“APORTE AL DESARROLLO DE LA CAFICULTURA EN LA ALDEA VISTA  
HERMOSA, UNIÓN CANTINIL, HUEHUETENANGO, GUATEMALA, C.A.”  
PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR:

DIEGO ARTURO CALDERÓN ALFARO

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, ABRIL DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**RECTOR MAGNÍFICO**

Dr. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA**

DECANO	Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
VOCAL I	Dr. Ariel Abderraman Ortiz López
VOCAL II	Ing.Agr.MSc. Marino Barrientos García
VOCAL III	Ing.Agr.MSc. Oscar René Leiva Ruano
VOCAL IV	Br. Ana Isabel Fion Ruiz
VOCAL V	Br. Luis Roberto Orellana López
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos Roberto Echeverría Escobedo

GUATEMALA, ABRIL DE 2013

Guatemala, Abril de 2013

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables Miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la ley orgánica de la universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación: **“Aporte al desarrollo de la caficultura en la aldea Vista Hermosa, Unión Cantinil, Huehuetenango, Guatemala, C.A.”** como requisito previo a optar al título de ingeniero agrónomo en sistemas de producción agrícola, en el grado académico de licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme.

Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



DIEGO ARTURO CALDERÓN ALFARO

200310541

## ACTO QUE DEDICO

A Dios, porque en todo momento ha brillado su rostro sobre mí, ha sido mi auxilio y mi refugio.

A mi madre, Alba Alfaro Herrera por su amor y por ser una persona fiel e incondicional, a mi padre René Arturo Calderón Cruz, por su apoyo para terminar la carrera.

A mis hermanas, Andrea y Lucía, por creer en mí.

A mi esposa Karla Argelia Saraveth Vargas de Calderón, por ser mi apoyo, mi mejor amiga y el amor de mi vida.

A mi hija Susan Aimé Calderón Vargas, por ser lo que me impulsa cada día y ser la razón de mis esfuerzos.

Y en memoria de mi abuelo José Antonio Alfaro Iyescas Q.P.D. quien me dio instrucción y me enseñó a siempre esperar en el Señor.

“El que habita al amparo de Elyón y mora a la sombra de Shaddai, diga a Yahvé:  
«Refugio, baluarte mío, mi Dios, en quien confío»”

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad de San Carlos de Guatemala, por darme la oportunidad de lograr mis sueños y metas.

A la Facultad de Agronomía, “Gracias por haberme abrigado en tus aulas”.

Al Ing. Agr. Julio César Martínez Grajeda, por haber sido mi inspiración para estudiar esta carrera y hoy poder ser un Ingeniero Agrónomo.

AExport Café, S.A. y a las asociaciones y cooperativas productoras de café ADESCH, ASOPERC y HOJA BLANCA por darme la oportunidad de realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado y haberme dado enseñanzas valiosas para mi vida profesional.

A la Asociación Nacional del Café ANACAFÉ y al Ing. Agr. Delmar Cruz por su apoyo en la presente investigación y su valiosa amistad.

A mis catedráticos, asesores y evaluadores, y especialmente al Ing. Agr. Guillermo García, Francisco Fajardo y al Lic. Pedro Celestino Cabrera, por su ayuda y valiosas observaciones en todas las etapas del trabajo y mi educación superior.

Al Colegio San José de los Infantes, por regalarme tantos años de enseñanza y amistades sinceras y desinteresadas que hoy en día aún conservo y a la promoción CCXXI.

A mis amigos de la Facultad de Agronomía, “Tarde o temprano se vence a la bestia de trescientos años”.

A todos y cada una de las personas que de alguna u otra manera han hecho posible este importante logro en mi vida, especialmente a mi querida familia y amigos del Camino Neocatecumenal.

## ÍNDICE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
ÍNDICE DE DFIGURAS.....	x
ÍNDICE DE CUADROS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
<b>CAPITULO I</b>	
DIAGNÓSTICO GENERAL DEL PROCESO DE BENEFICIADO HÚMEDO DE CAFÉ EN LA ALDEA VISTA HERMOSA, MUNICIPIO DE UNIÓN CANTINIL, HUEHUETENANGO, GUATEMALA, C.A.....	1
1.1 PRESENTACIÓN .....	2
1.2 MARCO REFERENCIAL .....	4
1.2.1 Características geográficas y límites aldea Vista Hermosa, Unión Cantinil.....	4
1.2.2 Características climáticas del municipio Unión Cantinil .....	5
1.2.3 Climadiagrama de las variables hr media y temperaturas medias, máximas y mínimas de enero a abril del año 2010 .....	6
1.2.4 Caficultura en la aldea Vista Hermosa del municipio Unión Cantinil, Huehuetenango.....	6
1.3 OBJETIVOS .....	7
1.3.1 General .....	7
1.3.2 Específicos.....	7
1.4 METODOLOGÍA.....	8
1.4.1 Captación de la información.....	8
1.4.1.1 Observación.....	8
1.4.1.2 Revisión de literatura .....	9

	<b>PÁGINA</b>
1.4.1.3 Sistematización de la información .....	9
1.4.1.4 Matriz de problemas .....	9
<b>1.5 PROCESO DE BENEFICIADO HÚMEDO DEL CAFÉ REALIZADO POR LOS CAFICULTORES DE LA ALDEA VISTA HERMOSA, UNIÓN CANTINIL, HUEHUETENANGO .....</b>	<b>10</b>
1.5.1.1 Recolección del fruto .....	10
1.5.1.2 Recibo y clasificación del fruto.....	10
1.5.1.3 Despulpado del fruto.....	11
1.5.1.4 Extracción de la pulpa .....	12
1.5.1.5 Clasificación del café despulpado.....	12
1.5.1.6 Remoción del mucilago del café despulpado .....	12
1.5.1.7 Lavado de café fermentado .....	13
1.5.1.8 Secado del café lavado .....	13
1.5.1.9 Secado natural.....	14
1.5.1.10 Almacenamiento del café seco.....	15
1.5.1.11 Manejo de los subproductos.....	15
1.5.2 Características físicas .....	16
1.5.3 Características Organolépticas .....	16
1.5.4 Principales defectos de grano y su origen .....	16
1.5.4.1 Granos negros .....	17
1.5.4.2 Granos sobre fermentados .....	17
1.5.4.3 Granos partidos .....	17
1.5.4.4 Granos mordidos .....	17
1.5.4.5 Granos verdes .....	18
1.5.4.6 Granos blanqueados o descoloridos .....	18
1.5.4.7 Granos manchados .....	18
1.5.4.8 Granos con película rojiza .....	18
1.5.4.9 Granos deformes .....	18
1.5.4.10 Granos pequeños .....	18

	<b>PÁGINA</b>
1.5.4.11 Granos Cerezos .....	19
1.5.4.12 Granos brocados .....	19
1.5.4.13 Granos quebrados.....	19
1.5.5 Sabores desagradables en taza .....	19
1.5.5.1 Áspero y sucio .....	19
1.5.5.2 Terrosa .....	19
1.5.5.3 Mohosa.....	20
1.5.5.4 Sabor a rio (Yodo) .....	20
1.5.5.5 Vinoso.....	20
1.5.5.6 Frutoso .....	20
1.5.5.7 Agrio .....	21
1.5.5.8 Sobrefermentado.....	21
1.5.5.9 Cebolla .....	21
1.5.5.10 Sabor a cosecha vieja .....	21
1.5.5.11 Contaminado.....	21
1.6 RESULTADOS .....	23
1.6.1 Matriz de problemas.....	23
1.7 CONCLUSIONES.....	24
1.8 RECOMENDACIONES .....	25
1.9 BIBLIOGRAFÍA.....	26
1.10 ANEXOS.....	28

## **CAPÍTULO II**

INVESTIGACIÓN: “EVALUACIÓN DE SECADORAS SOLARES PARA EL SECADO DE CAFÉ PERGAMINO EN LA ALDEA VISTA HERMOSA, UNIÓN HUEHUETENANGO, GUATEMALA, C.A.” .....	32
---	----

	<b>PÁGINA</b>
2.1 INTRODUCCIÓN.....	33
2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	35
2.3 MARCO TEÓRICO.....	37
2.3.1 Caficultura guatemalteca cosecha 2008 – 2009 .....	37
2.3.2 El fruto del cafeto .....	37
2.3.3 El grano de café y sus características como organismos vivos .....	39
2.3.4 Composición química.....	40
2.3.5 Proceso respiratorio bajo condiciones aeróbicas .....	40
2.3.6 Propiedades del grano de café .....	40
2.3.7 Baja conductividad térmica .....	41
2.3.8 Capacidad de absorción de agua .....	42
2.3.9 Naturaleza porosa del grano.....	43
2.3.10 Formas en que se encuentra el agua contenida en la semilla .....	44
2.3.11 Higroscopicidad de los granos .....	45
2.3.12 Contenido de humedad del café .....	45
2.3.13 Contenido de humedad del aire .....	45
2.3.14 Mecanismos de secamientos.....	46
2.3.15 Proceso de secado del café.....	47
2.3.16 El punto de secado en el café.....	48
2.3.17 El secado en patio de cemento.....	49
2.3.17.1 Ventajas .....	49
2.3.17.2 Desventajas.....	50
2.3.18 La energía solar en el secado del café .....	50
2.3.19 Secadoras solares tipo “domo” .....	51
2.3.19.1 Ventajas .....	52
2.3.19.2 Desventajas.....	53

	<b>PÁGINA</b>
2.3.20 Características de la secadora solar tipo domo .....	54
2.3.20.1 Funcionamiento y la operación de la secadora solar.....	55
2.3.21 Generalidades en manejo y mantenimiento de secadora solar .....	56
2.3.22 Determinador de humedad Dole 400 EATON.....	58
2.4 MARCO REFERENCIAL .....	60
2.4.1 Características geográficas y límites aldea Vista Hermosa, UniónCantiniil .....	60
2.4.2 Área Experimental .....	61
2.4.3 Características climáticas del municipio Unión Cantiniil .....	62
2.5 OBJETIVOS .....	64
2.5.1 Objetivo General.....	64
2.5.2 Objetivos Específicos.....	64
2.6 HIPÓTESIS .....	65
2.7 METODOLOGÍA.....	66
2.7.1 Diseño de la investigación .....	66
2.7.1.1 Fase de reconocimiento .....	66
2.7.2 Diseño experimental .....	67
2.7.2.1 Modelo estadístico.....	67
2.7.3 Unidad experimental .....	68
2.7.4 Variables respuesta .....	69
2.7.4.1 Horas totales necesarias para alcanzar el punto comercial 12%.....	69
2.7.4.2 Temperatura y humedad relativa en el patio de secado y dentro de la secadora solar .....	69
2.7.5 Unidad de muestreo.....	69
2.7.6 Descripción de los tratamientos .....	70
2.7.7 Área experimental.....	71
2.7.7.1 Distribución de los tratamientos.....	72

2.7.8	Recursos y materiales.....	74
2.7.8.1	Secadora solar tipo “Domo” .....	74
2.7.8.2	Rastrillos .....	75
2.7.8.3	Patio de concreto.....	76
2.7.8.4	Termohidrómetro .....	76
2.7.8.5	Determinador de humedad Dole 400 .....	77
	Otros recursos .....	77
2.7.9	Manejo experimental.....	78
2.7.9.1	Día uno o Presecado .....	78
2.7.9.2	Día dos .....	79
2.7.9.3	Manejo en patio .....	82
2.7.9.4	Día “n” (hasta alcanzar el punto comercial 12%) .....	83
2.7.10	Análisis de la información .....	84
2.7.10.1	Análisis estadístico .....	84
2.7.11	Curvas de secado para el análisis de las variables respuesta “Temperatura y humedad relativa interna y externa” .....	85
2.7.12	Análisis de costos de manejo Q/kg café pergamino secado .....	85
2.7.13	Análisis Financiero .....	86
2.8	RESULTADOS .....	88
2.8.1	Resultados en la fase de campo.....	88
2.8.2	Resultados del análisis estadístico .....	89
2.8.2.1	Resultados del análisis ANDEVA y TUKEY para la variable respuesta “Horas totales para alcanzar el punto de secado comercial” .....	89
	Planteamiento de hipótesis.....	89
2.8.2.2	Supuestos.....	90
2.8.2.3	ANDEVA y prueba TUKEY .....	90
2.8.2.4	Regla de decisión ANDEVA.....	91
2.8.2.5	Coeficiente de variación ANDEVA.....	91

**PÁGINA**

2.8.2.6	Conclusión ANDEVA .....	91
2.8.2.7	Conclusión TUKEY .....	91
2.8.3	Resultado del análisis de las curvas de secado para las variables respuesta “Temperatura y humedad relativa interna y externa” .....	92
2.8.4	Discusión general sobre el análisis de las curvas de secado para las variable respuesta “Temperatura y humedad relativa interna y externa” .....	95
2.8.5	Resultado análisis de costos de manejo Q / kg café pergamino secado .....	97
2.8.6	Resultados análisis financieros .....	99
2.8.6.1	Horizonte económico .....	99
2.8.6.2	Inversiones .....	99
2.8.7	Estado de ingresos y egresos .....	100
2.8.8	Flujo de efectivo .....	102
2.8.9	Relación Beneficio / Costo .....	103
2.8.10	Manejo propuesto para secadoras solares tipo “domo” en la aldea Vista Hermosa, Unión Cantinil, Huehuetenango .....	104
2.8.11	Consideraciones positivas y negativas sobre el uso de secadoras solares tipo “domo” en la aldea Vista Hermosa, Unión Cantinil, Huehuetenango .....	105
2.8.12	Usos alternativos al secado de café en secadoras solares tipo “domo” y sus beneficios económicos .....	106
2.9	CONCLUSIONES .....	108
2.10	RECOMENDACIONES .....	109
2.11	BIBLIOGRAFÍA.....	110
2.12	ANEXOS.....	113

**PÁGINA****CAPÍTULO III**

SERVICIOS REALIZADOS A EXPORT CAFÉ, S.A. Y A CAFICULTORES DE LA ALDEA VISTA HERMOSA, UNIÓN CANTINIL, HUEHUETENANGO, GUATEMALA, C.A. ....	120
3.1 PRESENTACIÓN .....	121
3.2 SERVICIO I .....	123
3.3 OBJETIVO.....	123
3.4 METODOLOGÍA.....	123
3.4.1 Trabajo de campo .....	123
3.4.2 Calidad del producto .....	124
3.4.3 Sostenibilidad ambiental .....	125
3.4.4 Aspectos económicos .....	126
3.4.5 Aspectos sociales .....	128
Trabajo de documentación.....	129
3.4.6 Administrador de grupo.....	129
3.5 RESULTADOS .....	131
3.6 EVALUACIÓN DE RESULTADOS .....	132
3.7 SERVICIO II .....	133
3.8 OBJETIVO.....	133
3.9 METODOLOGÍA.....	133
3.9.1 Caracterización del Clúster Huehuetenango.....	133

3.9.2	Planificación y logística para la ejecución de las capacitaciones del programa Nespresso™ AAA Sustainable Quality Program.....	135
3.9.3	Ejecución de las capacitaciones del programa Nespresso™ AAA SustainableQuality Program .....	136
3.9.4	Constancias de las capacitaciones impartidas.....	138
3.10	RESULTADOS .....	138
3.11	EVALUACIÓN DE RESULTADOS .....	138
3.12	SERVICIO III .....	139
3.13	OBJETIVOS .....	139
3.14	METODOLOGÍA.....	139
3.14.1	Materiales .....	139
3.14.2	Reparaciones.....	139
3.15	RESULTADOS .....	141
3.16	RECOMENDACIONES .....	141
3.17	ANEXOS.....	142
3.17.1	Términos y definiciones .....	142
3.18	BIBLIOGRAFÍA.....	147

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
Figura 1 Fotografía aérea y límites de la aldea Vista Hermosa.....	4
Figura 2 Daños y defectos en granos de café.....	22
Figura 3 Partes que conforman un fruto de café.....	38
Figura 4 Secado de café pergamino en patio de cemento.....	50
Figura 5 Secado de café pergamino en secadora solar tipo domo.....	53
Figura 6 Secadora solar tipo “domo”.....	54
Figura 7 Construcción de secadora solar tipo “domo”.....	55
Figura 8 Labores de secado en secadora solar tipo “domo”.....	58
Figura 9 Determinador de humedad Dole 400.....	59
Figura 10 Fotografía aérea y límites de la aldea Vista Hermosa.....	60
Figura 11 Ubicación geográfica de la secadora solar tipo “Domo” en la Vista Hermosa.....	61
Figura 12 Variables Climáticas estación Santa Cecilia, San Pedro Necta 2010.....	62
Figura 13 Climadiagrama variables ambientales de enero a abril del año 2010.....	63
Figura 14 Determinación de la unidad experimental para cada tratamiento.....	68
Figura 15 Muestras de 0.15 kg de diferentes tratamientos y repeticiones.....	69
Figura 16 Realización de las muestras utilizando la balanza del determinador de humedad.....	70
Figura 17 Interior secadora solar tipo “domo”.....	71
Figura 18 Disposición de las bandejas en el secador solar tipo domo.....	72
Figura 19 Identificación de los tratamientos y repeticiones dentro de la secadora solar.....	73
Figura 20 Distribución de repeticiones del T4.....	73
Figura 21 Identificación del tratamiento 4 y sus tres repeticiones en el patio de secado.....	74
Figura 22 Salida de aire cálido y vapor de agua superior.....	74
Figura 23 Entradas inferiores de aire frío.....	75
Figura 24 Rastrillos de madera utilizados para realizar las frecuencias de volteo.....	75
Figura 25 Patio de concreto utilizado en el secado de café.....	76
Figura 26 Termohidrómetro digital TFA de máximas y mínimas.....	76
Figura 27 Determinador del porcentaje de humedad Dole 400.....	77
Figura 28 Café pergamino recién lavado listo para el presecado.....	78
Figura 29 Volteos realizados a los tratamientos.....	80
Figura 30 Separación de capas de café (cálida y fría).....	80
Figura 31 Toma de muestras.....	81
Figura 32 Toma de datos utilizando el determinador de humedad Dole 400.....	81
Figura 33 Toma de datos de temperatura y humedad relativa ambiental.....	83
Figura 34 Curva de secado tratamientos 1, 2, 3 y 4 en relación al tiempo transcurrido.....	89
Figura 35 Dinámicas entre temperatura y humedad relativa interna y externa.....	92

Figura 36 Curvas de secado tratamientos 1, 2 y 3 en función a las variables climáticas internas .....	93
Figura 37 Curva de secado tratamiento 4 en función a las variables climáticas externas.....	94
Figura 38A Mapa del municipio de Unión Cantinil.....	118
Figura 39A Estructura interna secadora solar tipo “domo”.....	119
Figura 40 Recibo de café completamente maduro en sifón seco.....	125
Figura 41 Depósito para el manejo de pulpa.....	126
Figura 42 Entrega de formatos de planificación y registro de producción.....	127
Figura 43 Reunión final con miembro de la junta directiva ADESCH.....	129
Figura 44 Menú inicio de la base de datos con información de los asociados y la asociación.....	130
Figura 45 Base de datos con información de la asociación.....	130
Figura 46 Vista panorámica de la región caficultora de la aldea Vista Hermosa, Unión Cantinil.....	134
Figura 47 Ubicación de capacitaciones programa Nespresso™ AAA Sustainable Quality Program.....	135
Figura 48 Impartiendo capacitaciones a asociados de ADESCH.....	137
Figura 49 Entrega de diplomas a participantes de capacitaciones.....	137
Figura 50 Daños localizados en el cobertor plástico.....	140
Figura 51 Cobertor plástico totalmente reparado.....	140

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CONTENIDOS</b>	<b>PÁGINA</b>
Cuadro 1 Variables Climáticas estación Santa Cecilia, San Pedro Necta 2010.....	5
Cuadro 2 Climadiagrama variables ambientales de enero a abril del año 2010.....	6
Cuadro 3 Productores entrevistados .....	9
Cuadro 4 Frecuencias de etapas críticas por productor evaluado .....	23
Cuadro 5A Matriz de problemas productor 1 .....	28
Cuadro 6A Resultados Matriz de problemas productor 1 .....	28
Cuadro 7A Matriz de problemas productor 2.....	28
Cuadro 8A Resultados Matriz de problemas productor 2 .....	29
Cuadro 9A Matriz de problemas productor 3.....	29
Cuadro 10A Resultados Matriz de problemas productor 3.....	29
Cuadro 11A Matriz de problemas productor 4.....	30
Cuadro 12A Resultados Matriz de problemas productor 4.....	30
Cuadro 13A Matriz de problemas productor 5.....	31
Cuadro 14A Resultados Matriz de problemas productor 5.....	31
Cuadro 15 Constitución de un fruto de cafeto. ....	39
Cuadro 16 Tratamientos a evaluar en el experimento.....	70
Cuadro 17 Resultados obtenidos en los dos experimentos realizados. ....	88
Cuadro 18 Resultados ANDEVA.....	90
Cuadro 19 Prueba TUKEY .....	90
Cuadro 20 Análisis de costos de manejo según el método de secado utilizado. ....	97
Cuadro 21 Inversiones fijas y diferidas para el establecimiento de una secadora solar tipo “domo”. ....	99
Cuadro 22 Estado de ingresos y egresos ciclo de cosecha 2009 – 2010 para una hectárea en producción.....	100
Cuadro 23 Flujo de efectivo proyectado a 5 años. ....	102
Cuadro 24 Relación Beneficio / Costo.....	103
Cuadro 25 Rendimiento de productos agrícolas .....	106
Cuadro 26 Rendimientos productos alternativos Kg / Área total secadora solar.....	107
Cuadro 27 Precios promedios para el periodo 2010 según las fluctuaciones del abastecimiento al mercado “La Terminal” .....	107
Cuadro 28A Boleta de control para el registro de datos del día 1 (presecado). ....	113
Cuadro 29A Boleta de control para el registro de datos del día 2 al día “n”. ....	114
Cuadro 30A Resultados medios tabulados. ....	115
Cuadro 31A Costos de fabricación beneficio húmedo capacidad de procesamiento de 100 sacos de 45.36 kg de café maduro procedente de cosecha de una hectárea. ....	116
Cuadro 32A Cálculo del valor de desecho por el método “Libros de los activos”.....	117
Cuadro 33A Cálculo de la tasa de descuento. ....	117

**“APORTE AL DESARROLLO DE LA CAFICULTURA EN LA ALDEA VISTA  
HERMOSA, UNIÓN CANTINIL, HUEHUETENANGO, GUATEMALA, C.A.”**

**RESUMEN**

El presente trabajo fue elaborado dentro del marco del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía “EPSA”, siendo esta etapa la última de formación profesional en grado académico de Licenciado, en donde el egresado tiene la oportunidad de integrar todos los conocimientos adquiridos durante la carrera.

El trabajo de graduación consistió en un informe de diagnóstico, investigación y servicios realizados durante el ejercicio profesional supervisado en la empresa Export Café S.A. en donde la investigación se realizó en coordinación con Anacafé en el departamento de Huehuetenango comprendido en el período de agosto de 2009 a mayo de 2010.

El informe de diagnóstico se enfoca en identificar y analizar las etapas críticas en el proceso de beneficiado húmedo de café, para lo cual fue necesario captar información través de entrevistas y observaciones decampo, de este modo dentro del proceso agroindustrial del café existen diversas etapas la cuales por error humano, desconocimiento o por variables climáticas sorpresivas e incontrolables pueden dañar o interferir en la conservación de la calidad del producto final, pudiendo alterar tanto características físicas como organolépticas.

A través del presente diagnóstico se logró conocer y describir cada una de las etapas en el proceso de beneficiado del café con la finalidad de conocer a fondo todo el proceso.

La investigación se realizó con el propósito de contribuir en la búsqueda de alternativas para el secado del grano de café que ayuden a la preservación de la calidad del producto final, para lo cual, se realizó un estudio en donde se evaluó el uso de secadoras solares tipo “domo”, con la finalidad de proponer un manejo para optimizar dicha alternativa.

Se evaluaron tres frecuencias de volteo dentro de la secadora solar, a cada 30 minutos, 60 minutos, 90 minutos y el cuarto tratamiento (testigo) una frecuencia de volteo a cada 60 minutos, el cual se realizó en el patio de concreto. Cada tratamiento estuvo constituido de cuatro repeticiones dispuestas en forma aleatoria tanto dentro de la secadora como en el patio de concreto según lo requiere el diseño estadístico completamente al azar (DCA).

Los resultados obtenidos indican que para lograr una reducción del 25% del tiempo total, el volteo a cada 30 minutos es el que provee los mejores resultados tardando 93 horas promedio en alcanzar el punto de secado comercial del 12%.

Como consecuencia de esto se realizó un análisis de costos de manejo en donde se pudo determinar que el tratamiento que corresponde a una frecuencia de volteo a cada 30 minutos tiene un menor costo por kgde café seco producido siendo este de Q 0.75 en relación al resto de tratamientos secados en la secadora solar y al tratamiento secado en el patio de concreto.

Los servicios se enfocaron en brindar asistencia técnica a la Asociación de Desarrollo Económico y Social los Chujes (ADESCH), conformada por pequeños y medianos productores de la Aldea Vista Hermosa, Municipio de Unión Cantinil, Huehuetenango, con el propósito de obtener por segundo año consecutivo la certificación Rainforest Alliance y mantener los estándares de calidad que demanda el programa AAA de Nespresso<sup>TM</sup>.

## **CAPITULO I**

**DIAGNÓSTICO GENERAL DEL PROCESO DE BENEFICIADO HÚMEDO DE CAFÉ EN  
LA ALDEA VISTA HERMOSA, MUNICIPIO DE UNIÓN CANTINIL, HUEHUETENANGO,  
GUATEMALA, C.A.**

## 1.1 PRESENTACIÓN

El control de calidad en el café es una actividad que juega un papel muy importante en la agro-industrialización de la caficultura, al igual que el control requerido para cualquier producto alimenticio.

La pérdida en la calidad del producto final consiste en una serie de eventos y fases en las que el error humano y los factores climáticos pueden cambiar drásticamente las características físicas u organolépticas del café, afectando por ende la calidad del producto final. En este proceso la materia prima es el fruto del cafeto, que a través del beneficiado húmedo se transforma en café pergamino seco, para luego transformarse en café oro en el beneficio seco, seguidamente ser tostado y molido, para obtener finalmente la bebida a degustar. Esto supone que antes que el producto llegue al comprador en forma de café oro, tostado o como bebida, debe ser evaluado, calificado y controlado de modo que no contenga defectos tanto físicos como organolépticos (ANACAFE, 2006).

Estos atributos pueden calificarse tanto para el aspecto físico del grano como para la bebida. En caso de los defectos físicos existen diversas tolerancias dependiendo del mercado o el comprador, no así en los defectos organolépticos, que usualmente se espera una taza limpia, libre de sabores desagradables y con las características que el comprador exige. Es importante mencionar que los estándares de calidad están establecidos por el mercado internacional.

De este modo dentro del proceso agroindustrial del café existen diversas etapas las cuales en algún momento por error humano o por condiciones climáticas sorprendidas e incontrolables pueden dañar o interferir en la conservación de la calidad del producto final, pudiendo alterar tanto características físicas como organolépticas, a través del presente diagnóstico se logró conocer y describir cada una de las etapas en el proceso de beneficiado del café con la finalidad de conocer a fondo todo el proceso.

Conociendo el proceso completo del beneficiado húmedo de café se logró tener una mejor comprensión con respecto a los errores de manejo como a las variables climáticas que puedan dañar la calidad del producto.

La elaboración del diagnóstico comprendió visitas de campo tanto a parcelas como a beneficios y entrevistas a productores de la región cafetalera de la aldea Vista Hermosa del municipio de Unión Cantinil, Huehuetenango, con el objetivo de realizar un estudio en donde se logró identificar los diversos factores que intervienen en la calidad del café, en que momentos dentro del proceso pueden ocurrir, sus causas y sus resultados reflejados en las características físicas y organolépticas del producto final, como resultado del diagnóstico se pudo identificar la etapa más delicada a lo largo del proceso de beneficiado para los productores estudiados considerando elementos como su infraestructura, condiciones geográficas y climáticas y prácticas en campo, beneficio húmedo y procesos post cosecha.

## 1.2 MARCO REFERENCIAL

### 1.2.1 Características geográficas y límites aldea Vista Hermosa, Unión Cantinil

La Aldea Vista Hermosa está ubicada en el municipio de Unión Cantinil en las coordenadas latitud  $15^{\circ}35'55.16''\text{N}$  y longitud  $91^{\circ}45'49.94''\text{O}$ , con una altitud que va desde 1500 a 2200 msnm, cuenta con un área de 1.55 km<sup>2</sup>, la aldea Vista Hermosa se encuentra a 11.145 km de la cabecera municipal, con respecto a sus límites se encuentra situado en la parte noroeste de la cabecera departamental de Huehuetenango, colindan con los municipios de: San Antonio Huista al oeste, al norte con Concepción Huista, al sur con San Pedro Necta y al este con Todos Santos Cuchumatanes (SIM, GT. 2010).



**Figura 1** Fotografía aérea y límites de la aldea Vista Hermosa.

Fuente: Google™Earth, Año 2006.

