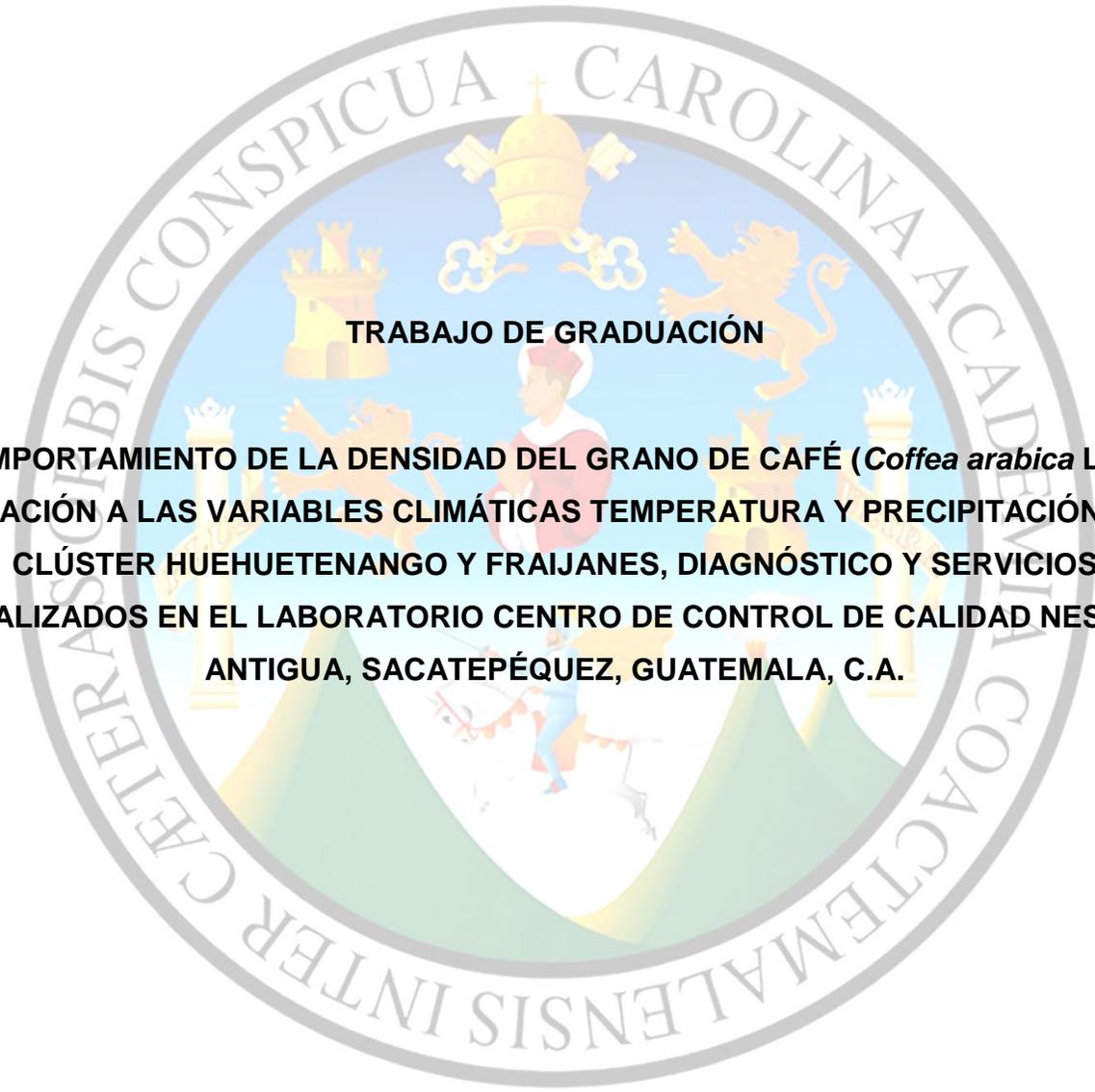


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure of a man in a red and white robe, possibly a scholar or saint, standing on a green hill. Above him is a golden crown with a cross on top. To the left is a golden castle tower, and to the right is a golden lion rampant. The background is light blue. The seal is surrounded by a grey border containing the Latin text "CETERA SIBI CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER".

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**COMPORTAMIENTO DE LA DENSIDAD DEL GRANO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN
RELACIÓN A LAS VARIABLES CLIMÁTICAS TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN DEL
CLÚSTER HUEHUETENANGO Y FRAIJANES, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS
REALIZADOS EN EL LABORATORIO CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD NESTLÉ
ANTIGUA, SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.**

JOSUÉ ISAÍ SANTOS AQUINO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2020

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**COMPORTAMIENTO DE LA DENSIDAD DEL GRANO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.)
EN RELACIÓN A LAS VARIABLES CLIMÁTICAS TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN
DEL CLÚSTER HUEHUETENANGO Y FRAIJANES, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS
REALIZADOS EN EL LABORATORIO CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD NESTLÉ
ANTIGUA, SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

JOSUÉ ISAÍ SANTOS AQUINO

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



RECTOR

Ing. M.Sc. Murphy Olympo Paiz Recinos

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL I	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL II	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL III	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	P. Agr. Marlon Estuardo González Álvarez
VOCAL V	Br. Sergio Wladimir González Paz
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Aroldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2020

Guatemala, octubre de 2020

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

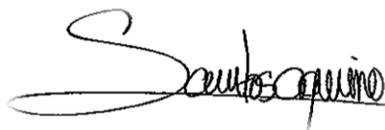
Honorables miembros:

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 titulado: **“COMPORTAMIENTO DE LA DENSIDAD DEL GRANO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN RELACIÓN A LAS VARIABLES CLIMÁTICAS TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN DEL CLÚSTER HUEHUETENANGO Y FRAIJANES, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD NESTLÉ ANTIGUA, SACATEPÉQUEZ, 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”

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Josue Santos Aquino', with a large, stylized initial 'S'.

Josué Isaí Santos Aquino

ACTO QUE DEDICO

- A DIOS:** Por brindarme paciencia, sabiduría y entendimiento en todo momento a lo largo de mi vida y carrera universitaria.
- A MARÍA AUXILIADORA:** Por siempre sujetar mi mano, cubrirme con su manto protector y no desampararme nunca.
- A SAN JUAN BOSCO:** Padre y maestro de la juventud, gracias por siempre mostrarme la luz en los momentos más difíciles.
- A MIS ABUELITOS:** Clementina Joge, María Aquino, Jesús Barbero y Trinidad Santos (Q.E.P.D.): por cuidarme desde muy pequeño en vida y seguir haciéndolo hasta el día de hoy desde el cielo, los amo y los llevo en mi corazón siempre. A Olivia Barrios y Mario Rosales: gracias por ser partícipes de momentos gratos, amorosos y de enseñanza durante todo momento, son parte fundamental en mi vida, los quiero muchos abuelitos.
- A MIS PADRES:** Lcda. Patricia Aquino y Lcdo. Cesar Santos; quienes me han formado a lo largo de la vida con amor, ternura y dedicación. Definitivamente sin ustedes esto no pudiese haber sido posible, mil gracias por estar a mi lado en todo momento, los adoro con todo mi corazón, son un gran ejemplo para mi hermano y para mí.
- A MI HERMANO:** Marcos Santos, por ser ese hermanito menor al que hay que cuidar siempre, gracias por creer en mí, te amo mucho.
- A MI FAMILIA** Tías, tíos, primas y primos por ser una de las fuentes de energía para poder salir adelante, gracias por sus valiosos consejos y por el apoyo brindado, los quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS

- Al país de la Eterna Primavera Guatemala:** Por ser un país rico en recursos naturales, y que a pesar de los problemas que lo envuelven, está lleno de personas valientes, trabajadoras y honradas que día a día luchan por salir adelante. Gracias por brindarme mucho de ti Guatemala, me siento orgulloso de ser chapín.
- A la Tricentaria Universidad de San Carlos de Guatemala:** Por abrirme sus puertas y haberme formado no solo como profesional sino también como persona. ¡Qué viva la Universidad de San Carlos de Guatemala!
- A la gloriosa Facultad de Agronomía:** Por haberme transmitido todos sus conocimientos en cada una de sus aulas para mi formación académica y profesional.
- A mis facilitadores de EPS:** Ing. Agr. Edgar Franco e Ing. Agr. Marco Muy por su valioso tiempo, confianza y paciencia en la elaboración del presente documento, siempre les estaré muy agradecido.
- A mis profesores:** Por ser grandes personas y estar dispuestos a compartir todas sus experiencias y conocimientos a lo largo de mi estadía en la Facultad de Agronomía.
- A Nestlé Fábrica Antigua y al Laboratorio Centro de Control de Calidad Nestlé Antigua:** En especial a los profesionales a cargo del NQCC Antigua por compartir sus conocimientos día a día durante el desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado, mil gracias por la oportunidad brindada.

**A mis amigos de la
Facultad de Agronomía y
de la vida:**

En especial a Domingo Soc, David Paiz, Isaí Pérez, Jorge Vidal, Hary Rojas, Paolo Canel, Katherine Urbina, Yenner Ángel, Hamblet León, Luis Arévalo, Bryan Sey, Abigail Andrade, Mónica López, Sergio González, Lizbeth Sapón, Javier Ruiz, Ricardo Solares, Gustavo Salazar, Alexander Vélasquez, Josué Archila, Milton Cana, Pedro Ros, Karla López, Heliberto Méndez, Carlos Roquel, Pedro Donado, Pablo Donado (Q.E.P.D), Javier Velásquez y Ángel Guzmán, cada uno de ustedes es muy especial para mí por ser personas reales y compartir momentos gratos dentro de la Facultad así como fuera de ella, muchísimas gracias.

**A mis amigos del EPS y
de la vida:**

Araceli Arriola, Jorge Comte, Emilio Mas, Douglas Mux, Mónica Corado, Gaby Osorio, María Fernanda Larios, Edie Sánchez y Karla Melgar por permitirme conocerlos y hacer más amena mi estadía en Antigua, espero nuestra amistad siga a lo largo de la vida, los quiero muchachos.

ÍNDICE GENERAL

TÍTULO	PÁGINA
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE CUADROS	xii
RESUMEN	xii

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DEL LABORATORIO DE CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD NESTLÉ (NQCC) ANTIGUA, ANTIGUA GUATEMALA, SACATEPÉQUEZ.....	1
1.1 PRESENTACIÓN	3
1.2 OBJETIVOS.....	4
1.2.1 General.....	4
1.2.2 Específicos	4
1.3 MARCO REFERENCIAL	5
1.3.1 Generalidades de la empresa Nestlé Fábrica Antigua.....	5
1.4 METODOLOGÍA Y RECURSOS	6
1.4.1 El diagnóstico	6
1.4.2 Recolección de información.....	6
1.4.3 Flujo de trabajo	6
1.4.4 Entrevistas informales.....	6
1.4.5 FODA.....	7
1.4.6 Priorización de problemáticas.....	8
1.4.7 Recursos.....	8
1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10

TÍTULO	PÁGINA
1.5.1 Áreas que integran el laboratorio Centro de Control de Calidad Nestlé (NQCC)	
Antigua	10
1.5.2 Jerarquización de principales limitantes presentes en el laboratorio de NQCC	
Antigua	11
B. Análisis del FODA, de manera analítica (cruzada).....	13
a. Estrategia FO	13
b. Estrategia FA.....	13
c. Estrategia DO.....	13
d. Estrategia DA	14
C. Árbol de problemas	14
D. Descripción de las limitantes encontradas	18
E. Limitantes priorizadas.....	20
1.6 CONCLUSIONES.....	21
1.7 RECOMENDACIONES	22
1.8 BIBLIOGRAFÍA	23

CAPÍTULO II

COMPORTAMIENTO DE LA DENSIDAD DEL GRANO DE CAFÉ <i>Coffea arabica</i> L. EN RELACIÓN A LAS VARIABLES CLIMÁTICAS TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN DEL CLÚSTER HUEHUETENANGO Y FRAIJANES, GUATEMALA, C.A.	25
2.1. PRESENTACIÓN.....	27
2.2. MARCO TEÓRICO.....	28
2.2.1. Marco conceptual	28
A. Origen y botánica del café.....	28
B. Importancia del cultivo de café en Guatemala.....	28
C. Superficie total del cultivo de café en Guatemala.....	28

TÍTULO	PÁGINA
D. Mercado de exportación del café	28
E. Botánica del café	29
F. Taxonomía del café	29
G. Ciclo de vida y fases fenológicas del café	30
H. Fases fenológicas del café	30
I. Factores ecológicos que influyen en el desarrollo del cultivo de café.....	31
J. Fase reproductiva del café.....	36
K. Etapas durante el desarrollo de la inflorescencia y de la flor	38
L. Desarrollo del fruto del café	39
M. Factores que afectan el desarrollo del fruto de café	40
2.2.2. Marco referencial	44
A. Descripción y ubicación Nestlé Fábrica Antigua	44
B. Laboratorio Centro de Control de Calidad Nestlé (NQCC) Antigua	44
C. Evaluación de muestras de café verde en el laboratorio (NQCC) Antigua	44
2.3. OBJETIVOS.....	45
2.3.1. Objetivo general.....	45
2.3.2. Objetivos específicos	45
2.4. METODOLOGÍA	46
2.4.1. Materiales y métodos.....	46
A. Áreas de estudio	46
B. Interpretación de las variables	47
2.4.2. Descripción del análisis de variables	48
2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49

TÍTULO	PÁGINA
2.5.1. Precipitación mensual (Pm) y temperatura promedio mensual (Tpm) del clúster de Huehuetenango cosechas del año 2012 al 2016	49
2.5.2. Precipitación mensual (Pm) y temperatura promedio mensual (Tpm) del clúster de Fraijanes cosechas del año 2012 al 2016.....	57
2.5.3. Comportamiento de la densidad del grano de café con la variable temperatura promedio mensual (Tpm) y precipitación mensual durante el periodo crítico del clúster Huehuetenango cosechas 2012 al 2016.....	65
2.5.4. Comportamiento de la densidad del grano de café con la variable temperatura promedio mensual y precipitación mensual durante el periodo crítico del clúster Fraijanes cosechas 2012 al 2016.....	73
2.5.5. Comportamiento de la densidad del grano de café con la variable temperatura promedio mensual y precipitación mensual durante el periodo de desarrollo total del grano del clúster Huehuetenango cosechas 2012 al 2016	81
2.5.6. Comportamiento de la densidad del grano de café con la variable temperatura promedio mensual y precipitación mensual durante el periodo de desarrollo total del grano del clúster Fraijanes cosechas 2012 al 2016	91
2.6. CONCLUSIONES.....	102
2.7. RECOMENDACIONES	103
2.8. BIBLIOGRAFÍA	104
2.9. ANEXOS	109

CAPÍTULO III

SERVICIOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD NESTLÉ (NQCC) ANTIGUA, SACATÉPEQUEZ, GUATEMALA.....	115
3.1. Presentación	117
3.2. Servicio 1: Readequación y señalización del área de almacenamiento de muestras de café.....	118

TÍTULO	PÁGINA
3.2.1. Objetivos.....	118
A. Objetivo general.....	118
B. Objetivo específico	118
3.2.2. Metodología	118
A. Inventario.....	118
B. Ubicación de muestras	118
C. Identificación de muestras	118
D. Readecuación y rotulación del área de muestras	119
3.2.3. Resultados.....	120
A. Inventario.....	120
B. Ubicación de muestras	120
C. Identificación de muestras	122
D. Readecuación y rotulación del área de muestras	124
3.2.4. Evaluación	131
3.3. Servicio 2: Elaboración de banco de defectos físicos del grano de café.	132
3.3.1. Objetivos.....	132
A. Objetivo general.....	132
B. Objetivo específico	132
3.3.2. Metodología	132
A. Selección de muestras.....	132
B. Identificación de defectos físicos	132
C. Clasificación de defectos	133
D. Elaboración del banco de defectos físicos y su descripción	133
3.3.3. Resultados y discusión	134
A. Selección de muestras.....	134
B. Identificación de defectos físicos	135

TÍTULO	PÁGINA
C. Clasificación de defectos.....	136
D. Elaboración del banco de defectos físicos y su descripción.....	136
3.3.4. Evaluación.....	138
3.4. Servicio 3: Banco de sabores fuera de taza (off flavors)	139
3.4.1. Objetivos	139
A. Objetivo general	139
B. Objetivo específico	139
3.4.2. Metodología.....	139
A. Identificación de muestras con sabores fuera de taza.....	139
B. Clasificación e ingreso de la muestra al banco de sabores fuera de taza	139
3.4.3. Resultados	140
A. Banco de sabores fuera de taza.....	140
3.4.4. Evaluación.....	143
3.4.5. Bibliografía	144
3.4.6. Anexos	146

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1.Falta de disposición y preservación en el almacenamiento de muestras de café evaluadas.....	14
Figura 2.Banco de defectos físicos de grano de café incompleto.	15
Figura 3.Banco de defectos en tasa o sabores no deseables en calidad de tasa de grano de café incompleto.	16
Figura 4.Falta de información que relacione efecto de condiciones climáticas de zonas cafetaleras proveedoras de café a Nestlé y densidad del grano de café.	17
Figura 5.Curva de desarrollo del fruto de café después de la floración.....	40
Figura 6.Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo crítico de 26 semanas (180 días) en el área de Huehuetenango de la cosecha 2012-2013.....	49
Figura 7.Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo de desarrollo total de 35 semanas (243 días) en el área de Huehuetenango de la cosecha 2012-2013.....	50
Figura 8.Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura Promedio mensual durante el periodo crítico de 26 semanas (180 días) en el área de Huehuetenango de la cosecha 2013-2014.....	51
Figura 9.Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo de desarrollo total de 35 semanas (243 días) en el área de Huehuetenango de la cosecha 2013-2014.....	52
Figura 10.Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo crítico de 26 semanas (180 días) en el área de Huehuetenango de la cosecha 2014-2015.....	53
Figura 11.Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo de desarrollo total de 35 semanas 243 días) en el área de Huehuetenango de la cosecha 2014-2015.	54
Figura 12.Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo crítico de 26 semanas (180 días) en el área de Huehuetenango de la cosecha 2015-2016.....	55
Figura 13.Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo de desarrollo total de 35 semanas (243 días) en el área de Huehuetenango de la cosecha 2015-2016.....	56

FIGURA	PÁGINA
Figura 14. Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo crítico de 26 semanas (180 días) en el área de Fraijanes de la cosecha 2012-2013.	57
Figura 15. Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo de desarrollo total de 35 semanas (243 días) en el área de Fraijanes de la cosecha 2012-2013.	58
Figura 16. Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo crítico de 26 semanas (180 días) en el área de Fraijanes 2013 -2014.	59
Figura 17. Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo de desarrollo total de 35 semanas (243 días) en el área de Fraijanes de la cosecha 2013-2014.	60
Figura 18. Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo crítico de 26 semanas (180 días) en el área de Fraijanes de la cosecha 2014-2015.	61
Figura 19. Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo de desarrollo total de 35 semanas (243 días) en el área de Fraijanes de la cosecha 2014-2015.	62
Figura 20. Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo crítico de 26 semanas (180 días) en el área de Fraijanes de la cosecha 2015-2016.	63
Figura 21. Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo de desarrollo total de 35 semanas (243 días) en el área de Fraijanes de la cosecha 2015-2016.	64
Figura 22. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 180 días de la cosecha 2012-2013 clúster Huehuetenango..	65
Figura 23. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 180 días de la cosecha 2012-2013 clúster Huehuetenango.	66
Figura 24. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 180 días de la cosecha 2013-2014 clúster Huehuetenango..	67
Figura 25. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 180 días de la cosecha 2013-2014 clúster Huehuetenango.	68
Figura 26. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 180 días de la cosecha 2014-2015 clúster Huehuetenango.	69

FIGURA	PÁGINA
Figura 27. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 180 días de la cosecha 2014-2015 clúster Huehuetenango.	70
Figura 28. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 180 días de la cosecha 2015-2016 clúster Huehuetenango. .	71
Figura 29. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 180 días de la cosecha 2015-2016 clúster Huehuetenango.	72
Figura 30. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 180 días de la cosecha 2012-2013 clúster Fraijanes.	73
Figura 31. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 180 días de la cosecha 2012-2013 clúster Fraijanes.	74
Figura 32. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 180 días de la cosecha 2013-2014 clúster Fraijanes.	75
Figura 33. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 180 días de la cosecha 2013-2014 clúster Fraijanes.	76
Figura 34. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 180 días de la cosecha 2014-2015 clúster Fraijanes.	77
Figura 35. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 180 días de la cosecha 2014-2015 clúster Fraijanes.	78
Figura 36. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 180 días de la cosecha 2015-2016 clúster Fraijanes.	79
Figura 37. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 180 días de la cosecha 2015-2016 clúster Fraijanes.	81
Figura 38. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 243 días de la cosecha 2012-2013 clúster Huehuetenango. .	82
Figura 39. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 243 días de la cosecha 2012-2013 clúster Huehuetenango.	83
Figura 40. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 243 días de la cosecha 2013-2014 clúster Huehuetenango. .	84
Figura 41. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 243 días de la cosecha 2013-2014 clúster Huehuetenango.	85
Figura 42. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 243 días de la cosecha 2014-2015 clúster Huehuetenango. .	86
Figura 43. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 243 días de la cosecha 2014-2015 clúster Huehuetenango.	87

FIGURA	PÁGINA
Figura 44. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 243 días de la cosecha 2015-2016 clúster Huehuetenango.	89
Figura 45. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 243 días de la cosecha 2015-2016 clúster Huehuetenango.	90
Figura 46. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 243 días de la cosecha 2012-2013 clúster Fraijanes.	92
Figura 47. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 243 días de la cosecha 2012-2013 clúster Fraijanes.	93
Figura 48. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 243 días de la cosecha 2013-2014 clúster Fraijanes.	94
Figura 49. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 243 días de la cosecha 2013-2014 clúster Fraijanes.	95
Figura 50. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 243 días de la cosecha 2014-2015 clúster Fraijanes.	96
Figura 51. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 243 días de la cosecha 2014-2015 clúster Fraijanes.	97
Figura 52. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual.	98
Figura 53. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 243 días de la cosecha 2015-2016 clúster Fraijanes.	99
Figura 54. Área de almacenamiento al momento de realizar el inventario en donde se puede observar que no existe identificación alguna de cada grupo de muestras.	121
Figura 55. Muestra Nespresso identificada con papel adhesivo de color anaranjado encima de su etiqueta de información general de la muestra.	122
Figura 56. Muestra Nescafé identificada con etiqueta de información general de la muestra.	123
Figura 57. Muestras Nescafé y Nespresso (con papel adhesivo anaranjado) en anaquel metálico.	124
Figura 58. Anaqueles metálicos de siete niveles ubicados en el centro del área de almacenamiento con muestras rechazadas Nescafé.	125
Figura 59. Muestras Nescafé rechazadas por sabor fuera de tasa, clasificadas por el color de recipiente, mes de análisis y número de muestra para su trazabilidad dentro del laboratorio.	126