### 1.2.2 Características climáticas del municipio Unión Cantinil

Las unidades bioclimáticas predominantes en este municipio tienen las siguientes características:

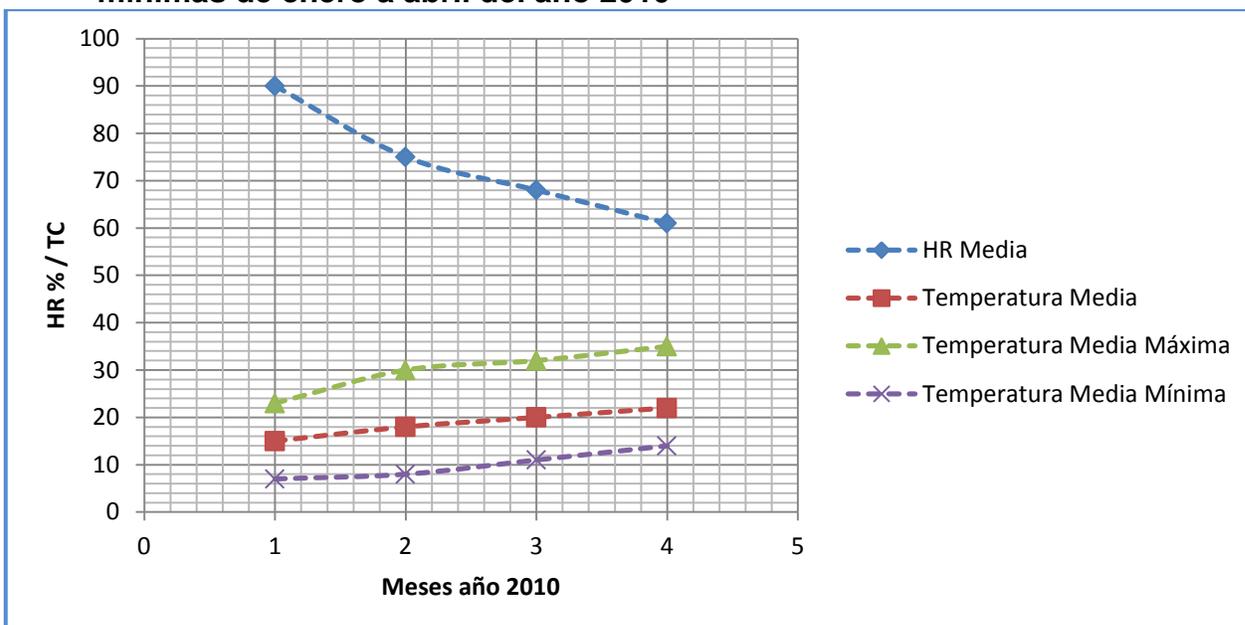
- Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical Templado (BHMbST)
- Altitud: 1200 a 2200 metros sobre el nivel del mar.
- Precipitación Pluvial anual: 1000 a 2000 milímetros.
- Temperatura media anual: 15 a 20 grados centígrados.
- Suelos: Tierras calizas altas del norte (OMP, 2007).

**Cuadro 1 Variables Climáticas estación Santa Cecilia, San Pedro Necta 2010.**

Estación Santa Cecilia San Pedro Necta				
MESES	HR	T Media °C	T Max°C	T Min°C
<b>Enero</b>	90%	15	23	7
<b>Febrero</b>	75%	18	30	8
<b>Marzo</b>	68%	20	32	11
<b>Abril</b>	61%	22	35	14

Fuente: base de datos estación Sta. Cecilia, INSIVUMEH 2010.

### 1.2.3 Climadiagrama de las variables hr media y temperaturas medias, máximas y mínimas de enero a abril del año 2010



**Cuadro 2** Climadiagrama variables ambientales de enero a abril del año 2010.

### 1.2.4 Caficultura en la aldea Vista Hermosa del municipio Unión Cantinil, Huehuetenango

La caficultura en la aldea Vista Hermosa es administrada actualmente por la asociación ADESCH (Asociación de Desarrollo Económico y Social “Los Chujes”) presidida para el ciclo 2009 – 2010 por el señor Servando Del Valle, actualmente la ADESCH está conformada por 49 socios activos, cuenta con un área colectiva de producción de 165.19 hectáreas, y la producción registrada para el ciclo de cosecha 2009 – 2010 fue de 5 mil sacos de 45.36 kg, actualmente todos los productores asociados tienen beneficios tecnificados individuales con capacidades diversas en función de la producción de cada asociado (Valle Del, 2009).

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 General**

Elaborar un diagnóstico del proceso de beneficiado con el fin de identificar los diferentes problemas que afectan la calidad comercial del café pergamino.

### **1.3.2 Específicos**

- Describir las diferentes etapas en el proceso de beneficiado húmedo en la aldea Vista Hermosa, Unión Cantinil, Huehuetenango.
- Describir las características físicas y organolépticas consideradas en los procesos de catación.
- Describir los diferentes defectos físicos y organolépticos y su origen en el producto final.
- Determinar la etapa en el proceso de beneficiado húmedo que represente un mayor riesgo de la pérdida de calidad en el producto final según prácticas agroindustriales en la aldea Vista Hermosa, Unión Cantinil, Huehuetenango.

## **1.4 METODOLOGÍA**

Para la realización del diagnóstico sobre la identificación de las etapas críticas en el proceso de beneficiado húmedo de café, se utilizó información obtenida mediante entrevistas a personas afines a las actividades cafetaleras de la aldea Vista Hermosa, municipio de Unión Cantinil, departamento de Huehuetenango.

Así mismo se realizaron observaciones directas del proceso completo de beneficiado húmedo de café, a partir del corte y recolección, despulpado, fermentación, lavado, secado y almacenaje con las cuales se pudieron identificar diferentes situaciones que intervienen en la conservación o pérdida de la calidad en el producto final.

### **1.4.1 Captación de la información**

#### **1.4.1.1 Observación**

Se realizaron recorridos dentro del área cafetalera de la aldea Vista Hermosa conformada por 165 ha. Dicha área está distribuida entre 49 productores de la localidad produciendo aproximadamente 5 mil sacos anuales de 45.36 kg de café pergamino seco lavado.

Se realizó una visita de campo a una muestra del 10% de la población representada por cinco productores con la finalidad de observar y dar seguimiento a las etapas en el proceso de beneficiado húmedo tomando notas y fotografías; a su vez la visita de campo se realizó con el objetivo de entrevistar a los productores para obtener información según su criterio sobre las etapas que ellos consideraban críticas o que pudieran afectar directamente sobre la calidad final del producto.

**Cuadro 3 Productores entrevistados**

<b>Nombre del productor</b>	<b>Área cultivada (ha)</b>	<b>Producción (kg)</b>	<b>Tipo de beneficio</b>
<b>1.Encarnación Del Valle</b>	5.41	9616.32	Tecnificado
<b>2.Viviana Figueroa</b>	1.25	2721.6	Tecnificado
<b>3.Manuel Del Valle</b>	1.66	1814.4	Tecnificado
<b>4.Dionisio Del Valle</b>	2.70	6804	Tecnificado
<b>5.Amílcar Granados</b>	0.87	1587.6	Tecnificado

#### **1.4.1.2 Revisión de literatura**

Se realizó una recopilación de información sobre los diferentes daños físicos y organolépticos que puede sufrir el café a lo largo de las diferentes etapas en el beneficiado húmedo, con lo cual se pudo reforzar la información primaria obtenida por medio de la observación directa y las entrevistas a los productores.

#### **1.4.1.3 Sistematización de la información**

Luego de haber recolectado la información necesaria se procedió a ordenarla y clasificarla para su manejo y fácil entendimiento, con dicha información se elaboró el diagnóstico.

#### **1.4.1.4 Matriz de problemas**

Mediante el uso de una matriz de problemas se pudo determinar qué etapa tiene prioridad sobre otras. Para la elaboración de dicha matriz se le asigna una numeración a un listado de etapas del proceso de beneficiado, los elementos fueron colocados de forma horizontal y vertical dentro de la matriz, dando como resultado que el problema con mayor frecuencia dentro de la matriz es el problema que tiene prioridad sobre los demás.

## **1.5 PROCESO DE BENEFICIADO HÚMEDO DEL CAFÉ REALIZADO POR LOS CAFICULTORES DE LA ALDEA VISTA HERMOSA, UNIÓN CANTINIL, HUEHUETENANGO**

Se define como la transformación del fruto de café maduro a café pergamino seco de “punto comercial”, a través de las siguientes etapas:

### **1.5.1.1 Recolección del fruto**

En esta primera etapa del proceso, se recolectan únicamente los frutos que estén completamente maduros. Cortar y mezclar frutos verdes, semimaduros, sobremaduros, brocados, secos, enfermos, etc. dificulta el proceso de beneficiado y alteran la calidad del producto final, además afecta el rendimiento.

Para la recolección se debe tener en consideración las condiciones climatológicas, en el caso de épocas lluviosas se presentaran retrasos en la maduración, aborto de frutos, en canículas se presentan maduraciones prematuras.

Todos los útiles de recolección deben limpiarse después de cada corte para evitar frutos rezagados que puedan dañar las futuras partidas (Valle Del, 2009).

### **1.5.1.2 Recibo y clasificación del fruto**

- **Recibo**

Se reciben únicamente frutos maduros, y no se debe mezclar frutos de diferentes días de corte. La cantidad a recibir depende del avance de la maduración en campo. La densidad aparente del café maduro es de 2970 a 3080 kg de fruto por metro cubico, dependiendo de la variedad y altura sobre el nivel del mar.

El tanque sifón requiere de grandes cantidades de agua, además de recibir, clasifica los frutos indeseables, los cuales por su menor peso flotan, tal es el caso del fruto seco, vano, enfermo, brocado, etc.

El recibidor seco es una instalación cónica invertida, con pendiente mínima de 45 grados, de cuatro lados, diseñado para trabajar sin agua. Por gravedad descarga directamente el fruto a los despulpadores. Es necesario contar con topografía inclinada para facilitar su construcción y funcionamiento (Valle Del, 2009).

- **Clasificación del fruto**

Es una de las etapas del proceso de beneficiado húmedo que nunca se debe eliminar, es necesario, dado que las plantaciones de café son afectadas por plagas y enfermedades que generan frutos de menor densidad (flotes y vanos), por lo que se debe clasificar el fruto en sifón de paso continuo de un metro cúbico de capacidad y sistemas de cribado para flotes. También separan piedras y basura que pueden provocar deterioro a la máquina de despulpado, es necesario el mantenimiento para evitar granos rezagados para evitar dañar nuevas partidas (Valle Del, 2009).

### **1.5.1.3 Despulpado del fruto**

Es la fase mecánica del proceso en la que el fruto es sometido a la eliminación de la pulpa (epicarpio), se realiza con máquinas que aprovechan la cualidad lubricante del mucilago del café, y mediante la presión el fruto suelta el grano. Si la operación se realiza dañando el pergamino o el propio grano el defecto permanecerá a través de las distintas etapas del beneficiado, provocando trastornos en el punto de fermentación y secamiento, alterando por consiguiente la calidad de la bebida.

Como los sistemas de despulpado funcionan en forma mecánica, es imposible despulpar completamente frutos de distintos tamaños, por eso es preferible que pase fruto sin ser despulpado, a que se lastimen o quiebre. Se debe despulpar el mismo día del corte, después de 4 horas de despulpado el grano debe echarse en otra pila de fermentación para evitar fermentaciones disperejas, es necesario limpiar diariamente el despulpador para evitar granos y pulpas en el sistema (Valle Del, 2009).

#### **1.5.1.4 Extracción de la pulpa**

La pulpa del café representa aproximadamente el 40% en peso del fruto fresco, es por lo tanto el subproducto más voluminoso del beneficiado húmedo. La densidad aparente de la pulpa fresca y suelta es de aproximadamente 1210 kg por metro cúbico, de manera que de cada 22000 kg de café maduro se producirán 8800 kg de pulpa, que ocupa aproximadamente 7 metros cúbicos. Este material se compacta y después de 24 horas la densidad es de 10 quintales por metro cúbico (Valle Del, 2009).

#### **1.5.1.5 Clasificación del café despulpado**

Una de las características que distinguen al café procesado por la vía húmeda, son las diversas fases de clasificación y selección desde la recolección hasta el lavado. El grano despulpado deberá clasificarse por tamaño, por densidad o ambos, esto con el objetivo de separar granos enfermos o deformes, pulpas y uniformizar el tamaño de la partida. La presencia de un alto porcentaje de pulpa en las pilas de fermentación puede dañar la apariencia física del grano provocando un color rojizo y fermentaciones disparejas (Valle Del, 2009).

#### **1.5.1.6 Remoción del mucilago del café despulpado**

- **Fermentación natural**

El mucilago o miel representa entre el 15.5 y el 22 % en peso del fruto maduro, por tratarse de un material gelatinoso insoluble en el agua (hidrogel) es necesario solubilizarlo para convertirlo en un material de fácil remoción en el lavado (hidrosol).

Para esto es necesario forzarlo a su degradación mediante la fermentación natural (bioquímica), en tanques o pilas de madera, concreto, ladrillo, plástico, etc.

En periodos de tiempo que van de 6 a 48 horas dependiendo de la temperatura ambiental, capacidad de drenaje de los tanques, altura de la masa de café, calidad del agua utilizada en el despulpado, estado de madurez del fruto, microorganismos presentes, etc.

A este sistema se le conoce como tradicional y es el que se ha empleado durante muchos años en distintos países caficultores (Valle Del, 2009).

Para determinar el punto de lavado o de fermentación, es necesario muestrear constantemente, esto se puede hacer introduciendo un palo en diferentes partes de la masa de café en el tanque hasta tocar el fondo, si al sacarlo queda hecho un agujero, entonces se toman muestras de café de diferentes puntos del tanque, se lava y luego se frota con las manos, si la muestra es áspera al tacto es señal que esta lista la partida para ser lavada (Valle Del, 2009).

#### **1.5.1.7 Lavado de café fermentado**

Es la operación de quitar la miel que queda adherida al pergamino, por medio de la inmersión y paso de una corriente de agua en un caño de correteo o clasificación utilizando paletas de madera (Valle Del, 2009).

#### **1.5.1.8 Secado del café lavado**

El proceso de beneficiado húmedo termina cuando se logra bajar la humedad del café hasta “punto comercial” (10 a 12 % del grano oro). El grano de café se constituye como uno de los más difíciles de secar debido a varias razones:

- Posee un alto contenido de humedad al salir de la clasificación (caño de correteo), aproximadamente 50 a 55 % mientras que otros granos al momento de cosecharlos poseen 20% de humedad (maíz, arroz).
- El pergamino y el grano poseen diferentes características químicas. El pergamino se endurece durante el secamiento, sobre todo si se efectúa en forma violenta con el uso de altas temperaturas.
- El grano contiene células que reducen su tamaño durante el proceso de secado, de tal modo se forma una cámara de aire entre ambos que interfiere con la transferencia de calor hacia el interior del grano y con el paso hacia el exterior de la humedad en forma de vapor de agua.

Existe volatilización de los componentes aromáticos si se emplean altas temperaturas durante el secado, afectando la calidad del café. El recalentamiento del grano afecta la apariencia física, así como las características organolépticas en taza (ANACAFE, 2006).

#### **1.5.1.9 Secado natural**

El secado al sol es la práctica más común, en lugares donde pueden aprovecharse la energía solar y la energía propia del aire, además los costos de inversión en equipos y los costos de operación son razonablemente más bajos. Entre las recomendaciones generales para el proceso se tiene:

- El grosor del café lavado en patio es de 5 a 6 cm. Y debe moverse constantemente para obtener un punto de secado parejo. Por cada metro cuadrado de patio caben 70 libras de café lavado (50 a 55 % de humedad).
- No se deben mezclar partidas de café de diferentes días de secado, pues el secado sería disparejo.
- No se debe extender el café cuando el patio este muy caliente, puede provocar que se raje el pergamino, se recomienda aprovechar las primeras horas de la mañana.
- Los patios deben ser limpiados todos los días para evitar contaminaciones en nuevas partidas.
- Fabricar los patios con una pendiente longitudinal máxima del 2 %.
- Se recomienda construir casillas para resguardar el grano en caso de lluvia y por la noche.

#### **1.5.1.10 Almacenamiento del café seco**

El almacenamiento de granos constituye una de las labores primordiales para la conservación de los mismos, juegan papeles estrechamente relacionados la temperatura, la humedad relativa del ambiente, el sitio del almacenamiento.

Si el café no se almacena en ambientes controlados puede deteriorarse y provocar el defecto organoléptico “sabor a viejo”.

Los hongos que atacan el café almacenado, pueden formar micotoxinas que no se destruyen con el tostado y pueden constituir limitantes para su consumo en los países importadores por considerarse cancerígenos.

El deterioro es mucho más lento en el café pergamino que en el café oro. En la mayoría de las fincas donde se almacena el café en pergamino no se tienen bodegas adecuadas.

El café seco de punto comercial se conserva muy bien durante meses en ambientes frescos con temperaturas máximas de 20 °C y humedades relativas alrededor del 65%. La humedad del café almacenado en estas condiciones se mantiene en 10% a 12% durante mucho tiempo (ANACAFÉ, 2006).

#### **1.5.1.11 Manejo de los subproductos**

En la planificación de los beneficios húmedos es importante no solo considerar la parte agroindustrial del proceso, sino se integren las soluciones correspondientes a los problemas de contaminación que se generen.

La industria del café genera dos subproductos que provocan contaminación, la pulpa la cual es un residuo sólido y el agua miel que al depositarse sobre terrenos o ser vertida a los ríos, es fuente de malos olores y proliferación de plagas (ANACAFÉ, 2006).

### **1.5.2 Características físicas**

- Aspecto o apariencia del café en oro (verde)
- Secamiento y humedad del grano
- Tamaño del grano
- Olor del grano
- Color en oro y tostado
- Hendidura del grano oro
- Carácter del grano tostado

### **1.5.3 Características Organolépticas**

Evaluación de la infusión:

- Fragancia (en café molido)
- Aroma (en la infusión)
- Acidez
- Cuerpo
- Sabor en general
- Presencia de aromas y sabores defectuosos

### **1.5.4 Principales defectos de grano y su origen**

Los granos defectuosos pueden tener su origen tanto en la plantación como en el proceso de beneficiado húmedo. Es muy importante conocer estos granos, debido a que en la comercialización del café, comprador y vendedor deben acordar mediante un contrato, la cantidad de granos defectuosos presentes en la muestra de acuerdo con la preparación establecida.

Cuando se habla de preparación se refiere al modo o forma de seleccionar y clasificar un café, tomando en cuenta el aspecto físico del grano, forma, tamaño, coloración y la cantidad de imperfecciones presentes en la muestra y por su puesto las características organolépticas de la bebida tales como la fragancia, el aroma, el cuerpo, la acidez y el sabor. Es importante mencionar que dependiendo del grano defectuoso y la cantidad de estos en la muestra, así será su influencia en provocar una taza o bebida defectuosa.

Los granos comúnmente considerados como defectos son:

#### **1.5.4.1 Granos negros**

Proviene ya sea de frutos no desarrollados por el ataque de enfermedades fungosas, o por deficiencias nutricionales, pueden separarse en la clasificación.

#### **1.5.4.2 Granos sobre fermentados**

De coloración pálida y apariencia cerosa, con la hendidura marcadamente libre de tegumentos y el germen reventado si el daño es total. Generalmente provienen de granos resagados en el equipo y pilas de fermentación.

#### **1.5.4.3 Granos partidos**

Muestran una abertura longitudinal por efecto de la trilla. Los granos con más del 12% de humedad tienden a aplastarse, abriéndose por los extremos.

#### **1.5.4.4 Granos mordidos**

Granos enteros que muestran roturas o alteraciones generalmente oscuras, producidas por acción mecánica sobre el grano, principalmente durante la operación de despulpado en los cafés lavados.

#### **1.5.4.5 Granos verdes**

Granos decolorados, caracterizados por poseer la típica forma de media luna, con la cara plana hundida y de tamaño ligeramente inferior al normal, generalmente con la película plateada firmemente adherida.

#### **1.5.4.6 Granos blanqueados o descoloridos**

Presentan una decoloración uniforme o bien, parches blancos irregularmente distribuidos, ocurre en un café mal almacenado o en partidas con más del 12 % de humedad.

Granos encerados

Coloración y apariencia cerosa, resultado de una deficiencia de hierro.

#### **1.5.4.7 Granos manchados**

Muestran manchas o parches de diferentes coloraciones sin alterar la textura de la porción manchada.

#### **1.5.4.8 Granos con película rojiza**

Tamaño, peso y forma normal, se originan por cosechas del fruto muy maduro, o por retardar el despulpado. La característica es que la película plateada presente en un grano normal, se torne en un color rojizo.

#### **1.5.4.9 Granos deformes**

Entre estos se consideran a los triángulos, caracoles y los gigantes o “elefantes”. Esta deformación se da en la planta.

#### **1.5.4.10 Granos pequeños**

Granos que pasan a través de la zaranda No. 14/64.

#### **1.5.4.11 Granos Cerezos**

Frutos enteros y secos que no fueron despulpados ni clasificados.

#### **1.5.4.12 Granos brocados**

Presentan una o más perforaciones en distintos sentidos provocados por la broca del café.

#### **1.5.4.13 Granos quebrados**

Se originan de granos anormalmente grandes o resacos, que al pasar por la trilla se quiebran.

### **1.5.5 Sabores desagradables en taza**

Todos los granos anteriormente descritos pueden alterar el sabor característico de un café, es decir, perder la calidad del mismo, además los sabores desagradables pueden ser generados por un proceso mal realizado en el beneficio húmedo, así también por contaminación con otros productos durante la manipulación y almacenamiento. Los defectos más comunes pueden ser:

#### **1.5.5.1 Áspero y sucio**

Este sabor es provocado frecuentemente por cafés verdes, “argeños”, brocados, que no se logran clasificar en el beneficio húmedo. Así también por la película plateada que puede quedar adherida al no darle un tiempo adecuado en las pilas de fermentación.

Es importante mencionar que los cafés de altura presentan una película pero esta no se considera un defecto.

#### **1.5.5.2 Terrosa**

Predominancia de sabor a tierra húmeda en la taza, lo cual puede ser causado por almacenar cafés con mucha humedad, lo que crea condiciones para el desarrollo de hongos que crean este defecto.

### **1.5.5.3 Mohosa**

Este sabor se percibe en cafés que han sido almacenados con más del 12% de humedad en el grano, temperaturas altas (arriba de 22 ° C) y mucha humedad relativa, condiciones propicias para el desarrollo de hongos. También se pueden encontrar en cafés que han sido almacenados con la humedad adecuada pero en condiciones de almacenamiento no adecuadas, tales como bodegas muy húmedas y ventilación deficiente.

### **1.5.5.4 Sabor a rio (Yodo)**

Provocado por frutos que caen al suelo por diferentes circunstancias, por lo que se revientan o se abren, quedando expuestos al ataque de hongos, lo que provoca el característico “sabor a rio” o “fenólico”. Los granos derivados de estos frutos, se pueden reconocer fácilmente por presentar la hendidura con una coloración rojiza, también puede encontrarse este sabor en cafés que han sido atacados por hongos a causa de mucha humedad. En cafés lavados es poco frecuente encontrar este sabor defectuoso, pero si en los cafés naturales.

### **1.5.5.5 Vinoso**

Originado por frutos sobremaduros o cuyo despulpado ha sido tardío. EL grano se puede reconocer porque la película presenta una coloración rojiza.

### **1.5.5.6 Frutoso**

Se origina por lavado deficiente del café o por tardanza en el despulpado. Este sabor es característico de los cafés naturales, debido a la miel que estos aún mantienen impregnada.

Otra causa que incide en la provocación de este defecto es la aplicación de temperaturas altas en las secadoras mecánicas.

### **1.5.5.7 Agrio**

Es una fase más intensa que el Frutoso y el vinoso y se origina cuando persisten las condiciones que provocan estos defectos. El sobresecamiento puede ser otro factor que de origen a este sabor.

### **1.5.5.8 Sobrefermentado**

Típico olor y sabor desagradable, originados por no lavar el café a tiempo y dejarlo en las pilas de fermentación. Aunque también es ocasionado al mantener las condiciones que originaron el frutoso, vinoso y agrio. Otra causa es el amontonamiento de los cafés recién lavados o bien, capas muy gruesas de café en los patios de secado.

### **1.5.5.9 Cebolla**

Es originado por cafés que después de lavados son amontonados. Las fermentaciones incompletas o disparejas constituyen otro factor para este defecto. Este sabor es causado por el ácido propiónico originado de las condiciones anteriormente mencionadas.

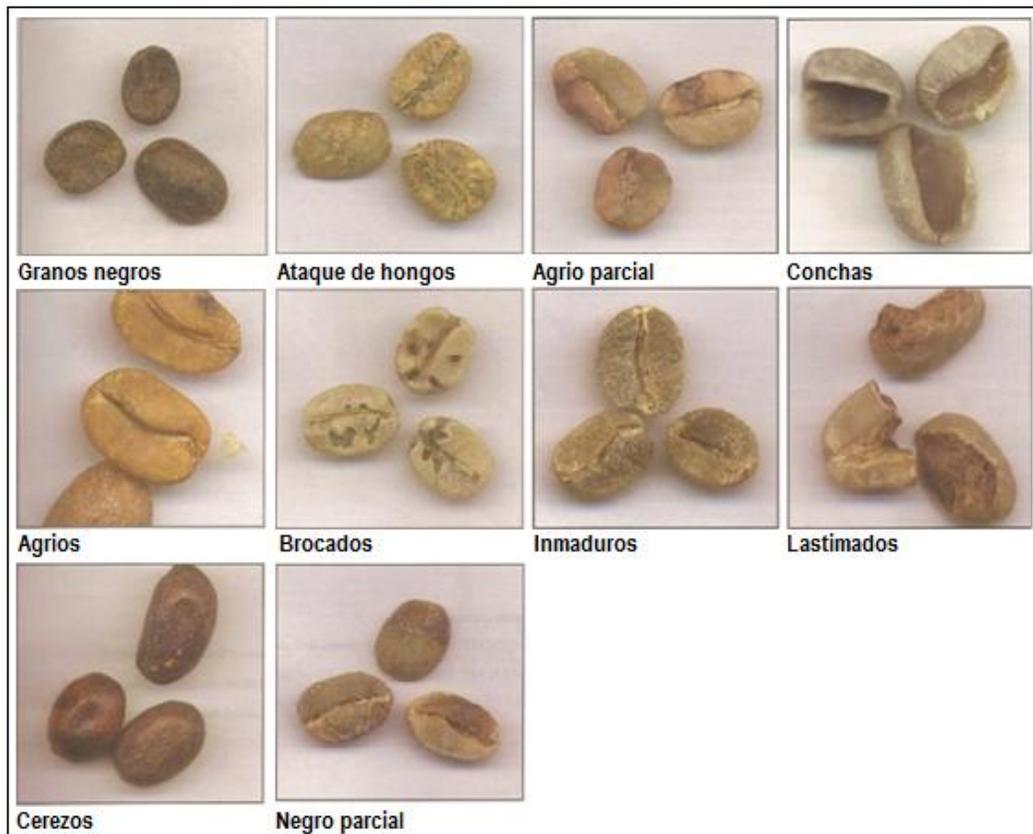
### **1.5.5.10 Sabor a cosecha vieja**

Característico envejecimiento del grano, aunque haya sido bien beneficiado. Además las condiciones de almacenamiento pueden influir para que el envejecimiento se dé mucho más rápido, es decir, temperatura arriba de 20 °C y humedad relativa arriba del 65%.

### **1.5.5.11 Contaminado**

Como se mencionó el café es muy susceptible a la absorción de otros olores extraños, por lo que su almacenamiento debe hacerse en condiciones en el que no se altere el sabor original del mismo. Entre las condiciones más comunes se pueden mencionar:

- Sabor a saco
- Fertilizantes
- Humo
- Cardamomo
- Resina
- Cítricos
- Insecticidas
- Jabón



**Figura2 Daños y defectos en granos de café.**

Fuente: Guía técnica de caficultura, Anacafé 2006.

## 1.6 RESULTADOS

### 1.6.1 Matriz de problemas

Durante cada entrevista realizada a los cinco productores correspondientes a la muestra establecida se realizó una matriz de problemas, en donde al productor se le presentaba un listado conformado por 7 etapas las cuales se presentan en el siguiente cuadro:

**Cuadro 4 Frecuencias de etapas críticas por productor evaluado**

PRODUCTOR	ETAPA CRÍTICA						
	Recolección	Recepción	Despulpado	Fermentación	Lavado	Secado	Almacenaje
Encarnación Del Valle	1	0	2	5	4	6	3
Viviana Figueroa	1	0	2	4	4	6	3
Manuel Del Valle	1	0	2	6	4	5	3
Dionisio Del Valle	1	0	2	5	3	6	4
Amílcar Granados	1	0	2	5	4	6	3

Nota: La numeración más alta refleja la frecuencia con la que la etapa más delicada del proceso de beneficiado húmedo está sobre el resto.

Según los resultados obtenidos se tiene que el 80% de la muestra coinciden en identificar la etapa de secado como la más delicada de todo el proceso de beneficiado húmedo, este resultado es apoyado por las características climáticas presentes en la región, pues se presentan periodos prolongados de nubosidad y ocurrencia de lluvias orográficas, siendo estas variables climáticas elementos que afectan directamente en el proceso de secado.

El primer caficultor evaluado es uno de los más grandes de la asociación y según la evaluación realizada es la etapa del secado la más crítica del proceso de beneficiado húmedo, seguida por la etapa de la fermentación, en donde ambas juegan un papel crucial para perder o mantener la calidad del producto ya terminado.

Para el resto de caficultores evaluados se tiene como resultado que la etapa del secado es la más crítica durante el proceso de beneficiado a excepción del tercer productor evaluado que manifestó que la etapa de fermentación es la más importante para preservar la calidad del grano.

## 1.7 CONCLUSIONES

- Los caficultores de la aldea Vista Hermosa, del municipio de Unión Cantinil, Huehuetenango utilizan 7 etapas para procesar el café, las cuales son la recolección del fruto maduro, recibido del fruto maduro en el beneficio, despulpado y clasificación, fermentación, lavado y clasificación, secado y almacenamiento.
- Las características físicas y organolépticas consideradas en los análisis de catación, es la apariencia del café oro, secamiento y humedad del grano, tamaño, olor, color y tueste, hendidura del grano oro, entre las características organolépticas se consideran aspectos como la fragancia en café molido, aroma en la infusión, acidez, cuerpo, sabor en general.
- Los principales defectos físicos son granos negros, granos sobre fermentados, granos partidos, granos mordidos, granos verdes, granos blanqueados, granos manchados, granos rojizos, granos deformes, granos pequeños, granos cerezos, granos brocados y granos quebrados, con respecto a los principales defectos organolépticos se pueden mencionar sabores ásperos y sucios, terroso, mohoso, sabor a río, vinoso, frutoso, agrio, sobre fermentado, cebolla, cosecha vieja y contaminado.
- La principal etapa que afecta en la calidad comercial del producto final es la del secado, tal etapa se determinó mediante el resultado obtenido en las matrices de problema.

## 1.8 RECOMENDACIONES

- Considerar alternativas de secado como lo es el uso de cajas parihuela, estas presenta la ventaja de poder trasladar el café expuesto a la intemperie a un lugar seco y cubierto, otra alternativa a considerar es el secado en túneles de polietileno, teniendo como ventaja el resguardo del grano con el ambiente por medio del cobertor, evitando el acarreo, aumentando la temperatura y reduciendo la humedad relativa durante el proceso de secado.

## 1.9 BIBLIOGRAFÍA

1. ANACAFÉ (Asociación Nacional del Café, GT). 2006. Guía técnica de caficultura. Guatemala. 214 p.
2. \_\_\_\_\_.2008. Perfil de taza, un mapa de características del café. El Cafetal (enero):8-9.
3. Anzueto, F. 2007. Calidad e inocuidad en el café. El Cafetal (octubre):12-14.
4. Barrios, A. 1997. Desafíos del beneficiado húmedo en Centro América. Guatemala, Programa de Mejoramiento del Café / Centro Internacional para la Investigación Agrícola para el Desarrollo. 125 p.
5. Figueroa, V. 2009. Etapas del beneficiado húmedo y cuidados en la conservación de la calidad (entrevista). Vista Hermosa, Unión Cantinil, Huehuetenango, Asociación de Desarrollo Económico y Social los Chujes (ADESCH).
6. Granados, A. 2009. Etapas del beneficiado húmedo y cuidados en la conservación de la calidad (entrevista). Vista Hermosa, Unión Cantinil, Huehuetenango, Asociación de Desarrollo Económico y Social los Chujes (ADESCH).
7. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología Vulcanología Meteorología e Hidrología, GT). 2010. Parámetros meteorológicos estación Santa Ana, San Pedro Necta (en línea). Guatemala, GT. Consultado 25 jun. 2010. Disponible en <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/ESTACIONES/HUEHUETENANGO/SAN%20PEDRO%20NECTA%20PARAMETROS.htm>
8. López, A. 2009. Taller sobre catación (comunicación personal). Guatemala, Export Café S.A.
9. Menchú, J. 1985. Manual de beneficiado de café. Guatemala, Anacafé. 150 p.
10. OMP (Oficina Municipal de Planificación, Municipalidad Unión Cantinil, Huehuetenango, GT). 2007. Caracterización del municipio Unión Cantinil del departamento de Huehuetenango. Unión Cantinil, Huehuetenango. 25 p. Sin publicar.
11. Proyecto de Café para Centro América, NI. 2008. Manual de buenas prácticas para cosecha y beneficio húmedo de café de calidad. 2 ed. Managua, Nicaragua. 47 p.
12. SIM (Servicio de Información Municipal, GT). 2010. Ubicación del municipio Unión Cantinil (en línea). Guatemala. Consultado 11 Ene. 2010. Disponible en <http://www.inforpressca.com/unioncantinil/ubicacion.php>

13. Valle, D Del. 2009. Etapas del beneficiado húmedo y cuidados en la conservación de la calidad (entrevista). Vista Hermosa, Unión Cantinil, Huehuetenango, Asociación de Desarrollo Económico y Social los Chujes (ADESCH).
14. Valle, E Del. 2009. Etapas del beneficiado húmedo y cuidados en la conservación de la calidad (entrevista). Vista Hermosa, Unión Cantinil, Huehuetenango, Asociación de Desarrollo Económico y Social los Chujes (ADESCH).
15. Valle, M Del. 2009. Etapas del beneficiado húmedo y cuidados en la conservación de la calidad (entrevista). Vista Hermosa, Unión Cantinil, Huehuetenango, Asociación de Desarrollo Económico y Social los Chujes (ADESCH).
16. Valle, S Del. 2009. Procesos de beneficiado húmedo realizado por productores de la ADESCH (entrevista). Vista Hermosa, Unión Cantinil, Huehuetenango, Asociación de Desarrollo Económico y Social los Chujes (ADESCH).

## 1.10 ANEXOS

Cuadro 5A Matriz de problemas productor 1

	1	2	3	4	5	6	7
7	7	7	7	4	5	6	
6	6	6	6	6	6		
5	5	5	5	4			
4	4	4	4				
3	3	3					
2	1						
1							

Cuadro 6A Resultados Matriz de problemas productor 1

Referencia	Problema	Frecuencia
1	Recolección del fruto maduro	1
2	Recibo del fruto maduro en beneficio	0
3	Despulpado y clasificación	2
4	Fermentación	5
5	Lavado y clasificación	4
6	Proceso de secado	6
7	Almacenamiento	3

Cuadro 7A Matriz de problemas productor 2

	1	2	3	4	5	6	7
7	7	7	7	4	5	6	
6	6	6	6	6	6		
5	5	5	5	4			
4	4	4	4				
3	3	3					
2	1						
1							

**Cuadro 8A Resultados Matriz de problemas productor 2**

Referencia	Problema	Frecuencia
1	Recolección del fruto maduro	1
2	Recibo del fruto maduro en beneficio	0
3	Despulpado y clasificación	2
4	Fermentación	4
5	Lavado y clasificación	4
6	Proceso de secado	6
7	Almacenamiento	3

**Cuadro 9A Matriz de problemas productor 3**

	1	2	3	4	5	6	7
7	7	7	7	4	5	6	
6	6	6	6	4	6		
5	5	5	5	4			
4	4	4	4				
3	3	3					
2	1						
1							

**Cuadro 10A Resultados Matriz de problemas productor 3**

Referencia	Problema	Frecuencia
1	Recolección del fruto maduro	1
2	Recibo del fruto maduro en beneficio	0
3	Despulpado y clasificación	2
4	Fermentación	6
5	Lavado y clasificación	4
6	Proceso de secado	5
7	Almacenamiento	3

**Cuadro 11A**Matriz de problemas productor 4

	1	2	3	4	5	6	7
7	7	7	7	4	7	6	
6	6	6	6	6	6		
5	5	5	5	4			
4	4	4	4				
3	3	3					
2	1						
1							

**Cuadro 12A**Resultados Matriz de problemas productor 4

Referencia	Problema	Frecuencia
1	Recolección del fruto maduro	1
2	Recibo del fruto maduro en beneficio	0
3	Despulpado y clasificación	2
4	Fermentación	5
5	Lavado y clasificación	3
6	Proceso de secado	6
7	Almacenamiento	4

**Cuadro 13A** Matriz de problemas productor 5

	1	2	3	4	5	6	7
7	7	7	7	4	5	6	
6	6	6	6	6	6		
5	5	5	5	4			
4	4	4	4				
3	3	3					
2	1						
1							

**Cuadro 14A** Resultados Matriz de problemas productor 5

Referencia	Problema	Frecuencia
1	Recolección del fruto maduro	1
2	Recibo del fruto maduro en beneficio	0
3	Despulpado y clasificación	2
4	Fermentación	5
5	Lavado y clasificación	4
6	Proceso de secado	6
7	Almacenamiento	3

## **CAPITULO II**

### **INVESTIGACIÓN**

**EVALUACIÓN DE SECADORAS SOLARES PARA EL SECADO DE CAFÉ  
PERGAMINO EN LA ALDEA VISTA HERMOSA, MUNICIPIO UNIÓN CANTINIL,  
HUEHUETENANGO, GUATEMALA, C.A.**

**EVALUATION OF COFEE DRYING FOR PARCHMENT COFEE IN THE VILLAGE VISTA  
HERMOSA, MUNICIPALITY OF UNION CANTINIL, HUEHUETENANGO, GUATEMALA,  
C.A.**

## 2.1 INTRODUCCIÓN

La calidad del grano de café se obtiene desde el establecimiento de la plantación hasta el beneficiado húmedo y el almacenaje. El proceso está conformado por las etapas de recolección del fruto, recibo y clasificación, despulpado, fermentación, lavado, secado y almacenaje, siendo la etapa del secado y almacenaje las últimas fases encargadas de la conservación o pérdida de la calidad del grano (ANACAFE, 2006).

Según el departamento de comercialización de Anacafé, la caficultura en el año 2008 inició con una situación favorable, el comportamiento de los precios mostró una tendencia alcista registrándose un precio récord de US\$ 164.60 el saco de 45.36 Kg de café oro en la bolsa de Nueva York; para la cosecha 2008 – 2009 Guatemala obtuvo aproximadamente 322 millones de dólares como resultado de las exportaciones de café (ANACAFE, 2009).

En el municipio Unión Cantinil para la cosecha 2008 – 2009, se produjeron 5 mil sacos de 45.36 Kg de café pergamino, el cual es comercializado en el mercado europeo por su calidad a nivel mundial respaldada por el sello Rainforest Alliance, el cual promueve la producción de café sostenible (Valle Del, 2009).

Dentro de esta situación de exigencias en la calidad del mercado internacional existen prácticas post cosecha en donde se generan pérdidas económicas y pérdidas en la calidad del producto por no tener un conocimiento tecnológico de alternativas de secado de grano que permitan superar problemas de periodos prolongados de nubosidad y lluvias, así como imprevistas cosechas altas (Campos; Barrios, 2006).

Con el propósito de contribuir en la búsqueda de alternativas para el secado del grano de café se realizó un estudio en donde se evaluó la eficiencia de una alternativa de secado para café pergamino, siendo esta el uso de secadoras solares tipo “domo”, con la finalidad de proponer un manejo, se evaluaron tres frecuencias de volteo, en donde el primer tratamiento correspondió a una frecuencia de volteo a cada 30 minutos, el segundo tratamiento una frecuencia de volteo realizada a cada 60 minutos, el tercer tratamiento una frecuencia de volteo realizada a cada 90 minutos y el cuarto tratamiento (testigo) de una frecuencia de volteo a cada 60 minutos, el cual se realizó en el patio de concreto. Todas las frecuencias de volteo dieron inicio a partir de las 8:00 horas y finalizaron a las 16:00 horas, cada tratamiento estuvo constituido de cuatro repeticiones dispuestas en forma aleatoria tanto dentro de la secadora como en el patio de concreto según lo requiere el diseño estadístico completamente al azar (DCA).

Las variables respuesta consideradas fueron el total de horas necesarias para alcanzar el punto comercial para cada tratamiento y las variables climáticas tanto internas como externas de la secadora solar. Según la prueba de medias de Tukey se estableció que el tratamiento 1 tiene una diferencia estadísticamente significativa en comparación al resto de tratamientos, reduciendo en un 25% el tiempo total de secado para alcanzar el punto comercial del 12% en comparación al secado del resto de frecuencias de volteo en secadora solar y su respectiva frecuencia ejecutada en patio de concreto.

Según el análisis de interpretación de curvas de secado se estableció una relación inversamente proporcional entre los aumentos de temperatura y la reducción del % de humedad del grano. De igual modo se determinó que el menor costo de manejo Q/kg de café secado lo obtuvo el manejo “frecuencia de volteo a cada 30 minutos”.

Se estableció a través de un estado de ingresos y egresos que una hectárea posee la capacidad productiva para financiar el establecimiento de una secadora solar y mediante el cálculo del indicador financiero R B/C se determinó que el proyecto es financieramente factible.

## 2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La aldea Vista Hermosa, del municipio Unión Cantiníl se encuentra en una zona constantemente afectada por la ocurrencia de lluvias orográficas y períodos prolongados de nubosidad, estas condiciones climáticas poseen un claro efecto sobre el secado de café en patios de concreto, para lo cual se requiere de trabajo adicional en la recolección y protección del grano, que implica un aumento en los costos de producción (Valle Del, 2009).

El resultado de inadecuadas prácticas post cosecha principalmente en el secado y el almacenamiento es la pérdida de la inocuidad del grano a causa de “contaminación natural” por mohos productores de Ocratoxina – A del genero *Aspergillus* y *Penicillium*. La susceptibilidad de contaminación se incrementa cuando existe una concentración de humedad mayor del 12 % en el grano como resultado de un mal secado o debido también a cualquier incremento en la humedad del grano provocado por lluvias si el grano no está cubierto durante el secado (Anzueto, 2007).

Actualmente en los países desarrollados existe una fuerte preocupación sobre los temas de salud pública, particularmente en la calidad sanitaria del café, bajo el concepto de “inocuidad” o alimento seguro (food safety). Esto surge como resultado de malas prácticas de secado o almacenamiento, así como condiciones ambientales desfavorables en las etapas de campo y post-cosecha (Anzueto, 2007).

Otros problemas que surgen a causa de un mal proceso de secado, son defectos en las características físicas y organolépticas. Las características físicas consideran el aspecto o apariencia del café en oro (verde), secamiento y humedad del grano, tamaño del grano, olor del grano, color en oro y tostado, hendidura del grano oro y carácter del grano tostado.

Entre los defectos del grano para las características físicas están los “granos partidos” estos muestran una abertura longitudinal por efecto de la trilla. Los granos con más del 12% de humedad tienden a aplastarse, abriéndose por los extremos. Los granos “blanqueados o descoloridos” presentan una decoloración uniforme a causa de partidas almacenadas con más del 12% de humedad, otro tipo de defectos causado en cambio por falta de humedad (menor al 12 %) son los “granos quebrados”, este defecto se origina de granos resacos que al pasar por la trilla se quiebran.

El inadecuado secado de café también provoca alteraciones en las características organolépticas como lo son sabores desagradables en taza. Se considera una taza “terrosa” cuando existe predominancia de sabor a tierra húmeda en la taza, lo cual puede ser causado por almacenar café con mucha humedad, lo que crea condiciones para el desarrollo de hongos que provocan este defecto, al igual que un sabor en taza “mohoso” a causa de almacenamiento de granos con más del 12% de humedad y temperaturas arriba de 22 °C (ANACAFE, 2006).

Investigaciones hechas sobre el uso de secadoras solares en República Dominicana, México, Brasil y Guatemala principalmente en Suchitepéquez y Alta Verapaz indican que la implementación de secadoras solares para el secado de café pergamino responde a una tendencia en el desarrollo de tecnologías, que permiten proteger al grano de las condiciones climatológicas adversas para obtener un grano de café de calidad en sus características físicas y organolépticas y lograr el secado del grano en condiciones ambientales en donde el patio de concreto sería ineficiente (Campos; Barrios, 2006).

## **2.3 MARCO TEÓRICO**

### **2.3.1 Caficultura guatemalteca cosecha 2008 – 2009**

En la cosecha 2008 - 2009 según el Departamento de comercialización de Anacafé se obtuvo una producción estimada de 5 millones de sacos de 45.36 kg de café oro generando un ingreso de divisas de 557 millones de dólares.

Durante el ciclo de cosecha 2008 – 2009 el café aromático guatemalteco se ubicó como el 5to. Exportador de cafés arábigos lavados a nivel mundial, siendo los principales destinos: Estados Unidos 48 %, Japón 16%, Canadá 8%, Alemania 6%, Países Bajos 2%, Países Nórdicos 4%. Europa como bloque ocupa un 25.5%

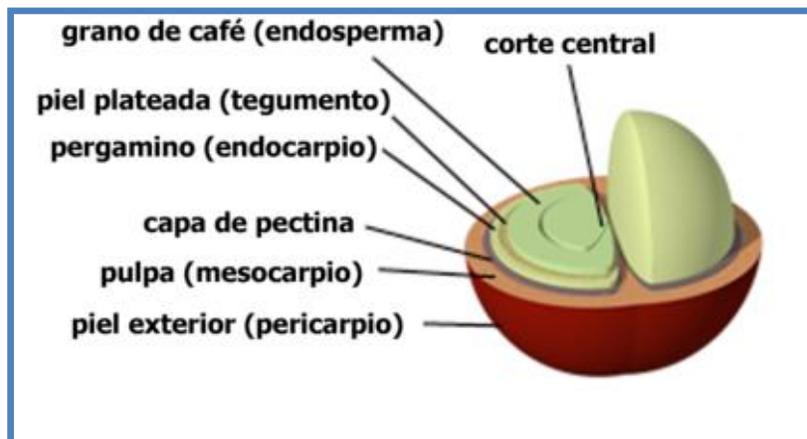
Durante este período, el sector de la caficultura continuó como uno de los principales generadores de desarrollo socioeconómico del país, mejorando la calidad de vida de cientos de guatemaltecos. En este período en el área rural se generaron más de 473,226 mil empleos, equivalente al 7% de la población económicamente Activa (ANACAFE, 2009).

### **2.3.2 El fruto del cafeto**

El fruto del cafeto es una drupa. Es 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).

El fruto es de color verde al principio, luego se torna amarillo y finalmente rojo aunque algunas variedades maduran color amarillo(ANACAFE, 2006).

- Epicarpio (cutícula, cáscara, pulpa) de color rojo o amarillo en su madurez, jugoso y envuelve todas las demás partes del fruto.
- Mesocarpio (mucílago, baba) de consistencia gelatinosa y color cremoso.
- Endocarpio (pergamino, cascarilla) cubierta corácea de color crema a marrón que envuelve la semilla.
- Espermoderma (película plateada), envuelve la semilla (integumento seminal).
- Endospermo, la semilla propiamente constituida.
- Embrión, localizado en la superficie convexa de la semilla y representado por un hipócotilo y dos cotiledones.



**Figura 3**Partes que conforman un fruto de café.

Fuente: Guía técnica de caficultura, Anacafé 2006.

**Cuadro 15** Constitución de un fruto de cafeto.

Contenido	% en peso
<b>Drupa de café</b>	100
<b>Pulpa de café</b>	40
<b>Mucílago</b>	18
<b>Pergamino</b>	4.5
<b>Agua de secado</b>	18
<b>Café Oro</b>	19.5

Fuente: Guía técnica de caficultura, Anacafé 2006.

### **2.3.3 El grano de café y sus características como organismos vivos**

Los granos son partes constitutivas de organismos vivientes que respiran y utilizan el oxígeno del aire, producen bióxido de carbono, agua y energía que se traduce en calor. Estas partes constitutivas tienen sus actividades vitales reducidas a un mínimo, es decir, se encuentran en estado de vida latente, por lo que, a simple vista, dan la impresión de encontrarse sin vida (Ramírez, 1982).

### **2.3.4 Composición química**

Las principales sustancias almacenadas por los granos son los carbohidratos, los lípidos y las proteínas. El principal carbohidrato de reserva en los granos es el almidón. Cuando el almidón es la sustancia de reserva predominante, el grano es denominado amiláceo; es llamado oleaginoso cuando los lípidos son las sustancias de reserva predominante; y proteico cuando éstas son las proteínas (Ramírez, 1982).

### **2.3.5 Proceso respiratorio bajo condiciones aeróbicas**

La respiración bajo condiciones aeróbicas (en presencia de oxígeno libre) es el proceso por medio del cual las células vivas de los vegetales oxidan los carbohidratos y las grasas, por medio del oxígeno atmosférico, produciendo gas carbónico ( $\text{CO}_2$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y liberando energía en forma de calor (Ramírez, 1982).

### **2.3.6 Propiedades del grano de café**

Todos los organismos vivos están sujetos a la influencia de factores físicos, químicos y bióticos del ambiente que lo rodea. En el caso de los granos y semillas los factores físicos tienen una influencia decisiva sobre su conservación. Los factores físicos como la temperatura y la humedad relativa se les reconocen gran importancia, desde el punto de vista del almacenamiento, manejo y conservación de los granos y semillas por la forma directa y los efectos sobre estos.

Existen tres propiedades de los granos o semillas que determinan, en gran parte su comportamiento o reacción ante los factores ecológicos (físicos, químicos y bióticos) las cuales son:

- Baja conductividad térmica
- Capacidad de absorción de agua
- Naturaleza porosa del grano

### **2.3.7 Baja conductividad térmica**

Cada tipo grano o semilla posee determinada conductividad térmica, es decir, cierta velocidad con la que el calor pasa de las zonas calientes hacia las más frías en la masa del grano, siendo diferente y específica, para los diversos tipos de granos o semillas. En el caso de los conductores sólidos, como los metales, el calor se desplaza del punto de calentamiento con una velocidad uniforme en todas direcciones e independientemente del tamaño y la forma del conductor. En el caso de los granos y semillas, la forma, el tamaño y la textura determinan, en parte la velocidad y la conductividad térmica. En general la conductividad termina en los granos y semillas es baja y se puede comparar a la que posee el suelo o las maderas blandas. Esto explica que una vez producida una zona de calor en cualquier parte de la masa del grano, el calor se transmitirá con lentitud hacia las aéreas frías. Esta es la razón fundamental por la cual la temperatura alta causa tantos daños en los volúmenes de granos que se encuentran almacenados.

Generalmente los granos se almacenan en grandes volúmenes y dada su característica de baja conductividad térmica, cualquier elevación anormal de la temperatura puede ocasionar serios daños a los granos. En los granos y semillas almacenadas las aéreas calientes por lo general se forman como resultado del alto contenido de humedad del grano, que propicia el incremento de las actividades metabólicas del grano, la presencia de plagas.

La respiración y la producción de calor del grano, combinadas con las de los insectos y las de los microorganismos, producen en conjunto, la elevación de la temperatura, lo cual afecta, en última instancia el rendimiento total de grano. Bajo estas condiciones de calor excesivo, la muerte y descomposición del grano o de la semilla se acelera (Ramírez, 1982).

### **2.3.8 Capacidad de absorción de agua**

La presencia de agua en la masa de grano implica la combinación de esta con el material sólido y seco, el cual es variable dentro de determinados límites.

Entre más pequeña sea la cantidad de agua en el grano, esta se encuentra más fuertemente retenida debido a las fuerzas intermoleculares. El equilibrio dinámico entre el agua del grano y el agua del aire, está en función de la temperatura y la humedad relativa, cuando se trata de granos secos, se alcanza un nivel específico para cada tipo de grano, en condiciones de humedad relativa dadas.

Siempre que existan diferencias de temperatura en la masa del grano, se presenta el fenómeno de la transmisión de calor de las aéreas más calientes hacia las más frías. Asimismo, la humedad se transmite del grano más caliente, hacia el más frío, en donde se condensa y cambia el contenido de humedad en ese sitio específico.

Sin embargo, la interrelación de ambos factores es difícil de estudiar y analizar con precisión, siendo a la vez, la más importante con respecto a la conservación durante el almacenamiento de granos.

El fenómeno de transmisión de calor de las áreas más calientes o frías de la masa, la humedad se transmite del grano caliente hacia el grano frío o las superficies frías, en donde se depositan por condensación. Este fenómeno y su desarrollo, se producen áreas localizadas con el más alto contenido de humedad en relación a la masa total (Ramírez, 1982).

### 2.3.9 Naturaleza porosa del grano

Los granos tienen una estructura porosa y que se sabe que debido a esta porosidad, existe el fenómeno de la difusión del aire a través de la masa.

Esta difusión del aire, a través de la masa, es muy lenta por sí sola, no es capaz de eliminar cualquier exceso de humedad o de temperatura de la masa del grano, cuando se encuentra está bajo buenas condiciones de almacenamiento.

Quedó establecido anteriormente que los granos o semillas son órganos cuyas actividades vitales están muy reducidas, lo que les permite permanecer en reposo aparente. La actividad de los granos, se manifiesta por la producción de energía a partir de las sustancias elementales de reserva mediante los procesos respiratorios. La velocidad de la respiración en los granos está íntimamente ligada a la disponibilidad de oxígeno y es función de la temperatura, a si los granos húmedos se calientan más que los secos y mientras exista oxígeno disponible puede llegar este calentamiento hasta la destrucción de los granos por el efecto adverso de las altas temperaturas.

El agua contenida en el grano, actúa como elemento de hidratación de los tejidos; los coloides de la célula forma una especie de gelatina elástica permitiendo que el oxígeno y bióxido de carbono se difundan con mayor rapidez en la masa individual de la semilla.

El agua representa más del 90% de cada organismo, y participa directa o indirectamente, en todas las reacciones metabólicas. A pesar de la abundancia, el agua es un compuesto notable que presenta muchas propiedades singulares. Entre las que podemos mencionar: el elevado calor específico, propiedad que permite al tejido vivo realizar una considerable absorción o pérdida de calor con solos pequeños cambios de temperatura.

Las propiedades mencionadas se deben principalmente a la configuración de la molécula de agua, que se presta al establecimiento de puentes de hidrógeno que son responsables del elevado calor de difusión, el alto calor específico y el considerable calor latente de vaporización del agua.

Los puentes de hidrógeno son los responsables de la adherencia de las moléculas de agua a sustratos como la celulosa. Este material se moja fácilmente porque las moléculas de agua tienen un fácil acceso a los átomos de oxígeno, bien expuestos sobre las superficies, con lo que fácilmente pueden formar puentes de hidrogeno (Ramírez, 1982).

### **2.3.10 Formas en que se encuentra el agua contenida en la semilla**

El agua se encuentra en la semilla o grano retenida de tres formas diferentes:

- **Agua libre:** retenida en los espacios intergranulares, la cual posee propiedades específicas, siendo las moléculas de las sustancias las que soportan, las que sirven para fijarla en estos sitios.
- **Agua absorbida:** se encuentra más asociada con la materia absorbente, existiendo aquí una interrelación entre las moléculas del agua y las sustancias que constituyen el grano, de tal manera que las propiedades de una influyen en las propiedades de la otra.
- **Agua combinada:** se encuentra químicamente unida y forma parte integral de las moléculas que constituyen los materiales de reserva o entran en formación de alguno de los órganos del grano o semilla (Ramírez, 1982).

### **2.3.11 Higroscopicidad de los granos**

El contenido de humedad en los granos varía de acuerdo a las condiciones de la temperatura y humedad relativa del aire ambiente donde se encuentran. El grano puede ganar humedad (absorción) o perder humedad (desorción). Para cada combinación de temperatura y humedad relativa del aire, existe un contenido de humedad del grano que se mantiene en equilibrio con esa temperatura y humedad relativa; ese contenido de humedad es denominado “humedad de equilibrio del grano” (Ramírez, 1982).

### **2.3.12 Contenido de humedad del café**

El café lavado recién escurrido tiene un contenido de humedad que está alrededor del 55% sobre base húmeda, es decir, que de cada 4535.96 kg (100 quintales) en ese estado contiene 2494.76 kg de agua y 2041.17 kg de café completamente seco.

El contenido de humedad en el café a ser comercializado se encuentra dentro de un rango entre el 9 al 12% de humedad, dado que esta condición permite un adecuado almacenamiento y manipulación sin riesgos de mohos o cualquier otro daño en el grano que altere la calidad del mismo y por tanto incurra en una disminución del precio en el mercado (Proyecto de Café para Centro América, 2008).

### **2.3.13 Contenido de humedad del aire**

El proceso de secamiento tiene como base la capacidad del aire de asimilar mayor o menor cantidad de agua, hasta alcanzar un estado de equilibrio con el material que se está secando. La capacidad del aire de asimilar la humedad, depende del contenido de humedad de dicho aire y la temperatura a la cual está.

El contenido de humedad del aire se expresa en porcentaje de humedad relativa o bien como humedad absoluta.

Es importante determinar las relaciones que existen entre las condiciones ambientales, definidas por la humedad relativa y la temperatura, con el contenido de la humedad de los granos.

En la Práctica el aire ambiente se considera una mezcla de aire seco, vapor de agua e impurezas (Ramírez, 1982).

#### **2.3.14 Mecanismos de secamientos**

En el secamiento de cualquier material, es decisiva la composición, forma y estructura del sólido del cual se pretende la humedad. En el caso especial del café hay que tomar en cuenta que después de eliminar el agua puramente superficial durante el escurrido, se inicia una etapa en la cual el agua debe emigrar del interior del grano a la superficie externa del pergamino. Además de difundirse del interior del grano a la superficie del mismo, deberá atravesar la película plateada, para caer entonces en una cámara de aire tanto más grande cuanto más avanzado este el proceso de secamiento; luego deberá atravesar en forma de vapor la cubierta o pergamino antes de que la corriente de aire pueda arrastrarla.