FIGURA	PÁGINA
Figura 60. Etiquetas magnéticas utilizadas para identificar por mes cada anaquel metálico según metodología Nescafé o Nespresso.....	127
Figura 61. Anaquel rotulado con nombre de metodología Nescafé o Nespresso según mes de ingreso de la muestra que corresponde.....	128
Figura 62. Muestras de café aprobadas colocadas por mes según metodología Nescafé o Nespresso.....	129
Figura 63. Muestras de café rechazadas colocadas por mes de análisis y por color de recipiente según sabor fuera de tasa.....	130
Figura 64. Preparación de cada una de las muestras de café antes de ser analizadas organoléptica y físicamente.....	134
Figura 65. Tamizaje de la muestra de granos de café verde para determinar presencia de defectos físicos.	135
Figura 66. Banco de defectos físicos en grano de café verde laboratorio NQCC Antigua.....	136
Figura 67. Portada y matriz del álbum de defectos físicos en el grano de café verde.....	137
Figura 68. Grano mohoso y grano fermentado los cuales formaron parte del banco de sabores fuera de taza.	141
Figura 69. Ejemplo de etiqueta colocada a cada muestra del banco de sabores fuera de taza con información principal y sintetizada.	142
Figura 70A. Álbum de defectos físicos en grano de café verde.	146

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
Cuadro 1. Áreas, funciones y limitaciones de Centro de Control de Calidad Nestlé Antigua.....	10
Cuadro 2. Matriz FODA del Centro de Control de Calidad Nestlé Antigua.	12
Cuadro 3A. Variables de temperatura media mensual T (°C), precipitación media (mm) y densidad del grano (gr/cm ³) a 180 días y 243 días cosecha 2012-2013.	109
Cuadro 4A. Variables de temperatura media mensual T (°C), precipitación media (mm) y densidad del grano (gr/cm ³) a 180 días y 243 días cosecha 2013-2014.	110
Cuadro 5A. Variables de temperatura media mensual T (°C), precipitación media (mm) y densidad del grano (gr/cm ³) a 180 días y 243 días cosecha 2014-2015.	110
Cuadro 6A. Variables de temperatura media mensual T (°C), precipitación media (mm) y densidad del grano (gr/cm ³) a 180 días y 243 días cosecha 2015-2016.	111
Cuadro 7A. Variables de temperatura media mensual T (°C), precipitación media (mm) y densidad del grano (gr/cm ³) a 180 días y 243 días cosecha 2012-2013.	111
Cuadro 8A. Variables de temperatura media mensual T (°C), precipitación media (mm) Y densidad del grano (gr/cm ³) a 180 días y 243 días cosecha 2013-2014.	112
Cuadro 9A. Variables de temperatura media mensual T (°C), precipitación media (mm) y densidad del grano (gr/cm ³) a 180 días y 243 días cosecha 2014-2015.	112
Cuadro 10A. Variables de temperatura media mensual T (°C), precipitación media (mm) y densidad del grano (gr/cm ³) a 180 días y 243 días cosecha 2015-2016.	113

COMPORTAMIENTO DE LA DENSIDAD DEL GRANO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN RELACIÓN A LAS VARIABLES CLIMÁTICAS TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN DEL CLÚSTER HUEHUETENANGO Y FRAIJANES, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD NESTLÉ ANTIGUA, SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.

RESUMEN

El presente documento de graduación corresponde al trabajo efectuado durante el programa Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía –EPSA– realizado en el laboratorio Centro de Control de Calidad Nestlé (NQCC) Antigua, donde se analizan física y organolépticamente muestras de grano de café de la región de Centroamérica. Dicho informe está integrado por tres capítulos; diagnóstico, investigación y servicios, en los que se detalla el trabajo desarrollado en el laboratorio NQCC Antigua de febrero a noviembre del 2018.

El Capítulo I hace referencia al diagnóstico, el cual tuvo como objetivo principal comprender y describir las actividades y funciones dentro del laboratorio NQCC Antigua, así como las áreas de trabajo, el material y equipo con el que se disponía. Para ello se elaboró una matriz FODA y una matriz de priorización, donde se identificó, ordenó y jerarquizó cada una de las limitantes para posteriormente planificar acciones para superarlas por medio de servicios e investigación.

En el Capítulo II se presenta la investigación, la cual se orientó a conocer el comportamiento de la densidad del grano de café en dos regiones, Huehuetenango y Fraijanes, relacionada con las variaciones de temperatura y precipitación. Esto con el objetivo de generar conocimiento de ambas regiones debido a que el laboratorio NQCC Antigua recibe muestra de ellas ya que constituyen áreas de donde se provee café a las diferentes fábricas de Nestlé. Los resultados del informe de investigación acerca del comportamiento de la densidad del grano de café verde, con las variables temperatura promedio mensual y precipitación mensual, se analizaron de forma descriptiva debido a que no se adecuó metodología estadística alguna para analizar factores y variables, debido a que no se dispone de una alta cantidad de registros históricos de datos de estaciones meteorológicas.

En el Capítulo III se presentan los servicios realizados en el laboratorio Centro de Control de Calidad Nestlé (NQCC) Antigua, los cuales se desarrollaron durante el periodo del programa –EPSA– de febrero a noviembre 2018. El primer servicio consistió en fortalecer el área de almacenamiento de muestras de café verde, se readecuó y señaló el área, con lo cual se facilita el tiempo de trazabilidad de cada una de las muestras de café que analiza el laboratorio.

El segundo servicio prestado consistió en mostrar los principales defectos que se presentan comúnmente en las muestras analizadas en el laboratorio NQCC, Antigua mediante la elaboración de un banco de defectos físicos de café verde, el cual se complementó con un álbum en el que se describe con información primaria, por medio de una matriz, cada uno de los defectos físicos, de tal forma que puedan ser conocidos y faciliten su identificación. El banco de defectos físicos y el álbum pueden ser utilizados en capacitaciones, talleres y exposiciones.

El tercer servicio consistió en mostrar los principales defectos que se presentan en el grano de café verde mediante el establecimiento de un banco de sabores fuera de taza (off flavor), con la finalidad de identificar, describir y fortalecer el conocimiento de cada uno de los mismos.



1.1 PRESENTACIÓN

En el laboratorio Centro de Control de Calidad Nestlé Antigua (NQCC Antigua) se analizan muestras de café provenientes de regiones o zonas cafetaleras de importancia económica de Guatemala, México, Honduras, Nicaragua y Costa Rica, las cuales, de acuerdo a sus características físicas y organolépticas, son requeridas en fábricas de América, pero principalmente de Europa, para la elaboración de cápsulas de café molido y soluble, se evalúa si éstas cumplen con el control de calidad establecido.

Cada muestra de café de un kilogramo que se analiza en el laboratorio NQCC Antigua proviene de diferentes proveedores y/o exportadores de café, donde cada uno de ellos exporta contenedores con una capacidad hasta de 300 sacos de café verde de 69 kg.

El diagnóstico llevado a cabo en el laboratorio NQCC Antigua tuvo como objetivo comprender y describir las actividades y funciones dentro del laboratorio, las áreas de trabajo con las que contaba, así como el material y equipo. Se logró identificar limitantes en las áreas de trabajo, material y equipo, entre otros, las cuales pueden llegar a tener efecto negativo en los procesos llevados a cabo dentro del laboratorio.

Para identificar cada una de las limitantes que se presentan, a continuación, en este documento, se reconocieron las instalaciones del laboratorio NQCC Antigua junto con el catador de café. Así mismo se conoció todo el equipo de laboratorio, materiales, su manejo y finalidad dentro de las labores realizadas en el laboratorio. Para complementar la información obtenida se consultaron manuales, libros y artículos relacionados con las actividades que se realizan en el laboratorio, material y equipo de catación, así como se participó en el análisis de grano de café tostado y molido.

Las limitantes identificadas se ordenaron y jerarquizaron por medio de una matriz de priorización. Una vez identificadas las limitantes se planificaron acciones para superarlas por medio de servicios e investigación.

Las limitantes encontradas fueron cinco, las cuales son: falta de registro y preservación de muestras de café verde en almacenamiento, banco de defectos físicos de granos de café y banco de datos de propiedades indeseadas en calidad de tasa incompletos, es necesario optimizar la secuencia de procesos en áreas del laboratorio y falta de información básica que relacione el efecto de las condiciones climáticas de las zonas cafetaleras de donde se provee el café a Nestlé y la densidad del grano de café.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 General

Conocer las limitantes para el apoyo y fortalecimiento del laboratorio del Centro de Control de Calidad Nestlé (NQCC) Antigua, Antigua Guatemala, Sacatepéquez.

1.2.2 Específicos

1. Identificar las diferentes áreas que integran el laboratorio de NQCC para conocer su funcionamiento y limitaciones.
2. Jerarquizar los principales problemas presentes en el laboratorio de NQCC Antigua que afectan sus labores y así realizar acciones que permitan sobreponerse a los mismos.

1.3 MARCO REFERENCIAL

1.3.1 Generalidades de la empresa Nestlé Fábrica Antigua

A. Descripción y ubicación Nestlé Fábrica Antigua

Nestlé Fábrica Antigua es una empresa de carácter privado. Forma parte de la compañía Nestlé S.A. empresa transnacional, líder en la elaboración de productos alimenticios. Con presencia en los cinco continentes y en más de sesenta países.

Nestlé Fábrica Antigua se encuentra ubicada en el km 46.5 carretera a Ciudad Vieja, en Antigua Guatemala, Sacatepéquez.

B. Laboratorio Centro de Control de Calidad Nestlé (NQCC) Antigua

El Centro de Control de Calidad Nestlé (NQCC) Antigua, se ubica dentro de Nestlé Fábrica Antigua. En el laboratorio NQCC, se evalúa muestras de grano de café provenientes de México y Centroamérica, para posteriormente su compra y exportación a diferentes países alrededor del mundo.

Nestlé al ser el comprador de café número uno a nivel mundial, busca un alto nivel en cuanto a la calidad de sus productos finales, se evalúa el grano de café acorde a ciertos parámetros tanto cualitativos como cuantitativos, ya que existen dos tipos de mercados para la exportación; siendo éstos la Preparación Americana y la Preparación Europea. La Preparación Americana permite hasta 24 defectos en una muestra de 3,000 g de contenedor en sacos. La preparación europea permite o tolera de ocho a 12 defectos en una muestra de 3,000 g de contenedor en sacos.

Si una muestra de café no cumple con los parámetros de cualquiera de las dos preparaciones, según sea el caso, el lote de origen de la muestra se rechaza.

Las muestras que ingresan al laboratorio son cuidadosamente identificadas, registradas, analizadas y almacenadas, ya que en ocasiones son requeridas por parte de las fábricas de café solubles, para ser analizadas nuevamente y así proceder a procesar el grano para su distribución y venta a las fábricas de café.

1.4 METODOLOGÍA Y RECURSOS

1.4.1 El diagnóstico

Se define diagnóstico como un juicio donde se comparan dos situaciones, buscando la definición de una situación actual que se quiere transformar. Por lo tanto, el diagnóstico implica la comparación entre una situación ya establecida o presente, que es conocida mediante la investigación y otra situación que ya está definida (Basurto y González 2001).

El diagnóstico consiste en reconocer sobre el entorno o área de trabajo, donde se pretende llevar a cabo la acción, esto partiendo de los síntomas y signos reales de la situación problemática (Basurto y González 2001).

El diagnóstico es una investigación, la cual centra su objetivo en descubrir las características de la realidad, éste debe ser práctico y operativo (Figueroa 2005).

1.4.2 Recolección de información

Para coleccionar información dentro de las instalaciones del laboratorio NQCC Antigua, se pidió a los catadores realizar una exposición sobre el trabajo que realizan y las limitantes del mismo. Posteriormente se procedió a realizar un recorrido en las diferentes áreas que conforman el laboratorio. Se utilizó una libreta de notas, así como la técnica de observación.

1.4.3 Flujo de trabajo

El flujo de trabajo es la secuencia de acciones que se lleva a cabo para producir un resultado deseado o determinado (IMESUN 2016).

1.4.4 Entrevistas informales

Las entrevistas informales o también conocidas como no estructuradas son más flexibles y pueden adaptarse a los sujetos y condiciones. Se tiene la libertad de ir más allá de las preguntas establecidas pudiéndose así desviar del plan original (Díaz *et al.* 2013).

Se realizaron entrevistas, las cuales se llevaron a cabo mediante la metodología del sondeo dentro del laboratorio, a los catadores de este, se abordaron temas acerca de las áreas y actividades realizadas en el laboratorio Centro de Control de Calidad Nestlé.

En las entrevistas informales se plantearon las preguntas siguientes:

1. Dentro de las áreas del laboratorio, ¿existe alguna que presente limitaciones?
2. ¿En el área de preparación de las muestras, existe algún protocolo a seguir al momento del análisis de las muestras de café verde?
3. ¿Por cuánto tiempo se almacenan las muestras de café verde aprobadas o que cumplen con los parámetros establecidos por Nestlé?
4. ¿Existe algún banco de almacenamiento de muestras de café con defectos físicos?
5. ¿Existe algún banco de almacenamiento de muestras de café con defecto en tasa?
6. ¿Se cuenta con registro de las muestras para poder almacenarlas en el área correspondiente?
7. ¿Con qué equipo cuenta el laboratorio?
8. ¿En el área de catación de café, existe alguna limitante?
9. ¿Qué se podría mejorar en cada una de las áreas del laboratorio?
10. ¿Cuenta el laboratorio con algún presupuesto externo?
11. ¿En el área de registro de las muestras de café, se tiene el equipo adecuado?
12. ¿De las muestras de café provenientes de clústeres de Guatemala, existe información alguna acerca de su origen?
13. ¿Por qué es importante la determinación de la densidad y volumen del grano de café?
14. ¿Qué elementos influyen en la densidad del grano de las muestras provenientes de Guatemala?

1.4.5 FODA

El FODA es una herramienta que permite realizar análisis, que considera el éxito al momento del cumplimiento de metas. Consiste en evaluar factores fuertes y débiles que permiten diagnosticar la situación interna de una organización (fortalezas y débiles), además de la evaluación externa (oportunidades y amenazas) (Talcón 2008).

El análisis FODA consta de: las fortalezas (internas), es decir las habilidades y capacidades. Las debilidades (internas) son aquellas que representan vulnerabilidades o deficiencias. Las amenazas (externas) son fuerzas del ambiente que rodea no controlables y por último las oportunidades (externas) estas son de carácter externo no controlable, las cuales presentan elementos de mejora o crecimiento (Talcón 2008).

El FODA se obtuvo con ayuda de la observación y de las entrevistas realizadas a los catadores del laboratorio, se ubicaron las respuestas según correspondieran a fortalezas,

debilidades, oportunidades y las amenazas del laboratorio NQCC, facilitando así la organización de la información obtenida.

1.4.6 Priorización de problemáticas

La priorización de problemas tiene como finalidad establecer prioridades al momento de tomar decisiones en relación con temas nuevos con el objeto de desarrollar una oferta innovadora.

Se consideran una serie de variables y criterios para la optimización de temas estratégicos, esto de forma simple y flexible (Medina *et al.* 2010).

La priorización de problemas es una técnica la cual participa en el desarrollo de ideas, permitiendo así identificar y organizar las problemáticas recolectadas, ayudando a generar una guía con las relaciones que explican el origen de estas. Dicha técnica es complementada con la información obtenida de las entrevistas informales y el FODA,

Con ayuda de la técnica de priorización de problemas se facilita la identificación y organización de las causas y efectos de un problema. Por lo que se hace mención que es complementaria. Para su fácil comprensión, se compone del problema central (tronco), causas (raíces) y efectos (copa del árbol). Esto permite una interpretación más ordenada y lógica, donde tenemos que cada problemática tiene sus consecuencias, representadas por las raíces, y a su vez, son partícipes o causantes de los que se encuentran en la parte superior, representados por la copa del árbol.

1.4.7 Recursos

A. Recursos humanos

- Estudiante de EPS de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Un Ingeniero Agrónomo catador del laboratorio NQCC Antigua.
- Un Ingeniero Mecánico Industrial catador del laboratorio NQCC Antigua.
- Un catador certificado del laboratorio NQCC Antigua.

B. Recursos físicos

- Áreas del laboratorio NQCC Antigua.

C. Recursos materiales

- Cuaderno de anotaciones, lápices y lapiceros.
- Tablet y computadora portátil.
- Material y equipo de laboratorio.

D. Recursos financieros

- Los recursos financieros fueron proporcionados por el laboratorio NQCC Antigua.

E. Recursos técnicos

- Procedimientos cualitativos y cuantitativos de evaluación de la calidad del café establecidos por Nestlé.
- Métodos de análisis de muestras de café para exportación a mercado estadounidense y para el mercado europeo.

1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.5.1 Áreas que integran el laboratorio Centro de Control de Calidad Nestlé (NQCC) Antigua

El laboratorio NQCC Antigua dispone de cinco áreas: área de análisis físico de muestras de café, área de tueste y molido, área de análisis sensorial o catación, área de registro de información e investigación y área de almacenamiento de muestras de café analizadas. En el cuadro 1 se describe cada una de las áreas del laboratorio NQCC Antigua, así como la función de cada una de ellas y las limitaciones encontradas.

Cuadro 1. Áreas, funciones y limitaciones de Centro de Control de Calidad Nestlé Antigua.

No.	Área de laboratorio	Función
1	Área de análisis físicos de muestras de café.	Determinación de porcentaje de humedad, tamaño de grano, número de defectos físicos, densidad y color de grano.
2	Área de tueste y molido.	Tostar y moler las muestras seleccionadas de grano de café.
3	Área de análisis sensorial o catación.	Evaluación de las características, atributos, defectos y contaminantes de las muestras de café tostado y molido.
4	Área de registro de información e investigación.	Registrar los resultados obtenidos en el área de defectos físicos y de análisis sensorial o catación. Área de investigación de temas de interés por parte del laboratorio NQCC Antigua.
5	Área de almacenamiento de muestras de café analizadas.	Almacenar muestras de café categorizadas como aprobadas, café limpio y no aprobadas.

1.5.2 Jerarquización de principales limitantes presentes en el laboratorio de NQCC Antigua

A. Análisis FODA del laboratorio NQCC Antigua

El FODA del laboratorio NQCC Antigua permitió clasificar ordenadamente la información recolectada. Entre las fortalezas encontradas en el laboratorio se identifica conocimiento y experiencia en el recurso humano, existe un dominio de trabajo, el laboratorio cuenta con instalaciones y equipo adecuado y moderno.

Entre las oportunidades se identificó que el laboratorio puede expandirse territorialmente. En cuanto a las debilidades del laboratorio, en éste se tiene equipo de laboratorio que no es utilizado por desperfectos mecánicos. Banco de almacenamiento de muestras con defectos físicos incompleto, banco de almacenamiento de defectos en tasa incompleto y falta de sistematización en el proceso de almacenamiento y de identificación en el área de almacenamiento de muestras de café evaluadas (aprobadas y rechazadas) y falta de información básica que relacione el efecto de las condiciones climáticas de las zonas cafetaleras de donde se provee el café a Nestlé y la densidad del grano de café.

En el cuadro 2 se muestra el análisis FODA con la información obtenida del laboratorio NQCC Antigua.

Cuadro 2. FODA del Centro de Control de Calidad Nestlé Antigua.

Internos		Externos	
Fortalezas	Debilidades	Oportunidades	Amenazas
Personal con capacidad, dominio y conocimiento de labores asignadas dentro del laboratorio.	Existe equipo de laboratorio con desperfectos mecánicos.	Expansión de las instalaciones del laboratorio.	Migración del laboratorio NQCC Antigua a otro país.
Capacidad de análisis e interpretación de información.	Banco de defectos físicos en café incompleto.	Capacitaciones del personal tanto en el interior como exterior del país.	Problemáticas en la economía de la caficultura a nivel mundial.
Instalaciones amplias y equipo adecuado.	Banco de defectos en tasa (off flavors) incompleto.	Manejo de información y datos acerca de la caficultura en Centroamérica y diferentes partes del mundo.	Nuevos Competidores.
Material y equipo de laboratorio con tecnología.	Carencia de disposición en el área de almacenamiento de muestras de café aprobadas y rechazadas.	Respaldo y apoyo por parte del resto de laboratorios NQCC del mundo.	Cambio de gusto por parte de los consumidores de café.
Capacitaciones constantes del personal de laboratorio en el extranjero.	Escasa información de los proveedores de café en Guatemala.		Cambio de políticas por parte de la empresa.
Instalaciones y áreas propias de trabajo.			

B. Análisis del FODA, de manera analítica (cruzada).

a. Estrategia FO

El laboratorio NQCC Antigua cuenta con personal altamente capaz, con dominio y liderazgo para cumplir con las labores asignadas e interpretar la información manejada dentro del laboratorio. Además, las instalaciones, el material y equipo son modernos y adecuados. Esto permite a su vez que las instalaciones del laboratorio puedan seguir expandiéndose lo cual beneficiaría en un mayor manejo de información de la caficultura y esta ser compartida con el resto de laboratorios Nestlé alrededor del mundo.

b. Estrategia FA

Con ayuda de la experiencia, conocimiento y capacidad de análisis e interpretación de información por parte del personal del laboratorio, se evitará la migración del laboratorio NQCC Antigua a otro país, así como posibles cambios de políticas laborales o funcionales por parte de la empresa.

c. Estrategia DO

El material y equipo de laboratorio es de suma importancia para el buen funcionamiento del mismo, por lo que si no se cuenta con los insumos, material o equipo en perfectas condiciones, con algún desperfecto mecánico o bien incompleto, esto puede causar y complicar las labores diarias del laboratorio. Es necesario implementar un calendario de mantenimiento a cada cierto tiempo para el equipo, así como también realizar un inventario de los insumos disponibles. Las capacitaciones deberían de ser programadas para llevarse a cabo a cada cierto tiempo (constantes) tanto en el interior como exterior del país, ya que son vitales para el personal del laboratorio, permitiendo expandir y actualizar el conocimiento acerca de la caficultura a nivel mundial.

d. Estrategia DA

Realizar un cronograma de mantenimiento para el equipo del laboratorio, así como también inventario del material de apoyo externo e interno como los bancos de defectos físicos, así como los sabores fuera de tasa. El orden del material utilizado dentro del laboratorio y el buen funcionamiento de todo el equipo permitirán un mejor rendimiento laboral en las actividades diarias del laboratorio, evitando así una posible migración del mismo hacia otro país y cambio de políticas por parte de la empresa.