La evaporación tiene lugar cuando la presión del vapor de agua que contiene el grano excede la correspondiente a la resistencia de la presión presentada por el aire que lo rodea. Entonces la mayor evaporación se logrará cuando exista una gran diferencia entre estas dos presiones.

Todo líquido tiene una presión de vaporización la cual es directamente proporcional a la temperatura absoluta del líquido. Por consiguiente, el agua contenida en el grano ejerce una presión sobre sus paredes, la cual de acuerdo a la estructura, forma y tamaño pueden soportar en mayor o menor intensidad.

El agua contenida en el grano ejerce presión sobre sus paredes; por otra parte, el vapor de agua contenido en el aire ejerce a su vez presión dentro de su mezcla, y es por ello que el agua contenida en el grano tiende a salir y pasar al aire que rodea la masa de grano, mientras que el vapor de agua contenido en el aire tiende a entrar al grano.

El endospermo es el material más difícil de secar por lo pequeño de los espacios intercelulares de su estructura, los cuales están prácticamente incomunicados unos con los otros. Por este motivo el agua debe atravesar una gran cantidad de paredes celulares antes que pueda llegar a las capas exteriores.

El proceso parece muy simple, debido a que solo se necesitaría de elevarse la temperatura del aire para ver aumentado y disminuida su presión, creando un aire sediento que absorba humedad de los productos, que entren en contacto con él, para este caso el café. Además, el aire caliente al entrar en contacto con el producto, le transmite calor, con lo que aumentará la presión de vaporización del agua que contiene el producto, estableciéndose una gran diferencia de presiones que aceleren el proceso de secamiento (Cruz, 2009).

### **2.3.15 Proceso de secado del café**

La práctica de secado busca disminuir el agua del grano de café, previamente lavado y escurrido de una forma natural o mecánica. El café debe quedar en un punto comercialmente aceptado, que reúna las características para almacenarlo, venderlo o trillarlo posteriormente.

El mecanismo de secado de café es más complicado que el de cualquier otro grano pues éste, después de lavado contiene alrededor de 55% de humedad; puede ocurrir volatilización de componentes aromáticos, si se emplean altas temperaturas y al mismo tiempo, el efecto negativo que las condiciones de operación pueden causar en el aspecto físico y particularmente en la bebida.

Aunque la cápsula de pergamino casi no se modifica, salvo las conocidas grietas en el café de altura; el grano de café oro se encoge para dar origen a una bolsa de aire entre el pergamino y el oro. Para ser almacenado, el grano de café debe contener alrededor de 12% de humedad (Cruz, 2009).

### **2.3.16 El punto de secado en el café**

Si el café escurrido se seca deficientemente, se obtiene un café dañado que se vende a un precio más bajo en el mercado. Si el café se seca mucho, pierde peso, lo que genera zonas cristalizadas en los granos, que no permitirán un tostado uniforme. Si al café le falta secado, aparecen manchas por exceso de humedad en la superficie de los granos y se generan mohos en los cafés almacenados.

Para determinar el punto de secado ya sea en patio o en secadora solar, pueden realizarse las siguientes pruebas:

- **A la vista**

Consiste en tomar una muestra de café, se le quita el pergamino y se observa la coloración que tendrá que ser verde azulado. Si el café no ha alcanzado este color, está muy húmedo.

- **Con el diente**

Se toman algunos granos de diferentes puntos de la partida en proceso de secado y se presan con los dientes, si queda la marca de los dientes, indica que ya está de punto; si el diente se hunde, el grano está muy húmedo y si al grano no le queda ninguna seña, está reseco.

- **Con navaja o cuchillo**

Se toman varios granos de diferentes puntos de la partida, se colocan con la cara plana hacia abajo y se efectúa un corte a cada uno, si los dos pedazos saltan hacia los lados, ya está en su punto, si los dos pedazos no brincan está muy húmedo y si el grano no se deja partir, está reseco.

- **Con martillo**

Se golpean los granos colocados con la cara hacia abajo. Si al grano le queda la marca del golpe, ya está en su punto; si los granos se aplastan, está muy húmedo y si se quiebran está reseco.

- **Determinación con aparatos**

Existen aparatos que permiten la medición rápida del contenido de humedad de los granos.

### **2.3.17 El secado en patio de cemento**

El uso de los patios de cemento para el secado del café es el sistema tradicional y más conocido entre los productores de café, aunque también puede observarse en raras ocasiones, el secado sobre nailon de polietileno (Cruz, 2009).

#### **2.3.17.1 Ventajas**

- Se usa energía limpia por medio de la radiación solar.
- No causa contaminación
- Operación sencilla, no se necesita capacitación especial.
- El producto final es de buena calidad.

### 2.3.17.2 Desventajas

- Se depende de las condiciones del clima.
- La pérdida de humedad no siempre es constante.
- Es muy tardado si no hay suficiente radiación solar.
- La construcción de los patios puede resultar muy costosa.
- El movimiento de la masa de café debe ser constante y se necesita mucha fuerza.
- Existe riesgo de contaminación con polvo, basura y animales.
- Durante la noche puede absorber nuevamente humedad si no se resguarda.



**Figura 4**Secado de café pergamino en patio de cemento.

### 2.3.18 La energía solar en el secado del café

Para el secado del café, es importante aprovechar de la mejor manera la energía del sol en forma de calor. Esta energía podemos obtenerla todo el tiempo, no contamina, es gratuita y es para todos. La cantidad y la intensidad de los rayos del sol que llegan a la tierra dependerá de varios factores como la posición del sol en relación con la tierra, que cambia según la época del año y las condiciones del cielo como: nubes, viento, lluvia, humo, etc.

Es importante entonces, aprovechar al máximo la energía del sol que en conjunto con el viento, ayuda a remover la humedad de los granos de café (Cruz, 2009).

### **2.3.19 Secadoras solares tipo “domo”**

Una secadora solar tipo domo, es una estructura que transforma la energía que proviene del sol. El calor, que junto con el movimiento del aire, es capaz de evaporar la humedad del grano del café. La cantidad de agua que se puede evaporar, dependerá de la temperatura que alcance el aire, por medio de la transformación de energía que hace la secadora solar y de la velocidad a la que circule el viento (Cruz, 2009).

Los dos elementos básicos de una secadora solar son:

- **El colector:** donde la radiación solar calienta el aire
- **La cámara de secado:** donde el producto es deshidratado por el aire que circula.

Estos dos elementos pueden diseñarse de diferentes formas, para integrarse a diferentes equipos de secadora solar.

Considerando lo anterior, se pueden definir tres diferentes tipos de secadoras solares:

- **Secadora solar indirecta:** Los dos elementos están separados. El aire es calentado en el colector y la radiación no incide sobre el producto colocado en la cámara de secado. La cámara de secado no permite la entrada de la radiación solar. Esta secadora es esencialmente de carácter convencional en la que el sol actúa de fuente energética.
- **Secadora solar directa:** Los dos elementos pueden juntarse, en cuyo caso la cámara que contiene el producto, también cumple la función de colector recibiendo la radiación solar.

- **Secadora solar mixta:** Finalmente puede darse el caso en que la colección de radiación se realice tanto en un colector solar previo a la cámara, como en la misma cámara.

### 2.3.19.1 Ventajas

Algunos de los beneficios de la secadora solar son los siguientes:

- Disminución del 100% de los riesgos de contaminación por basura, polvo o animales.
- Incremento en la calidad del producto al obtener un grano más limpio y sin manchas.
- Disminución de hasta el 50% del trabajo físico requerido.
- Disminución hasta en un 40% en el tiempo de secado.
- Menor costo de construcción en comparación con el patio de cemento (dependiendo del diseño).
- Se evita el desarrollo de hongos al dar la humedad adecuada al grano para su almacenamiento.
- Se facilita el trabajo de escoger y separar el grano, ya que se encuentra a media altura.
- Se evita que el fruto absorba de nuevo humedad durante la noche al cerrar las ventanas de ventilación.
- Mejor aprovechamiento del espacio físico para secado del café, especialmente en las secadoras.

### 2.3.19.2 Desventajas

Algunas de las desventajas de la secadora solar son los siguientes:

- Debido a la temperatura alcanzada en el interior de las secadoras solares, el café debe moverse en el menor tiempo posible, para que el trabajador que realiza dicho movimiento, evite cambios bruscos de temperatura.
- El nylon de la cubierta tiene una durabilidad promedio de dos años y medio, y luego debe ser sustituido por uno nuevo.
- Se puede obtener un secado disparejo, si no se realiza constante movimiento de la masa de café dentro de cada parihuela.



**Figura 5**Secado de café pergamino en secadora solar tipo domo.

### 2.3.20 Características de la secadora solar tipo domo

Cubierta de nailon para invernadero con protección ultra violeta (UV), Mide 3.40 m de ancho por 10 m de largo por 2.25 m de altura. La entrada de aire frío es de 15 cm en la parte baja, las ventanas de ventilación miden 30 cm. por 80 cm. y tienen una cortina del mismo nailon para cubrir las en la noche.

En el interior, se encuentran 20 parihuelas o zarandas de 1.20 m de largo por 0.91 m de ancho, de madera y malla de acero inoxidable, cada una tiene capacidad aproximada de 31.75 kg de café húmedo, la altura de la masa de café no debe ser mayor de 5 cm.

Las parihuelas son móviles al igual que las tarimas y las reglas, esto con el objetivo de usar la instalación para otros fines cuando no haya café para secado. En los lados, se puede construir una zanja recubierta con cemento para el drenaje del agua de lluvia (Cruz, 2009).



**Figura 6**Secadora solar tipo “domo”.

### 2.3.20.1 Funcionamiento y la operación de la secadora solar

El principio básico es calentar el aire del interior mediante los rayos del sol, disminuyendo así su humedad relativa.

Dicho aire caliente, al contacto con el café húmedo, tiende a absorber agua, secando por tal razón el grano.

Debido a las diferencias de temperatura existentes entre el aire del interior y del exterior, el aire circula por el fenómeno de convección natural, de esta forma el café perderá gradualmente la humedad (Cruz, 2009).



**Figura 7 Construcción de secadora solar tipo “domo”.**

Fuente: Guía técnica de construcción y funcionamiento de secadoras solares tipo domo, Anacafé.

### 2.3.21 Generalidades en manejo y mantenimiento de secadora solar

- Debe procurarse el mejor funcionamiento de la secadora para lo cual, debe permitirse el fenómeno de convección. Es decir, que no debe interrumpirse la circulación del aire colocando láminas u otros materiales como protección alrededor de la misma.
- Si el lugar es muy frío o hay mucho viento, puede reducirse la entrada de aire en la parte de abajo, a 10 cm. Esto para evitar un poco la entrada, pero nunca cerrar por completo porque la secadora dejaría de funcionar por falta de circulación de aire.
- Si se observa que durante el día no se alcanza la temperatura adecuada dentro de la secadora, pueden abrirse las ventanas únicamente a la mitad, colocando topes para que no haya mucha salida de aire caliente. Si se hace esto, debe tenerse mucho cuidado y observar que no se acumule vapor en el interior de la secadora, el cual, al caer en forma de gotas sobre el café en proceso de secado, daña irreversiblemente la calidad.
- El funcionamiento ideal de la secadora depende directamente de las condiciones ambientales y especialmente de la radiación solar. No debe proyectarse sombra hacia la secadora, de lo contrario deberán podarse (no eliminar totalmente), algunos árboles o arbustos que estén alrededor.
- El café lavado, debe escurrirse un día en patio antes de colocarse en las parihuelas de secado dentro de la secadora solar, de esa forma el tiempo promedio de secado es de tres días de condiciones normales. Si no se escurre, toda el agua que contiene, cae en el piso de la secadora y al evaporarse solamente estará en circulación dentro de la secadora y no permitirá un secado rápido y uniforme y puede dar punto de secado hasta los 7 u 8 días.

- Dentro de cada parihuela de secado de 1.20 m x 0.91 m, deben ir aproximadamente 22.68 kg, para hacer una capa no mayor de 4 cm de altura que permite la circulación del aire por medio de la masa de café.
- Debe moverse la masa de café a cada 45 o 60 minutos para que el secado sea parejo, debe hacerse lo más rápido posible para evitar deshidratación por la temperatura que se puede alcanzar, hacer este trabajo en un momento nublado o simplemente abrir la puerta para permitir entrada de aire frío.
- Para separar el café pinto, manchado, quebrado, etc. y dejar solo el pergamino de primera calidad, debe hacerse en horas frescas o cuando la partida esté completamente seca.
- Para el punto de secado, debe tenerse mucho cuidado pues si no se saca rápido, puede obtenerse café reseco. Debe buscarse la mejor forma de sacarlo de las parihuelas lo más rápido posible, puede ser con canastos o costales pequeños según al espacio de la calle.
- Las cortinas de las ventanas deben estar cerradas durante la noche para evitar la entrada de humedad, y deben estar abiertas durante el día; o cuando haya mucho calor dentro de la secadora, para permitir la salida de la humedad que el café va perdiendo por acción de la circulación del aire seco.
- La puerta debe estar siempre cerrada para evitar la entrada de polvo, basura y animales.
- Si el nailon se deteriora o sufre una ruptura, puede repararse colocando un parche del mismo nailon sobre el deteriorado, en cada lado se coloca papel periódico y sobre éste se pasa varias veces una plancha eléctrica caliente, para que el parche se pegue al lienzo principal sin usar ningún pegamento.

- Evitar la contaminación del café por humo, polvo u olores fuertes como el de la pulpa o granjas, por lo que debe considerarse esos aspectos al momento de construirlas (Cruz, 2009).

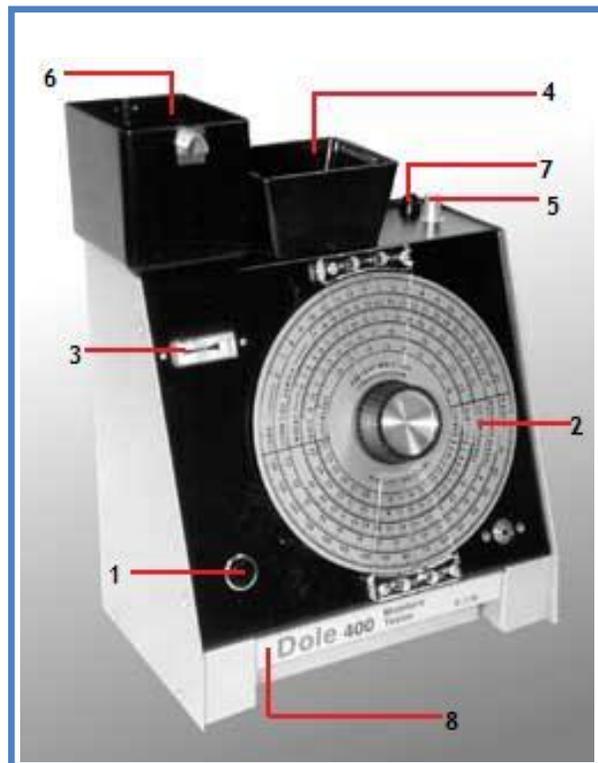


Figura 8 Labores de secado en secadora solar tipo “domo”.

### 2.3.22 Determinador de humedad Dole 400 EATON

1. **Botón de encendido**
2. **Dial**, provee la lectura de los resultados
3. **Medidor de balance**, indica cuando el dial está correctamente ajustado para la lectura de humedad.
4. **Tolva**, a través de esta ingresa el café a la cámara de muestreo
5. **Botón de expulsión**, cuando se presiona, expulsa los granos de la cámara de muestreo y los deposita en la gaveta.

6. **Dosificador**, en ella se pesara el café a utilizar como muestra.
7. **Termómetro/indicador de corrección de humedad**, indicara que porcentaje de humedad debe agregarse o restarse de la lectura del dial.
8. **Gaveta**, se usa para retirar el café después de realizada la prueba (Proyecto de Café para Centro América, 2008).



**Figura 9** Determinador de humedad Dole 400.

Fuente: Manual de buenas prácticas para cosecha y beneficiado húmedo, proyecto de café para Centro América, 2008.

## 2.4 MARCO REFERENCIAL

### 2.4.1 Características geográficas y límites aldea Vista Hermosa, Unión Cantinil

La Aldea Vista Hermosa está ubicada en el municipio de Unión Cantinil en las coordenadas latitud  $15^{\circ}35'55.16''N$  y longitud  $91^{\circ}45'49.94''O$ , con una altitud que va desde 1500 a 2200 msnm, cuenta con un área de  $1.55 \text{ km}^2$ , la aldea Vista Hermosa se encuentra a 11.145 km de la cabecera municipal, con respecto a sus límites se encuentra situado en la parte noroeste de la cabecera departamental de Huehuetenango, colindan con los municipios de: San Antonio Huista al oeste, al norte con Concepción Huista, al sur con San Pedro Necta y al este con Todos Santos Cuchumatanes(SIM, GT. 2010).



**Figura 10** Fotografía aérea y límites de la aldea Vista Hermosa.

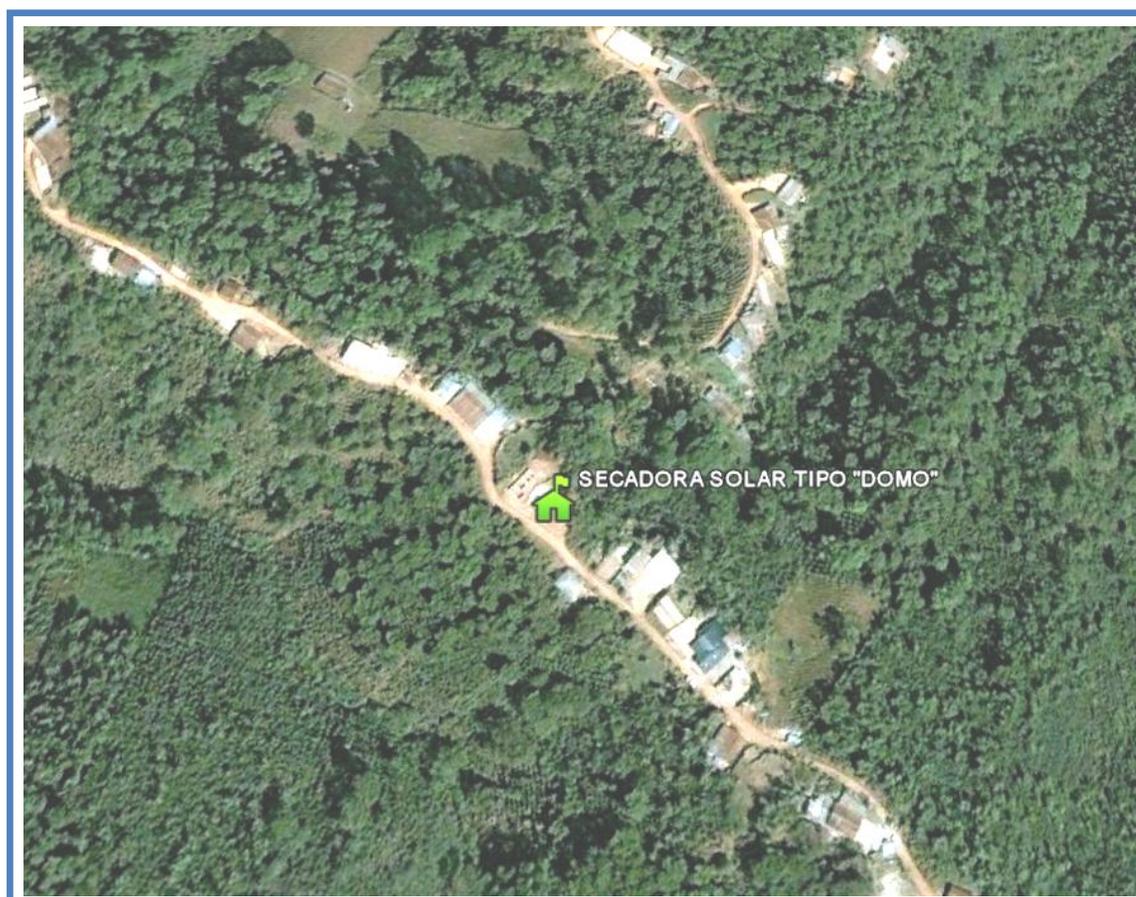
Fuente: Google™Earth, Año 2006.

## 2.4.2 Área Experimental

El experimento se realizó en una secadora solar tipo domo de 3.40 m x 10 m, con un área total de 34 m<sup>2</sup> y un área efectiva de 18 m<sup>2</sup>, la infraestructura cuenta con cubierta de polietileno y una estructura interna de madera, tubo PVC y hierro. (Véase figura 39A)

La secadora solar está conformada por 18 zarandas de 1 m<sup>2</sup>, posee una capacidad máxima de 571.50 kg de café pergamino lavado.

Esta infraestructura se ubica en la aldea Vista Hermosa en las coordenadas latitud 15°35'48.94"N longitud 91°45'42.83"O, encontrándose a una altitud de 1593 msnm.



**Figura 11** Ubicación geográfica de la secadora solar tipo “Domo” en la aldea Vista Hermosa.

Fuente: Google™Earth, Año 2006<sup>0</sup>.

<sup>0</sup> Las secadoras solares fueron construidas por Anacafé en el 2008; la fotografía más reciente del lugar en la base de datos de Google™Earth es del año 2006, por lo tanto fue necesario colocar un icono ilustrativo para indicar la ubicación de dicha infraestructura.

### 2.4.3 Características climáticas del municipio Unión Cantinil

Las unidades bioclimáticas predominantes en este municipio tienen las siguientes características:

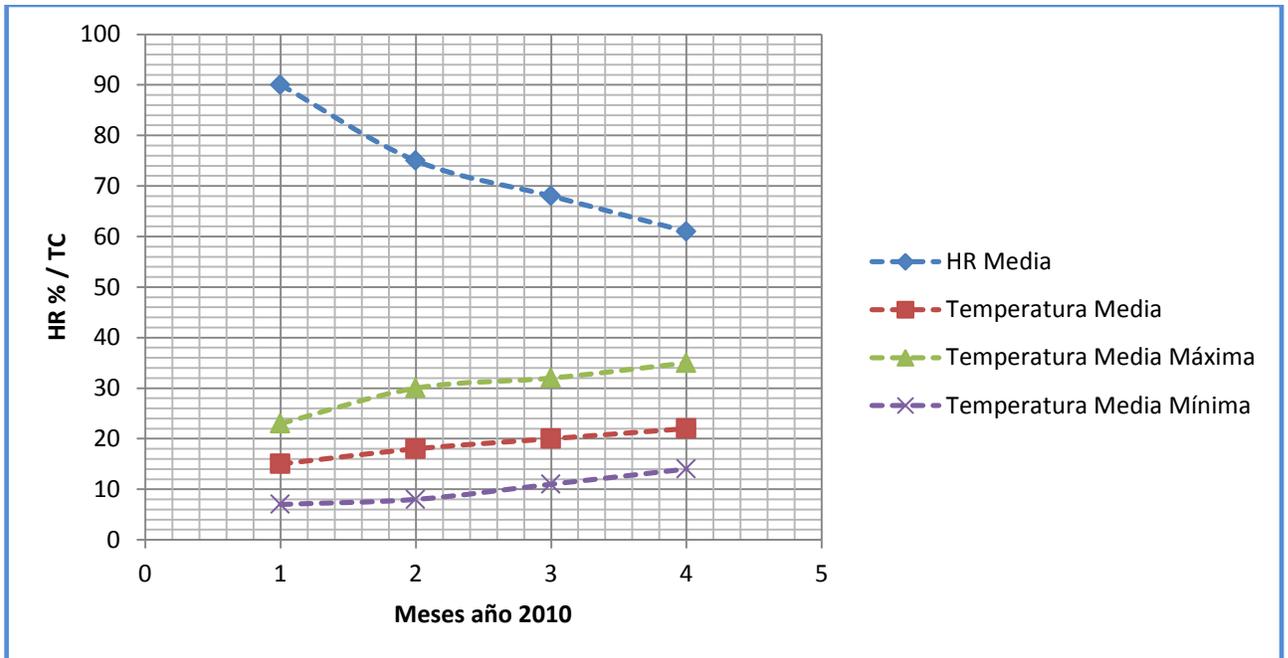
- Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical Templado (BHMBST)
- Altitud: 1200 a 2200 metros sobre el nivel del mar.
- Precipitación Pluvial anual: 1000 a 2000 milímetros.
- Temperatura media anual: 15 a 20 grados centígrados.
- Suelos: Tierras calizas altas del norte (OMP. 2007).

**Figura 12 Variables Climáticas estación Santa Cecilia, San Pedro Necta 2010**

Estación Santa Cecilia San Pedro Necta				
MESES	HR	T Media °C	T Max°C	T Min°C
<b>Enero</b>	90%	15	23	7
<b>Febrero</b>	75%	18	30	8
<b>Marzo</b>	68%	20	32	11
<b>Abril</b>	61%	22	35	14

Fuente: base de datos estación Sta. Cecilia, INSIVUMEH 2010.

**CLIMADIAGRAMA DE LAS VARIABLES HR MEDIA Y TEMPERATURA MEDIA, MÁXIMAS Y MÍNIMAS DE ENERO A ABRIL DEL AÑO 2010**



**Figura13Climadiagrama variables ambientales de enero a abril del año 2010.**

## 2.5 OBJETIVOS

### 2.5.1 Objetivo General

- Evaluar el secado de café pergamino en secadoras solares.

### 2.5.2 Objetivos Específicos

- a) Evaluar tres frecuencias de volteo de café pergamino en secadoras solares comparado con el manejo tradicional de secado efectuado en patio de concreto.
- b) Establecer mediante curvas de secado las dinámicas entre los tratamientos y las variables climáticas temperatura y humedad relativa interna y externa.
- c) Determinar que tratamiento tiene un menor costo de manejo por kg de café seco a punto comercial producido.
- d) Determinar si es financieramente factible la producción de café utilizando durante el proceso de secado una secadora solar tipo “domo”.

## **2.6 HIPÓTESIS**

El uso de una secadora solar tipo “domo” como alternativa reducirá el tiempo de secado de café en comparación al secado en patio de concreto.

## **2.7 METODOLOGÍA**

El ensayo se realizó en la aldea Vista Hermosa, municipio de Unión Cantiníl, Departamento de Huehuetenango; en el ciclo de cosecha 2009 - 2010 que está comprendido de enero a marzo.

En el experimento se utilizó una secadora solar tipo domo de un área efectiva de 18 m<sup>2</sup>, un patio de concreto de 50 m<sup>2</sup> con una pendiente del 2%, la variedad de café utilizada fue “pache común”.

En el experimento se evaluaron tres frecuencias de volteo para el secado de café pergamino en secadora solar tipo “domo” para ser comparado con el secado tradicional en patio de concreto.

El ciclo del proyecto constó de dos etapas acorde a los tiempos de cosecha que se realizan en la aldea Vista Hermosa. La primera etapa se realizó a finales del mes de Enero ya que durante este mes es el pico de cosecha; la segunda etapa del experimento se realizó a inicios del mes de Abril, siendo esta época la finalización de la cosecha.

### **2.7.1 Diseño de la investigación**

#### **2.7.1.1 Fase de reconocimiento**

En esta fase se estudiaron hojas cartográficas, fotografías aéreas e información electrónica sobre las características geográficas y climáticas y vías de acceso propias de la aldea Vista Hermosa, ubicada en el municipio de Unión Cantiníl, Huehuetenango. Posteriormente se realizó una gira de campo con el fin de conocer las instalaciones y el uso de los productores de la localidad a la secadora solar tipo “domo”; también se hizo énfasis en su estado, dimensiones y número de zarandas dentro de la secadora.

## 2.7.2 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue el Diseño Completamente al Azar (DCA), esto se pudo determinar pues dentro de la estructura tipo domo existen condiciones experimentales homogéneas por lo tanto no fue considerada ninguna gradiente de variabilidad que afecte a los tratamientos. Dentro de la secadora solar se manejaron tres tratamientos y tres repeticiones para cada uno, dando como resultado 9 unidades experimentales dentro de la secadora solar y un tratamiento con sus respectivas tres repeticiones ubicadas en el patio de concreto (Little, 1984).

La distribución de los tratamientos con sus respectivas repeticiones se hizo de forma aleatoria tanto dentro de la secadora solar tipo “domo” como en el patio de secado.

### 2.7.2.1 Modelo estadístico

Modelo estadístico utilizado según el diseño experimental establecido.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

- $i = 1, 2, \dots, t$
- $J = 1, 2, \dots, r$
- $Y_{ij}$  = Horas totales necesarias para alcanzar el punto comercial en la  $ij$ -ésima unidad experimental.
- $\mu$  = Media general
- $\tau_i$  = Efecto de la  $i$ -ésima frecuencia de volteo del grano.
- $\epsilon_{ij}$  = Error experimental asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental.

### 2.7.3 Unidad experimental

La unidad experimental utilizada fue de 19.05 kg de café pergamino obtenidas después de un día de pre secado. Las características de la unidad experimental se basaron en investigaciones realizadas sobre el secado de café en función al volumen de grano por unidad de área, en donde se determinó que para el adecuado secado de la masa de café, esta debe contar con un grosor que no sobrepase los 5 cm. Según constantes establecidas en el proceso agroindustrial del café se tiene que en un m<sup>2</sup> de patio caben 31.75 kg de café pergamino lavado a 5 cm de grosor (Proyecto de Café para Centro América, NI. 2008).

En el experimento realizado la unidad experimental tuvo un grosor de 3 cm depositadas en zarandas de un m<sup>2</sup>, considerando estas características se determinó que la unidad experimental estaría constituida de 19.05 kg. De café pergamino lavado.



**Figura 14** Determinación de la unidad experimental para cada tratamiento.

## 2.7.4 Variables respuesta

### 2.7.4.1 Horas totales necesarias para alcanzar el punto comercial 12%

Se seleccionó como una de las variables respuesta pues la medición de esta variable determinó que tratamiento alcanzó antes el punto comercial, tal medición se realizó acumulando las horas en que los tratamientos permanecían en proceso de secado y las mediciones finalizaron al momento en que los tratamientos alcanzaban el punto comercial. Los datos se midieron utilizando un reloj y se registraron en una boleta de control.

### 2.7.4.2 Temperatura y humedad relativa en el patio de secado y dentro de la secadora solar

Estas variables se consideraron como variable respuesta pues su medición permitió analizar el comportamiento de los tratamientos en función a las condiciones de su entorno. Las mediciones se realizaron utilizando un termohigrómetro tanto dentro de la secadora solar como en el patio de secado, los datos obtenidos se registraron en una boleta de control.

### 2.7.5 Unidad de muestreo

La unidad de muestreo de cada tratamiento fue constituida por una muestra de 0.15 kilogramos, siendo éste el peso de operación del determinador de humedad Dole 400.



Figura 15 Muestras de 0.15 kg de diferentes tratamientos y repeticiones.



**Figura 16** Realización de las muestras utilizando la balanza del determinador de humedad.

### 2.7.6 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos 1, 2 y 3 estuvieron dispuestos aleatoriamente dentro del secador solar con 3 repeticiones cada uno. El tratamiento 4 se consideró como comparador (testigo), el cual se llevará a cabo en el patio de secado igualmente con 3 repeticiones dispuestas de forma aleatoria.

**Cuadro 16** Tratamientos a evaluar en el experimento.

Tratamiento	Frecuencias de volteo de café pergamino.
1	Cada 30 minutos
2	Cada 60 minutos
3	Cada 90 minutos
4	Cada 60 minutos en patio de concreto

### 2.7.7 Área experimental

Se utilizaron 9 zarandas con área de un  $\text{m}^2$  en las cuales contenían cada unidad experimental. Las zarandas se ubicaron dentro de la secadora solar tipo domo la cual tiene un área total de  $34 \text{ m}^2$ . El patio de secado posee un área de  $50 \text{ m}^2$  y una pendiente longitudinal del 2% en donde se dispusieron las tres repeticiones del cuarto tratamiento. En el patio se delimitaron áreas de un  $\text{m}^2$  y con reglas de madera se realizaron marcos con el fin de contener la masa y mantener el grosor de 3 cm.



**Figura 17**Interior secadora solar tipo “domo”.

### 2.7.7.1 Distribución de los tratamientos

El arreglo dentro de la secadora solar se hizo de manera aleatoria en donde se dispuso cada tratamiento y repetición según lo indicaba el sorteo realizado.

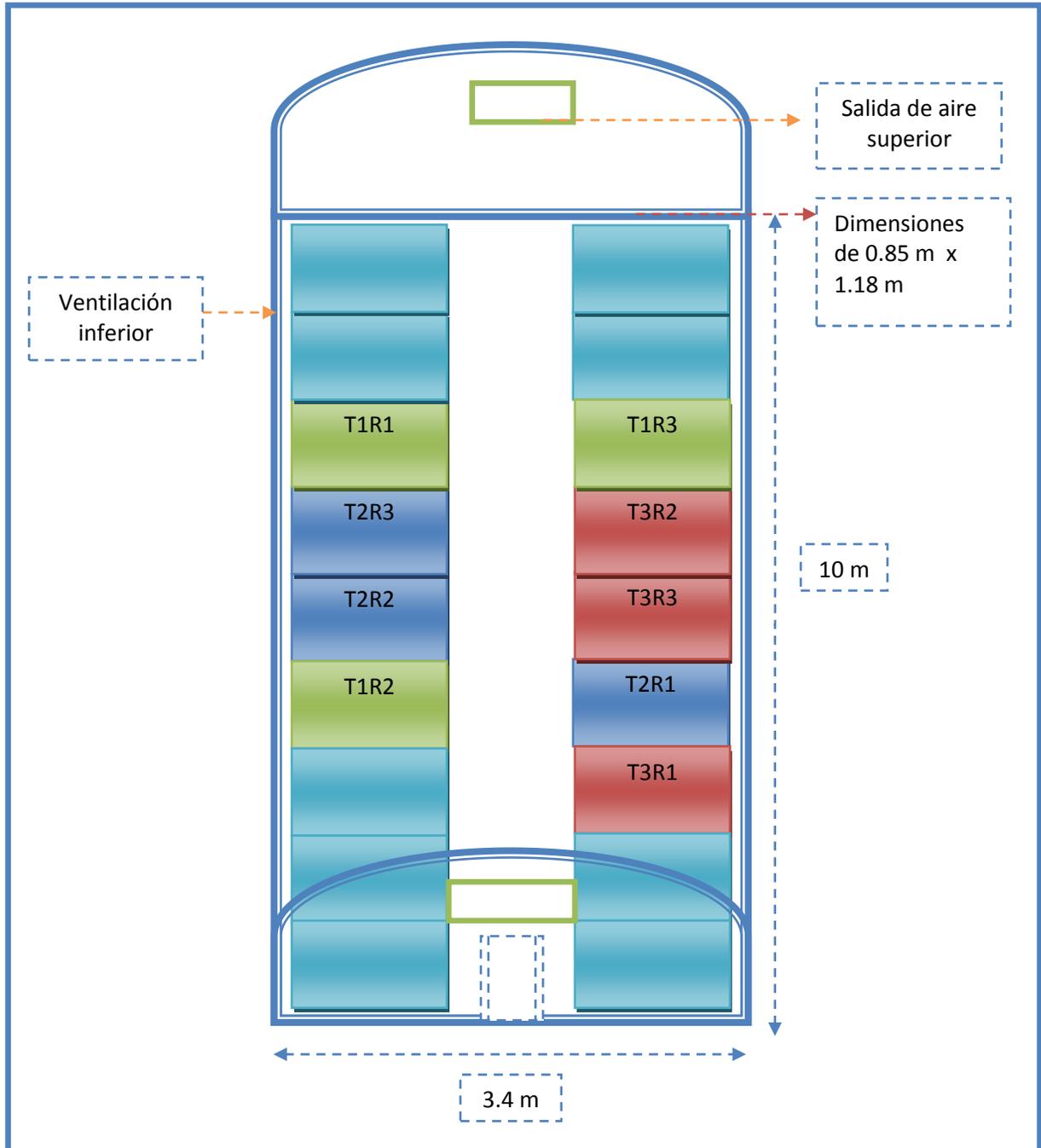
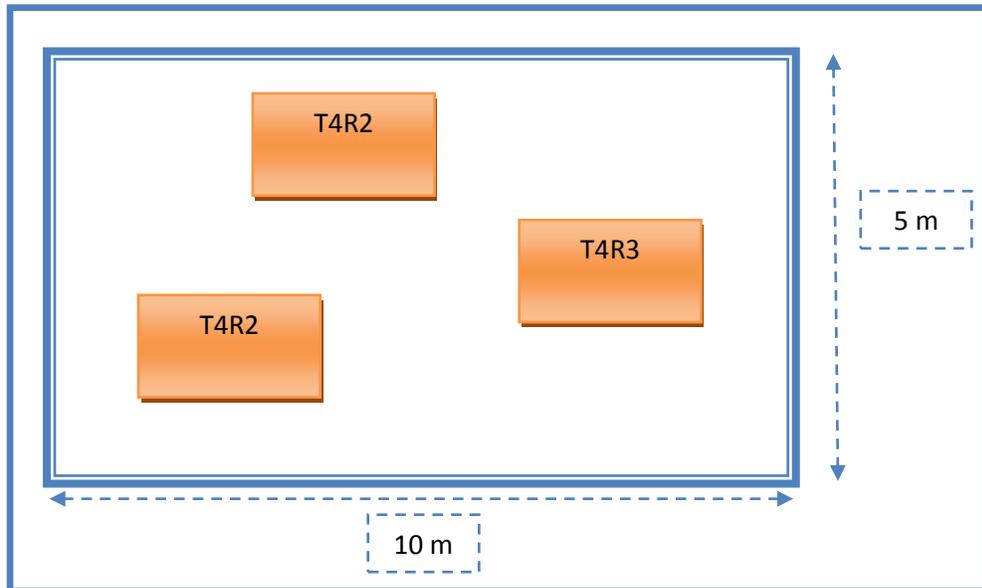


Figura 18 Disposición de las bandejas en el secador solar tipo domo.



**Figura 19** Identificación de los tratamientos y repeticiones dentro de la secadora solar.

El arreglo en el patio de concreto se realizó distribuyendo las repeticiones del tratamiento 4 sobre el área de 50 m<sup>2</sup> en forma aleatoria, tratando que las repeticiones queden lo más distribuidas sobre el área total.



**Figura 20** Distribución de repeticiones del T4



**Figura 21** Identificación del tratamiento 4 y sus tres repeticiones en el patio de secado.

## 2.7.8 Recursos y materiales

### 2.7.8.1 Secadora solar tipo “Domo”

La secadora solar dispone de una entrada de aire frío en la parte inferior de la estructura, al igual que dos salidas de aire cálido y vapor en la parte superior de la estructura, la secadora está forrada de una cobertura de polietileno sobre un marco de madera y un esqueleto interno de tubo pvc.



**Figura 22** Salida de aire cálido y vapor de agua superior.



**Figura 23** Entradas inferiores de aire frío.

### 2.7.8.2 Rastrillos

Son herramientas utilizadas para realizar los volteos de la masa de café, los utilizados en la secadora solar son planos, mientras que en el patio de concreto se utilizan rastrillos dentados con el fin de proveerle al T4 de condiciones utilizadas por los caficultores de la región.



**Figura 24** Rastrillos de madera utilizados para realizar las frecuencias de volteo.

### 2.7.8.3 Patio de concreto

El patio utilizado tiene un área de 50 m<sup>2</sup> efectivos, fabricado de concreto y con una pendiente de 2%, este está ubicado a aproximadamente 10 m de la secadora solar y entre ambas estructuras no existe ningún tipo de desnivel, asegurando de este modo que ambos métodos de secado estarán afectados por las mismas variables tanto de clima como de altitud.



**Figura 25** Patio de concreto utilizado en el secado de café.

### 2.7.8.4 Termohidrómetro

Se utilizaron dos termohidrómetros digitales marca TFA que monitorearon la temperatura y la humedad relativa tanto dentro de la secadora solar como en el patio de concreto, con capacidad de registrar datos de máximas y mínimas de temperatura y humedad relativa.



**Figura 26** Termohidrómetro digital TFA de máximas y mínimas.

### 2.7.8.5 Determinador de humedad Dole 400

Se utilizó un determinador de humedad marca Dole modelo 400, con el objetivo de cuantificar el porcentaje de humedad del grano a intervalos de tiempo de dos horas.



**Figura 27** Determinador del porcentaje de humedad Dole 400.

#### Otros recursos

- Reglas de madera
- Bandejas de 20 cm x 40 cm
- Cuaderno de apuntes
- Boleta de toma de datos de humedad relativa y temperatura (Secadora/Patio)
- Boleta de toma de datos de contenido de humedad (T1, T2, T3, T4)
- Reloj
- Etiquetas
- Balanza
- Báscula

## 2.7.9 Manejo experimental

### 2.7.9.1 Día uno o Presecado

Se utilizó café pergamino proveniente del proceso de lavado; se dejó secar durante un día en el patio de secado ya que el grano de café contiene agua superficial y le provee al grano de un 55 % de humedad y es necesario dejarla escurrir. El patio de secado posee una pendiente de 2%, y ayudó al escurrimiento. En este día se tomaron lecturas de humedad del grano, humedad relativa y temperatura en el patio de secado en intervalos de una hora.



**Figura 28** Café pergamino recién lavado listo para el presecado.

### **2.7.9.2 Día dos**

- **Manejo en secadora solar**

En el segundo día de experimento se hizo uso de la secadora solar tipo domo. Cada bandeja fue identificada con sus respectivos tratamientos y repeticiones. En cada bandeja fueron colocados 19.05 kg de café pergamino dando una capa de espesor de 3 cm.

- **Toma de datos**

Los muestreos se realizaron a cada dos horas a partir de las 8:30 horas hasta las 16:30 horas, de cada tratamiento se tomó una muestra de 0.15 kg y se dejaron enfriar por cinco minutos, posteriormente se realizaron las mediciones del contenido de humedad mediante el uso del determinador de humedad Dole 400.

Los datos obtenidos a lo largo de la jornada del porcentaje de contenido de humedad de los tratamientos fueron anotados en una boleta de control. Durante el experimento se llevó control de la temperatura y porcentaje de humedad relativa en el interior de la secadora solar, tales datos fueron anotados en una boleta de control tomados a cada hora a partir de las 8:00 horas hasta las 16:00 horas.

- **Manejo a tratamientos**

Durante la jornada a partir de las 8:30 horas hasta las 16:30 horas se realizaron los movimientos de los tratamientos ubicados en la secadora solar según indicaba cada tratamiento, en los volteos se superponía la capa inferior más fría, y debajo se colocaba la capa más caliente a modo de lograr homogenización en el secado.



**Figura29Volteos realizados a los tratamientos.**



**Figura 30Separación de capas de café (cálida y fría).**



**Figura 31 Toma de muestras.**



**Figura 32 Toma de datos utilizando el determinador de humedad Dole 400.**

### **2.7.9.3 Manejo en patio**

En el patio de concreto se dispusieron las tres repeticiones del tratamiento cuatro en forma aleatoria, cada repetición del tratamiento cuatro respeto los parámetros de la unidad experimental establecida con respecto al volumen de la masa, dimensiones, etc. En donde la masa de café estuvo en contacto directo con la superficie del concreto y los movimientos fueron realizados con rastrillos los cuales dejan surcos sobre la superficie de los granos de café, logrando de este modo el manejo tradicional dado por los productores de café de la región al secado de café.

Los muestreos se realizaron a cada dos horas a partir de las 8:30 horas hasta las 16:30 horas, de cada tratamiento se tomó una muestra de 0.15 kg y se dejaron enfriar por cinco minutos, posteriormente se realizaron las mediciones del contenido de humedad mediante el uso del determinador de humedad Dole 400.

Los datos obtenidos a lo largo de la jornada del porcentaje de contenido de humedad de los tratamientos fueron anotados en una boleta de control.

Durante el experimento se llevó control de la temperatura y porcentaje de humedad relativa en el interior de la secadora solar, tales datos fueron anotados en una boleta de control tomados a cada hora a partir de las 8:00 horas hasta las 16:00 horas.



**Figura 33 Toma de datos de temperatura y humedad relativa ambiental.**

#### **2.7.9.4 Día “n” (hasta alcanzar el punto comercial 12%)**

En estos días se realizó la misma metodología utilizada en el día dos, con la salvedad de que se puso especial cuidado en los tratamientos que iban alcanzando el punto comercial.

## 2.7.10 Análisis de la información

### 2.7.10.1 Análisis estadístico

- **Análisis de ANDEVA y pruebas de media TUKEY para la variable “Horas totales necesarias para alcanzar el punto comercial”**

Se realizó un análisis de varianza balanceado (ANDEVA), para la variable cuantitativa “horas totales necesarias para alcanzar el punto comercial”, utilizando un nivel de significancia del 5%, este análisis permitió evaluar las hipótesis estadísticas por medio de un estadístico de prueba ( $F_c$ ). Esta técnica permitió descomponer la variación total que presentó la variable respuesta “horas totales necesarias para alcanzar el punto comercial” en distintas fuentes de variación y finalmente permitió tomar una decisión con respecto a las hipótesis planteadas acerca del efecto de los tratamientos.

El ANDEVA realizado estableció que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados por lo tanto se procedió a efectuar comparación múltiple de medias, estas pruebas fueron útiles para seleccionar a los tratamientos que produjeron diferencias significativas en el ANDEVA, se denominan pruebas múltiples de medias pues simultáneamente se comparan varios promedios de los tratamientos.

Al existir diferencias significativas en el ANDEVA de los tratamientos se procedió a realizar la prueba de TUKEY.

Tanto el ANDEVA como las pruebas de TUKEY se realizaron con el software InfoStat™. Los datos evaluados en el software se obtuvieron mediante medias de las horas totales para cada tratamiento. (Véase cuadro 30A)

### **2.7.11 Curvas de secado para el análisis de las variables respuesta “Temperatura y humedad relativa interna y externa”**

Se realizaron curvas de secado con el objetivo de analizar el comportamiento de los tratamientos evaluados en función a las condiciones climáticas que los influyen. Para dicho análisis se consideraron las variables climáticas temperatura interna y externa, humedad relativa interna y externa, la línea del tiempo en la que transcurrió el experimento y se relacionó con el contenido de humedad de los cuatro tratamientos. Las gráficas fueron realizadas utilizando Microsoft Excel 2007.

### **2.7.12 Análisis de costos de manejo Q/kg café pergamino secado**

Se realizó un análisis de costos de manejo Q/kg de café pergamino secado con el fin de determinar el costo en Q/kg pergamino secado para cada metodología de secado, correspondiente al secado en secadora solar tipo “domo” y el secado en patio de concreto en función a cada uno de los tratamientos evaluados.

Para realizar el cálculo de costos se consideró el salario mínimo actual de Q 64.55 por día trabajado de 8 horas y la capacidad de secado en kg de café lavado de la secadora solar y del patio de concreto.

### **2.7.13 Análisis Financiero**

Se realizó un análisis financiero en donde se determinó la factibilidad del proyecto en base a la relación beneficio / costo (R B/C) considerando en el proyecto el uso de una secadora solar tipo “domo”.

Inicialmente se identificaron las inversiones y los costos, en donde se tomó como inversión la fabricación y establecimiento de una secadora sola tipo “domo”,

Al momento de identificar los costos se llegó a la conclusión que éstos son variables según la capacidad de cada productor, es decir que un productor con mayor unidad de área en producción gasta más en el manteniendo de dicha área que un productor que posee menos unidad de área en producción.

Con el fin de eliminar la subjetividad con respecto a los costos en los que incurre un productor en función a su área total se decidió establecer los costos en función a una unidad productiva única, siendo ésta la hectárea.

De este modo se identificaron los costos que se aplican a una hectárea en producción, indiferentemente si el productor tiene 1 ha o tiene 100 ha, los costos incurridos a una sola hectárea son los mismos. De igual modo los ingresos que se perciben por la venta del café cosechado de dicha hectárea.

Según constantes agrícolas en base al manejo en campo que los productores de la aldea Vista Hermosa le dan al cultivo se tiene que una hectárea produce 25 sacos de 45.36 kg de café pergamino seco, considerando un precio medio para la cosecha 2009 – 2010 de la bolsa de New York para el café pergamino de Q 1000.00 por saco de 45.36 kg, se tiene que una hectárea genera Q 25, 000.00 de ingresos.

Teniendo como base la capacidad productiva de una hectárea se procedió a determinar los costos fijos y variables por el manejo de dicha hectárea tanto en campo como en procesamiento (despulpado, fermentación, lavado y secado con secadora solar), como lo muestra de forma detallada el estado de ingresos y egresos, (véase cuadro 8) con el objetivo de establecer la utilidad neta y considerar si ésta, es suficiente para el establecimiento de la secadora solar tipo “domo”.

De tal manera el presente análisis determinó la capacidad que posee una hectárea en producción para financiar el establecimiento de una secadora solar y mediante la relación beneficio/costo considerar si el proyecto es factible.

Los estudios para el análisis financiero<sup>1</sup> realizados fueron:

- Estado de inversiones
- Estado de ingresos y egresos
- Flujo de efectivo
- Indicador financiero R B/C

<sup>1</sup> El procesamiento de los datos se realizó mediante el uso de Microsoft Excel 2007, y el cálculo del indicador financiero R B/C se efectuó mediante la aplicación de las funciones financieras de dicho software.

## 2.8 RESULTADOS

### 2.8.1 Resultados en la fase de campo

**Cuadro 17** Resultados obtenidos en los dos experimentos realizados.

EXP 1 02/02/20 10	TIEMPO TOTAL NECESARIO PARA ALCANZAR EL PUNTO DE SECADO (12% - 11%)											
	T1			T2			T3			T4		
	RI	RII	RIII	RI	RII	RIII	RI	RII	RIII	RI	RII	RIII
Horas	102	102	102	123	104	104	125	124	124	126	126	126
Promedio	102			110			124			126		

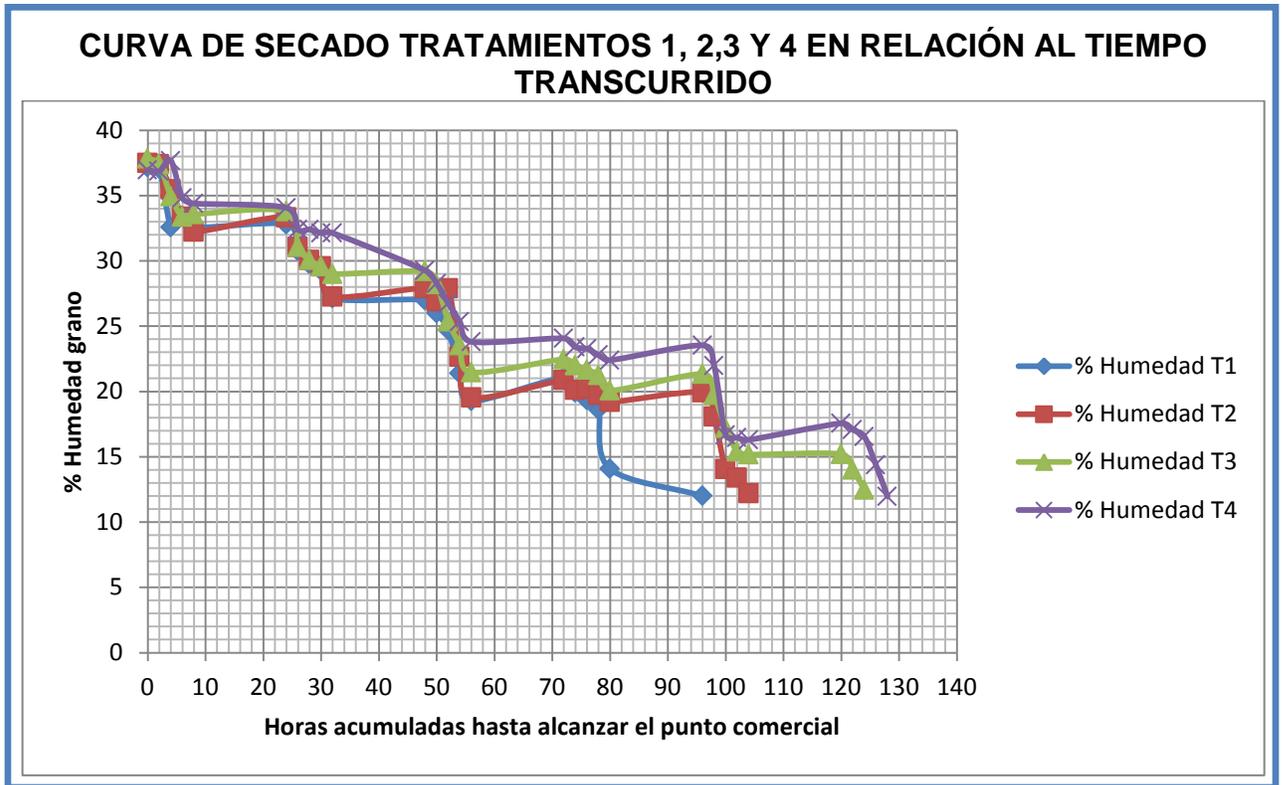
EXP 2 07/04/20 10	TIEMPO TOTAL NECESARIO PARA ALCANZAR EL PUNTO DE SECADO (12% - 11%)											
	T1			T2			T3			T4		
	RI	RII	RIII	RI	RII	RIII	RI	RII	RIII	RI	RII	RIII
Horas	80	90	83	99	98	95	122	115	115	122	125	126
Promedio	84			97			117			124		

MEDIA	TIEMPO TOTAL NECESARIO PARA ALCANZAR EL PUNTO DE SECADO (12% - 11%)											
	T1			T2			T3			T4		
	RI	RII	RIII	RI	RII	RIII	RI	RII	RIII	RI	RII	RIII
Horas	91	96	93	111	101	100	115	117	114	119	118	119
Promedio	93			104			120			125		

Una de las variables respuesta considerada en la presente investigación fue el total de horas necesarias para alcanzar el punto comercial para cada tratamiento.

Según los resultados de la fase de campo se determinó que el T1 reduce en un 25% el tiempo total de secado para alcanzar el punto comercial comparación al secado del resto de frecuencias de volteo en secadora solar y su respectiva frecuencia ejecutada en patio de concreto.



**Figura 34** Curva de secado tratamientos 1, 2, 3 y 4 en relación al tiempo transcurrido

Según la gráfica se observa que el tratamiento 1 es el que requiere de menor tiempo para alcanzar el punto comercial de secado del 12%, igualmente la gráfica muestra que los tratamientos 3 y 4 son los que más tiempo requieren para alcanzar el punto comercial de secado.

## 2.8.2 Resultados del análisis estadístico

### 2.8.2.1 Resultados del análisis ANDEVA y TUKEY para la variable respuesta “Horas totales necesarias para alcanzar el punto de secado comercial”

#### Planteamiento de hipótesis

- $H_0: t = \tau_i$  (Todas las frecuencias de volteo reducen la cantidad de horas totales para alcanzar el punto comercial).
- $H_a: t \neq \tau_i$  (Al menos una de las frecuencias de volteo reduce las horas totales para alcanzar el punto comercial).

### 2.8.2.2 Supuestos

- El Error tiene una distribución normal.
- El error es independiente.
- Existe homogeneidad de varianza.

### 2.8.2.3 ANDEVA y prueba TUKEY

**Cuadro 18 Resultados ANDEVA**

F.V.	SC	CM	GL	F	F Cal.
<b>Modelo</b>	1195.67	398.56	3	34.66	0.0001
<b>Tratamiento</b>	1195.67	398.56	3	34.66	0.0001
<b>Error</b>	92.00	11.50	8		
<b>Total</b>	1287.67		11		

**Cuadro 19 Prueba TUKEY**

TRATAMIENTO	MEDIAS	n	GRUPO TUKEY*
<b>Frec. 30 min.</b>	93.33	3	A
<b>Frec. 60 min.</b>	104.00	3	B
<b>Frec. 120 min.</b>	115.33	3	C
<b>Testigo</b>	118.67	3	C

\* Letras distintas en el grupo Tukey indican diferencias significativas.

Clave:

- F.V.: Fuentes de variación
- SC: Suma de cuadrados
- CM: Cuadrados medios
- GL: Grados de libertad
- F: Valor F de tabla
- F Cal.: Valor F calculada

Fuente: InfoStat™ versión 2009. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

#### **2.8.2.4 Regla de decisión ANDEVA**

Si  $F \geq p\text{-valor}$  = Se rechaza la  $H_0$ .

#### **2.8.2.5 Coeficiente de variación ANDEVA**

CV = 3.1443%

#### **2.8.2.6 Conclusión ANDEVA**

El valor del estadístico de prueba F (34.66) es mayor al valor crítico (0.0001), por lo tanto se rechaza la hipótesis nula planteada ( $H_0$ ) en favor a su correspondiente hipótesis alternativa ( $H_a$ ).

Con un nivel de significación del 5% se determinó que al menos una de las frecuencias de volteo reduce las horas totales necesarias para secar el café pergamino a punto comercial (12%), obteniendo un CV del 3.14% se asume que el experimento tuvo un buen manejo considerando que cualquier valor de CV por debajo de 20 – 30 % corresponde a una buena ejecución de ensayo.

#### **2.8.2.7 Conclusión TUKEY**

Existe un comportamiento estadísticamente significativo entre los tratamientos 1, 2 y 3, en donde el tratamiento 3 es estadísticamente igual al testigo, por lo tanto se considera al tratamiento 1 (frecuencias de volteo a cada 30 minutos) como el tratamiento que reduce significativamente las horas totales en el secado de café para alcanzar el punto comercial del 12% de humedad.