C. Árbol de problemas

En las figuras 1, 2, 3 y 4 se muestran los problemas centrales; las causas que originan las problemáticas y sus efectos hacia el Centro de Control de Calidad Nestlé Antigua.

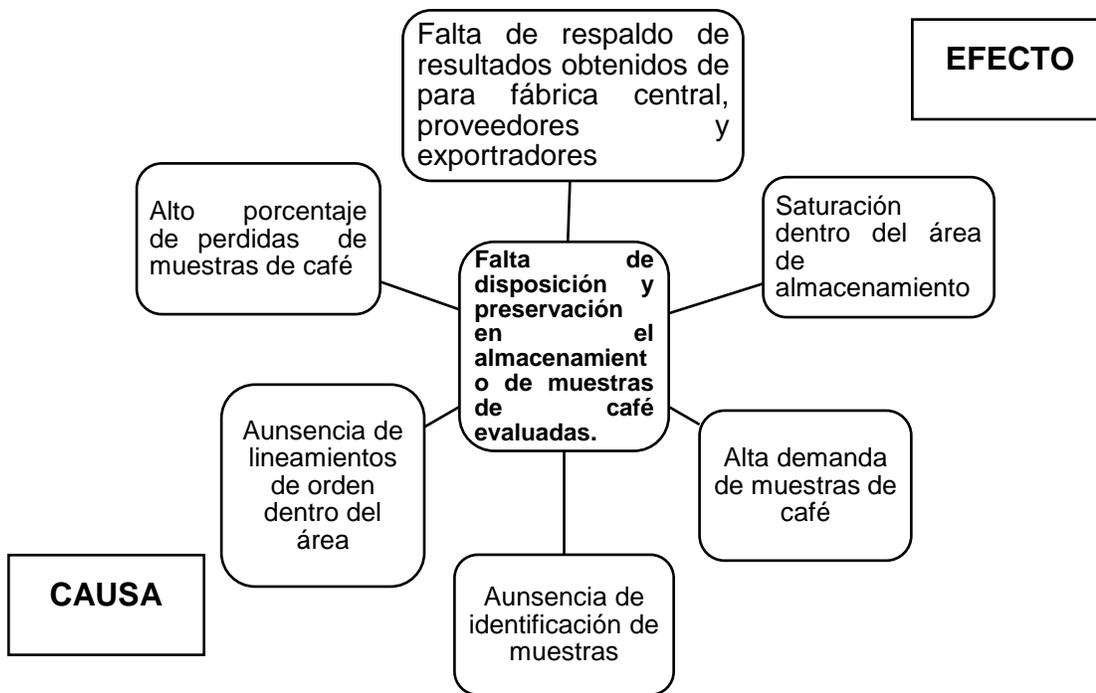


Figura 1. Falta de disposición y preservación en el almacenamiento de muestras de café evaluadas.

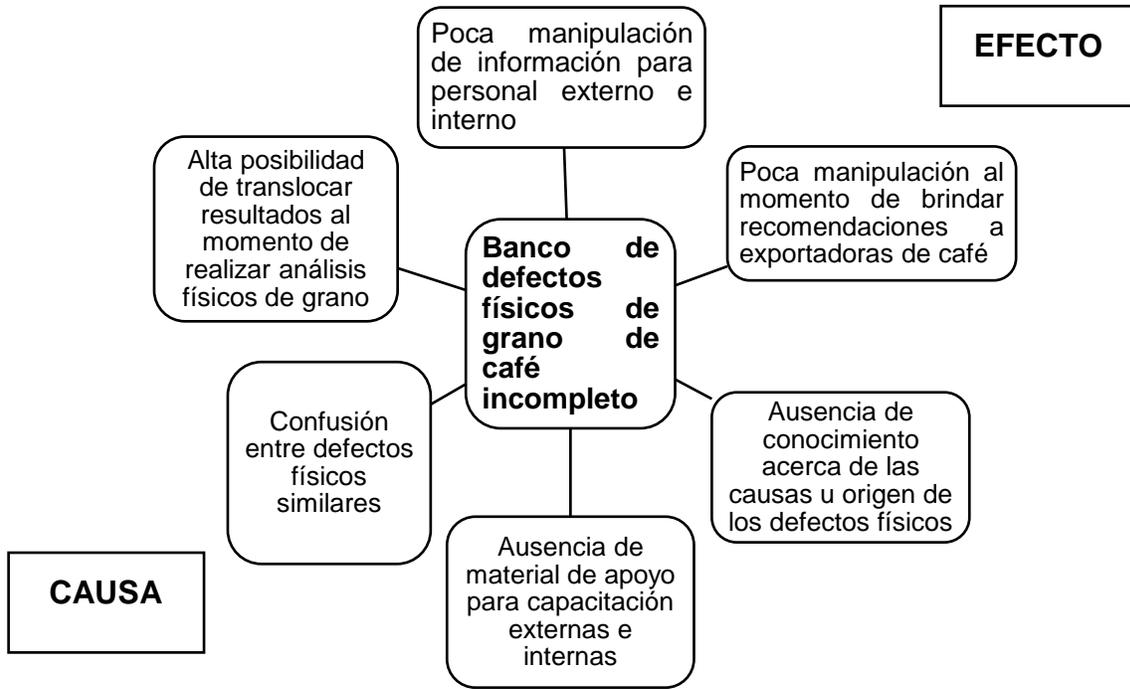


Figura 2. Banco de defectos físicos de grano de café incompleto.

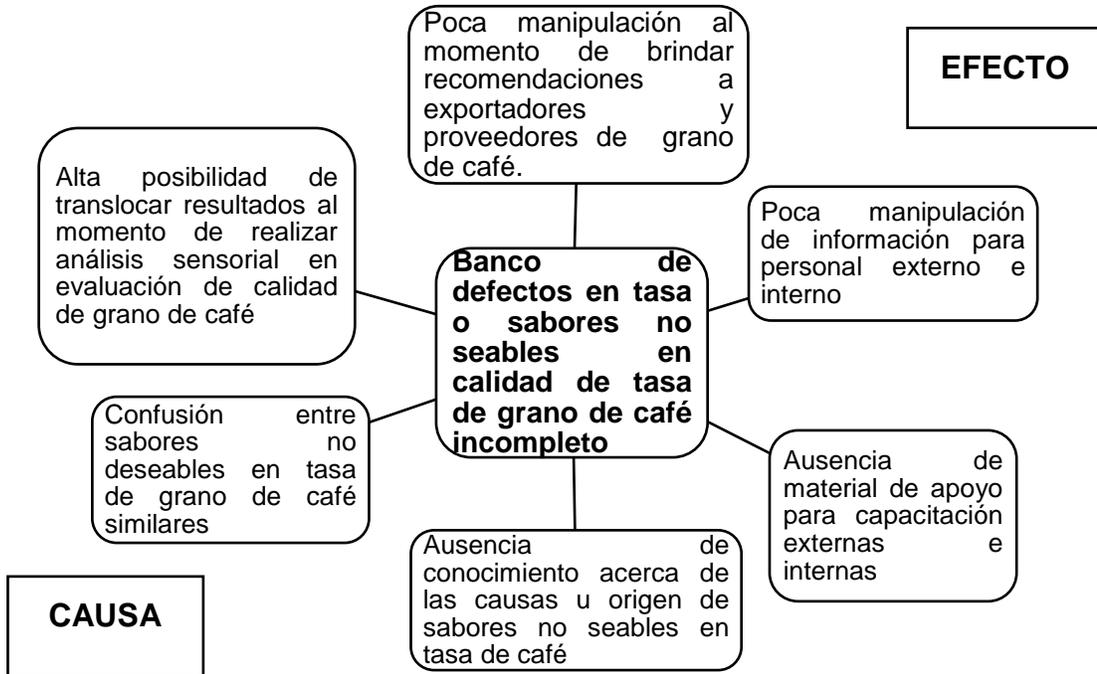


Figura 3. Banco de defectos en tasa o sabores no deseables en calidad de tasa de grano de café incompleto.

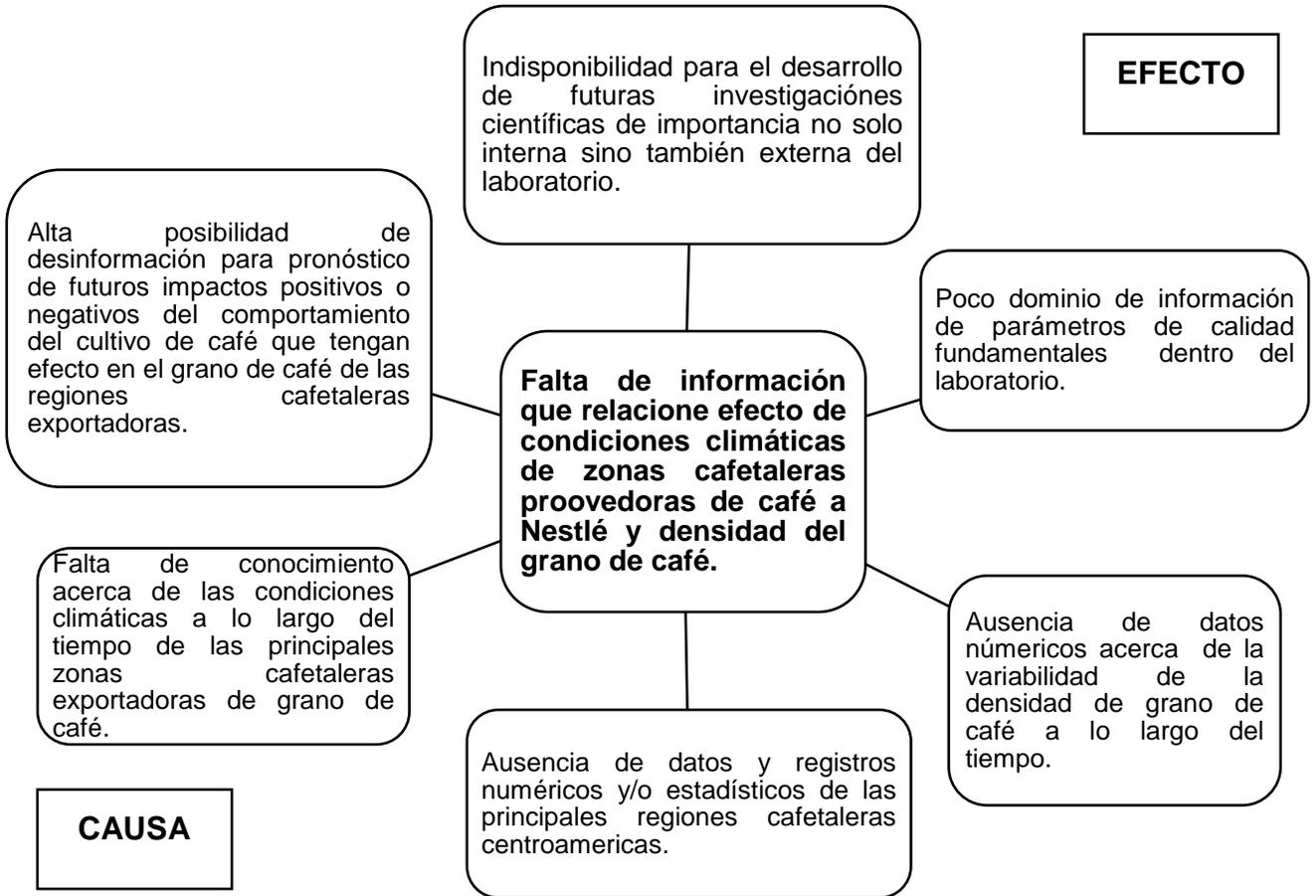


Figura 4. Falta de información que relacione efecto de condiciones climáticas de zonas cafetaleras proveedoras de café a Nestlé y densidad del grano de café.

D. Descripción de las limitantes encontradas

a. Falta de disposición y preservación en el almacenamiento de muestras de café evaluadas.

El almacenamiento de muestras de grano de café analizadas se clasifica en aprobadas y rechazadas por el Centro de Control Nestlé, donde se almacenan por tiempo no mayor de seis meses para su trazabilidad en el tiempo. Sin embargo, existen algunas deficiencias dentro del área de almacenamiento como la ausencia de lineamientos de orden (por fecha de análisis, origen de la muestra de grano de café, etc.) por lo que esto causa un porcentaje alto de pérdidas de dichas muestras.

Es de suma importancia preservar las muestras de café analizadas por un periodo de seis meses, ya que la fábrica central ubicada en Suiza, proveedores y exportadores pueden solicitar la revisión de alguna muestra analizada dentro de este periodo de tiempo, a partir de su análisis dentro del laboratorio, por lo que si no se cuenta con un orden determinado dentro del área de almacenamiento, no existe el soporte de información de los resultados de las muestras analizadas que puede ayudar a validar y respaldar los resultados de la misma, por parte del laboratorio NQCC Antigua.

b. Banco de defectos físicos de grano de café incompleto

Los defectos físicos en granos de café verde son parámetros definitivos al momento de la evaluación de cada una de las muestras de café analizadas. Por tanto, es importante su conocimiento para poder identificarlos y clasificarlos.

Por lo que la ausencia de material de apoyo, falta de colección de todos los defectos físicos en grano de café, el no saber diferenciarlos uno de otros por sus causas y efectos, puede repercutir en la translocación de los resultados de los análisis de los diferentes orígenes de los granos de café. La poca manipulación de información dentro del laboratorio también puede traer consigo consecuencias al momento de brindar recomendaciones a exportadores y proveedores de las regiones cafetaleras centro americanas.

En ocasiones las fábricas Nestlé alrededor del mundo, exigen muestras ejemplo de granos defectuosos para impartir capacitaciones, alineación o generar información con base a éstos.

c. Banco de defectos en tasa o sabores no deseables en calidad de tasa de grano de café incompleto

Debido que el grano de café es muy cambiante y depende de muchos factores que van en su mayoría desde el beneficiado hasta el almacenado, pasando por el grado de tueste y molido, se dificulta muchas veces diferenciar las propiedades indeseadas en tasa o bien como son conocidas en inglés como "off flavors". Por lo que es importante saber diferenciar uno de otro, ya que existen sabores muy similares o bien derivados de anteriores. Además de ello, conocer las causas de origen también juega un papel fundamental, ya que sin ello existe poca a nula manipulación de información al momento de brindar recomendaciones a exportadores y proveedores de café.

Conocer y saber diferenciar y caracterizar cada uno de ellos es indispensable al momento de la catación de café, ya que las mismas definen la calidad de taza. Actualmente en el laboratorio NQCC Antigua no se tienen muestras de referencia o material de apoyo de defectos de tasa, lo cual facilitaría para capacitaciones externas e internas.

d. Falta de información básica que relacione el efecto de las condiciones climáticas de las zonas o regiones cafetaleras de donde se provee el café a Nestlé y la densidad del grano de café verde

En el laboratorio NQCC Antigua se evalúan muestras de café de proveedores y exportadores de México, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Costa Rica, donde se realiza a cada una de las muestras análisis físicos y uno de esos parámetros evaluados es la densidad del grano, la cual difiere de acuerdo a las condiciones climáticas donde se produce el grano.

Por lo que la falta de conocimiento de las condiciones climáticas a lo largo del tiempo de las principales zonas cafetaleras exportadoras de grano de café aumenta la posibilidad de desinformación para pronóstico de futuros impactos positivos o negativos del comportamiento del cultivo de café que tengan efecto en el grano de café de las regiones cafetaleras exportadoras.

Además, datos y registros numéricos y/o estadísticos de las principales regiones cafetaleras centroamericanas son indispensables para el desarrollo de futuras investigaciones científicas de importancia dentro del laboratorio NQCC Antigua, para el resto de laboratorios alrededores del mundo y como información externa en general.

Cabe mencionar que el laboratorio no cuenta con referencias del área, condiciones climáticas, edáficas, manejo de cultivo, etc. De ninguno de los proveedores de café de las regiones cafetaleras de cada uno de los países de origen del grano de café. Esto debido a que el laboratorio fue creado con la finalidad de únicamente prestar el servicio de análisis de calidad del grano de café verde y no funcionar como centro de investigación o de registro de datos de origen del grano de café a evaluar.

E. Limitantes priorizadas

Las limitaciones priorizadas fueron: desorganización en almacenamiento de muestras de café verde, con un punteo de nueve. Otras limitantes fueron el banco de defectos físicos y banco de defectos en taza “off flavors” en muestras de granos de café.

1.6 CONCLUSIONES

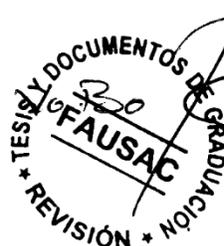
1. Las áreas de trabajo que integran el laboratorio NQCC Antigua son cinco, las cuales son: área de análisis físicos de muestras de grano de café, área de tueste y molido, área de catación o análisis sensorial, área de registro de información e investigación y área de almacenamiento de muestras de café analizadas.
2. Las problemáticas priorizadas dentro del laboratorio NQCC Antigua son: la falta de información básica que relacione el efecto de las condiciones climáticas de las zonas cafetaleras de donde se provee el café a Nestlé y la densidad del grano de café, falta de organización y preservación de muestras evaluadas de café, banco de defectos físicos y defectos en tasa “off flavors” en grano de café se encuentran incompletos y la baja eficiencia debido a la organización del flujo de trabajo en las área de análisis físicos de muestras de café verde, de tueste y molido, así como en el área de catación del laboratorio NQCC Antigua.

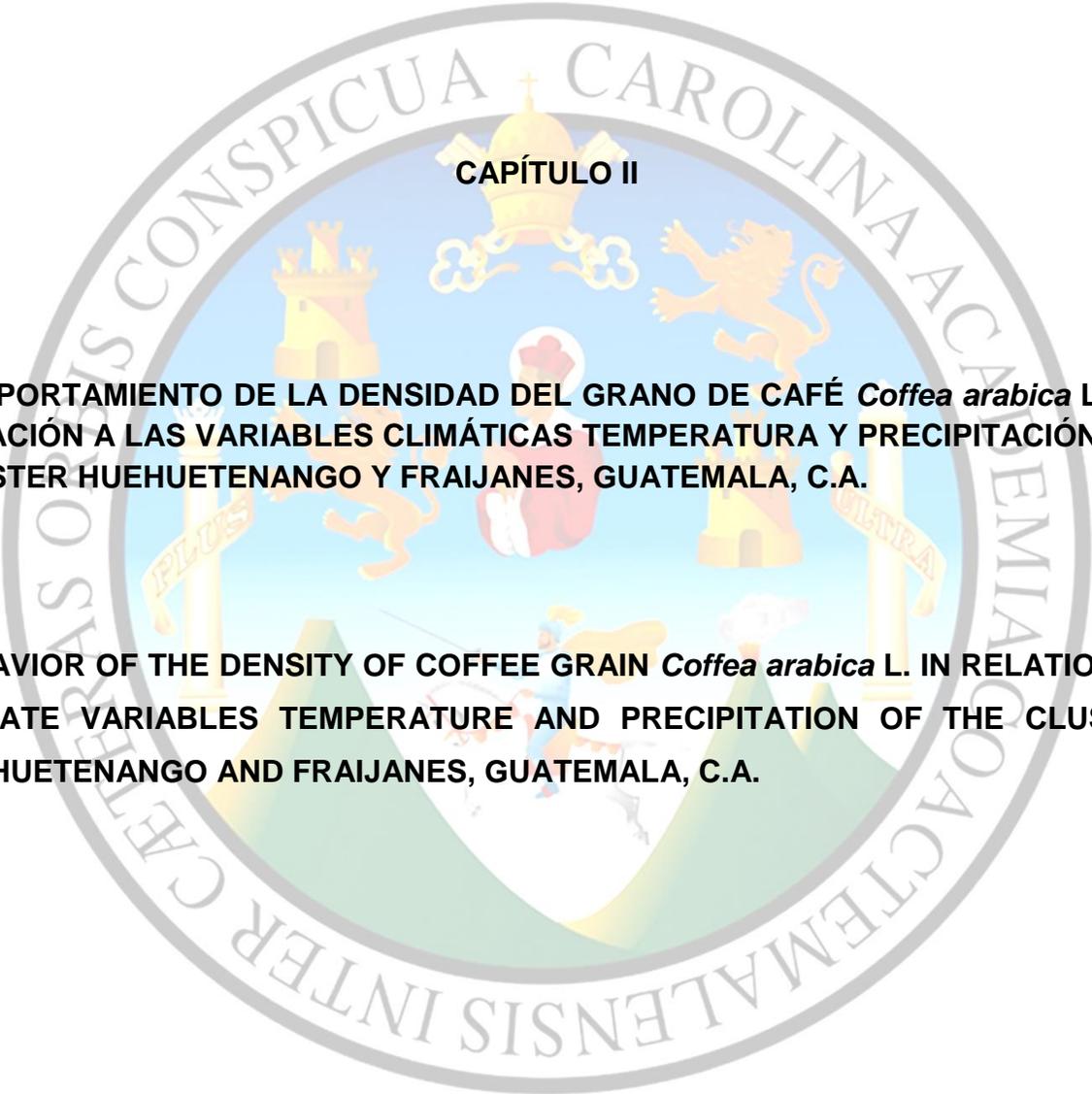
1.7 RECOMENDACIONES

1. Reparar el equipo de laboratorio con desperfectos mecánicos para hacer más eficiente los procesos.
2. Tanto al banco de defectos físicos como el banco de defectos en taza (off flavors) es importante seguir enriqueciéndolo y actualizándolo.
3. Establecer un proceso ordenado para el almacenamiento de muestras de café verde, esto con la finalidad de asegurar la trazabilidad por seis meses de las muestras que se analicen.