### 2.8.3 Resultado del análisis de las curvas de secado para las variables respuesta “Temperatura y humedad relativa interna y externa”

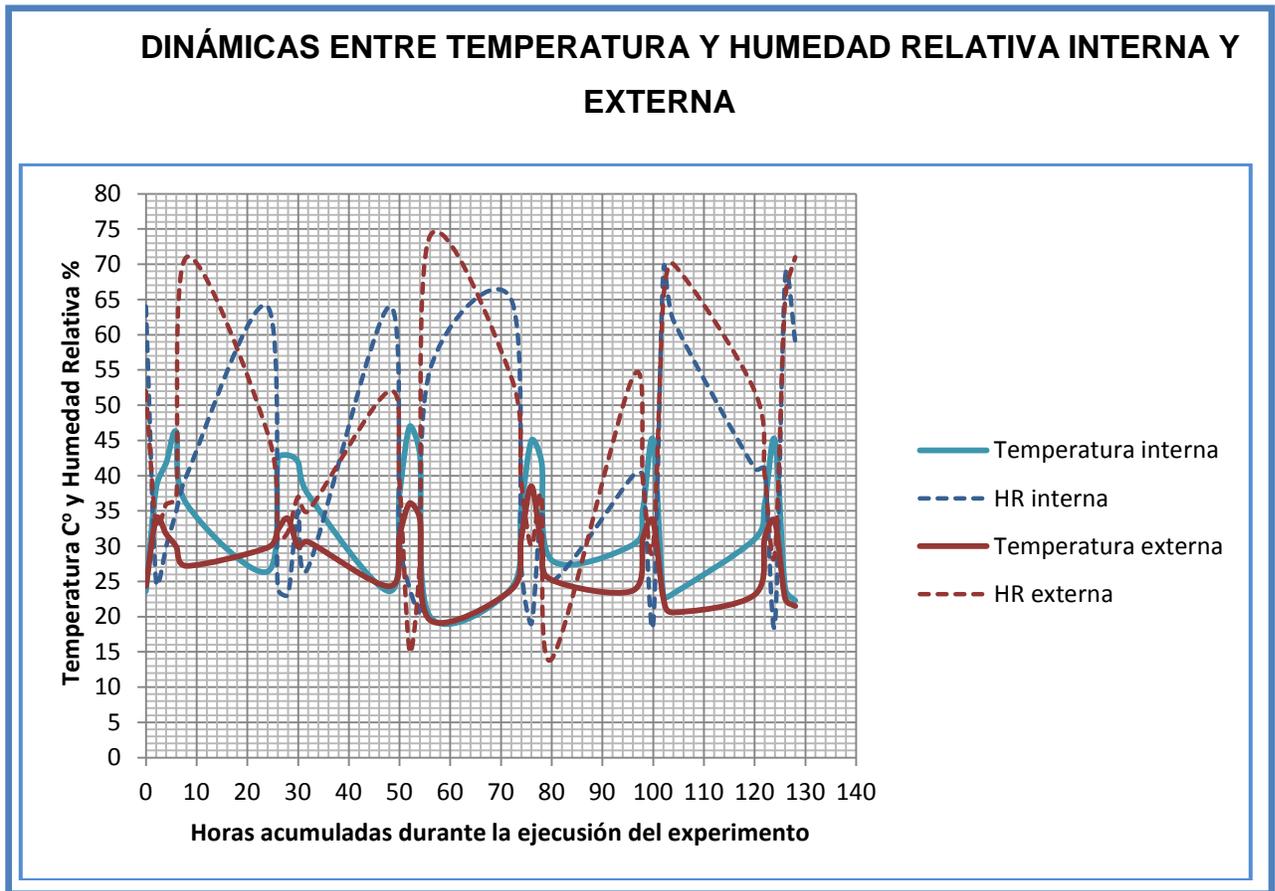
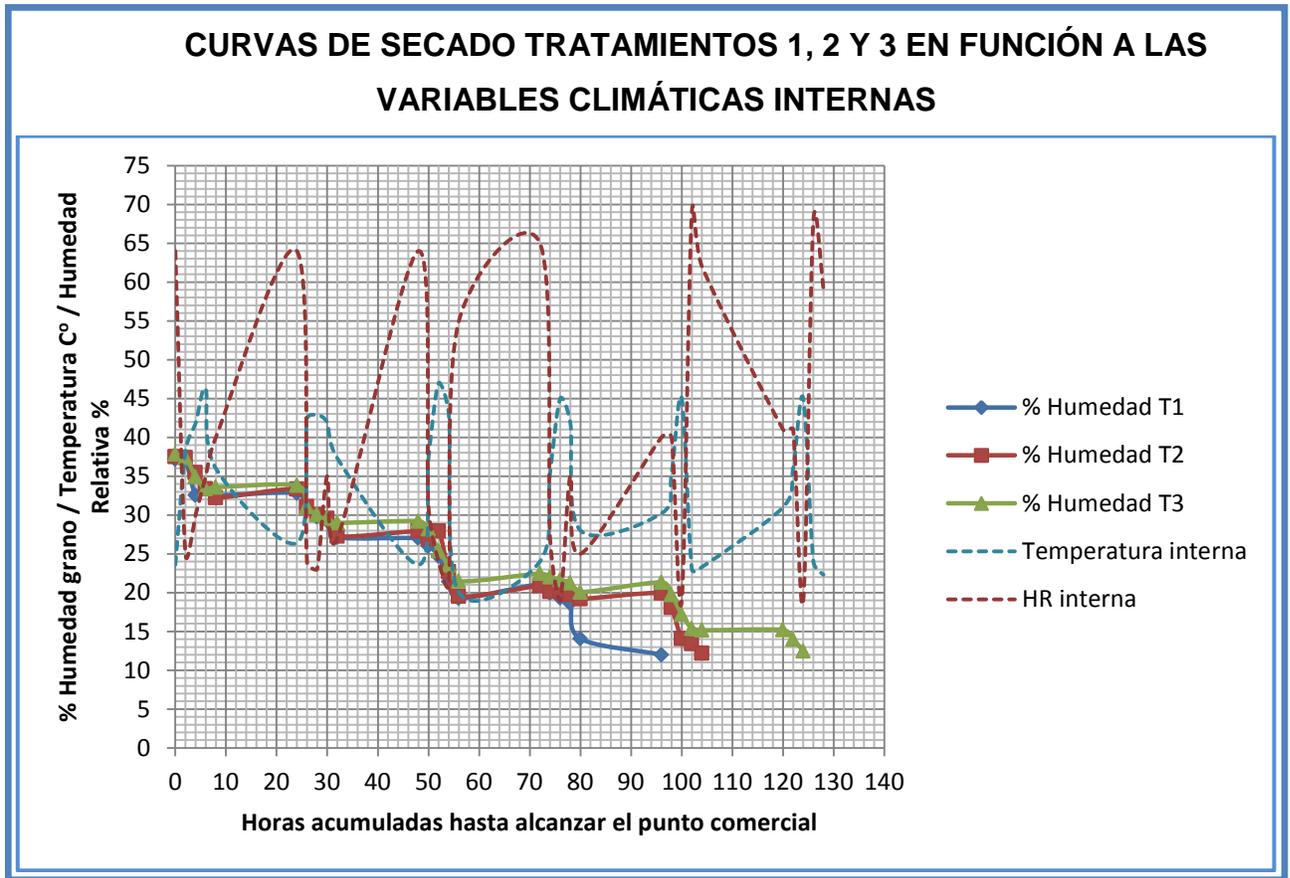


Figura35Dinámicas entre temperatura y humedad relativa interna y externa.



**Figura36** Curvas de secado tratamientos 1, 2 y 3 en función a las variables climáticas internas

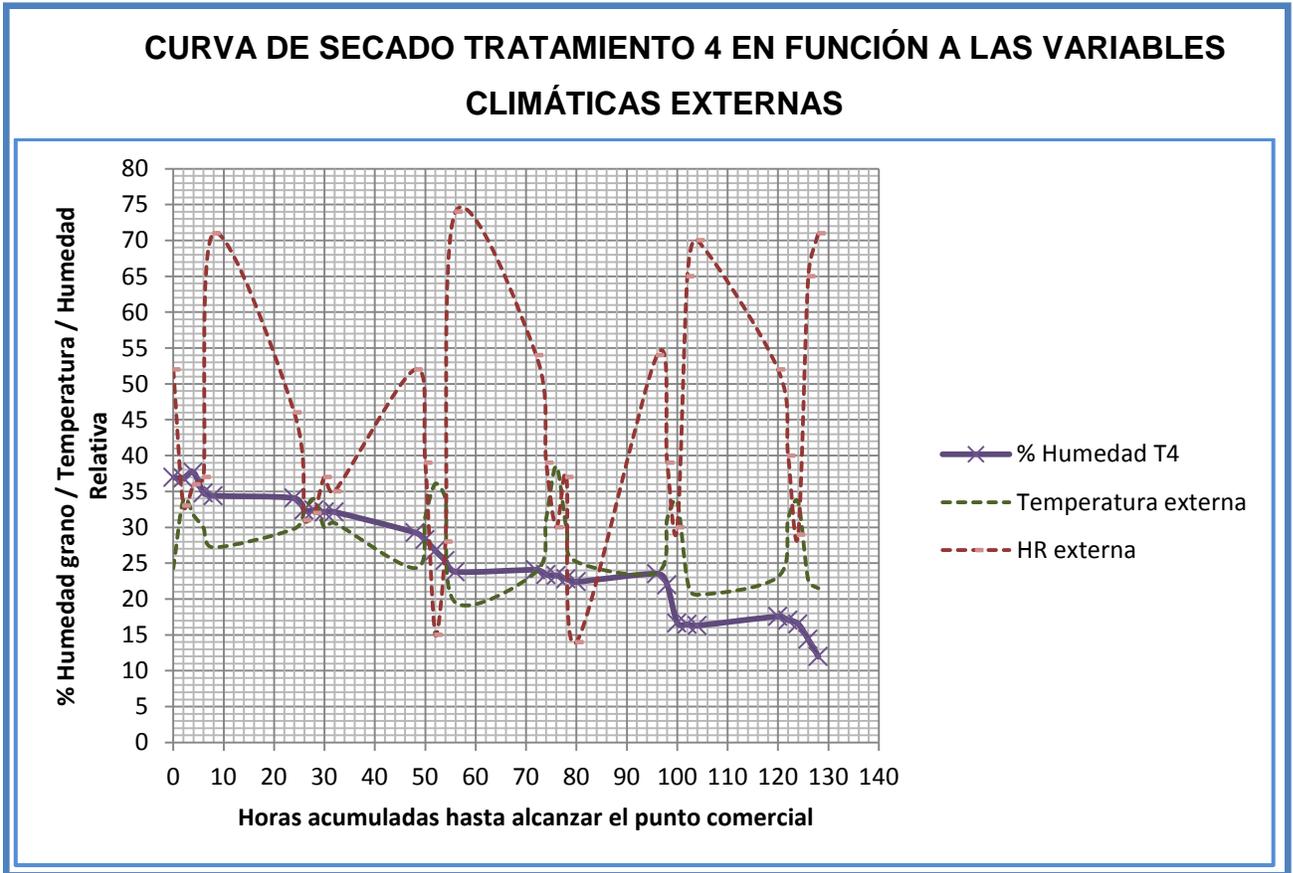


Figura 37 Curva de secado tratamiento 4 en función a las variables climáticas externas.

#### **2.8.4 Discusión general sobre el análisis de las curvas de secado para las variables respuesta “Temperatura y humedad relativa interna y externa”**

- En la figura 33 se establece que se presentaron mayores temperaturas en el interior de la secadora solar en comparación a las temperaturas registradas en el exterior, la temperatura máxima registrada dentro de la secadora solar fue de 47 °C durante el día y durante la noche se registró una temperatura máxima de 19 °C, durante la noche en la secadora solar se mantuvieron temperaturas iguales o 10 °C mayor que en el exterior.

Con respecto a la humedad relativa, esta fue mayor en el exterior presentándose datos máximos de 75% durante el día, mientras que la humedad relativa en el interior de la secadora solar se mantuvo entre 20 a 40%.

- En la figura 34 se puede observar que en los picos de temperatura registrados durante el día se presentan los descensos en el % de humedad de los tratamientos, notándose que el mayor descenso de % de humedad de los tratamientos ocurrió durante un ascenso máximo de temperatura de 47 °C.

Durante la noche se puede observar que los % de humedad de los tratamientos se mantienen estables y casi no ganan humedad durante la noche, esto se debe a que al dar por terminada una jornada de experimento se dejaban abiertas todas las salidas de aire de la secadora solar por un periodo de 15 a 30 minutos, esto con la finalidad de eliminar el remanente de vapor de agua en el ambiente proveniente de los granos de café y evitar de este modo que el vapor de agua durante la noche se condense y humedezca nuevamente a los tratamientos.

- En la figura 35 se pueden notar descensos en el % de humedad del tratamiento 4 no tan bruscos en comparación a los tratamientos evaluados en la secadora solar, igualmente durante los picos de temperatura es cuando se presentan los descensos de % de humedad en el tratamiento 4, este comportamiento se debe a las frecuencias de volteo muy espaciadas, a la alta humedad relativa exterior (75%) y a las características impermeables del concreto, pues después de cada movimiento se observó una ligera capa de humedad sobre la superficie en el patio de concreto que humedecía nuevamente a las capas inferiores de la masa de granos de café.

## 2.8.5 Resultado análisis de costos de manejo Q / kg café pergamino seco

**Cuadro 20** Análisis de costos de manejo según el método de secado utilizado.

Días trabajados	Costo diario Secadora Solar				Costo diario Patio
	T1	T2	T3		T4
1	Q64.55	Q64.55	Q64.55		Q64.55
2	Q64.55	Q64.55	Q64.55		Q64.55
3	Q64.55	Q64.55	Q64.55		Q64.55
4	Q64.55	Q64.55	Q64.55		Q64.55
5		Q64.55	Q64.55		Q64.55
6			Q64.55		Q64.55
<b>TOTAL</b>	<b>Q258.20</b>	<b>Q322.75</b>	<b>Q387.30</b>		<b>Q387.30</b>
<b>Capacidad de secado<sup>2</sup> kg (18 bandejas 1 m<sup>2</sup> grosor 3 cm)</b>				<b>Capacidad de secado<sup>2</sup> kg (Patio de concreto considerando 18 m<sup>2</sup> grosor 3 cm)</b>	
	342.9	342.9	342.9		342.9
<b>Costo de manejo Q / kg</b>	<b>Q0.75</b>	<b>Q0.94</b>	<b>Q1.13</b>		<b>Q1.13</b>
<b>Capacidad de secado kg (18 bandejas 1 m<sup>2</sup> grosor 5 cm)</b>				<b>Capacidad de secado<sup>2</sup>kg (Patio de concreto considerando el área total 50 m<sup>2</sup> grosor 5 cm)</b>	
	571.5	571.5	571.5		1587.5
<b>Costo de manejo Q/ kg</b>	<b>Q 0.45</b>	<b>Q 0.56</b>	<b>Q 0.68</b>		<b>Q 0.24</b>

<sup>2</sup> Según constantes establecidas en el proceso agroindustrial del café se considera que en 1 m<sup>2</sup> de patio caben 31.75 kg de café pergamino lavado a 5 cm de espesor.

El tratamiento 1 tiene un menor costo por kg producido siendo este de Q 0.75 en comparación al resto de tratamientos secados en la secadora solar y al tratamiento secado en el patio de concreto, si se realiza la comparación área / área.

Cabe mencionar que la secadora solar tipo “domo” tiene un límite de kg a secar en función a la cantidad de las bandejas dentro y de la capacidad de estas, mientras que el patio de concreto en donde se realizó el experimento tiene un área efectiva de 50 m<sup>2</sup>, considerando que en la realidad para el secado de café se utilizan espesores de 5 cm se obtienen costos de manejo en patio de Q 0.24 / kg de café secado.

A fines de comparación analizando áreas equivalentes (18 m<sup>2</sup> de secadora solar y 18 m<sup>2</sup> de patio de concreto) se obtuvo un menor costo de producción en la secadora solar tipo domo a través del manejo brindado al tratamiento número 1.

En el experimento realizado la unidad experimental tuvo un grosor de 3 cm tanto para tratamientos dentro de la secadora solar como el tratamiento ubicado en el patio de concreto, considerando estas características se determinó que en un m<sup>2</sup> tanto de secadora solar como de patio de concreto se secarían 19.05 kg de café lavado. (Proyecto de Café para Centro América, 2008)

## 2.8.6 Resultados análisis financieros

### 2.8.6.1 Horizonte económico

El horizonte económico se estableció en base a la vida útil de la secadora solar recomendada por el fabricante, por lo tanto y para fines de ejercicio académico se estableció un ciclo de proyecto de 5 años.

### 2.8.6.2 Inversiones

- **Inversiones fijas**

En las inversiones fijas se tomaron en cuenta todos los bienes tangibles y que generalmente se adquieren en la etapa administrativa de la integración del proyecto que corresponde al establecimiento o implementación del mismo. (Campos, 2006)

- **Inversiones diferidas**

Consistieron en todos los activos intangibles y procedieron de gastos antes de la operación del proyecto como lo es la instalación de una infraestructura. (Campos, 2006)

#### **Cuadro 21 Inversiones fijas y diferidas para el establecimiento de una secadora solar tipo “domo”.**

<b>INVERSIONES FIJAS IMPLEMENTACIÓN SECADORA SOLAR</b>				
<b>Concepto</b>		<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
<b>Infraestructura</b>				
	Materiales secadora solar tipo "domo"	1	Q3,267.08	Q3,267.08
<b>Equipo</b>				
	Rastrillos secadora solar	2	Q5.00	Q10.00
<b>TOTAL DE INVERSIÓN FIJA</b>				
	Secadora solar			<b>Q3,277.08</b>
<b>INVERSIONES DIFERIDAS IMPLMENTACIÓN SECADORA SOLAR</b>				
<b>Concepto</b>		<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
<b>Instalación</b>				
	Fabricación secadora Solar	Fabricación	Q3,550.00	Q3,550.00
<b>TOTAL DE INVERSIÓN DIFERIDA</b>				
	Secadora solar			<b>Q3,550.00</b>
<b>INVERSION TOTAL</b>				
	Secadora solar			<b>Q6,827.08</b>

### 2.8.7 Estado de ingresos y egresos

Se realizó un estado de resultados con el objetivo de identificar los ingresos, los costos incurridos por el manejo agronómico de una hectárea y el manejo en procesamiento en beneficio húmedo y usando una secadora solar para determinar la utilidad neta de una hectárea en producción.

**Cuadro 22 Estado de ingresos y egresos ciclo de cosecha 2009 – 2010 para una hectárea en producción.**

ESTADO DE INGRESOS Y EGRESOS CICLO DE COSECHA 2009 - 2010 (en base a 1 hectárea en producción)				
Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario	Total
<b>Ingreso cosecha anterior de 1 ha en producción</b>				
Café pergamino	sacos de 45.36 kg cortados	25	Q1,000.00	Q25,000.00
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>				<b>Q25,000.00</b>
<b>Costos Variables</b>				
<b>Mano de obra:</b>				
Corte	saco de 45.36 kg café maduro cortados	100	Q35.00	Q3,500.00
Despulpado, fermentación y lavado	Jornal	10	Q64.55	Q645.50
Manejo secadora solar	Jornal	8	Q64.55	Q516.40
Empaque	Jornal	2	Q64.55	Q129.10
Limpia (2 veces al año)	Jornal	8	Q64.55	Q516.40
Fertilización (2 veces al año)				
	sacos de 45.36 kg aplicados 15-15-15	12	Q35.00	Q420.00
	sacos de 45.36 kg aplicados Hydran Plus	12	Q35.00	Q420.00
Poda (2 veces al año)	Jornal	10	Q64.55	Q645.50
Desombre	Jornal	8	Q64.55	Q516.40
<b>Insumos:</b>				
Equipo				
	Mecapal	12	Q2.00	Q24.00
	Canasto	12	Q8.00	Q96.00
Fertilizantes				
	sacos de 45.36 kg de 15-15-15	12	Q225.00	Q2,700.00
	sacos de 45.36 kg de Hydran Plus	12	Q250.00	Q3,000.00
Combustibles	Galón	4	Q22.00	Q88.00
Transporte	Viaje	5	Q50.00	Q250.00
<b>TOTAL COSTOS VARIABLES</b>				<b>Q13,467.30</b>
<b>Costos Fijos</b>				
<b>Imprevistos (1% s C.V.)</b>				<b>Q134.67</b>

<b>Depreciación de maquinaria y equipo</b>				
	Secadora solar	20%	Q6,827.08	Q1,365.42
	Beneficio Húmedo <sup>3</sup>	5%	Q12,865.50	Q643.28
	Despulpador no.2	20%	Q3,000.00	Q600.00
	Motor gasolina 3 hp	20%	Q3,500.00	Q700.00
<b>TOTAL COSTOS FIJOS</b>				
				<b>Q3,443.36</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>				
				<b>Q16,910.66</b>
<b>UTILIDAD BRUTA</b>				
				<b>Q11,532.70</b>
<b>UTILIDAD OPERATIVA</b>				
				<b>Q8,089.34</b>
<b>IMPUESTOS</b>				
pequeño contribuyente	Ingresos menores a Q60,000.00	5%	Q25,000.00	Q1,250.00
<b>UTILIDADES NETAS</b>				
	Manejo secadora solar			<b>Q6,839.34</b>

Una hectárea de café produce Q 25,000.00 de ingresos por venta de café proveniente del ejercicio fiscal anterior, de esos ingresos se consideran Q13,467.30 para invertir nuevamente a las labores agronómicas de mantenimiento de la hectárea en producción y por el manejo para el procesamiento de la cosecha, se consideran Q1,250.00 para el pago de impuestos como régimen pequeño contribuyente (ingresos menores a Q60,000.00) para finalmente obtener una utilidad neta de Q6,839.34 la cual cubre los gastos de inversión por la fabricación e implementación de una secadora solar tipo “domo”.

<sup>3</sup> Beneficio húmedo diseñado en base a la capacidad de procesamiento de una cosecha proveniente de una hectárea. (Véase cuadro 31A)

## 2.8.8 Flujo de efectivo

**Cuadro 23 Flujo de efectivo proyectado a 5 años.**

FLUJO NETO DE EFECTIVO						
Concepto / Años	0	1	2	3	4	5
Ingresos	2%	Q25,375.00	Q25,755.63	Q26,141.96	Q26,534.09	Q26,932.10
Costos Variables (Sujetos a Inflación)	4%	Q13,467.30	Q14,005.99	Q14,566.23	Q15,148.88	Q15,754.84
Utilidades Brutas		Q11,907.70	Q11,749.63	Q11,575.73	Q11,385.21	Q11,177.26
Costos Fijos		Q3,443.36	Q2,176.81	Q2,176.81	Q2,176.81	Q2,176.81
Utilidad Operativa		Q8,464.34	Q9,572.83	Q9,398.92	Q9,208.40	Q9,000.46
Impuestos	5%	Q1,268.75	Q1,287.78	Q1,307.10	Q1,326.70	Q1,346.61
Utilidad Neta desp. De Imp.		Q7,195.59	Q8,285.04	Q8,091.82	Q7,881.70	Q7,653.85
Depreciaciones		Q3,308.69	Q3,268.69	Q3,268.69	Q3,268.69	Q3,268.69
Inversión Fija	Q3,277.08					
Inversión Diferida	Q3,550.00					
Capital de Trabajo	Q6,839.34					
Valor de Desecho del proyecto <sup>4</sup>						<sup>5</sup> Q47,399.13
<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>						
	-Q13,666.42	Q10,504.28	Q11,553.73	Q11,360.51	Q11,150.39	Q58,321.67

- Según comportamientos en los precios del café en los últimos años se estima un incremento del 2% anual. (ANACAFE, 2009)
- Los costos variables como lo son los insumos, mano de obra, etc. Están sujetos a inflación siendo esta del 4% correspondiente al mes de junio de 2009 al mes de junio de 2010. (BANGUAT, 2010)

<sup>4</sup> El proyecto está conformado por un sifón de 4 m<sup>3</sup>, 2 pilas de fermentación de 6 m<sup>3</sup>, 10 m de correteo, 1 motor de 3 hp y un despulpador No.2, una secadora solar tipo “domo” y 5 mil matas de café sembradas en una hectárea.

<sup>5</sup> Cálculo del valor de desecho por el método de “valor en libros de activos”. (Véase cuadro 32A)

- Los ingresos proyectados son menores a Q60, 000.00 por lo tanto el pago de impuestos se realizan según el régimen de pequeño contribuyente siendo este de 5% sobre los ingresos obtenidos durante el periodo del ejercicio fiscal pasado. (BANGUAT, 2010)

### 2.8.9 Relación Beneficio / Costo

Para calcular la R B/C inicialmente se estimó la tasa de descuento<sup>6</sup> (td), en esta se incluyeron valores de inflación, tasa pasiva y % riesgo, cuando el financiamiento proviene exclusivamente del productor. Los datos de porcentaje de inflación y tasa pasiva se obtuvieron en los informes mensuales del Banco de Guatemala (BANGUAT, 2010), mientras que, en el porcentaje de riesgo se pueden considerar dos indicadores, el primero es el porcentaje de riesgo del país y el otro el porcentaje de riesgo propio del proyecto. (Buonomo, 2010)

Existen muchos criterios para determinar el porcentaje de riesgo de un proyecto, el utilizado en la presente investigación fue en base a la tasa pasiva, siendo esta del 5% anual; es decir que por cada Q100.00 depositados en una cuenta bancaria se obtienen Q5.00 por intereses pasivos de dicho depósito. Al momento de iniciar un proceso productivo el productor espera percibir utilidades mayores al 5% pues una inversión agrícola está sujeto a mayor “riesgo” que a tener el dinero en el banco, por lo tanto al incrementar el porcentaje de riesgo, se incrementa por consecuencia la tasa de descuento, reflejándose en mayores utilidades a que tener el dinero en una cuenta bancaria ganando intereses a una tasa pasiva del 5% anual.

**Cuadro 24 Relación Beneficio / Costo**

INGRESOS ANUALES						R B/C	
Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	<b>VAN ING.</b>	Q109,953.10
	Q25,375.00	Q25,755.63	Q26,141.96	Q26,534.09	Q26,932.10		
EGRESOS ANUALES							
Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	<b>VAN. EGR.</b>	Q73,928.38
Q6,827.08	Q16,910.66	Q16,182.80	Q16,743.04	Q17,325.69	Q17,931.64	<b>R B/C</b>	<b>1.487292132</b>

<sup>6</sup> Cálculo de la tasa de descuento. (Véase cuadro 33A)

### **2.8.10 Manejo propuesto para secadoras solares tipo “domo” en la aldea Vista Hermosa, Unión Cantinil, Huehuetenango**

Según los análisis y las observaciones realizadas durante la ejecución del experimento se propone el siguiente manejo en secadoras solares tipo “domo”:

- Para optimizar la capacidad y el área total de la secadora solar tipo “domo” se recomienda utilizar las 18 bandejas, las cuales deben contener 31.75 kg de café pergamino lavado para aprovechar la capacidad total de la bandeja sin sobrepasar los parámetros agroindustriales de la masa de café a secar. (altura de la masa de café no mayor a 5 cm.)
- Para lograr una reducción del 25% del tiempo total para alcanzar el punto comercial en comparación al secado tradicional en patios de concreto se recomienda realizar frecuencias de volteo a la masa de café a cada 30 minutos.
- Al finalizar una jornada de secado utilizando la secadora solar tipo “domo” se recomienda dejar abiertas todas las salidas de aire de la secadora solar por un periodo de 15 a 30 minutos, esto con la finalidad de eliminar el remanente de vapor de agua en el ambiente proveniente de los granos de café y evitar de este modo que el vapor de agua durante la noche se condense y humedezca nuevamente a los tratamientos.
- Durante la noche se recomienda dejar tapadas las bandejas con nylon o costales y cerradas las salidas de aire superiores y las entradas de aire frío inferiores para evitar la formación de rocío sobre la superficie del cobertor plástico el cual pueda humedecer la masa de café por medio del goteo.

### **2.8.11 Consideraciones positivas y negativas sobre el uso de secadoras solares tipo “domo” en la aldea Vista Hermosa, Unión Cantiníl, Huehuetenango**

Entre los aspectos favorables considerados por los productores de la región en estudio se tiene:

- Los productores consideran que existe una disminución del 100% de los riesgos de contaminación física.
- Incremento en la calidad del producto al obtener un grano más limpio y sin manchas.
- Disminución del 25% de tiempo de secado en comparación al secado en patios de concreto.
- Se evita el desarrollo de hongos al dar la humedad adecuada al grano para su almacenamiento.
- Se facilita el trabajo de escoger y separar el grano, ya que se encuentra a media altura.
- Se evita que el fruto absorba de nuevo humedad durante la noche al cerrar las ventanas de ventilación.

Entre las consideraciones desfavorables por los productores con respecto al uso de secadoras solares se tiene:

- En el área de estudio se registraron temperaturas interiores máximas de 47 °C, siendo estas condiciones incómodas para el buen desempeño de los trabajadores.
- Debido a la temperatura alcanzada en el interior de las secadoras solares, el café debe moverse en el menor tiempo posible, para que el trabajador que realiza dicho movimiento, evite cambios bruscos de temperatura.
- El nylon de la cubierta tiene una durabilidad promedio de tres años, y luego debe ser sustituido por uno nuevo.

### 2.8.12 Usos alternativos al secado de café en secadoras solares tipo “domo” y sus beneficios económicos

Puede reconocerse un valor extra de las secadoras solares, ya que pueden usarse y tener un potencial económico extra en épocas anteriores y posteriores de la cosecha de café, entre los usos alternativos se describen los siguientes:

- Cultivo de maíz, frijol, tomate, etc.
- Secado de granos básicos como maíz, frijol, semillas, etc.
- Secado de leña y madera.
- Secado de ropa.
- Maduración de fruta, principalmente plátanos.
- Deshidratación de frutas.
- Germinación de semillas de hortalizas como repollo, coliflor, acelga, tomate, etc.
- Bodega.
- Compostaje de fertilizantes orgánicos.

Las secadoras solares establecidas en la aldea Vista Hermosa son utilizadas únicamente para el secado de grano de café, en épocas previas y posteriores a la cosecha la infraestructura se usa como secadora de leña, madera y bodega, en otras localidades en donde Anacafé ha establecido secadoras solares tipo “domo” se utilizan alternativamente para la producción de maíz, frijol y tomate.

Según constantes agroindustriales para la república de Guatemala proyectadas por el MAGA se tiene que:

**Cuadro 25 Rendimiento de productos agrícolas**

PRODUCTO	RENDIMIENTO Kg / m <sup>2</sup>
Frijol	0.077
Maíz	0.1750
Tomate	3.37

Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 2010.

El área total de la secadora solar es de 34 m<sup>2</sup> por lo tanto se pueden proyectar los rendimientos siguientes:

**Cuadro 26 Rendimientos productos alternativos Kg / Área total secadora solar**

PRODUCTO	RENDIMIENTO Kg / Área total secadora solar
Frijol	2.618
Maíz	5.95
Tomate	114.58

De acuerdo a las fluctuaciones del abastecimiento al mercado “La Terminal” durante el periodo 2010, se proyectan los siguientes precios: (MAGA, 2010)

**Cuadro 27 Precios promedios para el periodo 2010 según las fluctuaciones del abastecimiento al mercado “La Terminal”**

PRODUCTO	PRECIOS Q / Kg
Frijol	8.55
Maíz	2.77
Tomate	8.00

- Por la producción de frijol en una secadora solar se pueden percibir ingresos de Q290.70
- Por la producción de maíz en una secadora solar se pueden percibir ingresos de Q94.18
- Por la producción de tomate en una secadora solar se pueden percibir ingresos de Q272.00

## 2.9 CONCLUSIONES

- a) Se evaluó una alternativa de secado, siendo ésta el uso de una secadora solar tipo “domo” como necesidad a la conservación de la calidad del producto final, dicha alternativa reduce la interferencia de factores climáticos como periodos prolongados de nubosidad y ocurrencia de lluvias orográficas sobre el secado del café.
- b) El tiempo en horas para alcanzar el punto comercial para el secado de café fue en el T1 de 96 horas, en el T2 fue de 104 horas, en el T3 fue de 124 horas y el T4 realizado en patio de concreto fue de 128 horas.

Según el análisis estadístico se determinó que el T1 es que reduce significativamente las horas totales en el secado de café para alcanzar el punto comercial del 12% de humedad.

- c) En la interpretación de las curvas de secado se identificaron las dinámicas y relaciones existentes entre las variables climáticas y su relación inversamente proporcional entre los incrementos de temperatura y reducción de la humedad relativa con el descenso en el porcentaje de humedad de los tratamientos.
- d) Por medio del análisis de costos de manejo se determinó que el T1 tiene un menor costo por kg café seco al punto comercial siendo este de Q 0.75 en relación al resto de tratamientos secados en la secadora solar y al tratamiento secado en el patio de concreto, considerando una comparación área / área equivalentes.
- e) La R B/C es de 1.48 con lo cual se puede establecer que con cada quetzal utilizado para cubrir los costos de manejo agronómico y de procesamiento utilizando una secadora solar tipo “domo” se obtiene un quetzal en recuperación de dichos gastos incurrido y se obtiene Q 0.48 de utilidad por cada quetzal invertido, por lo tanto se determinó financieramente factible el proyecto pues el resultado de la R B/C fue mayor a uno.

## 2.10 RECOMENDACIONES

- Para lograr una reducción del 25% del tiempo total para alcanzar el punto comercial en comparación al secado tradicional en patios de concreto se recomienda realizar frecuencias de volteo a la masa de café a cada 30 minutos.
- Para obtener mejores resultados durante el secado se recomienda según constantes establecidas en el proceso agroindustrial del café que en un m<sup>2</sup> de patio se deben secar 31.75 kg de café pergamino lavado a un grosor de 5 cm.
- Al finalizar una jornada de secado utilizando la secadora solar tipo “domo” se recomienda dejar abiertas todas las salidas de aire de la secadora solar por un periodo de 15 a 30 minutos, esto con la finalidad de eliminar el remanente de vapor de agua en el ambiente proveniente de los granos de café y evitar de este modo que el vapor de agua durante la noche se condense y humedezca nuevamente a los tratamientos.
- Durante la noche, días lluviosos o fríos se recomienda dejar tapadas las bandejas con nylon o costales si el secado se está realizando en secadoras solares y recogidas o cubierto si el secado se hace en patios de secado.

## 2.11 BIBLIOGRAFÍA

1. ANACAFÉ (Asociación Nacional del Café, GT). 2006. Guía técnica de caficultura. Guatemala. 214 p.
2. \_\_\_\_\_. 2008. Evaluación de eficiencia de secadora solar tipo invernadero en relación a patio de secado y parihuela. San Cristóbal, Alta Verapaz, Guatemala, Oficina Técnica Anacafé, Región 6. 45 p.
3. \_\_\_\_\_.2008. Perfil de taza, un mapa de características del café. El Cafetal (enero):8-9.
4. \_\_\_\_\_. 2009. Cifras de cierre de año cafetalero 2008 – 2009 (en línea). Guatemala, ANACAFE, Boletín no. 07/2009. Consultado 10 Dic. 2009. Disponible en [http://portal.anacafe.org/Portal/DesktopModules/showcontent.aspx?Eid=10&Path=Documents/News/2009-10/10/91Anacafé--19.10.2009--Cierre\\_de\\_Año\\_Cafetero\\_2008.09.doc&ContentType=application/msword&lid=1524](http://portal.anacafe.org/Portal/DesktopModules/showcontent.aspx?Eid=10&Path=Documents/News/2009-10/10/91Anacafé--19.10.2009--Cierre_de_Año_Cafetero_2008.09.doc&ContentType=application/msword&lid=1524)
5. Anzueto, F. 2007. Calidad e inocuidad en el café. El Cafetal (octubre):12-14.
6. \_\_\_\_\_. 2007. Criterios de riesgo sobre plaguicidas y contaminantes. El Cafetal (octubre):14–17.
7. Baca, G. 2006. Evaluación de proyectos. 5 ed. México, McGraw-Hill. 392 p.
8. BANGUAT (Banco de Guatemala). 2010. Inflación ciclo junio 2009 a junio 2010 (en línea). Guatemala. GT. Consultado 29 jul. 2010. Disponible en <http://banguat.gob.gt/inc/ver.asp?id=/estaeco/sr/sr002&e=1780>
9. \_\_\_\_\_. 2010. Tasa pasiva junio 2010 (en línea). Guatemala. GT. Consultado 29 jul. 2010. Disponible en <http://www.banguat.gob.gt/inc/ver.asp?id=vmc/vmc06&e=564>
10. Barrios, A. 1997. Desafíos del beneficiado húmedo en Centro América. Guatemala, Programa de Mejoramiento del Café / Centro Internacional para la Investigación Agrícola para el Desarrollo. 125 p.
11. Bran, R. 2008. Análisis de pérdidas post cosecha anuales (Comunicación personal). Guatemala. FAUSAC.
12. Buonomo, M. 2010. Riesgo País: Una medida alternativa para Mesoamérica. Mesoamérica en movimiento (04/2010): 8 – 14.
13. Campos, O; Barrios, M. 2006. Secadoras solares como alternativa para el secado de café. El Cafetal (abril):4–6.

14. Cardona, H. 2010. Indicadores financieros (comunicación personal). Guatemala. FAUSAC.
15. Carredano, R. 1990. Respuesta del café en grano a tres tiempos de secamiento en la secadora tipo estática con aire caliente, comparado con el método tradicional de secamiento al sol en patios, en la Pac. La Esperanza, municipio de San José el Rodeo, San Marcos. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 62 p.
16. Cruz, D; López De León, E; Pascual, LF. 2009. Guía técnica de construcción y funcionamiento de secadoras solares tipo domo. Guatemala, Anacafé. 13 p.
17. Eskenasy, E. 2008. La producción de café y sus oportunidades. El Cafetal (abril):12–14.
18. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología Vulcanología Meteorología e Hidrología, GT). 2010. Parámetros meteorológicos estación Santa Ana, San Pedro Necta (en línea). Guatemala, GT. Consultado 25 jun. 2010. Disponible en <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/ESTACIONES/HUEHUETENANGO/SAN%20PEDRO%20NECTA%20PARAMETROS.htm>
19. Little, M; Thomas, F; Jackson, H. 1984. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. 5 ed. México, Trillas. 270 p.
20. López, A. 2009. Taller sobre catación (comunicación personal). Guatemala, Export Café S.A.
21. MAGA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación). 2010. Ficha de aspectos productivos y económicos para el cultivo de frijol (en línea). Guatemala. GT. Consultado 31 oct. 2010. Disponible en [http://portal.maga.gob.gt/portal/page/portal/uc\\_upie/documentos/19-frijol.pdf](http://portal.maga.gob.gt/portal/page/portal/uc_upie/documentos/19-frijol.pdf)
22. \_\_\_\_\_. 2010. Ficha de aspectos productivos y económicos para el cultivo de maíz (en línea). Guatemala. GT. Consultado 31 oct. 2010. Disponible en [http://portal.maga.gob.gt/portal/page/portal/uc\\_upie/documentos/21-maiz\\_1.pdf](http://portal.maga.gob.gt/portal/page/portal/uc_upie/documentos/21-maiz_1.pdf)
23. \_\_\_\_\_. 2010. Ficha de aspectos productivos y económicos para el cultivo de tomate (en línea). Guatemala. GT. Consultado 31 oct. 2010. Disponible en [http://portal.maga.gob.gt/portal/page/portal/uc\\_upie/documentos/32-tomate.pdf](http://portal.maga.gob.gt/portal/page/portal/uc_upie/documentos/32-tomate.pdf)
24. Menchú, J. 1985. Manual de beneficiado de café. Guatemala, Anacafé. 150 p.
25. OMP (Oficina Municipal de Planificación, Municipalidad Unión Cantinil, Huehuetenango, GT). 2006. Mapa topográfico de Huehuetenango: municipio de Unión Cantinil, no. 1. Unión Cantinil, Huehuetenango. Esc. 1:27,720. Color.

- 26.\_\_\_\_\_. 2007. Caracterización del municipio Unión Cantinil del departamento de Huehuetenango. Unión Cantinil, Huehuetenango. 25 p. Sin publicar.
- 27.Ortiz, A. 2010. Realización de un estudio financiero (comunicación personal). Guatemala. FAUSAC.
- 28.Proyecto de Café para Centro América, NI. 2008. Manual de buenas prácticas para cosecha y beneficio húmedo de café de calidad. 2 ed. Managua, Nicaragua. 47 p.
- 29.Ramírez Genel, M. 1982. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. 9 ed. México, CECOSA. 300 p.
- 30.Roa, G. 1990. Secado de productos agropecuarios por energía solar, Brasil. Tesis Ing. Agr. Brasil, Universidad de Campinas. 123 p.
- 31.Sapag, N. 1993. Criterios de evaluación de proyectos, cómo medir la rentabilidad de inversiones. México, McGraw-Hill. 114 p.
- 32.SEGEPLAN (Secretaria General de Planificación y Programación, GT). 2006. Normas para postular y formular proyectos de inversión ejercicio fiscal 2006. Guatemala. 76 p.
- 33.SIM (Servicio de Información Municipal, GT). 2010. Ubicación del municipio Unión Cantinil (en línea). Guatemala. Consultado 11 Ene. 2010. Disponible en <http://www.inforpressca.com/unioncantinil/ubicacion.php>
- 34.Tamez Reina, G. 1992. Secado de café con energía solar, México. Tesis Ing. México, Centro de Investigación en Energéticos y Desarrollo. 120 p.
- 35.Valle, SDeI. 2009. Producción de café para el ciclo 2009–2010 de la ADESCH (entrevista). Vista Hermosa, Unión Cantinil, Huehuetenango, Asociación de Desarrollo Económico y Social los Chujes (ADESCH).
- 36.Zavala, J; Sánchez, A. 2008. Evaluación de una secadora solar tipo invernadero. El Cafetal (octubre):6–7.

2.12 ANEXOS

**Cuadro 28A Boleta de control para el registro de datos del día 1 (presecado).**

BOLETA DE TOMA DE DATOS  
 ESTUDIO DE FRECUENCIAS DE VOLTEO DE CAFÉ EN SECADORA TIPO DOMO

DATOS DE PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL GRANO  
 EQUIPO: Determinador de humedad

DÍA 1 PRESECADO EN PATIO

HORA	HUMEDAD (%)	
		Después del lavado
14:00		Medio día
16:00		Final del día

Datos calculados con la formula de humedad del humedad

DATOS DE HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA  
 EQUIPO: Termohidrómetro

DÍA 1 PRESECADO EN PATIO

HORA	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA (°C)
08:00		
09:00		
10:00		
11:00		
12:00		
13:00		
14:00		
15:00		
16:00		

### Cuadro 29A Boleta de control para el registro de datos del día 2 al día "n".

BOLETA DE TOMA DE DATOS ESTUDIO DE FRECUENCIAS DE VOLTEO DE CAFÉ EN SECADORA TIPO DOMO													DATOS DE HUMEDAD RELATIVA Y TEMPERATURA				
DATOS DE PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL GRANO													EQUIPO: Termohidróm.				
EQUIPO: Determinador de humedad SECADORA SOLAR Y PATIO													03/02/2010 SECADORA SOLAR Y PATIO				
03/02/2010 PATIO																	
HORA	HUMEDAD DEL GRANO (%)												HORA	HUMEDAD RELATIVA (%)		TEMPERATURA (°C)	
	T1 (30 min)			T2 (60 min)			T3 (90 min)			T4 (60 min en patio)				SE CA DO RA	PATIO	SECADO RA	PATI O
	RI	RII	RII	RI	RII	RII	RI	RII	RII	RI	RII	RII					
08:30																	
10:30																	
12:30																	
14:30																	
16:30																	

HORAS TOTALES*				
T1	T2	T3	T4	
RI	RI	RI	RI	
RII	RII	RII	RII	
RIII	RIII	RIII	RIII	

\* Horas totales a partir de las 08:30 a.m. hasta las 24 horas cumplidas del primer día de experimento dentro de la secadora solar.

**Cuadro 30A Resultados medios tabulados.**

Día	Hrs. Ac	Hora	% hum. T1	% hum. T2	% hum. T3	% hum. T4	T Int.	T Ext.	HR Int.	HR Ext.
1	0	08:00	37.17	37.50	37.83	36.97	23.6	24.31	64	52
	2	10:00	37.07	37.40	37.40	36.87	38.2	33.80	25	33
	4	12:00	32.57	35.47	34.93	37.67	41.8	31.70	30	36
	6	14:00	33.43	33.37	33.37	34.80	46.2	29.90	35	37
	8	16:00	32.57	32.23	33.57	34.40	36	27.20	40	71
2	24	08:00	32.80	33.33	33.80	34.07	26.4	29.80	64	46
	26	10:00	30.77	31.07	31.07	32.40	42.4	32.30	24	31
	28	12:00	29.77	30.07	30.07	32.40	42.9	33.90	23	32
	30	14:00	29.27	29.57	29.57	32.13	41.9	29.90	35	37
	32	16:00	27.13	27.27	29.00	32.13	37.3	30.60	27	35
3	48	08:00	27.00	27.90	29.20	29.27	23.6	24.31	64	52
	50	10:00	26.00	26.90	28.20	28.27	37.4	31.50	31	39
	52	12:00	24.70	27.90	25.37	26.73	47	36.10	24	15
	54	14:00	21.40	22.67	23.53	25.33	43	33.90	21	28
	56	16:00	19.27	19.53	21.47	23.80	20	19.50	55	74
4	72	08:00	21.07	20.87	22.47	24.07	24	23.80	65	54
	74	10:00	19.93	20.13	22.00	23.40	35.4	31.20	27	39
	76	12:00	19.33	20.20	21.67	23.27	45	38.50	19	30
	78	14:00	18.60	19.73	21.23	22.80	41.9	29.90	35	37
	80	16:00	14.07	19.20	20.07	22.40	28	25.20	25	14
5	96	08:00	12.00	19.93	21.33	23.53	30.2	23.70	40	54
	98	10:00		18.07	19.73	21.97	35.4	31.2	40	39
	100	12:00		14.07	17.20	16.67	45	33.50	19	30
	102	14:00		13.40	15.40	16.47	23	22.60	69	65
	104	16:00		12.20	15.17	16.30	23.3	20.60	62	70
6	120	08:00			15.20	17.57	31	23.10	41	52
	122	10:00			14.00	17.07	36	31.2	41	40
	124	12:00			12.47	16.53	45	33.50	19	29
	126	14:00				14.37	24	22.60	68	65
	128	16:00				11.97	22.3	21.50	59	71

**Cuadro 31A Costos de fabricación beneficio húmedo capacidad de procesamiento de 100 sacos de 45.36 kg de café maduro procedente de cosecha de una hectárea.**

<b>COSTOS DE FABRICACIÓN BENEFICIO HÚMEDO CON CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO A CORDE A 1 ha</b>		
	<b>RECURSOS</b>	
<b>Costo 1 m3 sifón o Pila de fermentación</b>	sacos de cemento	Bloks
Costo	Q75.00	Q4.00
Cantidad	5	50
<b>COSTO TOTAL 1 m<sup>3</sup></b>		<b>Q575.00</b>
<b>m<sup>3</sup> deseados</b>		
16		
<b>Mano de obra (jornal)</b>		
4	Q64.55	
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>Q9,458.20</b>
<b>Costo 1 m2 de Patio de concreto</b>	sacos de cemento	Areana
Costo	Q75.00	Q8.00
Cantidad	0.5	1
<b>COSTO TOTAL 1 m<sup>2</sup></b>		<b>Q46.50</b>
<b>m<sup>2</sup> deseados</b>		
50		
<b>Mano de obra (jornal)</b>		
4	Q64.55	Q258.20
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>Q2,583.20</b>
<b>Costo 1 m de caño de correteo</b>	sacos de cemento	Bloks
Costo	Q75.00	Q4.00
Cantidad	0.5	8
<b>COSTO TOTAL 1 m</b>		<b>Q69.50</b>
<b>m deseados</b>		
10		
<b>Mano de obra (jornal)</b>		
2	Q64.55	Q129.10
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>Q824.10</b>
<b>COSTOS FABRICACIÓN BENEFICIO HÚMEDO CON CAPACIDAD SUFICIENTE PARA PROCESAR 100 qq CAFÉ MADURO</b>		<b>Q12,865.50</b>

**Cuadro 32A Cálculo del valor de desecho por el método “Libros de los activos”.**

VALOR DE DESECHO POR EL MÉTODO "LIBROS DE LOS ACTIVOS"					
Activos	Valor Contable	Depreciación acumulada fin del proyecto (5 años)			
5,000 plantas <sup>7</sup> en 1 ha	Q125,000.00	Q93,750.00			
Beneficio húmedo <sup>8</sup>	Q19,165.50	Q3,216.375			
Secadora solar	Q6,827.08	Q6,827.08			
<b>VALOR DE DESECHO</b>					<b>Q47,199.13</b>

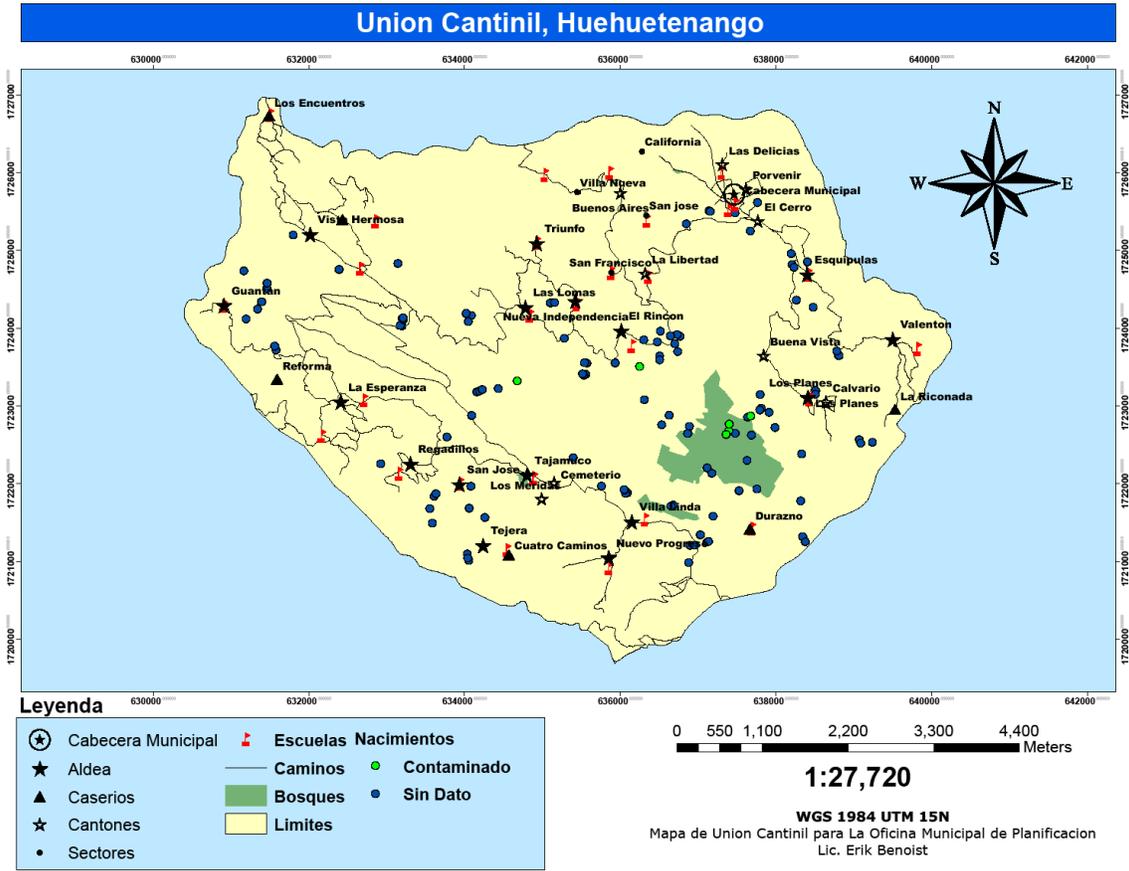
**Cuadro 33A Cálculo de la tasa de descuento.**

Td =	Tasa de descuento
% Inflación	4.07
% Tasa pasiva	5.47
% Riesgo (País)	38.87
% Riesgo (café) <sup>9</sup>	6
Resultado Td1 =	48.41
Resultado Td2 =	24.54

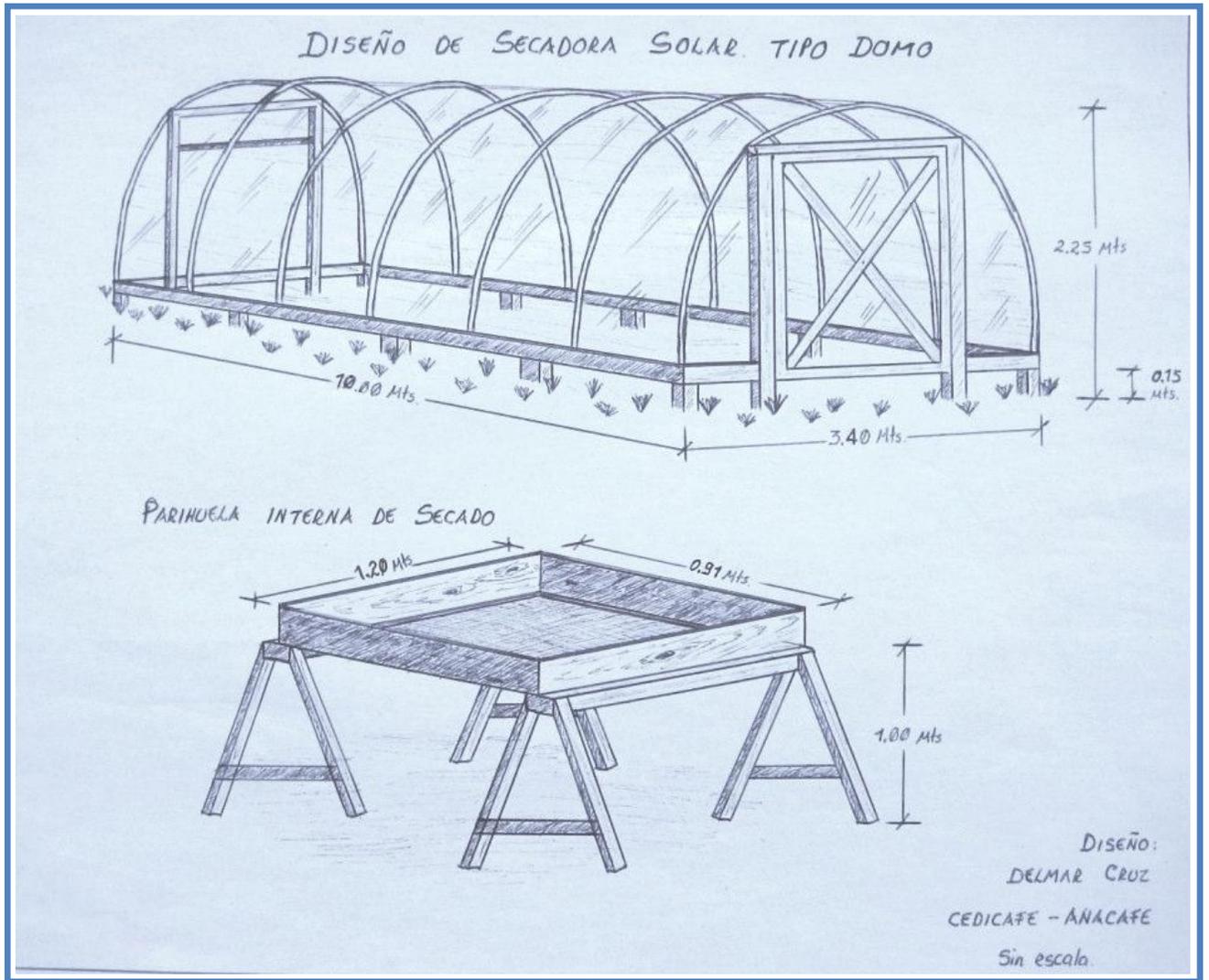
<sup>7</sup> Árboles, arbustos, frutales, otros árboles y especies vegetales que produzcan fruta o productos que generen rentas gravadas, con inclusiones de los gastos capitalizables para formar las plantaciones: 15% de depreciación. (SEGEPLAN, 2006)

<sup>8</sup> Sifón de 4 m<sup>3</sup>, 2 pilas de fermentación de 6 m<sup>3</sup>, 10 m de correteo, 1 motor de 3 hp y un despulpador No.2

<sup>9</sup> Se busca que el porcentaje de riesgo del proyecto sea mayor a la tasa pasiva como parámetro inferior, y como parámetro superior se puede considerar el porcentaje de pérdidas (directas o indirectas) anuales del café. (Bran, 2008)



**Figura 38A Mapa del municipio de Unión Cantinil.**



**Figura 39A Estructura interna secadora solar tipo “domo”.**

### **CAPITULO III**

**SERVICIOS REALIZADOS EN LA ALDEA VISTA HERMOSA, UNIÓN CANTINIL,  
HUEHUETENANGO, GUATEMALA, C.A.**

### 3.1 PRESENTACIÓN

Los sellos y programas de certificación además de abrir ventanas comerciales para los exportadores también son herramientas que permiten promover buenas prácticas administrativas en fincas de café, incluyendo las practicas que afectan el medio ambiente, la salud y el bien estar de productores y empleados de fincas, la producción y la calidad del producto.

Las asociaciones productoras de café a través de vincular buenas prácticas de administración de fincas con la calidad de café, logran alcanzar oportunidades comerciales únicas y exclusivas para productos certificados.

La certificación Rainforest Alliance y el programa Nespresso™ AAA SustainableQualityProgram por medio de sus asociados intenta ampliar la definición de calidad como un concepto que incluye la rentabilidad, protección de medioambiente, equidad en toda la cadena, y responsabilidad social.

Más allá de un objetivo comercial las certificaciones y programas buscan acompañar al productor en sus cambios hacia la sostenibilidad, verificar los planes de acción y la mejora continua de los involucrados, determinar las prácticas deficientes comunes, entre otros.

Nestlé Nespresso S.A., es una de las unidades con mayor crecimiento del grupo Nestlé, líder mundial en alimentos, bebidas, nutrición y salud. Nestlé Nespresso, es una unidad estratégica con responsabilidad propia para la investigación y el desarrollo, el abastecimiento de materias primas, producción y el mercadeo de sus productos.

Durante su crecimiento, Nespresso nunca ha dejado su enfoque dirigido a proveer la calidad máxima en todo lo que hace desde la selección de los mejores cafés de países exóticos hasta la comercialización y diferenciales otorgados a productores incorporados al programa.

RainforestAlliancees la secretaria de la Red de Agricultura Sostenible, y es la encargada de administrar los sistemas de verificación y certificación de la RAS en asociaciones productoras de café con enfoque sostenible.

Durante la ejecución de los servicios la labor realizada constó en brindar asesoría técnica y capacitaciones a asociaciones para cumplir con las normas y requerimientos de Rainforest Alliance y del programa Nespresso™ AAA SustainableQualityProgram que proveen de cafés especiales a la empresa EXPORT CAFÉ S.A. y de tal modo lograr las metas y objetivos comerciales de dicha entidad.