1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Basurto Artega, C; González Montaña, M. 2001. Diagnóstico. México, UNAM. Disponible en : <http://trabajosocialmazatlan.com/multimedia/files/InvestigacionPosgrado/Diagnostico%20Carlos%20Arteaga.pdf>
2. Díaz Bravo, L; Torruco García, U; Martínez Hernández, M; Varela Ruiz, M. 2013. Metodología de investigación en educación médica: La entrevista, recurso flexible y dinámico (en línea). Investigación en Educación Médica 2(7):162-167. Consultado 05 ago. 2019. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3497/349733228009.pdf>
3. Medina Vásquez, J; Ortiz, F; Franco, C; Aranzazú, C. 2010. Matriz de priorización para la toma de decisiones (en línea). Santiago de Cali, Colombia, Universidad del Valle, Facultad de Ciencias de la Administración, Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). 23 p. Consultado 02 ago. 2019. Disponible en: http://sigp.sena.edu.co/soporte/Plan/03_Matriz%20de%20priorizacion
4. MESUM (OIT, Mejore Su Negocio). 2016. Mejore su negocio: El recurso humano y la productividad (en línea). Ginebra, Suiza, OIT / IMESUM. 124 p. Consultado 02 ago. 2019. Disponible en: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_ent/---ifp_seed/documents/instructionalmaterial/wcms_553925.pdf
5. Talacón, H. 2008. La matriz FODA: Una alternativa para realizar diagnósticos y determinar estrategias de intervención en las organizaciones productivas y sociales. Contribuciones a la Economía no. 9 (septiembre):1-16. Disponible en: <https://eco.mdp.edu.ar/cendocu/repositorio/00290.pdf>


 Polando Ramírez

The seal of the University of Huehuetenango is a circular emblem. It features a central shield with a blue sky, a green landscape, and a white figure. Above the shield is a golden crown. The shield is flanked by two golden lions. The shield is supported by two golden pillars, one labeled 'PLUS' and the other 'ULTRA'. The shield is set against a background of a blue sky and green landscape. The seal is surrounded by a circular border containing the Latin text 'UNIVERSITAS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER'.

CAPÍTULO II

COMPORTAMIENTO DE LA DENSIDAD DEL GRANO DE CAFÉ *Coffea arabica* L. EN RELACIÓN A LAS VARIABLES CLIMÁTICAS TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN DEL CLÚSTER HUEHUETENANGO Y FRAIJANES, GUATEMALA, C.A.

BEHAVIOR OF THE DENSITY OF COFFEE GRAIN *Coffea arabica* L. IN RELATION TO CLIMATE VARIABLES TEMPERATURE AND PRECIPITATION OF THE CLUSTER HUEHUETENANGO AND FRAIJANES, GUATEMALA, C.A.

2.1. PRESENTACIÓN

Desde sus inicios, el café ha sido un producto de importancia a nivel mundial. A partir de su llegada a Centroamérica en el siglo XVIII y su desarrollo en Guatemala en la década de 1840, el café se ha convertido en uno de los productos agrícolas más comercializado y de importancia económica en todo el mundo.

Guatemala es conocido por ser un país con microclimas, lo cual favorece al desarrollo del cultivo de café, pudiéndose caracterizar así el grano de acuerdo al área o región donde se cultivó, existiendo así factores ambientales que condicionan la calidad del grano de café cosechado. Dentro de estos factores se encuentran las condiciones climatológicas, las cuales inciden en las características físicas medibles del grano, pudiendo estas favorecer o afectar su calidad. Una de esas características que juega un papel importante es la densidad del grano.

En Guatemala se encuentra establecido el Centro de Control de Calidad Nestlé (NQCC) Antigua, ubicado en el kilómetro 46.5 Ciudad Vieja, Antigua Guatemala, Sacatepéquez, el cual no posee información que le sirva como referencia para identificar, acorde a las condiciones climáticas del Clúster de Huehuetenango y Fraijanes, otros posibles proveedores de grano de café verde en Guatemala.

Por lo que, en el presente trabajo de investigación, se analizó el comportamiento de las condiciones climáticas, temperatura y precipitación, en la variación de la densidad del grano de café verde de los clusters de Huehuetenango y Fraijanes. Esto con la finalidad de generar conocimiento de ambas zonas cafetaleras involucradas en la exportación de café por parte de Guatemala.

Jaramillo y Valencia (1980) afirmaron que el desarrollo del café depende esencialmente de la lluvia, ya que otros elementos climáticos atenúan los efectos de la lluvia o de la sequía. Gómez (2010) considera que la temperatura es uno de los componentes más influyentes en el desarrollo del cultivo de café, ya que, si éste está establecido en áreas de temperaturas bajas, la maduración del fruto es tardía y el desarrollo es lento.

Los resultados obtenidos muestran que no existe relación entre el comportamiento que presentaron los datos de densidad de grano de café verde para ambos clústeres estudiados respecto a la temperatura media mensual y precipitación mensual.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Marco conceptual

A. Origen y botánica del café

El café es originario de Etiopía, luego trasladado del África al Asia y al golfo de Adén. Se exportó a Yemen a través del puerto de Moka, facilitando la expansión del cafeto en toda Arabia, donde se exportó a países como Siria, Persia y luego a Europa, de donde por parte de personas aventureras se expandió al resto del mundo, llegando al continente americano (Wagner 2001).

En el siglo XVIII llegó a Latinoamérica, donde se introdujo primero a Norteamérica, expandiéndose a Surinam, y algunos países de América del Sur como Venezuela y Brasil para luego llegar al Caribe, México y Centroamérica (Wagner 2001).

B. Importancia del cultivo de café en Guatemala

Para Guatemala el cultivo de café es de suma importancia socio-económica al generar empleos y divisas, participando en ello 90,000 productores, así como trabajadores con sus familias representando más de 500,000 trabajadores y familias, siendo estas dependientes de forma directa de dicha actividad agrícola (MAGA s. f.).

C. Superficie total del cultivo de café en Guatemala

EL cultivo de café en Guatemala representa 276,000 ha, distribuidas en 204 municipios de 334 en total, en porcentaje, el 61 % de los municipios cuenta con café, donde el 60 % de las plantaciones cuenta con más de 15 años, tomando en consideración que la vida económica de una plantación es alrededor de 25 años, dependiendo del manejo y otros factores (MAGA s. f.).

D. Mercado de exportación del café

Se estima que pasado del 90 % de la producción total se exporta con destinos diferentes. Se estima un consumo local de 400,000 qq oro (MAGA s. f.).

Durante el 2013, último año con datos, Guatemala registró exportaciones de café a la región Centroamérica con un valor de USD 1 millón 987 mil lo cual equivale a 579 ton de café (MAGA s. f.).

Dentro del mecanismo comercial para la venta del café suelen estar involucradas importaciones por grandes acopiadores y mayoristas al existir un contacto con exportadores guatemaltecos, concentrando así las ventas y la exportación del grano de café (MAGA 2014).

E. Botánica del café

El café pertenece a la familia de las Rubiáceas y al género *Coffea*. La especie *Coffea arabica* es una de las más cultivadas y utilizadas para la industria, seguido por la especie *Coffea canephora*. Arbusto, con hojas perennes, brillantes, opuestas y ovales; con flores blancas y aromáticas en axilas de parejas de hojas, donde se agrupan en cimas (2 a 3) con verticilos que pueden ir de 8 a 15 flores, con pedúnculo corto y cáliz con cinco brácteas, recubriendo el ovario. Estambres soldados a pétalos, largas anteras y pistilo con largo estilo y estigmas finos (López 2006).

El fruto del cafeto es una drupa, conocida comúnmente como cereza de 10 mm a 15 mm de diámetro con 16 mm a 18 mm longitud y está formada por: Pulpa (esta se remueve durante el despulpado, conformada por exocarpio o epidermis y la mayor parte del mesocarpio), mucílago o mesocarpio (parte carnosa del fruto de 0.50 mm de espesor, conteniendo azúcares y pectinas), pergamino (membrana o envoltura la cual rodea al endocarpio), película (segunda membrana o que también rodea al grano, comúnmente con apariencia plateada) y por último el grano de café o albumen (López 2006).

F. Taxonomía del café

A continuación, se presenta la clasificación taxonómica de la planta de café *Coffea arabica* L. Según Mora citado por Escobar (2017).

- Reino: Plantae.
- División: Magnoliophyta.
- Orden: Rubiales.
- Familia: Rubiaceae.
- Género: *Coffea*.
- Especie: *C. arabica*.

G. Ciclo de vida y fases fenológicas del café

a. Ciclo de vida del café

En condiciones comerciales el cafeto, es un arbusto perenne, cuyo ciclo de vida es de hasta 20 años a 25 años lo cual está sujeto a las condiciones o al sistema del cultivo. Generalmente, la planta del café inicia su producción de frutos en las ramas con un año de edad, continuando así su producción a lo largo de varios años donde alcanza su máximo nivel de producción entre los seis años a los ocho años de edad.

Sin embargo, a medida que su actividad continúe por más años los niveles de productividad tienden a disminuir (Arcila *et al.* 2007).

A lo largo de su ciclo de vida, la planta destina a formar estructuras que no son utilizadas para la reproducción, siendo estas las raíces, ramas, los nudos y hojas, esto llamado desarrollo vegetativo. A la fase donde se desarrollan estructuras reproductivas como flores y frutos se le denomina desarrollo reproductivo. La planta al ingresar a un periodo de envejecimiento y deterioro, se le denomina fase de senescencia o también de envejecimiento (Arcila *et al.* 2007).

Fahl *et al.* citado por Rodriguez *et al.* (2001) indicaron que la planta de café puede clasificarse como una especie facultativa de sombra porque tiene algunos rasgos característicos de planta adaptada al sol, como un mayor crecimiento y capacidad de fotosíntesis, junto con alta saturación de luz bajo irradiación completa y rendimiento cuántico relativamente constante tanto en ambientes de sombra como de luz.

H. Fases fenológicas del café

a. Fase de desarrollo vegetativo del café

La fase de desarrollo vegetativo en cultivos como el café es complejo, esto en especies perennes y arbustivas, ya que el desarrollo de nudos, hojas y raíces se lleva a cabo durante toda la vida de la planta, además la mayor parte del tiempo se intercala con el crecimiento reproductivo (Arcila *et al.* 2007).

En Colombia, para definir el desarrollo vegetativo se considera tres etapas: de la germinación al trasplante (2 meses), almácigo (5 meses a 6 meses) y siembra definitiva a primera floración (11 meses). Luego de estas tres etapas, tanto la fase de crecimiento

vegetativo como reproductivo transcurren simultáneamente para el resto de vida de la planta de café (Arcila *et al.* 2007).

González *et al.* (2017) indicaron que independientemente de la época de siembra, la mayor tasa de evapotranspiración de los cultivos se produce en las fases de floración y maduración, que son las etapas de desarrollo de mayor actividad fisiológica.

b. Fase reproductiva del café

La fase reproductiva del café inicia con la aparición de las primeras flores, sin embargo, se debe tomar en cuenta que este periodo puede ser influenciado en sus inicios por: la duración del día, es decir el fotoperiodo, la época de siembra, temperatura y disponibilidad hídrica. Cabe mencionar que se considera primera floración cuándo por lo menos el 50 % de las plantas hayan florecido. Esta fase continúa con el desarrollo del fruto y la maduración (Arcila *et al.* 2007).

c. Fase de senescencia del café

Al ser una planta perenne, se considera que, entre los seis años a ocho años de edad, la planta alcanza su máximo desarrollo y productividad, donde a partir de ello inicia un periodo de deterioro, disminuyendo así sus niveles de rentabilidad. Sin embargo, este periodo lo define también la región donde se encuentre establecido el cultivo, la densidad a la que se sembró, la intensidad de producción, disponibilidad de nutrientes, plagas y enfermedades e incluso el estrés ambiental entre muchos otros factores (Arcila *et al.* 2007).

I. Factores ecológicos que influyen en el desarrollo del cultivo de café

a. Temperatura

La temperatura es considerada como uno de los componentes con más influencia en el desarrollo del cultivo de café, ya que al estar establecidas las plantas en áreas de temperaturas bajas, la maduración del fruto es tardía, por lo que el desarrollo es lento (Gómez 2010). En cuanto a los ambientes con temperaturas altas, ocurre senescencia de los frutos, así como una disminución de la fotosíntesis, reduciendo el crecimiento y la producción. Por ello es importante crear microclima dentro de la plantación de café mediante sombra temporal y permanente.

La temperatura mínima para el desarrollo del cultivo de café de la especie *Coffea arabica* L. Es de 20 °C y el máximo es de 27 °C (Gómez 2010).

Sin embargo, Barquero (2016) indica que a temperaturas menores de 18 °C el desarrollo de los frutos del café es lento y que a temperaturas de 23 °C existe una maduración y desarrollo rápido de los frutos. Con temperaturas arriba de 24 °C disminuye la fotosíntesis, lo cual depende de la región, ya que en algunos es posible un desarrollo a dicha temperaturas. El rango ideal es de 18 °C a 21 °C (Alegre, citado por Barquero 2016)

Según Montoya y Jaramillo (2016) la temperatura óptima para el cultivo de café está entre 18 °C y 21 °C, por lo tanto, los cultivos de café que se ubiquen por debajo del promedio de temperatura mencionado, requieren de mayor tiempo cronológico para alcanzar la producción potencial. Por el contrario, al estar los cultivos en zonas o áreas por encima de dichos valores, pueden ser afectados en el llenado de frutos.

De acuerdo con Villers *et al.* (2009), los contrastes climáticos durante un ciclo anual, expresados en las estaciones, juegan un papel primordial para el desarrollo fenológico de las plantas, por tanto, los eventos meteorológicos tales como lluvia, temperatura y radiación solar son los reguladores principales en la floración, así como en el desarrollo del fruto. Cabe mencionar que de igual forma las prácticas de manejo agrícola y la cosecha de las plantas cultivadas están estrechamente asociadas con el comportamiento del clima y tiempo atmosférico.

González citado por Villers *et al.* (2009) señala que los requerimientos para el buen crecimiento de la planta de café son de 16 °C a 25 °C de temperatura media y de 1,800 mm a 2,000 mm de precipitación total anual.

Pérez y Geissert, citados por Rivera *et al.* (2013), indica que las temperaturas extremas del aire, menores a 4 °C ocasionan el amarillamiento de las hojas y muerte de tejidos y brotes, mientras que temperaturas mayores a 30 °C reducen la fotosíntesis y provocan aborto de flores.

Cannell, citado por Burbano (2016), indica que las temperaturas relativamente altas durante la fase reproductiva asociada a periodos secos prolongados pueden ocasionar anomalías como atrofas y abortos de la flor.

Mes, citado por Burbano (2016), indica que temperaturas entre 30 °C de día y 24 °C en la noche generan un mayor número de flores estrellas, mientras que a 23 °C en el día y 17 °C en la noche la atrofia de la flor es mínima.

Según Abad y Farez (2018), la temperatura y humedad están vinculados con los beneficios que proporciona la altitud mientras asciende en sentido vertical. Cabe mencionar que existen otros estudios los cuales analizan los efectos de la temperatura sobre la producción de café.

Según Jaramillo, citado por Jiménez y Massa (2015) la temperatura estimada para la supervivencia de la broca oscila entre 15 °C y 32 °C, por lo que la temperatura media diaria para Etiopía, Kenia, Tanzania y Colombia provocará la prevalencia de la broca del café. Esto se determinó utilizando modelos lineales para analizar el efecto de las variaciones climáticas sobre el desarrollo de la broca.

b. Precipitación

Coffea arabica L. Es una especie nativa de tierras altas, oscilando éstas entre 1,350 m y 2,000 m s.n.m. Y es marcadamente susceptible en cuanto al exceso de humedad (López 2006). El café se cultiva en áreas donde la precipitación varía desde los 750 mm anuales hasta 3,000 mm, sin embargo, el mejor café es producido en regiones donde la precipitación pluvial anual es de 2,000 mm a 3,000 mm a una altitud de 1,200 m a 1,700 m s.n.m., con temperatura media anual de 16 °C a 22 °C. Cabe mencionar que la distribución de la precipitación en función del ciclo de la planta de café es fundamental para un mejor desarrollo en la planta (López 2006).

Según indica Barquero (2016), la lluvia es de importancia en procesos fisiológicos, en el crecimiento y en el desarrollo de los frutos del cafeto. El tamaño y el peso de los granos son fuertemente alterados por la disponibilidad de agua y la temperatura. Cabe mencionar que el déficit hídrico es uno de los factores estimulantes en la floración del café, permitiendo la concentración de los botones florales latentes, que entran en antesis o floración aproximadamente entre siete días y 10 días después de una lluvia superior a 10 mm (Burbano 2016).

Según Gómez y Suárez (1979), indican que se considera como zona óptima aquella que presente entre 1,800 mm a 2,800 mm anuales y que ningún mes del año tenga menos de 100 mm. Además, indican que en áreas o regiones con suelos pesados conviene menor cantidad por año, pero con una mejor distribución de la misma.

Observaciones que realizó Ramírez *et al.* citado por Burbano (2016), indican que si durante el trimestre (Noviembre–enero, febrero–abril, mayo–julio, agosto–octubre) se presentan menos de 65 días con déficit hídrico moderado, la floración es baja, pero si el número de días con déficit hídrico moderado es superior a 65 días por trimestre, la floración se incrementa.

Así mismo un el exceso hídrico tiene un impacto directamente con la disminución en las tasas de evapotranspiración por efecto del exceso de agua en el suelo y su impacto en el cierre estomático ejerciendo un efecto similar al déficit hídrico (Gómez, citado por Burbano 2016).

Arcila, citado por Peña *et al.* (2012), indica que las deficiencias hídricas severas a nivel del suelo, así como los excesos, pueden afectar el crecimiento y desarrollo vegetativo y productivo de la planta.

Por lo que la sobresaturación del suelo (por altas precipitaciones o un gran número de días con lluvia), limita el desarrollo del sistema radical, provocando plantas con síntomas de deficiencias nutricionales, alta incidencia de mancha de hierro en las hojas y frutos, desarrollo deficiente de brotes, defoliación, paloteo, baja producción, baja calidad de los frutos y, bajo condiciones extremas, hasta la muerte de la planta.

Jaramillo y Valencia (1980) indicaron que en El Salvador se encontró una relación significativa y positiva entre las lluvias durante los primeros meses del año y la producción de café del mismo año. Además, también indicaron que en Yangambi (República Democrática Del Congo) el ritmo de desarrollo de los árboles de café depende esencialmente de lluvia; otros elementos climáticos solo atenúan los efectos de la lluvia o de la sequía.

Gómez y Cadena (2016) en sus resultados obtenidos indicaron que las variables que más inciden en el aprovisionamiento de agua para las actividades cafeteras son las fuentes de agua y el manejo de coberturas vegetales y orgánicas en el suelo.

En Colombia, el café presenta crecimiento durante todo el año, donde específicamente épocas de crecimiento intenso coincidiendo de forma general, con las épocas de florecencia; no se ha encontrado una relación entre la cantidad de lluvia caída y el crecimiento, sin embargo, si se ha relacionado directamente entre las sumas de las temperaturas medias horarias el crecimiento máximo y mínimo (Robledo y Valencia 1980).

Pallardy, citado por Bustamante (2015), indica que, de los elementos ambientales asociados al sistema climático, la variable crítica para las plantas es la disponibilidad de agua, ya que es un elemento determinante para el proceso de crecimiento. La lluvia, temperatura y radiación solar son los elementos del clima de mayor importancia en la producción de café.

Cabe mencionar que según Damatta y Ramalho, citados por Macedo *et al.* (2010) el factor principal limitado a la producción, donde en muchos años la ocurrencia, la sequía prolongada y el verano han dañado la producción de café en condiciones no irrigadas.

Ramírez et al., citado por Burbano (2016), indica que los requerimientos hídricos para una zona específica para un país se pueden establecer y están determinados por factores del cultivo; la densidad de siembra, edad del cultivo, profundidad de raíces, como también por factores meteorológicos, edáficos e hidrológicos.

c. Altitud

El cafeto se adapta desde los 500 m a 1,500 m s.n.m., sin embargo, el mejor desarrollo y calidad del café se consigue a altitudes entre los 900 m a 1,300 m s.n.m. (Gómez 2010).

La altitud es un factor que determina la calidad del café, ya que, si es cultivado en altura, el grano de café es de mayor tamaño. Por lo que dará un mayor rendimiento, en comparación con cultivos de café en zonas o áreas bajas (Gómez 2010).

Sin embargo, Banegas, citado por Gamboa (2015) indica que no existe efecto de la altitud sobre la calidad física (tamaño de grano y forma) que se afecta por los cambios de temperatura y humedad al ascender altitudinalmente.

d. Luminosidad

Al ser el cultivo de café de origen bajo sombra, para el cultivo de calidad se recomienda su práctica, ya que el cultivo al estar expuesto a una alta intensidad lumínica provoca el cierre de estomas en las hojas de las plantas, lo cual provoca una disminución en la fabricación de alimentos de la planta, por lo tanto, se obtendrá una producción baja (Gómez 2010).

Fonseca *et al.* citado por Encalada *et al.* (2016) indicaron que la intensidad de la luz en el género *Coffea* tiene gran influencia, ya que su efecto se manifiesta desde cambios en el crecimiento vegetativo, hasta diferencias marcadas en los rendimientos, en dependencia del nivel de exposición a la radiación solar.

Sin embargo, Alves y Guimarães, citados por Encalada *et al.* (2016) indicaron que a pesar de que la mayoría de las plantaciones de café son cultivadas a pleno sol, estudios apuntan a que la especie es de sombra, principalmente para la producción de posturas.

Según Gómez (2010) al ser el café una planta de día corto, necesita de 8 h a 13 h de iluminación para florecer.

e. Humedad Relativa

Para el cultivo de café, la humedad relativa adecuada es de 65 % a 85 %, ya que, si la humedad relativa se excede de 85 %, la calidad del grano se afecta, provocando enfermedades (Gómez 2010).

Según Cisneros *et al.* (2015) los factores que más influyen en la evaporación y la transpiración, por lo tanto, en la evapotranspiración, son las condiciones atmosféricas locales, tales como temperatura, radiación solar, humedad relativa del aire y velocidad del viento.

f. Suelos

Los suelos son un factor muy complejo, ya que al igual que el resto de cultivos agrícolas, tiene propiedades físicas, químicas y biológicas, teniendo entre las físicas como la porosidad, profundidad y las sustancias minerales (Gómez 2010).

El cultivo de café se adapta a suelos desde franco arcillosos hasta franco arenosos, siendo el ideal un suelo con textura franca, donde la incorporación de materia orgánica es esencial (Gómez 2010).

J. Fase reproductiva del café

En el cultivo de café, lo que permite determinar el número de cosechas, así como su distribución porcentual a lo largo del año es la floración. Así mismo nos ayuda a poder determinar curvas de desarrollo del fruto y así identificar periodos críticos, ataques de plagas como la broca del café, las épocas en las que el cultivo demanda mayor cantidad de agua y nutrientes en el transcurso del año, con lo cual se pueden conocer los momentos o épocas claves de fertilización, periodos críticos en cuanto a deficiencia hídrica, susceptibilidades de los frutos ante situaciones o fenómenos climáticos adversos (Ramírez 2014).

a. Desarrollo floral

La floración inicia al momento de la aparición de las primeras flores. Sin embargo, la iniciación puede estar influenciada por el fotoperiodo, época de siembra, temperatura y por último la disponibilidad hídrica. Considerando así la primera floración cuando por lo menos el 50 % de las plantas hayan florecido.

En el ciclo estacional del crecimiento y floración la longitud del día no juega un papel predominante, sino que está más relacionada con los cambios estacionales en la temperatura, estado hídrico de las plantas y con el ciclo mismo de fructificación (Camayo *et al.* 2003).

b. Desarrollo de inflorescencias y flores del café

El evento de la floración del café se asocia estrechamente con las condiciones climáticas de la región donde se encuentra establecido el cultivo, registrándose así de forma general como el momento de la anthesis, siendo este el momento desde que la apertura de las flores.

Arcila y Jaramillo, citados por Ramírez *et al.* (2011) indican que el crecimiento vegetativo del café y el desarrollo del fruto son afectados por el déficit hídrico, por tanto, es una condición necesaria para que se dé una floración adecuada.

Al alcanzar las flores el estado de "comino" entran a un periodo de reposo, el cual dura varias semanas y para que este termine y así se lleve a cabo la floración, así como la madurez de los llamados cominos, es necesario que se dé un estrés el cual ocurre debido a periodos secos de mediana a larga duración, los cuales son interrumpidos por la lluvia o bien cambios bruscos de temperatura (Ramírez *et al.* 2011).

En los resultados obtenidos por Ramírez *et al.* (2011), se indica que la floración es baja cuando en un trimestre se presentan menos de 65 días con déficit hídrico moderado, y la floración se incrementa por encima de 65 días con déficit hídrico moderado por trimestre, por lo tanto, a medida que el déficit hídrico se hace más fuerte, el número de botones florales aumenta, por lo que se requiere como mínimo 30 días de déficit hídrico fuerte por trimestre para una apropiada floración.

Además, Ramírez *et al.* (2011) indica que la temperatura también es un factor que puede explicar la floración del café. Es necesario que se acumulen, como mínimo, 1.10 °C de temperatura por trimestre, y que no se presenten más de 50 días por trimestre con amplitud térmica inferior a 10 °C. Por lo tanto, diferencias entre la temperatura máxima y mínima superiores a 10 °C son más favorables para una adecuada floración.

Cabe mencionar el proceso de la floración es complejo, ya que inicia de cuatro meses a cinco meses antes de la apertura floral (Camayo y Arcila *et al.* citado por Arcila et al. 2007) Las flores del café se forman en las yemas ubicadas en las axilas foliares, en los nudos de las ramas (Arcila *et al.* 2007).

K. Etapas durante el desarrollo de la inflorescencia y de la flor

Según Barros *et al.*, (1978); Camayo *et al.*; (1996); Wormer y Gituanja, (1970) citados por Arcila et al., 2007 indican que:

La primera etapa inicia con la inducción floral e iniciación de la inflorescencia, la cual ocurre a nivel molecular a una tasa muy rápida, siendo así no diferenciable de manera externa (Arcila et al. 2007). Se inicia la inflorescencia, estando el nudo rodeado por estípulas de color verde claro, dicho desarrollo de la inflorescencia continúa, pudiendo durar de 30 días a 35 días aproximadamente (Arcila et al. 2007).

En la segunda etapa se da el desarrollo de los botones florales en las yemas, la cual termina en el momento en que se observan los botones florales adheridos entre sí, aún sin abrir emergiendo en una inflorescencia multifloral. Esta etapa tiene una duración en promedio, de 45 días (Arcila et al. 2007). En la tercera etapa los botones florales llegan a medir de 4 mm a 6 mm, se separan y aun verdes, cesan su crecimiento ingresando en una fase de reposo, la cual puede durar más o menos 30 días aproximadamente. Dicha inactividad es una verdadera latencia, la cual fue inducida debido a la exposición continua de la yema a estrés hídrico o a factores endógenos (Arcila et al. 2007).

En la cuarta etapa, factores como lluvias y repentinas temperaturas, así como la variación de los contenidos de ácido giberélico pueden llegar a estimular el crecimiento del botón floral latente, el cual aumenta su longitud 3 veces ó 4 veces (Arcila et al. 2007). Dichos botones inician la etapa de pre-antesis, la cual identifica por una coloración blanquecina de los pétalos, aún cerrados.

Esta etapa dura de 6 días a 10 días (Arcila et al. 2007). En la última etapa llamada de antesis o florescencia (apertura de la flor) donde una flor abierta dura en promedio tres días. En *Coffea arabica*, en la flor se da la autofecundación y al abrir la flor, la fecundación se completó en un porcentaje mayor del 90 % (Arcila et al. 2007).

Cabe mencionar que notablemente dos etapas reproductivas del café pueden ser afectadas por la sequía: siendo estas la floración y fructificación (Damatta *et al.* citado por Macedo *et al.* 2010).

Ortiz, citado por Sánchez *et al.* (2018), indica que las alteraciones del clima han generado la disminución en los rendimientos de los cultivos y la calidad del grano producido.

L. Desarrollo del fruto del café

A partir del momento de la floración hasta la maduración del fruto en promedio son 32 semanas (Arcila et al. 2007). En promedio, el desarrollo del fruto del café tiene una duración de 220 a 240 días, lo cual está sujeto a la zona o región en la que se encuentre el cultivo (Arcila et al. 2007).

Según Cenicafé (2001); Salazar *et al.* (1994); Suárez (1979); Huxley (1969); León y Fournier (1962) citado por Arcila *et al.*, (2007) la etapa 1 (0-50 días) son las primeras 7 semanas después de la floración, la cual se caracteriza por ser una etapa de desarrollo lento. En la etapa 2 (50 días -120 días) de la semana 8 a la 17 después de la floración, se caracteriza por el crecimiento acelerado adquiriendo así su tamaño final. Se observa una consistencia gelatinosa en la semilla.

Durante la etapa 3 (120 días - 180 días). De la semana 18 a la 25 después de la floración, la semilla completa su desarrollo, ganando peso y adquiriendo consistencia más sólida. En la etapa 4 (180 días - 224 días) de la semana 26 a la 32 después de la floración, el fruto ya se encuentra desarrollado fisiológicamente, iniciando la maduración.

La última etapa (Más de 224 días) Después de la semana 32 (más de 224 días), el fruto se sobre madura, tornándose de color violeta oscuro, secándose finalmente. En este periodo pierde peso generalmente.

Cabe mencionar que las etapas 2 y 3 son las demandantes de mayor cantidad de agua, así como de nutrientes del fruto, por ello se deben garantizar una mayor disponibilidad de mencionados factores (Ramírez 2014).

En la figura 5 se muestran las etapas del desarrollo del grano o fruto de café a sus diferentes etapas.



Fuente: Ramírez 2014.

Figura 5. Curva de desarrollo del fruto de café después de la floración.

M. Factores que afectan el desarrollo del fruto de café

a. Efecto de la temperatura en el desarrollo del grano de café

Según da Silva y Mazzafera (2008), la iniciación floral fue satisfactoria en combinaciones de 23 °C días /20 °C noche y 30 °C día/24 °C noche presentando brotes más rápidos a temperaturas más altas. Donde temperaturas bajas de 17 °C días/12 °C noche y 20 °C día/17 °C noche inhibieron el inicio floral.

El estudio de fases iniciales de la floración en el cultivo de café es muy difícil, ya que dicho proceso se ve influenciado por otros factores como el fotoperíodo, esto ya que la duración del tiempo en que las plantas están expuestas a la luz determina el proceso de floración (da Silva y Mazzafera 2008).

Según Hernández (s. f.), al comparar los promedios de unidades calor obtenidos para la floración y fructificación, en la floración requiere de mayor temperatura, ya que un buen fructificación depende de una buena floración. Además, menciona que no hay antecedentes al respecto en cuanto a caracterizar el cultivo de café desde el punto de vista de sus requerimientos de calor.

Nunes, citado por Rubén (2015), indica que las temperaturas muy altas o muy bajas inhiben el crecimiento del cafeto; pues arriba de los 24 °C la fotosíntesis decrece y se hace casi imperceptible a los 14 °C.

Améndola *et al.* citado por Alfonse *et al.* (2018), indica que, con un clima templado, a temperaturas entre 18 °C y 22 °C y precipitaciones que varían de 600 mm a 1,000 mm, da lugar a obtener un café de calidad.

b. Efecto de la precipitación en el desarrollo del grano de café

Carvajal (1984) indica que acorde a investigaciones efectuadas en Kenia, la precipitación de cuatro a seis meses antes de la cosecha es la que más contribuye al tamaño del fruto. Además, indica también que el factor lluvia es más importante. Se ha encontrado experimentalmente que entre 10 semanas y 17 semanas después de que el café florece, los frutos se expanden con mayor rapidez y el tamaño potencial de los granos lo determina el volumen de expansión alcanzado por los lóculos en ese momento.

Según Alarcón (2017), la lluvia es un factor muy importante en la producción de café, debido a que determina los periodos de floración y llenado de frutos. Además, la lluvia participa en la dinámica de plagas y enfermedades, donde en los periodos secos prolongados se asocian con alta incidencia de marchitamiento de las hojas, secamiento de las flores, crecimiento del árbol y en los periodos prolongados de precipitación se asocian al aumento de enfermedades como roya (*Hemileia vastatrix*), Ojo de Gallo (*Mycena citricolor*) etc.

Herrera, citado por Alarcón (2017), indica que la floración está estrechamente ligada a la precipitación en la estación seca, así que entre más frecuente sean las lluvias en este periodo, mayor será el número de floraciones. Además, la maduración del fruto depende de la magnitud de la frecuencia de las floraciones.

Según Carvajal (1984) indica que en Kenia la proporción de granos de café grande, de valor comercial, es variable de un año a otro, alterándose por las prácticas culturales.

Según Arcila *et al.* (2007) indicaron que las deficiencias hídricas tienden a favorecer la floración, pero pueden perjudicar el crecimiento vegetativo de la planta y el desarrollo normal del fruto, afectándolo de diferentes formas de acuerdo a la etapa de desarrollo en la cual se encuentre el fruto del café. El efecto en las diferentes etapas se describe a continuación:

En la etapa 1, en el desarrollo del fruto del café, la deficiencia hídrica puede generar el secamiento de frutos tiernos mientras que en la etapa 2 una deficiencia hídrica puede tener

diferentes efectos sobre el desarrollo del fruto los cuales se clasifican en cuatro tipos (Arcila *et al.* 2007), que se describen a continuación:

i. Grano vacío

Sucede cuando uno o ambos lóculos del fruto aparecen vacíos, sin presencia de formación del endospermo. Al ser beneficiados estos granos producen el defecto conocido como “espuma” o “pasilla”. En las variedades cultivadas se presenta normalmente menos del 5 % de este defecto (Arcila *et al.* 2007).

ii. Grano parcialmente formado

Sucede cuando uno o ambos lóculos del fruto presentan formación parcial del endosperma, sin que se llegue al llenado completo. Estos granos alcanzan a madurar y producen el defecto conocido como “averanado” (Arcila *et al.* 2007).

iii. Grano negro

Se consideran frutos en un estado de desarrollo muy avanzado, con una ligera tonalidad amarillenta, los cuales al momento de partirlos muestran una o ambas almendras desarrolladas y con tonalidad que va desde un color café muy oscuro a uno casi negro. Estos granos al beneficiarlos producen el defecto denominado “espuma” o “pasilla” (Arcila *et al.* 2007).

iv. Grano pequeño

El fruto se desarrolla, pero adquiere un tamaño inferior al normal. Este tipo de grano se hace más perceptible al momento de la trilla (Arcila *et al.* 2007).

En la etapa 3 la deficiencia hídrica tiene efectos menos severos debido a que el fruto se encuentra completamente desarrollado. Sólo en casos extremos se retarda la maduración y se presenta secamiento de la pulpa (Arcila *et al.* 2007). Las regiones con mayor susceptibilidad al déficit hídrico son aquellas ubicadas en altitudes bajas, en suelos con poca capacidad de retención de agua o manejo deficiente del cultivo (Arcila *et al.* 2007).

Cannell citado por Suárez (1979), indica que, para una variedad y localidad definida, la lluvia o el riego, afecta el tamaño del grano, esto durante el período en el que la cereza se encuentra en mayor crecimiento, entre 10 semanas a 17 semanas después de la floración.

En Brasil, mencionado por Hernández citado por Suárez (1979) se encontró que el volumen de los frutos del café aumentaba significativamente en los primeros meses de fructificación, alcanzando así su máximo desarrollo en cuando a sus dimensiones cerca de la semana siete y ocho antes de la maduración. En los resultados presentados por Suárez (1979) se indicó que en el periodo I, con duración de 5.2 semanas después de la fecundación, se presenta un crecimiento lento, donde la presencia o ausencia de lluvia no influyó en el desarrollo del fruto.

En el periodo II, siendo entre siete semanas y 14 semanas en las diferentes floraciones con duración de 10.8 semanas promedio. Se tiene un crecimiento acelerado, donde el agua es fundamental para el desarrollo y tamaño del fruto.

Para el periodo III, con duración de 11.2 semanas promedio, entre la nueve semanas y 14 semanas, se tiene un crecimiento lento exterior, esto debido a que internamente se forma la materia seca que forma al grano (la almendra). En donde el agua no obtuvo efecto significativo en el crecimiento del grano. La escasez de agua no tuvo efecto notorio en el crecimiento (Suárez 1979).

En el periodo IV, con duración de 3.8 semanas en promedio, entre tres semanas y cinco semanas. En esta etapa el almidón es transformado en azúcar y concluye el cambio de color del fruto. Este último periodo normalmente se da ya en la época de mayor lluviosa (Suárez 1979). La influencia de la presencia de lluvia en el segundo periodo o etapa, induce crecimiento acelerado (semana seis a la 16 de la fecundación), se encontró que existe hasta un 36 % de diferencia entre el tamaño de los frutos (Suárez 1979).

2.2.2. Marco referencial

A. Descripción y ubicación Nestlé Fábrica Antigua

Nestlé Fábrica Antigua, empresa de carácter privado. Es parte de la compañía Nestlé S.A. empresa transnacional, líder en la elaboración de productos alimenticios. Con presencia en los cinco continentes y en más de sesenta países. Nestlé Fábrica Antigua se encuentra en el km 46.5 carretera a Ciudad Vieja, en Antigua Guatemala, Sacatepéquez.

B. Laboratorio Centro de Control de Calidad Nestlé (NQCC) Antigua

El Centro de Control de Calidad Nestlé (NQCC) Antigua, se ubica dentro de Nestlé Fábrica Antigua. En el laboratorio NQCC, se evalúa muestras de grano de café verde provenientes de México y Centroamérica, para posteriormente su compra y exportación a diferentes países alrededor del mundo.

C. Evaluación de muestras de café verde en el laboratorio (NQCC) Antigua

Nestlé al ser el comprador de café número uno a nivel mundial, busca un alto nivel en cuanto a la calidad de sus productos finales, se evalúa el grano de café acorde a ciertos parámetros tanto cualitativos y cuantitativos, ya que existen dos tipos de mercados para la exportación; siendo éstas la Preparación Americana y la Preparación Europea. La Preparación Americana permite hasta 24 defectos en una muestra de 3,000 g de contenedor en sacos. La preparación europea permite o tolera de ocho a 12 defectos en una muestra de 3,000 g de contenedor en sacos.

Si una muestra de café no cumple con los parámetros de cualquiera de las dos preparaciones, según sea el caso, el grano se rechaza por lo que el grano de café se ve afectado tanto en calidad como en precio.

Las muestras que ingresan al laboratorio son cuidadosamente identificadas, registradas, analizadas y almacenadas, ya que en ocasiones son requeridas por parte de las fábricas de café solubles, para ser analizadas nuevamente y así proceder a procesar el grano para su distribución y venta a las fábricas de café.

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. Objetivo general

Interpretar el comportamiento de la densidad del grano de café verde con la temperatura y precipitación de los clusteres de Huehuetenango y Fraijanes.

2.3.2. Objetivos específicos

1. Conocer las condiciones de precipitación y temperatura de los clústeres de Huehuetenango y Fraijanes de las cosechas 2012-2013, 2013-2014, 2014-2015 y 2015-2016.
2. Describir el comportamiento de la densidad del grano de café verde con la temperatura de las cosechas 2012-2013, 2013-2014, 2014-2015 y 2015-2016 en los clústeres de Huehuetenango y Fraijanes.
3. Describir el comportamiento de la densidad del grano de café verde con la precipitación de las cosechas 2012-2013, 2013-2014, 2014-2015 y 2015-2016 en los clústeres de Huehuetenango y Fraijanes.

2.4. METODOLOGÍA

2.4.1. Materiales y métodos

A. Áreas de estudio

a. Clúster Huehuetenango

La región del clúster Huehuetenango se ubica entre la parte media y alta del departamento de Huehuetenango, en alturas que varía de 1,600 m a 2,500 m s.n.m., Dicho clúster lo conforman los municipios: San Pedro Necta, La Democracia, La Libertad, Santiago Chimaltenango, Unión Cantinil, San Antonio Hüista y Cuilco.

b. Clúster Fraijanes

La región del clúster Fraijanes lo conforman fincas ubicadas dentro y colindantes al municipio, así como fincas de cooperativas de los departamentos de Santa Rosa y Jutiapa. Las alturas van desde 1,400 m a 1,900 m s.n.m.

c. Estaciones meteorológicas

En la región donde se ubica el clúster de Huehuetenango se ubicó la estación automática San Pedro Necta a 1,700 m s.n.m., de la Red Hidromet. Esto para la obtención de datos de temperatura y precipitación de los años 2012 al 2016.

Para la región del clúster de Fraijanes, se ubicó una estación meteorológica, para la obtención de datos de temperatura y precipitación, donde se tomaron datos del año 2012 al 2016, siendo la estación automática San José Pínula 1,650 m s.n.m., de la Red Hidromet, ubicada en el municipio San José Pinula.

La información de las estaciones meteorológicas se tomó de Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) de la red automática Hidromet, disponible en línea.

B. Interpretación de las variables

a. Densidad del grano de café verde (g/cm³)

Variable cuantitativa, la cual se obtuvo de las muestras registradas de café verde en la base de datos del laboratorio Centro de Control de Calidad Nestlé Antigua, siendo estos obtenidos a través del Picnómetro de gas helio ACCUPYC II 1340 marca Micromeritics.

La lectura consistió en tomar de cada muestra de un kg de café verde que ingresaba al laboratorio, proveniente de cada uno de los clústeres, 55 g de grano de café verde y proceder realizar el análisis mediante el Picnómetro ACCUPYC II, el cual analizaba la densidad del grano por desplazamiento de gas de forma automatizada con alta precisión en un tiempo de 10 minutos por muestra.

Una vez recopilados los datos de las densidades de café verde por clúster, se tabularon y organizaron en un documento Excel registrados de acuerdo al clúster de origen, ya sea Huehuetenango o Fraijanes, acorde a la fecha que ingresaron al laboratorio y a la cosecha a la que pertenecían para luego ser comparada con los valores de temperatura media mensual y precipitación mensual que se presentaron durante cada una de las cosechas en dos periodos: Del inicio de la floración al día 180 (26 semanas) periodo crítico y del inicio de la floración al momento de la cosecha, siendo de 243 días (32 semanas).

b. Temperatura media mensual (°C)

Variable de naturaleza cuantitativa. Se obtuvo a partir de lecturas de temperaturas diarias de cada una de las dos estaciones utilizadas a partir del año 2012 al 2016 de la Red Automática Hidromet del INSIVUMEH.

Los datos de la temperatura media mensual se adjuntaron en un documento de Excel, colocados por cosecha, es decir 2012-2013, 2013-2014, 2014-2015 y 2015-2016 para ser descritos y comparados con la densidad del grano de café mediante ayuda de gráficas comparativas lineales de un eje y de doble eje.

c. Precipitación mensual (mm)

Variable de naturaleza cuantitativa. Se obtuvo a partir de los datos de lluvia acumulada diaria de cada una de las dos estaciones utilizadas a partir del año 2012 al 2016 de la Red Automática Hidromet del INSIVUMEH.

Los datos de la precipitación mensual se adjuntaron en un documento de Excel, colocados por cosecha, es decir 2012-2013, 2013-2014, 2014-2015 y 2015-2016 para ser descritos y comparados con la densidad del grano de café mediante ayuda de gráficas comparativas lineales de un eje y de doble eje.

2.4.2. Descripción del análisis de variables

Se utilizó estadística descriptiva, ya que permite recolectar, describir, visualizar y resumir datos que son originados a partir de los fenómenos a ser objeto de estudio.

Los resultados obtenidos se resumieron en tablas numéricas y se presentaron gráficamente para un análisis e interpretación de elementos que permitieron caracterizar y obtener conclusiones a base de la descripción numérica y gráfica utilizada.