## **3.2 SERVICIO I**

### **Asesoría técnica brindada a la ADESCH (Asociación de Desarrollo Económico y Social “Los Chujes”)**

## **3.3 OBJETIVO**

Contribuir a la mejora de prácticas agrícolas y de procesamiento de café para calificar a los estándares de calidad requeridos por el sello Rainforest Alliance en el ciclo 2009 – 2010.

## **3.4 METODOLOGÍA**

### **3.4.1 Trabajo de campo**

Durante los servicios realizados se efectuaron visitas de campo a los productores asociados a la ADESCH, esta asociación se encuentra en la aldea Vista Hermosa, municipio de Unión Cantinil, Huehuetenango. Actualmente es presidida por el señor Servando Eusebio Del Valle López, la asociación cuenta con 49 asociados y para la cosecha 2009 – 2010 se produjeron 5 mil sacos de 45.36 kg de café pergamino seco. El café producido se exporta en su totalidad a Europa y debido a las exigencias del mercado internacional la asociación cuenta con el respaldo del sello de certificación Rainforest Alliance, el cual promueve la producción de café sostenible.

La certificación Rainforest Alliance contempla básicamente cuatro componentes para determinar la calidad en un sistema productivo y de tal modo aplicar a la certificación, los componentes son:

- Calidad del producto
- Sostenibilidad ambiental
- Aspectos económicos
- Aspectos sociales
- Administrador del grupo

Cada productor que está dentro del sello Rainforest Alliance está obligado a cumplir con cada uno de los aspectos mencionados, de lo contrario dicha asociación quedaría suspendida de la certificación la cual se renueva cada año mediante la visita de auditores calificados y neutros de cualquier interés económico y comercial entre la asociación y la certificación.

Durante la ejecución de los servicios se contempló fortalecer cada aspecto requerido por el sello de certificación en cada uno de los 49 asociados, con la finalidad de cumplir con los requisitos requeridos y lograr la certificación para el ciclo 2009 – 2010.

Para el cumplimiento de los componentes requeridos se realizaron los siguientes servicios:

### **3.4.2 Calidad del producto**

Se realizó una visita de campo a cada asociado tanto en la parcela como en el beneficio y se le dio asesoría con respecto a la conservación de la calidad e inocuidad del café, entre las recomendaciones principales se consideró cortar únicamente frutos maduros, mantener limpio el despulpador, no mezclar partidas de diferentes cortes, monitorear constantemente la fermentación del café y el lavado, mantener a los animales lejos del lugar de secado, etc. Otras recomendaciones brindadas a los asociados fueron sobre el almacenaje, específicamente se recomendó estibar los sacos de café en un lugar seco y fresco sobre tarimas de madera y separado a la pared, esto con la finalidad de facilitar las corrientes de aire fresco a través de las estibas y evitar que se humedezca el café y propiciar defectos que afectan directamente a la calidad.



**Figura 40 Recepción de café completamente maduro en sifón seco.**

### **3.4.3 Sostenibilidad ambiental**

En la visita realizada se evaluó el sistema completo de beneficio poniendo especial cuidado al manejo que el asociado daba a los subproductos, pues tanto la pulpa como el agua miel son considerados altamente contaminantes para el medio ambiente y es de los principales factores tomados en consideración por la certificación Rainforest Alliance, debido a que el sello se caracteriza por promover la producción en ambientes sostenibles, para contribuir con la problemática en el manejo de subproductos se le recomendó y asesoró al asociado sobre la fabricación de aboneras con el fin de dar un uso a la pulpa, igualmente se recomendó la fabricación de fosas de oxidación con la finalidad de darle manejo al agua miel proveniente del despulpado y del lavado del café fermentado, y mediante filtración en el suelo lograr la captación de la miel y otros sólidos contaminantes a cuerpos de agua cercanos como ríos, nacimientos, lagunas, etc.

Se tomaron en cuenta los desechos producidos por la finca para lo cual se propuso la fabricación de fosas tanto para basura orgánica e inorgánica y la elaboración de cajas de registro que capten grasas y jabón proveniente de aguas grises.



**Figura 41** Depósito para el manejo de pulpa.

#### **3.4.4 Aspectos económicos**

La calidad del café para el “consumidor” está establecida por sus características organolépticas y la inocuidad con la que fue elaborado, mientras que para el “productor” la calidad del café está establecida por la rentabilidad del mismo, es decir, para el productor el café es de calidad si tal cultivo es rentable, es por eso que la certificación RA (por sus siglas en inglés) requiere que el asociado tenga conocimientos administrativos en el producto; actualmente este es un conocimiento muy difícil de inculcar a una sociedad cafetalera la cual ha producido café durante años sin preocuparse por las utilidades o por el manejo de registros de producción debido al escaso nivel educativo que existe en las áreas rurales del país, pero a su vez es un requisito indispensable para obtener la certificación RA, por lo tanto se trabajó con cada asociado en el tema administrativo específicamente en la planificación y registro de producción.

Para lograr tal objetivo se le proporcionaba a cada asociado de un formato de planificación y registro de producción, en el cual el asociado anotaba por mes las actividades que realizaría según su costumbre de trabajo durante cada mes, de ese modo se lograba que el asociado planificara sus actividades anuales, dicho formato también contenía un calendario indicando todos los días de los doce meses en donde el asociado apuntaba la actividad que realizaba determinado día y el costo de esta, de ese modo se lograba que el asociado llevara un registro de producción y de gastos a lo largo de su ciclo productivo.



**Figura 42 Entrega de formatos de planificación y registro de producción.**

### **3.4.5 Aspectos sociales**

Al momento en que un sistema se vuelve sumamente productivo este obtiene mucha importancia y se le asigna más prioridad a otra serie de elementos e insumos, pero se descuida un trato justo a los trabajadores involucrados para lograr tales objetivos dentro del sistema de producción, la idea de productividad radica en producir más con menos insumos, y por lo tanto se ve directamente afectada la mano de obra con respecto al pago salarial, a las horas de trabajo, a la edad de los trabajadores, a la vivienda y alimentación que se les proporciona, etc. Por lo tanto en las visitas de campo realizadas a los asociados se trató el tema del trato socialmente justo a los trabajadores, en donde se les dio a conocer el monto actual del salario mínimo para trabajadores de campo, las horas de trabajo permitidas por la ley, al igual que tuvieron la oportunidad de conocer la normativa con respecto a la edad de los trabajadores establecida por RA en donde se pueden contratar menores de edad comprendidos entre los 14 a 18 años de edad media vez se lleve un registro por escrito de ellos, igualmente se consideraron elementos culturales pues mucha mano de obra es familiar, es decir que participan hijos, padres, etc. Por lo tanto la norma RA considera aceptable el trabajo de menores de edad media vez sean acompañados por sus padres o responsables, otros elementos considerados por la norma RA es proporcionar ambientes sanos a los trabajadores por lo tanto se les recomendó a los productores proveerles a los empleados temporales de viviendas aptas.



**Figura 43 Reunión final con miembro de la junta directiva ADESCH.**

### **Trabajo de documentación**

#### **3.4.6 Administrador de grupo**

La documentación está a cargo del administrador del grupo y este es un aspecto sumamente importante para la certificación Rainforest Alliance, como servicio enfocado a la documentación se elaboró una base de datos la cual contiene resultados de las últimas auditorías, producción total, Plan de mejoras, capacitaciones, listado de flora y fauna, cronograma de actividades anual, resultados de análisis de agua y suelo, igualmente se elaboró un Sistema de gestión socio – ambiental y un sistema interno de control para la asociación.

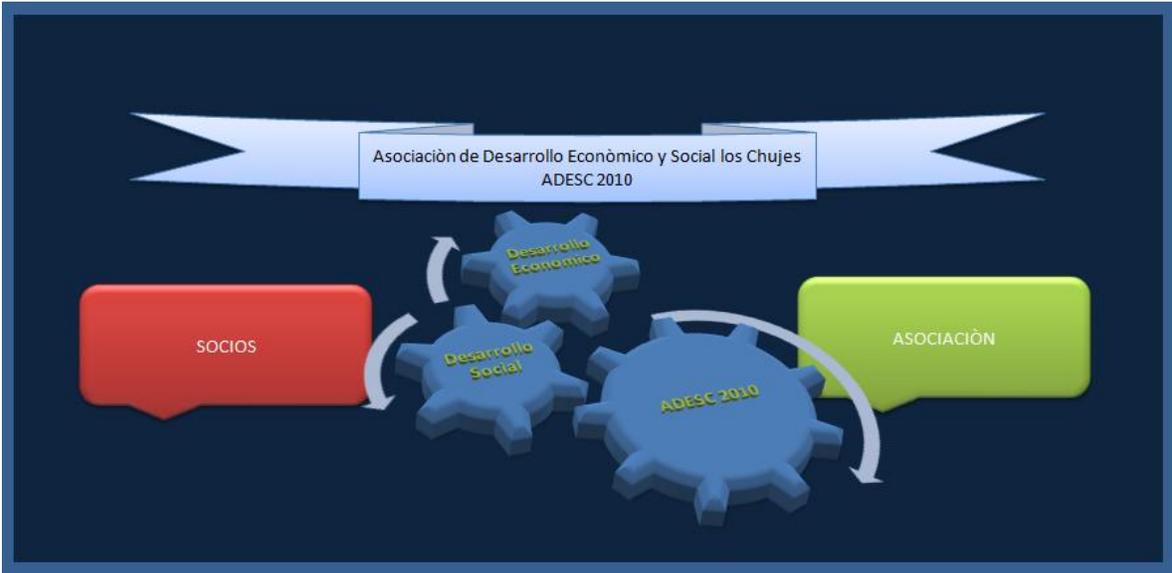


Figura 44 Menú inicio de la base de datos con información de los asociados y la asociación.



Figura 45 Base de datos con información de la asociación.

### 3.5 RESULTADOS

Se realizó satisfactoriamente la visita a los 49 asociados de la ADESCH, en donde se les pudo dar a conocer la normativa Rainforest Alliance para el cumplimiento de los requisitos de certificación.

La mayoría de socios realizan buenas prácticas agrícolas y de manufactura reduciendo las posibilidades de pérdida de calidad en el producto final, gracias a asesorías técnicas brindadas por EXPORT CAFÉ S.A. y ANACAFÉ.

Se logró distribuir a todos los asociados formatos de planificación y registro de actividades y se les enseñó sobre la importancia de la administración en el sistema de producción de café.

Se logró elaborar una base de datos completa, la cual contiene información de cada asociado como lo es el nombre, área cultivada, producción, mapas de uso actual del suelo, fertilizantes utilizados, etc. Igualmente la base de datos realizada contiene información propia de la asociación como lo es cronograma de actividades, plan de mejoras un sistema de gestión socio – ambiental, un sistema interno de control. Etc.

### **3.6 EVALUACIÓN DE RESULTADOS**

A través de los servicios realizados a la asociación ADESCH, satisfactoriamente se logró obtener la certificación Rainforest Alliance para el ciclo 2009 – 2010, dicha certificación brinda a la asociación de mejores oportunidades comerciales para la venta del café al mercado internacional.

Tal logro tuvo sus limitantes, entre ellas se pueden mencionar principalmente el bajo nivel de escolaridad de los asociados, el cual afectó la enseñanza hacia el uso de registros de producción y planificación, muchas veces por no saber leer y escribir o por falta de hábitos administrativos a pequeña escala.

Aunque como factores positivos merece mencionar el alto conocimiento técnico hacia el cultivo, la dedicación y tener la capacidad de trabajar de forma organizada dentro de una asociación.

### **3.7 SERVICIO II**

#### **Capacitaciones impartidas a asociaciones y cooperativas proveedoras de café Nespresso™ a la empresa EXPORT CAFÉ S.A.**

### **3.8 OBJETIVO**

Contribuir a la mejora de prácticas agrícolas en campo y en beneficiado húmedo de café para el cumplimiento con los estándares de calidad requeridos por el programa Nespresso™ AAA SustainableQualityProgram a asociaciones proveedoras de EXPORT CAFÉ S.A.

### **3.9 METODOLOGÍA**

#### **3.9.1 Caracterización del Clúster Huehuetenango**

El clúster Huehuetenango se ubica en el departamento del mismo nombre, en la República de Guatemala y es el primer clúster en haber sido constituido para el programa AAA de Nespresso en el país. El centro urbano del municipio de La Democracia, que puede considerarse como el punto estratégico de acceso al clúster, se ubica aproximadamente a 330 Km de Ciudad de Guatemala. Apartir de este punto, hay fincas pertenecientes a diversas cooperativas o asociaciones. El acceso es por medio de caminos de terracería que generalmente son transitables en época seca.

Las fincas se ubican en una región montañosa, en un rango de 1,300 a 1,800 metros sobre el nivel del mar y presentan una topografía escarpada. Se ubican en la vertiente del Golfo de México, principalmente en las cuencas de los ríos Selegua y Nentón.

De acuerdo con la clasificación de zonas de vida de L. Holdridge, las áreas productivas de las fincas del clúster se ubican en las zonas de vida de bosque húmedo montano bajo (bh-MB) y bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB).

Debido a las características físico-climáticas del clúster, todo el café producido es estrictamente duro (SHB, por sus siglas en inglés). En promedio, se producen 35 sacos de 45.36 kg de café en pergamino por hectárea cultivada. Los productores de este clúster llevan a cabo el beneficiado húmedo de su café y lo entregan en pergamino a la cooperativa o asociación; ésta lo recibe y lo almacena de manera separada para luego trasladarlo a las bodegas de EXPORT CAFÉ, S. A. en Huehuetenango.



**Figura 46** Vista panorámica de la región caficultora de la aldea Vista Hermosa, Unión Cantinil.

### 3.9.2 Planificación y logística para la ejecución de las capacitaciones del programa Nespresso™ AAA SustainableQualityProgram

A lo largo del mes de agosto del año 2009 se realizó la planificación y logística de las capacitaciones del programa Nespresso™ AAA SustainableQualityProgram, se involucraron a siete asociaciones y/o cooperativas, las cuales fueron ADESCH (Asociación de Desarrollo Económico y Social “Los Chujes”), Asociación “Flor del Café”, UPC (Unión de Pequeños Caficultores), Cooperativa “Hoja Blanca”, ASOPERC (Asociación de Permacultores de Cuilco), Asociación “AGAPE” y Asociación “ACODIHUE”.

El lugar donde se realizarían las capacitaciones se eligió en función a la ubicación de las asociaciones y/o cooperativas involucradas.

**Figura 47 Ubicación de capacitaciones programa Nespresso™ AAA SustainableQualityProgram**

Asociación	Lugar de realización
<b>ADESCH</b>	Bodega de la asociación ADESCH, Unión Cantinil.
<b>Flor del Café</b>	Salón de usos múltiples, aldea Flor del Café, Unión Cantinil.
<b>UPC</b>	Turicentro San Fernando, La Democracia.
<b>Cooperativa Hoja Blanca</b>	Instalaciones de la cooperativa, Aldea Hoja Blanca, Cuilco.
<b>ASOPERC</b>	Salón de usos múltiples, aldea Oaxaqueño, Cuilco.
<b>AGAPE</b>	Turicentro San Fernando, La Democracia.
<b>ACODIHUE</b>	Turicentro San Fernando, La Democracia.

Posteriormente se procedió a establecer el o los días necesarios de capacitación en función a la cantidad de asociados de cada entidad, y a contactarse con cada presidente de asociación y/o cooperativa con el objetivo de informar a sus socios de las capacitaciones y de los días en que estas fueron impartidas.

### 3.9.3 Ejecución de las capacitaciones del programa Nespresso™ AAA SustainableQualityProgram

Durante el mes de septiembre del año 2009, el administrador del clúster Huehuetenango, EXPORTCAFE, impartió 15 sesiones de capacitaciones, en las cuales se capacitaron a 280 productores de 7 cooperativas y asociaciones en los temas siguientes:

- **Calidad:** medidas de higiene en beneficios húmedos, control de calidad en las bodegas de los grupos de productores.
- **Económico:** renovación de cafetales, uso e importancia de la planificación y registros agrícolas, importancia de las capacitaciones.
- **Social:** reducción de riesgos en la salud humana en las fincas de café.
- **Ambiental:** Impactos ambientales de la producción de café y quema de basura, uso y manejo seguro de plaguicidas, vida silvestre y zonas de amortiguamiento.
- Después de los talleres se realizaron monitoreo, llenado de autoevaluaciones, elaboración de planificaciones anuales y explicación dirigida del llenado del formato de registros, así como asesoría sobre la implementación de los temas tratados en las capacitaciones, esto directamente en las fincas de los productores de asociaciones y cooperativas.



**Figura 48**Impartiendo capacitaciones a asociados de ADESCH.



**Figura 49**Entrega de diplomas a participantes de capacitaciones.

### **3.9.4 Constancias de las capacitaciones impartidas**

- Tomar fotografías de la situación antes y después de las capacitaciones.
- Generar listados de las capacitaciones, firmados por los participantes, explicando que temas se abarcaron en cada capacitación.
- Se pasaron encuestas diseñadas por IFC (International Finance Corporation, World Bank Group) que evalúa la satisfacción que los productores tuvieron de cada capacitación que se realizó y se elaboró un informe con las gráficas de los resultados.

## **3.10 RESULTADOS**

Se lograron impartir 15 sesiones de capacitaciones a asociaciones pertenecientes al programa Nespresso™ AAA SustainableQualityProgram, correspondiendo a un total de 280 asociados capacitados, posterior a las capacitaciones se realizaron visitas de campo con la finalidad de ampliar los temas tratados en las capacitaciones y brindar una asesoría técnica personalizada a cada productor asociado.

## **3.11 EVALUACIÓN DE RESULTADOS**

La asociación cumplió con todos los requisitos del Nespresso™ AAA SustainableQualityProgram para el período de 2009 a 2010, en donde tal cumplimiento se patentó a través de una auditoría externa realizada por una instancia neutra a los intereses comerciales y económicos entre EXPORT CAFÉ S.A. Y NESPRESSO. La aprobación de las asociaciones y cooperativas a los estándares del programa Nespresso™ AAA SustainableQualityProgram garantiza el cumplimiento de metas y objetivos comerciales a la empresa EXPORT CAFÉ S.A. colocándola entre las principales empresas exportadoras de café de calidad al mercado internacional.

### **3.12 SERVICIO III**

**Reparación y mantenimiento a la secadora solar tipo “domo” ubicada en la aldea Visa Hermosa, Unión Cantinil, Huehuetenango.**

### **3.13 OBJETIVOS**

Contribuir a la conservación de la infraestructura para el secado comunitario de café.

### **3.14 METODOLOGÍA**

Para la ejecución de este servicio se realizó la reparación del cobertor plástico de la secadora solar tipo “domo” al igual que a algunas zarandas que se encontraban en mal estado.

#### **3.14.1 Materiales**

Cinta adhesiva

Tijeras

Martillo

Clavos ½ pulgada

Retazos de polietileno transparente

#### **3.14.2 Reparaciones**

- Con la cinta adhesiva y los retazos de polietileno transparente se procedió a cubrir los agujeros y daños realizados por el viento al cobertor plástico instalado en la secadora solar tipo “domo”.

- Se identificó el mal estado de 4 zarandas y se procedió a unir nuevamente las esquinas con clavos de ½ pulgada.
- Uno de los cobertores de la salida posterior de aire estaba ausente, y se procedió a fabricar uno con las medidas de la abertura.



**Figura50 Daños localizados en el cobertor plástico.**



**Figura 51 Cobertor plástico totalmente reparado.**

### **3.15 RESULTADOS**

Se logró reparar en su totalidad el cobertor de la secadora solar tipo “domo” y proporcionar a la comunidad de una infraestructura funcional para las actividades en el secado de café.

### **3.16 RECOMENDACIONES**

Cambiar el cobertor plástico según las recomendaciones del fabricante o realizar dicha labor según la proporción del daño del cobertor.

## 3.17 ANEXOS

### 3.17.1 Términos y definiciones

- **Administrador del Cluster**

Es aquella entidad - puede ser la administración de un grupo de productores - un exportador, o hasta representante local de un importador; que tiene a su cargo mantener el sistema interno de control (SIC) y la ejecución del Programa AAA en un cluster.

- **Cluster**

Es la región o zona cafetalera que Nespresso ha identificado para incluir en el Programa AAA a través de procesos de catación y comercialización. Puede haber varios cluster por país.

- **Inspección**

Proceso durante el cual el administrador del cluster realiza la evaluación del mismo mediante la TASQ™, evaluando los criterios de calidad, económico, social y ambiental.

- **Mejora continua**

Actividad recurrente para aumentar la capacidad en cumplimiento de los requisitos.

- **Productor Pequeño**

Productor que no necesita mano de obra contratada para sus labores de cultivo, menor a 5.99 hectáreas en café. Si el productor tiene mano de obra permanente se convierte en mediano. (Para Kenya:  $\geq 0.1 - 1.99$  Has)

- **Productor Mediano**

Productor con finca de café entre 6 y 9.99 hectáreas. Si el trabajo de la finca lo realiza con mano de obra familiar, con excepción de épocas de cosecha, se convierte en pequeño.

(Para Kenya:  $\geq 2.0 - 9.99$  Has)

- **Productor Grande**

Productor con finca de café mayor a 10 hectáreas. (En Brasil se utiliza una misma TASQ sin importar el tamaño del productor)

- **Productor Muy grande**

Productores proveedores de fincas que por su tamaño sobre salen en el cluster, las cuales son inspeccionadas cada año.

- **Verificación:**

Proceso durante el cual el socio de la RAS realiza la evaluación del cluster por medio de la TASQ™ y valida los resultados presentados por el administrador en las inspecciones.

- **TASQ™**

*Tool for the Assessment of Sustainable Quality™* (TASQ™). TASQ™, es un sistema innovador de asesoría de fincas que integra prácticas de administración de la finca que afectan el bienestar de trabajadores, el medio ambiente, la sostenibilidad económica de la finca y la calidad de café; permite a asesores capacitados evaluar las prácticas de fincas de café, incluyendo las prácticas que afectan el medio ambiente, la salud y el bienestar de productores y empleados de fincas, la producción y la calidad del producto.

- **NESPRESSO™**

Nestlé Nespresso S.A., es una de las unidades con mayor crecimiento del grupo Nestlé, líder mundial en alimentos, bebidas, nutrición y salud. Nestlé Nespresso, es una unidad estratégica con responsabilidad propia para la investigación y el desarrollo, el abastecimiento de materias primas, la producción y el mercadeo de sus productos premios de café.

Nespresso es el pionero en el mercado de café en capsulas, con el objetivo de proveer la máxima calidad de cafés para ser disfrutado en el confort de los hogares de los consumidores. También provee café para uso fuera de la casa, por ejemplo a restaurantes, hoteles y oficinas, entre otros.

Con un porcentaje de mercado muy considerable en los últimos años, Nespresso es el líder del mercado europeo en máquinas de espresso. Nespresso opera en más de 40 países alrededor del mundo.

Durante su crecimiento, Nespresso nunca ha dejado su enfoque dirigido a proveer la calidad máxima en todo lo que hace desde la selección de los mejores cafés de países exóticos, hasta el diseño de máquinas que no solo son un placer estético sino también amigable en su uso, hasta un servicio profesional para los miembros del Club en todo el mundo.

- **Los Proveedores de Café AAA**

Estas empresas venden café AAA a Nespresso en Suiza y son socios en este proyecto de cafés especiales, así como los encargados de desarrollar las actividades dentro del Programa AAA.

- **Red de Agricultura Sostenible (RAS)**

La Red de Agricultura Sostenible, es una coalición de organizaciones conservacionistas independientes, sin fines de lucro, que fomenta la sostenibilidad social y ambiental de actividades agrícolas mediante el desarrollo de normas y la certificación de fincas que cumplan con las mismas. Cada organización miembro de la Red de Agricultura Sostenible provee servicios de certificación y verificación a productores y empresas agrícolas en su país. Los socios de la RAS se encargan también de auditorías bajo la “Norma para Agricultura Sostenible”, la cual es la herramienta para certificarse Rainforest Alliance y usar el sello reconocido Rainforest Alliance Certified™. Además, la RAS presta otros servicios, y es cofundador y verificador del Programa AAA de Nespresso.

- **Rainforest Alliance**

Rainforest Alliance, es la secretaría de la Red de Agricultura Sostenible, y administra los sistemas de verificación y certificación de la RAS. En el Programa AAA, Rainforest Alliance (***oficina con sede en Costa Rica***) es la entidad coordinadora de todas las actividades que se desarrollan.

Rainforest Alliance y la Red de Agricultura Sostenible apoyan a Nespresso en el desarrollo del Programa AAA, principalmente por la amplia relación y contenido de los sistemas que se están promoviendo, tanto en la verificación TASQ como en la certificación de normas de la RAS “Norma de Agricultura Sostenible.”

A pesar de ello existen ciertas diferencias que son importantes ampliar:

- El Programa AAA es una verificación, mientras Rainforest Alliance Certified es una certificación.
- El Programa AAA requiere un sistema de control interno más flexible que lo aplicado por la RAS, de igual forma, el alcance de los *cluster* de Nespresso es diferente a lo que exige la RAS para una certificación grupal.
- El Programa AAA exige la trazabilidad como requisito de los cluster, similar como en la certificación Rainforest Alliance.
- El programa realiza un seguimiento a las fallas encontradas para obtener la mejora en el desempeño de los *cluster*.
- El programa AAA exige el cumplimiento de indicadores de calidad.

Sin embargo, es importante enfatizar que los dos programas tienen diferentes objetivos aunque poseen las mismas características, entre ellas: el trabajo con pequeños productores, ser un programa de buenas prácticas, buscan mejorar la calidad del café; la diferencia principal entre ambas normas radica en que Nespresso verifica la implementación de las buenas prácticas (no es un sello de certificación), mientras que Rainforest Alliance Certifica la implementación de buenas prácticas según su norma interna de certificación.

Existe un documento que compara las dos normativas (Programa AAA vs Rainforest Alliance). Como es un programa diferente, los *cluster* de Nespresso no están autorizados a usar el Sello de Rainforest Alliance Certified hasta que no obtengan dicha certificación; dado que Nespresso es un programa de buenas prácticas y no de certificación.

### 3.18 BIBLIOGRAFÍA

1. ANACAFÉ (Asociación Nacional del Café, GT). 2006. Guía técnica de caficultura. Guatemala. 214 p.
2. \_\_\_\_\_. 2008. Evaluación de eficiencia de secadora solar tipo invernadero en relación a patio de secado y parihuela. San Cristóbal, Alta Verapaz, Guatemala, Oficina Técnica Anacafé, Región 6. 45 p.
3. \_\_\_\_\_.2008. Perfil de taza, un mapa de características del café. El Cafetal (enero):8-9.
4. \_\_\_\_\_. 2009. Cifras de cierre de año cafetalero 2008 – 2009 (en línea). Guatemala, ANACAFE, Boletín no. 07/2009. Consultado 10 Dic. 2009. Disponible en [http://portal.anacafe.org/Portal/DesktopModules/showcontent.aspx?Eid=10&Path=Documents/News/2009-10/10/91Anacafé--19.10.2009--Cierre\\_de\\_Año\\_Cafetero\\_2008.09.doc&ContentType=application/msword&lid=1524](http://portal.anacafe.org/Portal/DesktopModules/showcontent.aspx?Eid=10&Path=Documents/News/2009-10/10/91Anacafé--19.10.2009--Cierre_de_Año_Cafetero_2008.09.doc&ContentType=application/msword&lid=1524)
5. Anzueto, F. 2007. Calidad e inocuidad en el café. El Cafetal (octubre):12-14.
6. Barrios, A. 1997. Desafíos del beneficiado húmedo en Centro América. Guatemala, Programa de Mejoramiento del Café / Centro Internacional para la Investigación Agrícola para el Desarrollo. 125 p.
7. Bran, R. 2008. Análisis de pérdidas post cosecha anuales (Comunicación personal). Guatemala. FAUSAC.
8. Campos, O; Barrios, M. 2006. Secadoras solares como alternativa para el secado de café. El Cafetal (abril):4–6.
9. Figueroa, V. 2009. Etapas del beneficiado húmedo y cuidados en la conservación de la calidad (entrevista). Vista Hermosa, Unión Cantinil, Huehuetenango, Asociación de Desarrollo Económico y Social los Chujes (ADESCH).
10. Granados, A. 2009. Etapas del beneficiado húmedo y cuidados en la conservación de la calidad (entrevista). Vista Hermosa, Unión Cantinil, Huehuetenango, Asociación de Desarrollo Económico y Social los Chujes (ADESCH).
11. Valle, D Del. 2009. Etapas del beneficiado húmedo y cuidados en la conservación de la calidad (entrevista). Vista Hermosa, Unión Cantinil, Huehuetenango, Asociación de Desarrollo Económico y Social los Chujes (ADESCH).

12. Valle, EDel. 2009. Etapas del beneficiado húmedo y cuidados en la conservación de la calidad (entrevista). Vista Hermosa, Unión Cantinil, Huehuetenango, Asociación de Desarrollo Económico y Social los Chujes (ADESCH).
13. Valle, MDel. 2009. Etapas del beneficiado húmedo y cuidados en la conservación de la calidad (entrevista). Vista Hermosa, Unión Cantinil, Huehuetenango, Asociación de Desarrollo Económico y Social los Chujes (ADESCH).
14. Valle, SDel. 2009. Procesos de beneficiado húmedo realizado por productores de la ADESCH (entrevista). Vista Hermosa, Unión Cantinil, Huehuetenango, Asociación de Desarrollo Económico y Social los Chujes (ADESCH).