2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.5.1. Precipitación mensual (Pm) y temperatura promedio mensual (Tpm) del clúster de Huehuetenango cosechas del año 2012 al 2016

En la figura 6, se puede observar que las temperaturas mensuales más altas se presentaron durante los periodos del 25.04.12 al 22.10.12 y 30.04.12 al 27.10.12 con 19.14 °C y 19.11 °C, mostrando un decremento paulatino poco variable hasta descender a 17.77 °C en los últimos dos periodos.

La variable precipitación mensual se presentó en forma constante durante los primeros periodos, sin embargo, el periodo donde se registró la mayor cantidad de precipitación fue del 11.05.12 al 07.11.12 con 1,126.80 mm. A partir del periodo 11.05.12 al 07.11.12 se observa un decremento notable a 994.30 mm disminuyendo hasta el último periodo a 360.10 mm. Ambas variables mostraron una relación negativa en los últimos periodos.

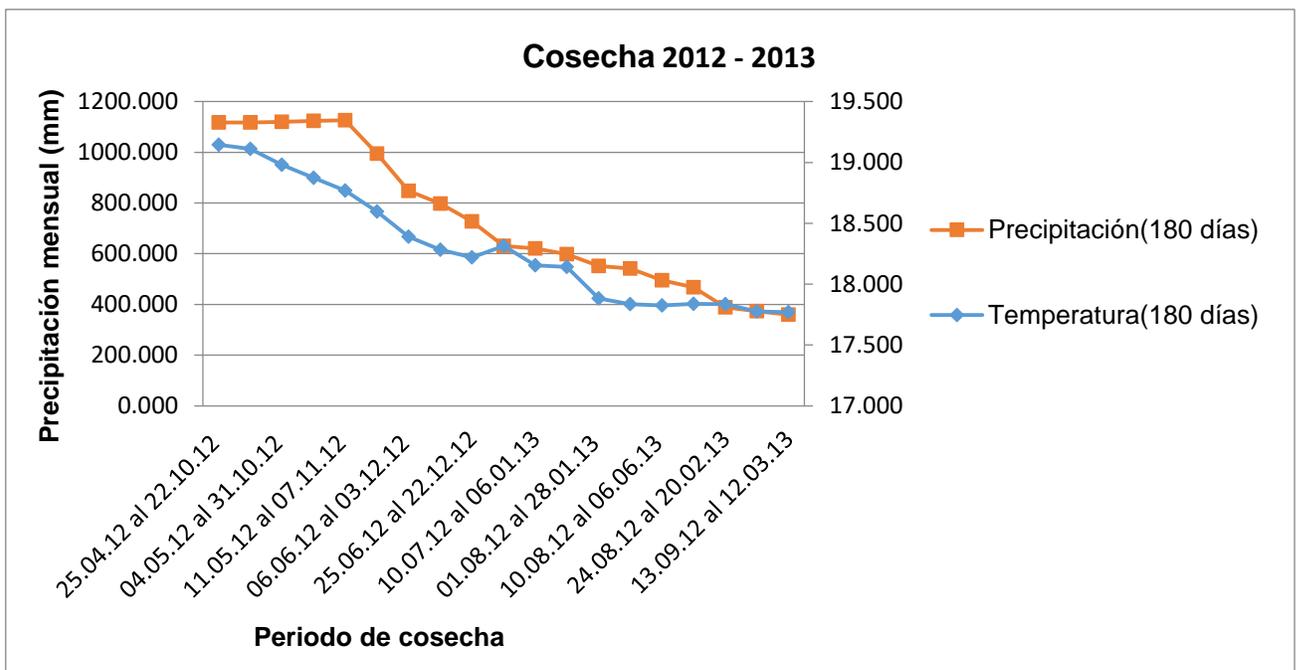


Figura 6. Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo crítico de 26 semanas (180 días) en el área de Huehuetenango de la cosecha 2012-2013.

En la figura 7, la temperatura promedio mensual osciló entre valores no mayores a 18.61 °C durante todos los periodos, siendo el valor más bajo de 18.55 °C esta variable incrementó nuevamente en el periodo 01.08.12 al 28.01.13 con 18.14 °C para terminar en el periodo 13.09.12 al 12.03.13 con un valor de 18.55 °C, con diferencia entre el valor más alto de 0.06 °C.

Se puede observar que, durante los periodos iniciales de la floración, del 25.04.12 al 22.10.12 al periodo del 11.05.12 al 07.11.12, la precipitación se mantuvo constante entre 1,131.10 mm a 1,135.30 mm. El valor más bajo de precipitación fue de 462.60 mm del 24.08.12 al 20.02.13 aumentando en el último periodo a 521.40 mm.

Cabe mencionar que a partir del periodo 06.08.12 al 06.04.13 ambas variables presentaron un comportamiento contrario en el resto de los periodos, ya que se observó un aumento de la temperatura mensual promedio y a su vez una disminución de la precipitación mensual.

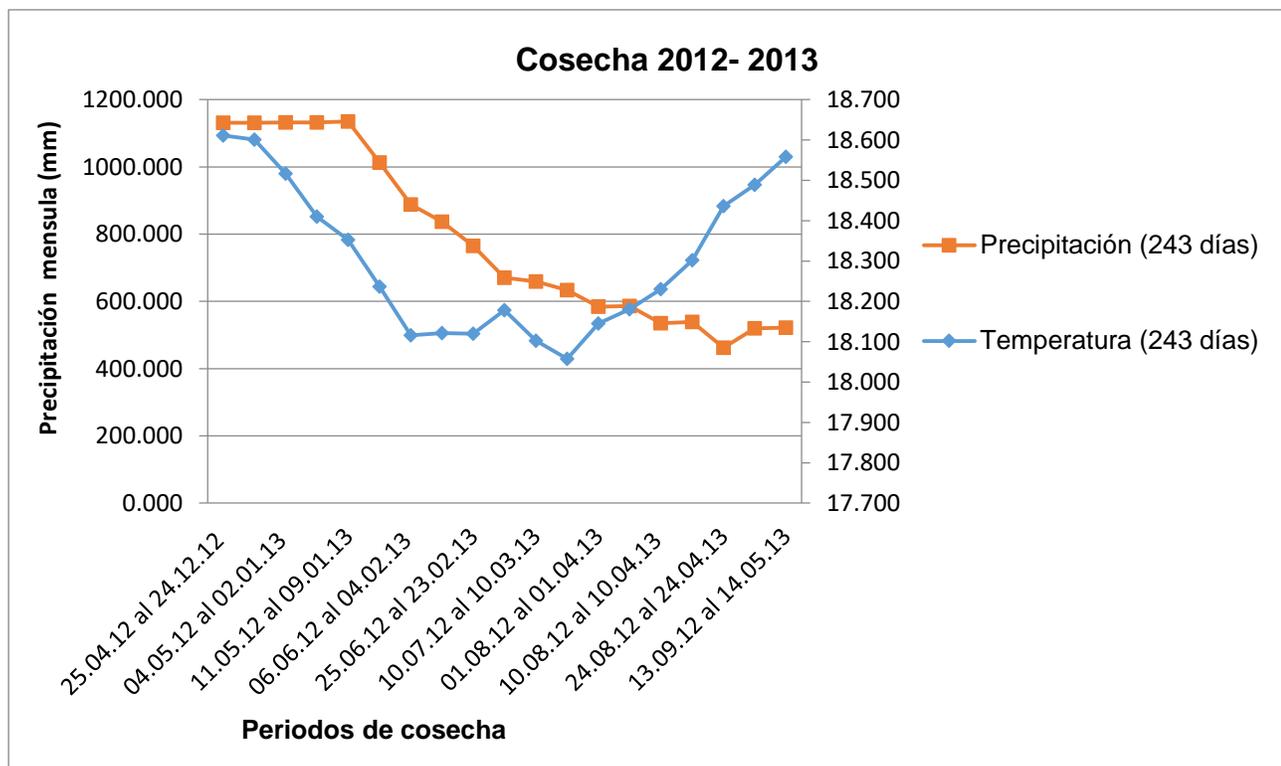


Figura 7. Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo de desarrollo total de 35 semanas (243 días) en el área de Huehuetenango de la cosecha 2012-2013.

Se puede observar en la figura 8 que las variables temperatura y precipitación de los periodos de cosecha 2013-2014, al inicio de la floración presentaban una tendencia de asociación entre los periodos 21.04.13 al 18.10.13 y 25.04.13 al 22.10.13, con valores de temperatura de 19.37 °C y 19.29 °C con precipitaciones de 1,327.20 mm y 1,354.70 mm.

A partir de ello se observa que la temperatura disminuye mientras la precipitación aumenta.

Durante el resto de los periodos, la temperatura disminuye paulatinamente hasta llegar a 17.49 °C mientras que la precipitación aumenta siendo los valores más altos en los periodos 21.05.13 al 17.11.13 y 02.06.13 al 29.11.13 con 1,462.20 mm y 1,450.30 mm respectivamente descendiendo hasta 766.20 mm.

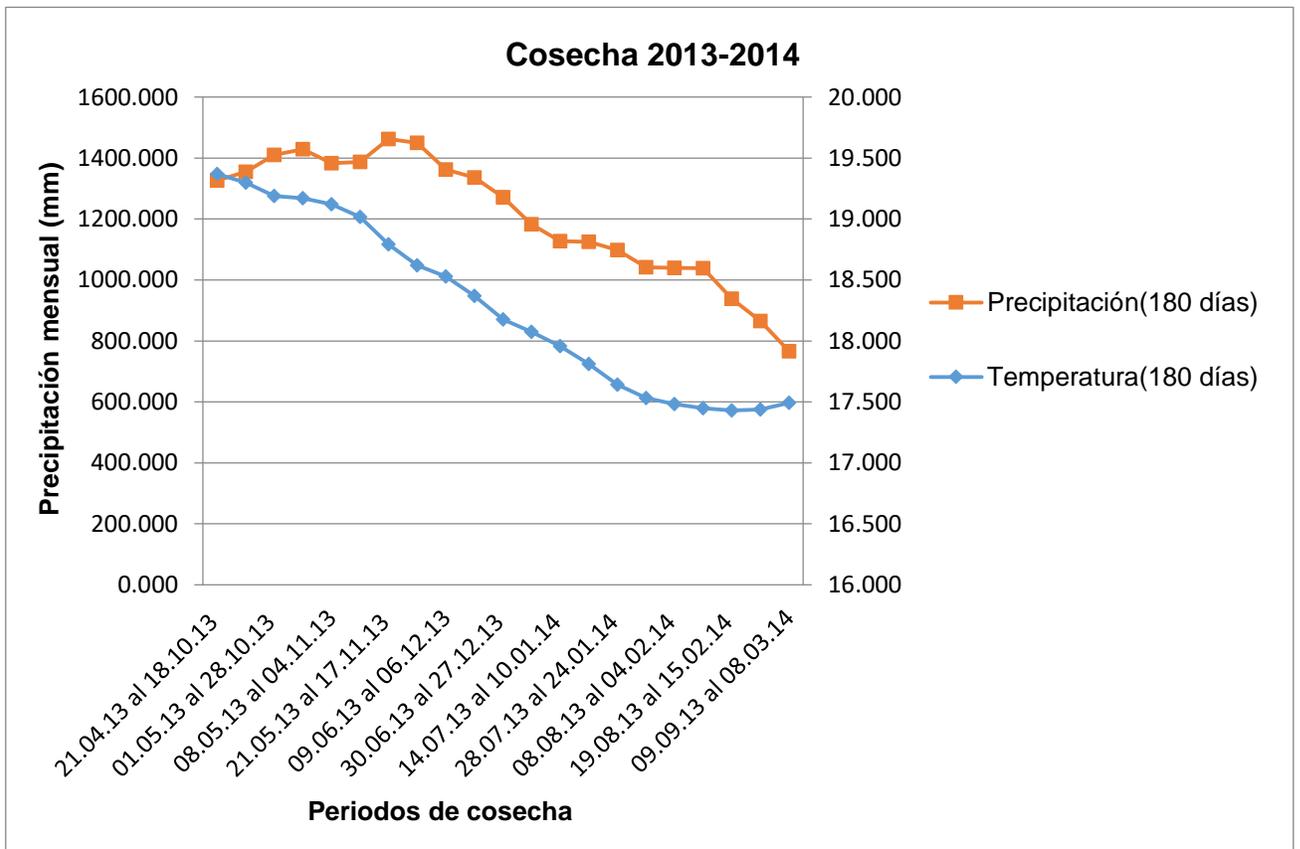


Figura 8. Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo crítico de 26 semanas (180 días) en el área de Huehuetenango de la cosecha 2013-2014.

En la gráfica de la figura 9, se puede observar que la temperatura disminuyó a lo largo de los 243 días de desarrollo del grano hasta el periodo 04.08.13 al 04.04.14 donde muestra un aumento a 18.01 °C para finalizar en el periodo 09.09.13 al 10.05.14 con 18.21 °C.

Para la precipitación se puede observar una tendencia poco variable al inicio de la floración al fluctuar de 1,616.70 mm a 1,570.40 mm durante los primeros siete periodos, llegando a 808.50 mm al finalizar la cosecha.

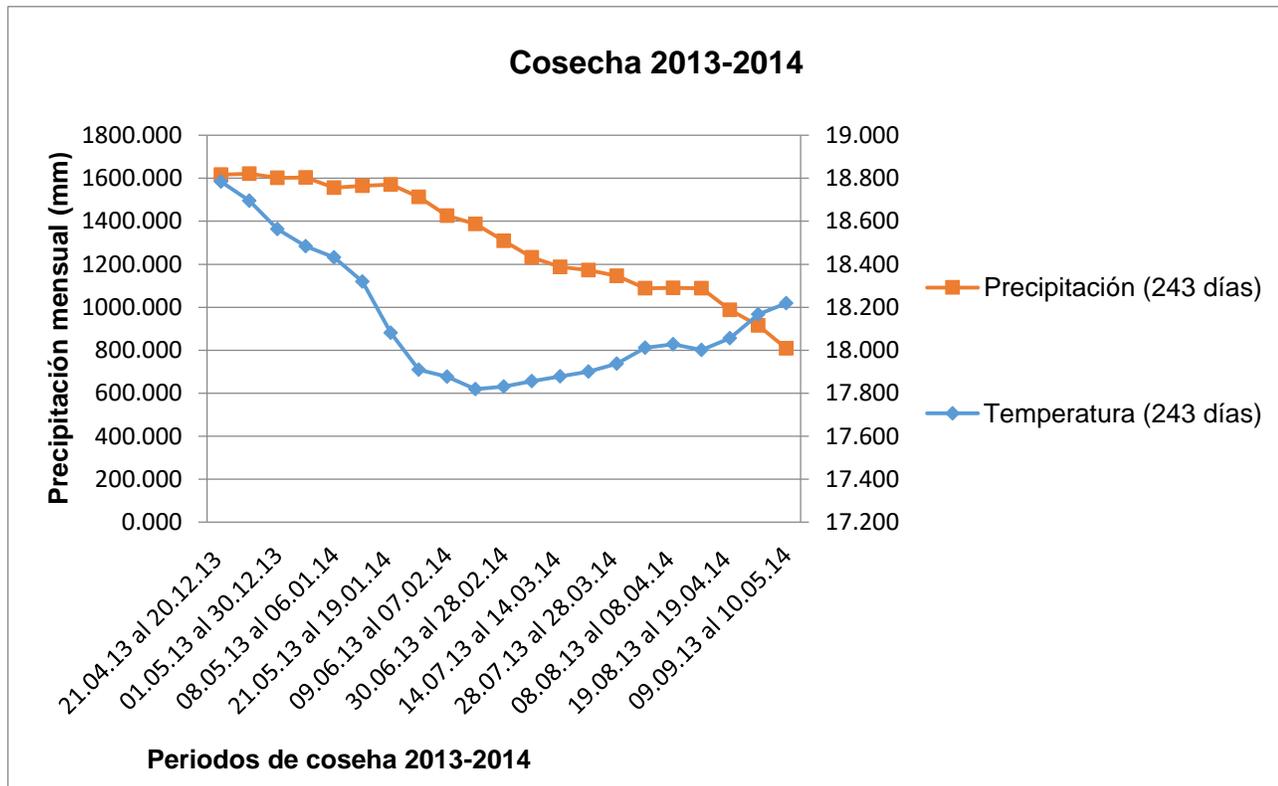


Figura 9. Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo de desarrollo total de 35 semanas (243 días) en el área de Huehuetenango de la cosecha 2013-2014.

Se muestra en la gráfica de la figura 10, que al inicio de la floración en los periodos del 20.05.14 al 16.11.14 y del periodo 29.05.14 al 25.11.14, la temperatura disminuía mientras la precipitación aumentaba. Se mostró este comportamiento hasta el periodo 19.09.14 al 18.03.15 donde se produce un incremento gradual de la temperatura a 17.11 °C mientras la precipitación disminuyó a 430.40 mm para finaliza con 207.60 mm.

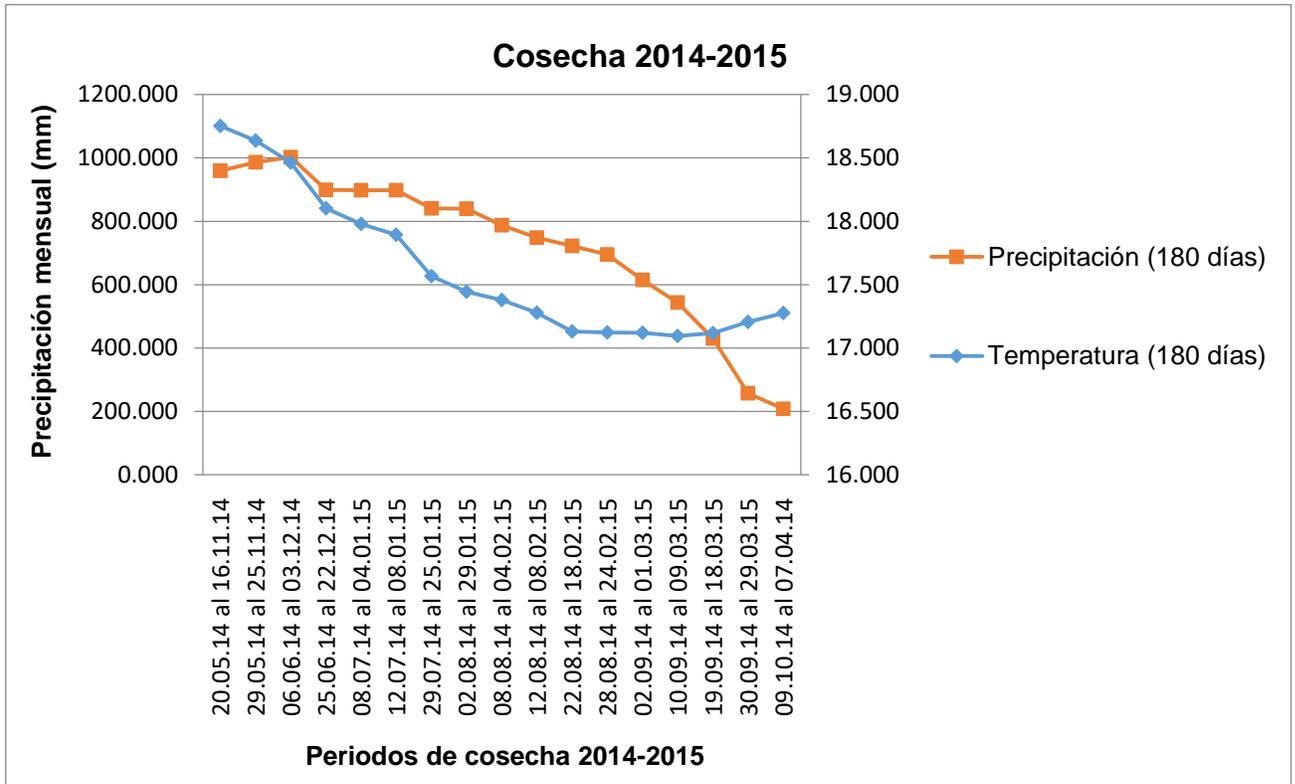


Figura 10. Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo crítico de 26 semanas (180 días) en el área de Huehuetenango de la cosecha 2014-2015.

En la figura 11 se puede observar que en la temperatura se mostró una disminución constante hasta el periodo del 08.07.14 al 08.03.15 y del 02.08.14 al periodo 02.04.15 donde se mantuvo entre los valores de 17.65 °C a 17.40 °C. A partir del periodo 08.08.14 al 08.04.15 se observa un aumento hasta llegar a su valor más alto de 18.17 °C.

Así mismo la precipitación mensual presentó una disminución continua, con los valores más altos en los primeros periodos con 1,027.90 mm y 1,029.30 mm, siendo el valor más bajo presentado 391.70 mm.

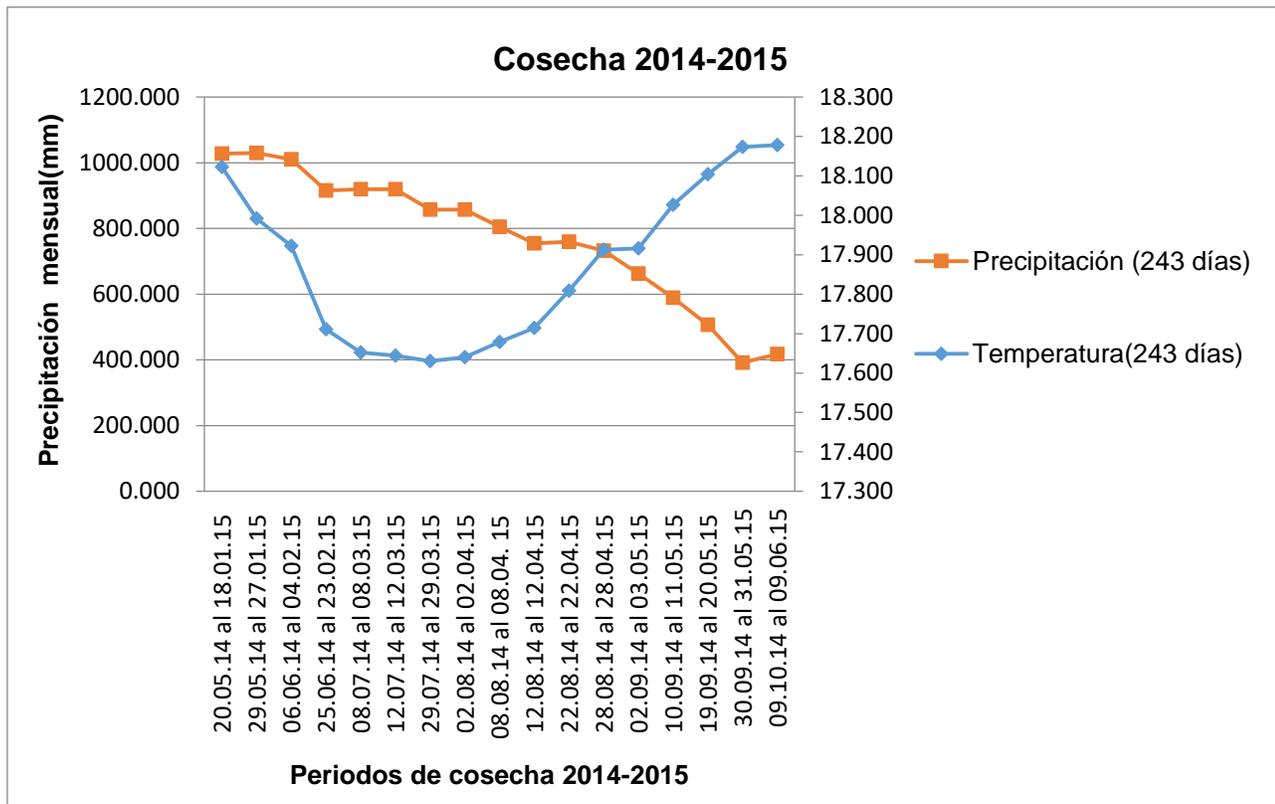


Figura 11. Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo de desarrollo total de 35 semanas (243 días) en el área de Huehuetenango de la cosecha 2014-2015.

En cuanto a la gráfica de la figura 12, se puede observar que en los primeros tres periodos ambas variables climáticas mostraron un comportamiento lineal negativo, al disminuir simultáneamente. Sin embargo, a partir del periodo 10.07.15 al 06.01.16 la precipitación mantiene una tendencia más uniforme mientras la temperatura continuó disminuyendo el periodo 01.09.15 al 28.02.16 donde parece ir aumentando nuevamente.

Para la precipitación se observa una disminución tanto brusca del periodo 24.08.15 al 20.02.16 y del periodo del 01.09.15 al 28.02.16 con valores de 738.60 mm a 586.60 mm.

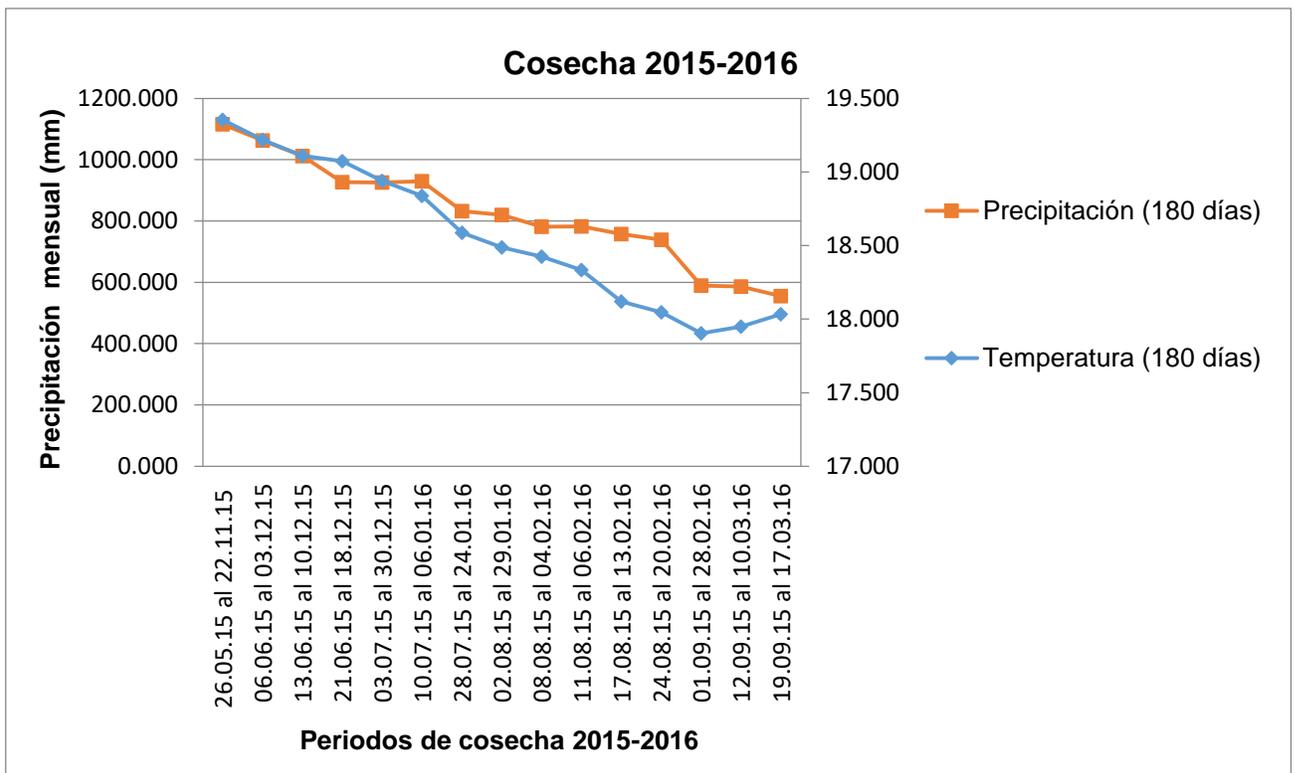


Figura 12. Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo crítico de 26 semanas (180 días) en el área de Huehuetenango de la cosecha 2015-2016.

Se muestra en la figura 13 un comportamiento de decremento de temperatura durante los primeros seis periodos de la cosecha 2015-2016, para luego en el periodo 10.07.15 al 09.03.16 aumenta un 0.15 °C donde se mantiene constante durante dos periodos más aumentando nuevamente de 18.56 °C a 18.64 °C hasta llegar a 18.96 °C para finalizar los 243 días.

Se observa una disminución de la precipitación notable especialmente entre los periodos del 10.07.15 al 09.03.16 y del periodo 28.07.15 al 27.03.16, al disminuir de 949.30 mm a 854.50 mm así mismo para los periodos 24.08.15 al 23.04.16 y 01.09.15 al 01.05.16 pasando de 762.40 mm a 641.40 mm.

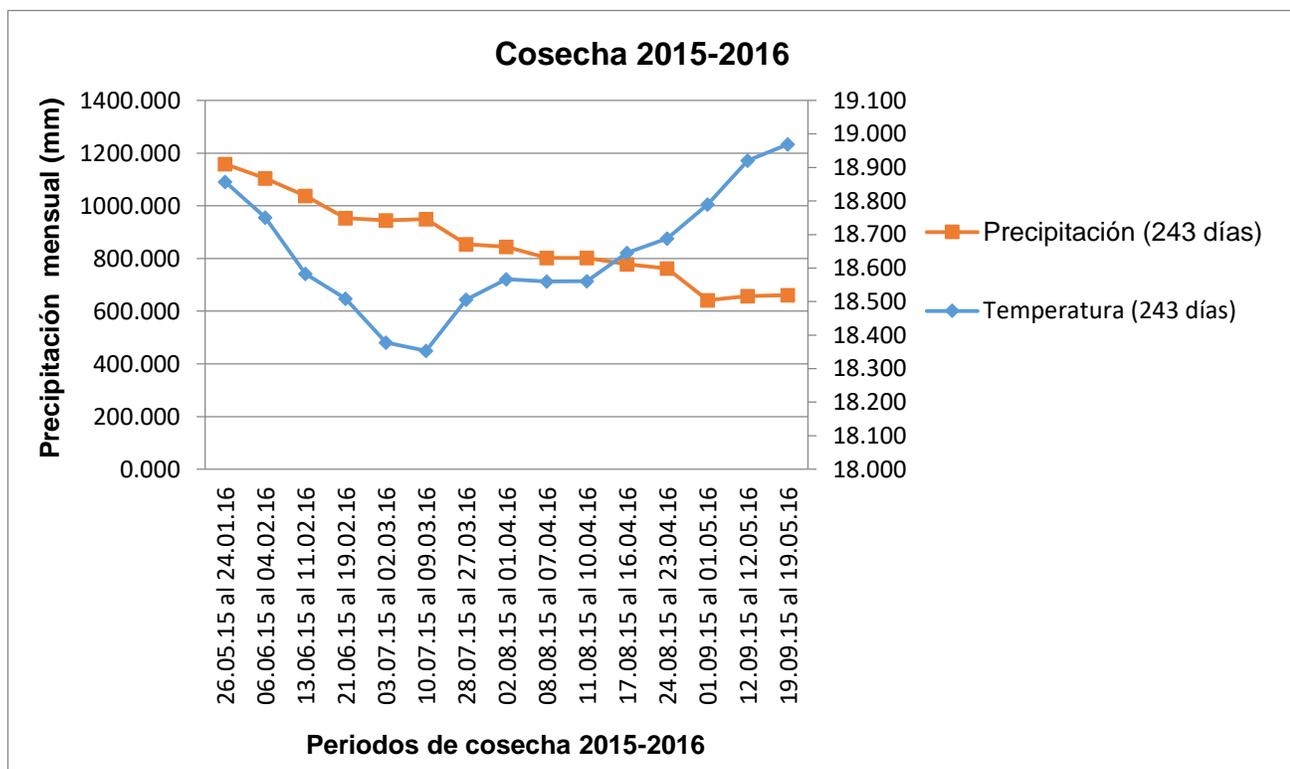


Figura 13. Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo de desarrollo total de 35 semanas (243 días) en el área de Huehuetenango de la cosecha 2015-2016.

2.5.2. Precipitación mensual (Pm) y temperatura promedio mensual (Tpm) del clúster de Fraijanes cosechas del año 2012 al 2016

En la figura 14, se puede observar que tanto la variable temperatura como precipitación mostraron un decremento constante notorio a partir del periodo 30.04.12 al 27.10.12. Fluctuando a partir del 16.07.12 al 12.01.13 donde disminuyó a 16.19 °C para aumentar a 16.34 °C en el siguiente periodo.

La precipitación mostró un decremento brusco en el periodo 22.07.12 al 18.01.13 de 690.70 mm a 456.80 mm del periodo 13.08.12 al 09.02.13 para finalizar en 411.50 mm.

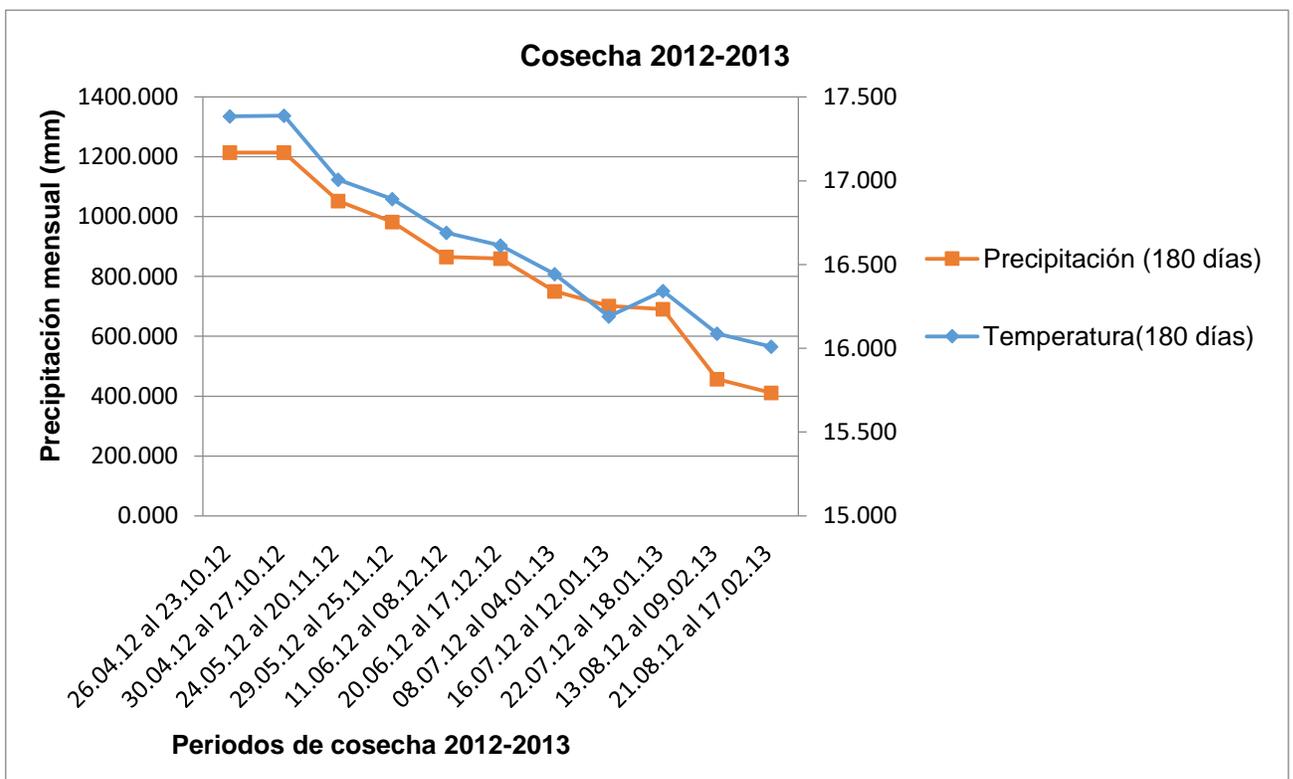


Figura 14. Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo crítico de 26 semanas (180 días) en el área de Fraijanes de la cosecha 2012-2013.

Como se puede observar en la figura 15, ambas variables climáticas inician una tendencia constante durante los dos primeros periodos, donde a partir de ello, disminuyen paulatinamente hasta que en el periodo 16.07.12 al 16.03.13 la temperatura disminuye de 16.42 °C a 16.18 °C. Ahora bien, la precipitación mostró un decremento brusco a partir del 22.07.12 al 22.03.13 al disminuir de 719.30 mm a 492.30 mm.

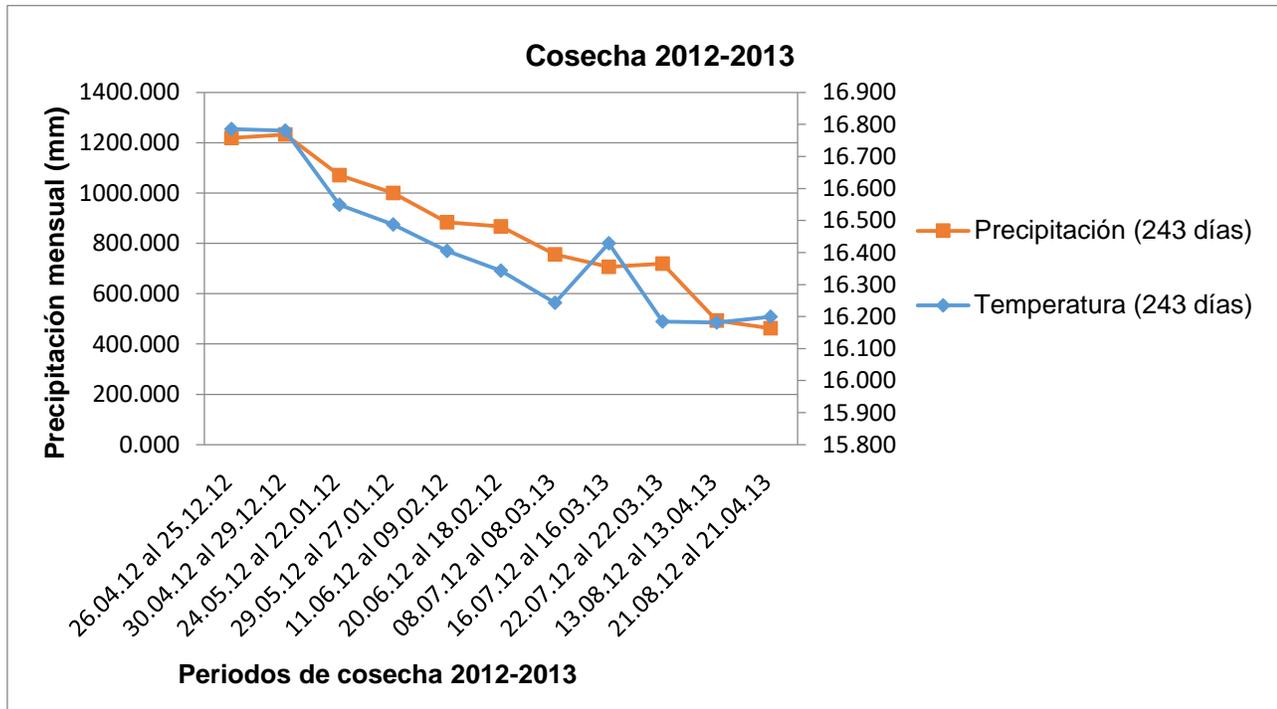


Figura 15. Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo de desarrollo total de 35 semanas (243 días) en el área de Fraijanes de la cosecha 2012-2013.

En la figura 16, se puede observar una tendencia negativa desde el primer periodo por parte de la variable temperatura, la cual su valor más alto presentado fue de 17.55 °C para luego observarse un aumento de la misma en el periodo de 06.08.13 al 02.02.14 con 16.94 °C para finaliza en 16.18 °C.

La precipitación inicia a aumentar a partir del segundo periodo, siendo sus valores más altos en los periodos de 13.05.13 al 09.11.13 y 17.05.13 al 13.11.13 con valores de 5,033.30 mm para ambos.

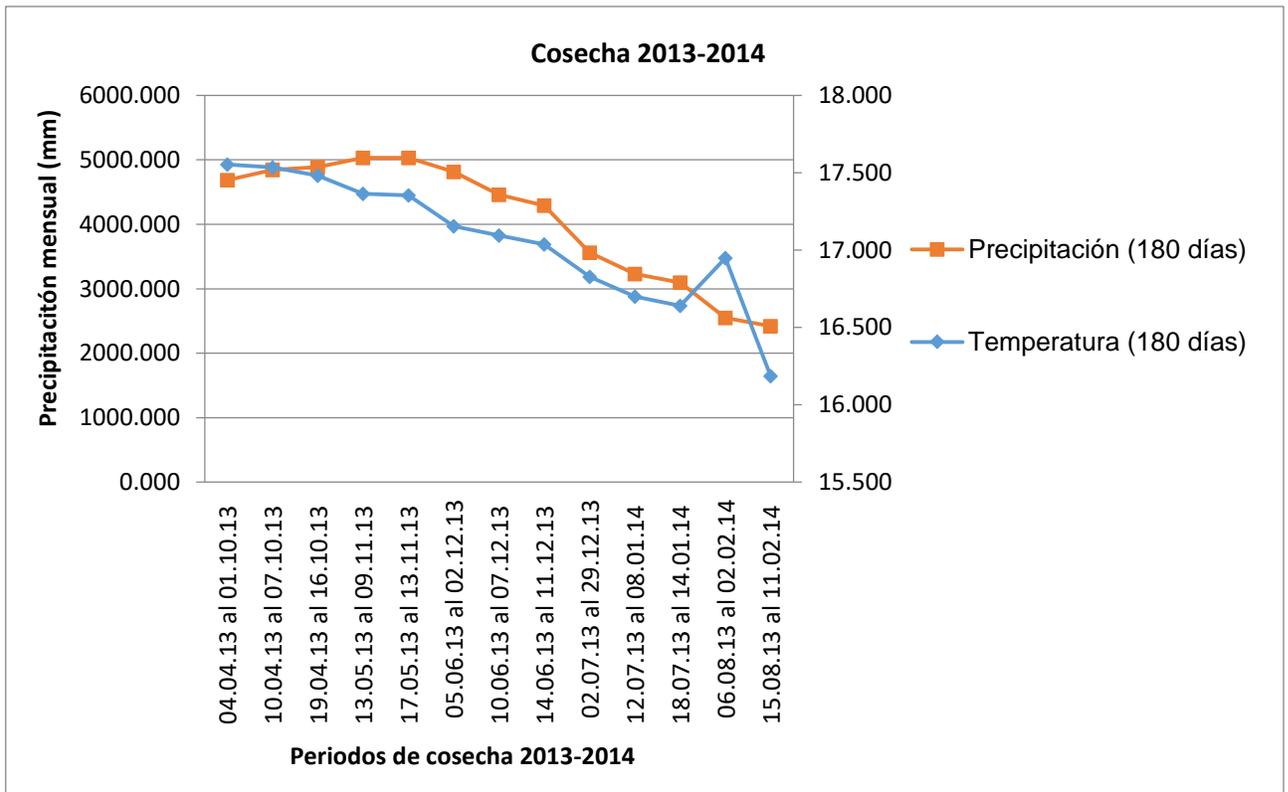


Figura 16. Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo crítico de 26 semanas (180 días) en el área de Fraijanes 2013-2014.

La figura 17 presenta una disminución notable de la temperatura, donde a partir del periodo 02.07.13 al 02.03.14 hasta el último periodo, esta presenta un comportamiento constante al mantenerse entre los valores no mayores a 16.48 °C ni menores a 16.44 °C.

Mientras la precipitación al inicio presentó un comportamiento constante del periodo 04.04.13 al 03.12.13 hasta 17.05.13 al 15.01.14 para luego disminuir notoriamente durante el resto de periodos de la cosecha 2013-2014.

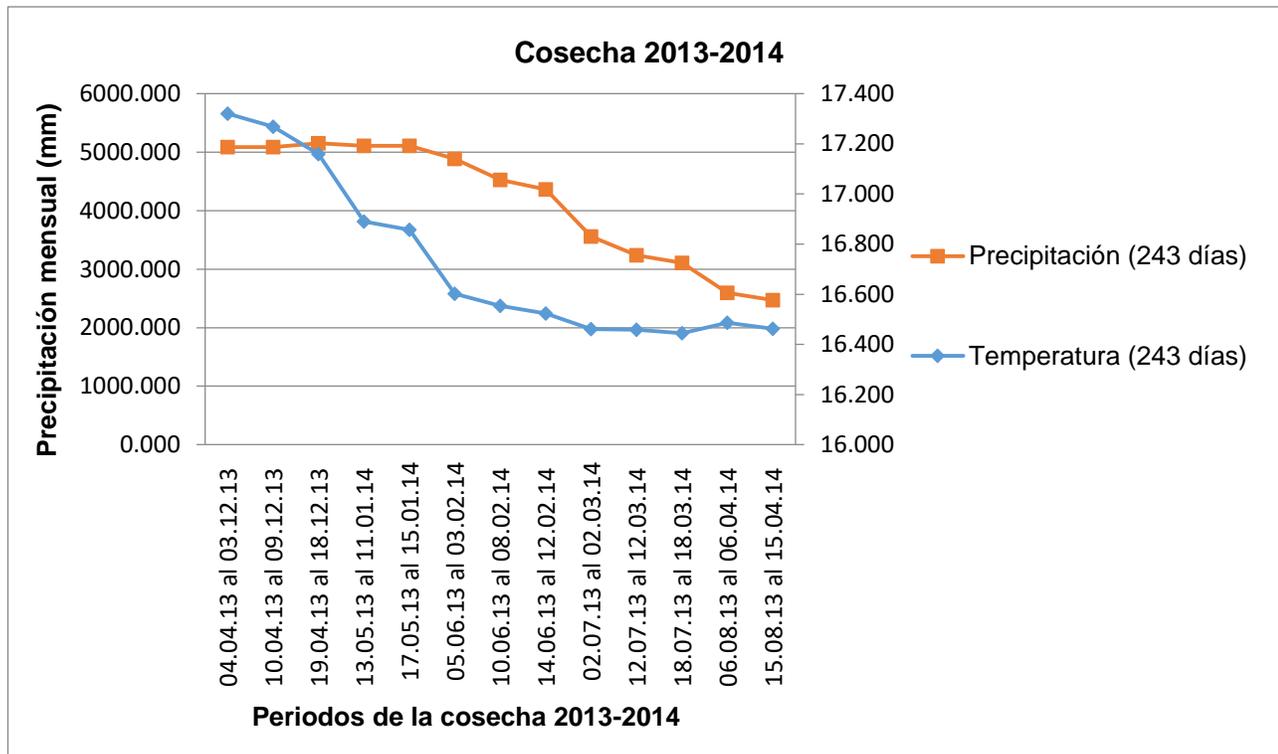


Figura 17. Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo de desarrollo total de 35 semanas (243 días) en el área de Fraijanes de la cosecha 2013-2014.

La figura 18 muestra el valor más alto de temperatura en el periodo 12.04.14 al 09.10.14 de 17.71 °C mientras el valor de precipitación más alto se dio en el periodo siguiente del 27.04.14 al 24.10.14 con 1,613.50 mm. A partir de ello ambas variables climáticas presentan un decremento lineal similar, donde en el periodo 28.05.14 al 24.11.14 la temperatura disminuye de 17.26 °C a 17.08 °C. Mientras la precipitación disminuye de 1,414.50 mm a 1,172 mm.

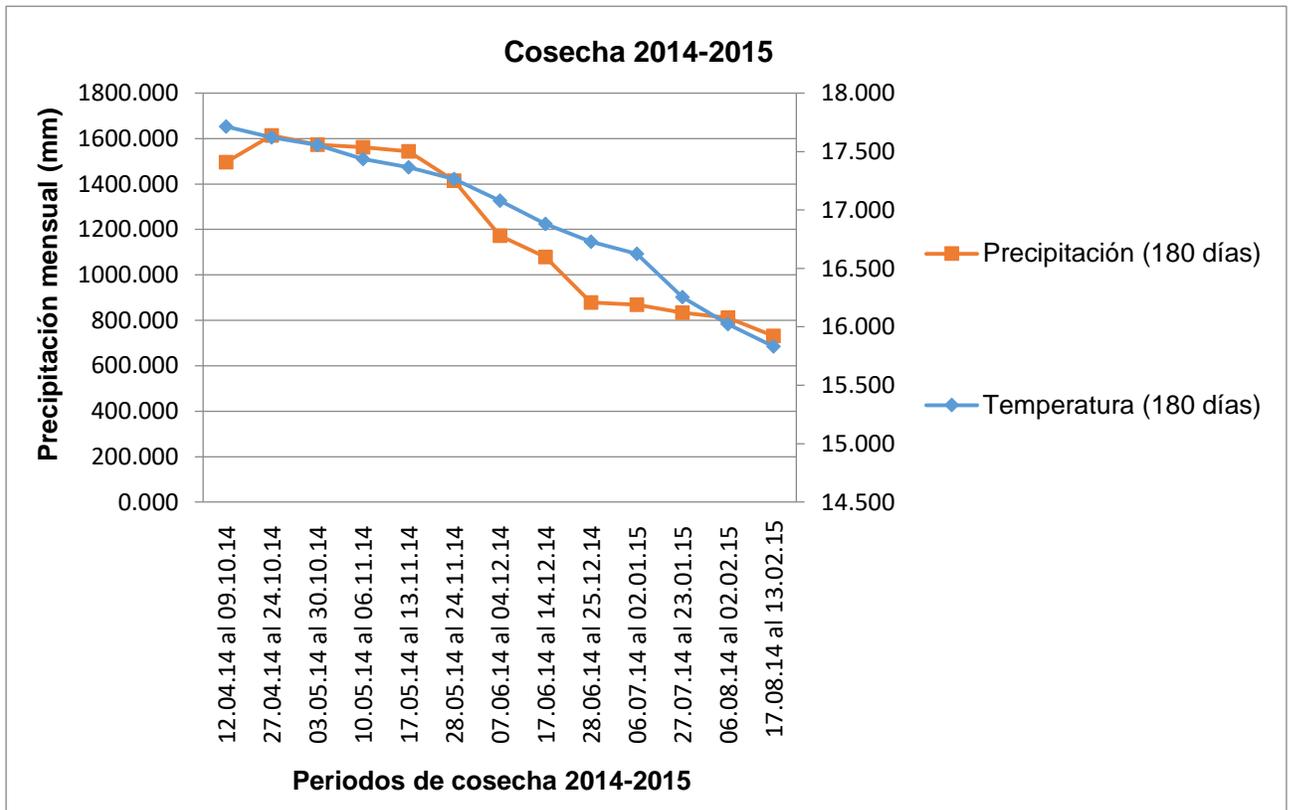


Figura 18. Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo crítico de 26 semanas (180 días) en el área de Fraijanes de la cosecha 2014-2015.

La figura 19 muestra un decremento de ambas variables, donde el valor más alto de temperatura se presenta en el primer periodo siendo este de 17.16 °C el cual disminuyó hasta 16.04 °C durante todo el ciclo de desarrollo del grano. De igual forma la mayor cantidad de precipitación se mostró al inicio de la floración, siendo este de 1,701.50 mm.

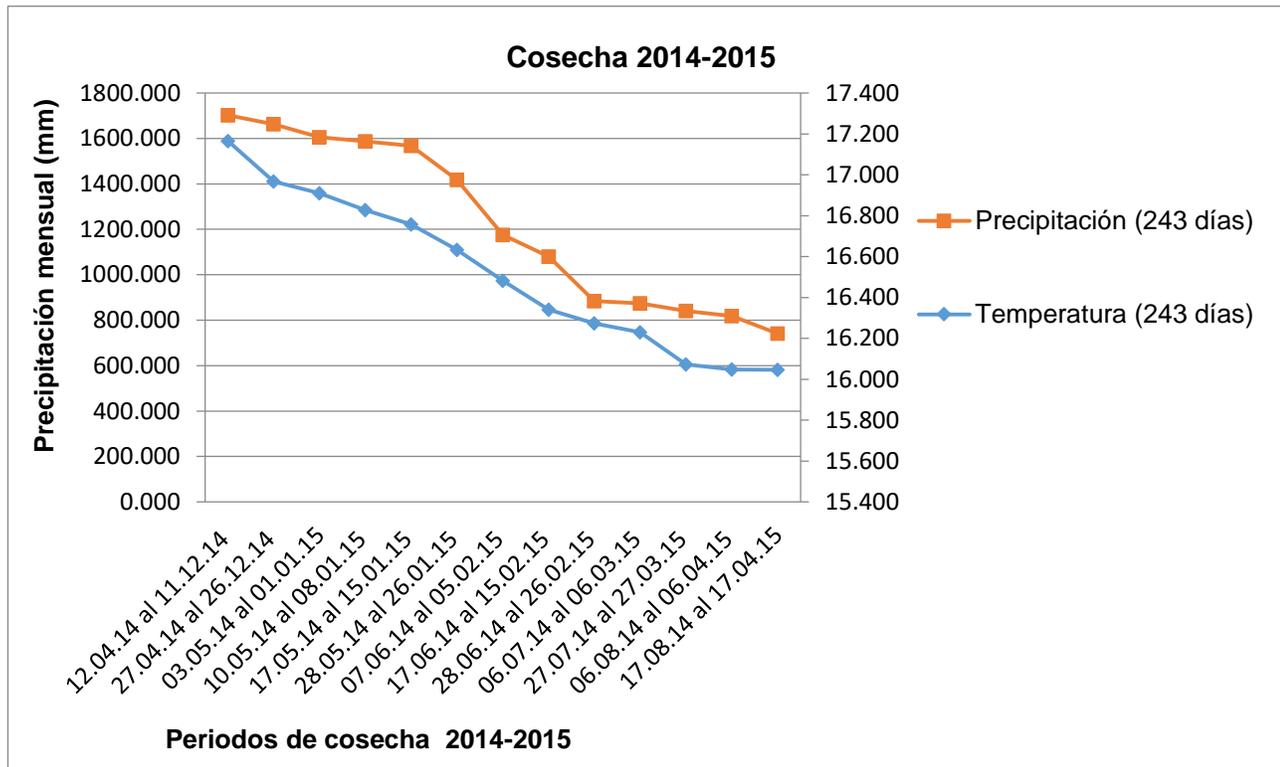


Figura 19. Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo de desarrollo total de 35 semanas (243 días) en el área de Fraijanes de la cosecha 2014-2015.

Se muestra en la figura 20, que tanto la temperatura como la precipitación mostraron comportamientos de decremento, donde los valores más altos se registraron en el periodo inicial, siendo el valor de temperatura 17.90 °C mientras el de precipitación fue de 1,549.50 mm. A partir de ello se muestra una disminución normal a lo largo del resto de periodos.

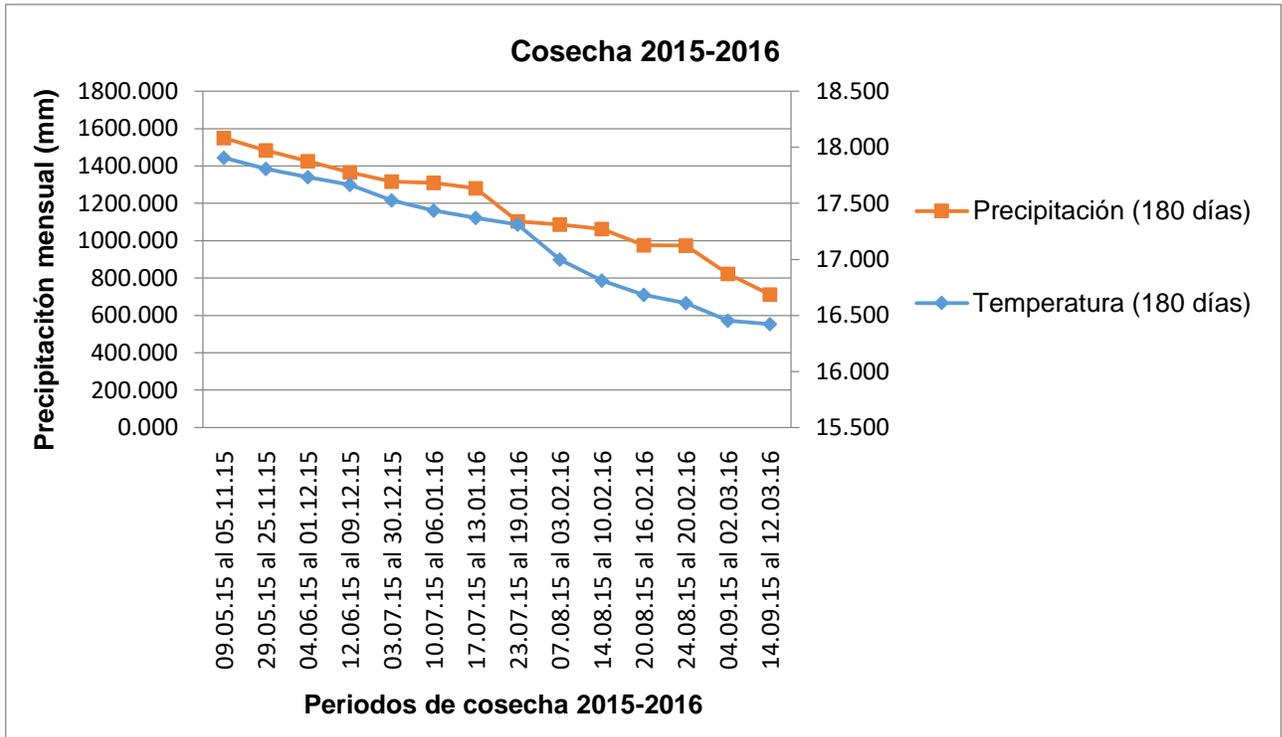


Figura 20. Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo crítico de 26 semanas (180 días) en el área de Fraijanes de la cosecha 2015-2016.

La figura 21 muestra que a partir del periodo 12.06.15 al 10.02.16 existe un decremento de temperatura de 17.15 °C a 16.87 °C. Para luego mostrar un comportamiento constante del periodo 03.07.15 al 02.03.16 al 24.08.15 al 23.04.16 para aumentar paulatinamente y finalizar con 16.99 °C.

La precipitación mostró una disminución muy paulatina en los primeros periodos, notándose a partir del 17.07.15 al 16.03.16 al disminuir de 1,288.50 mm a 1,110.00 mm.

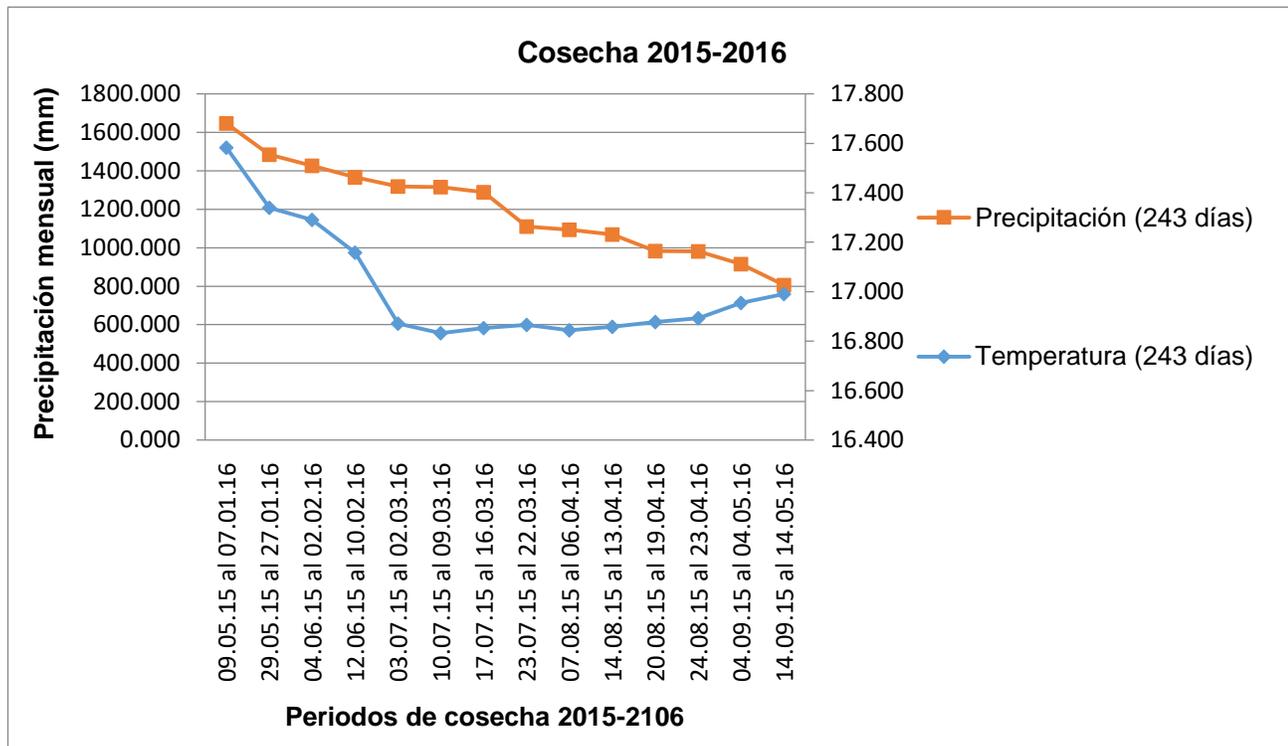


Figura 21. Comportamiento de las variables precipitación mensual y temperatura promedio mensual durante el periodo de desarrollo total de 35 semanas (243 días) en el área de Fraijanes de la cosecha 2015-2016.

2.5.3. Comportamiento de la densidad del grano de café con la variable temperatura promedio mensual (Tpm) y precipitación mensual durante el periodo crítico del clúster Huehuetenango cosechas 2012 al 2016

A continuación, se describen los resultados obtenidos del comportamiento de la densidad del grano de café con cada una de las variables climáticas durante su desarrollo en campo las primeras 26 semanas. Se observa en la figura 22, que los valores más bajos de densidad se obtuvieron en los periodos de 01.08.12 al 28.01.13 hasta el 13.09.12 al 12.03.13 con valores de densidades de 1.34 gr/cm³ a temperaturas promedio mensuales entre 17.88 °C a 17.77 °C.

Los valores más altos de densidad se presentaron en los periodos 15.06.12 al 12.12.12 con una densidad de 1.35 gr/m³ y en el 16.07.12 al 12.01.13 con 1.35 gr/m³ a temperaturas promedio mensuales de 18.28 °C y 18.14 °C, ambos entre el rango óptimo para el desarrollo del cultivo de café (entre 18 °C y 21 °C) (Montoya y Jaramillo 2016).

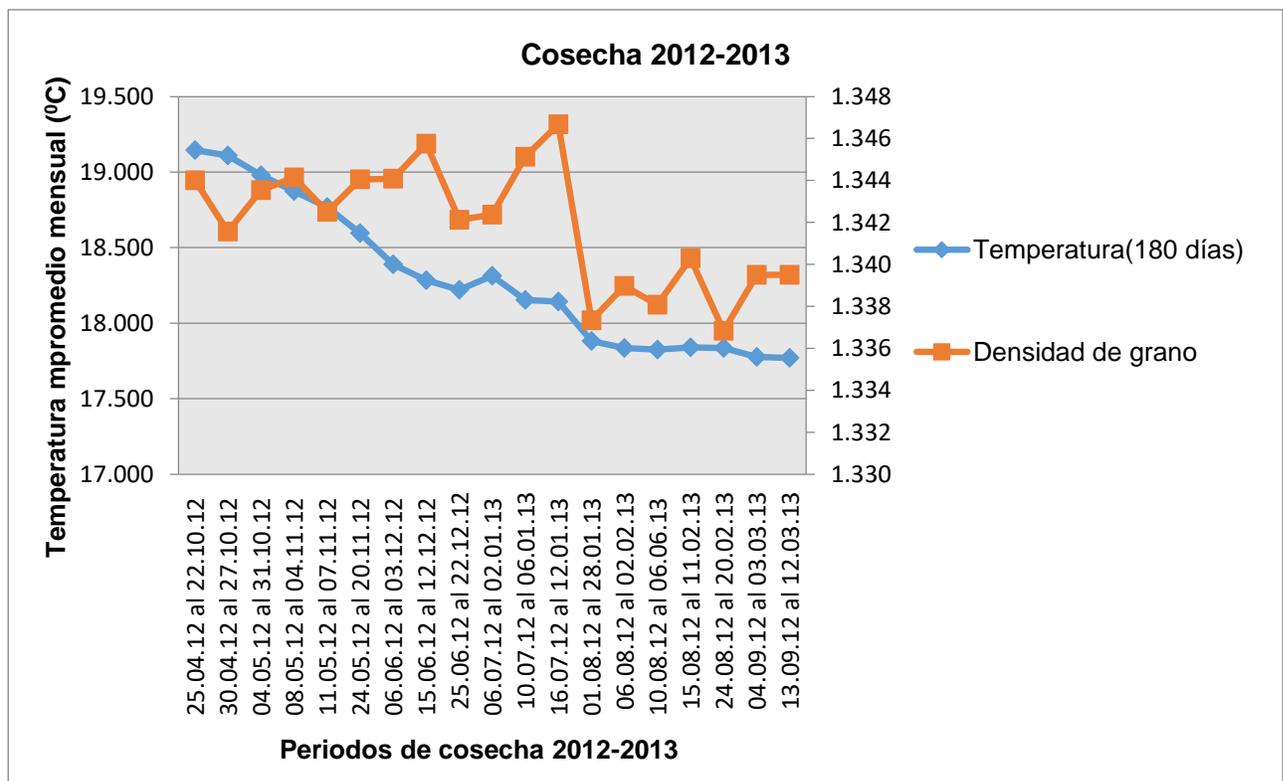


Figura 22. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 180 días de la cosecha 2012-2013 clúster Huehuetenango.

Se observa en la figura 23 que los valores más bajos de densidad se obtuvieron en los periodos de 01.08.12 al 28.01.13 hasta el 13.09.12 al 12.03.13 con valores de densidades de 1.34 gr/cm^3 con las precipitaciones mensuales más bajas de 551 mm a 360.10 mm. Según Ramírez (2016) en las etapas donde se necesita una mayor demanda de agua y nutrientes del fruto es en las etapas II y III, las cuales transcurren entre los 120 días y 180 días. Por lo que se puede indicar que, en dichos periodos al presentar la precipitación más baja de la cosecha, esto influyó en el llenado del grano.

Así mismo se pueden observar que los valores más altos de densidad se presentaron en los periodos 15.06.12 al 12.12.12 y en el 16.07.12 al 12.01.13 por lo que se podría indicar que el aporte hídrico durante el periodo crítico (etapas I, II y III) fue el necesario y suficiente para favorecer así la formación del fruto de café.

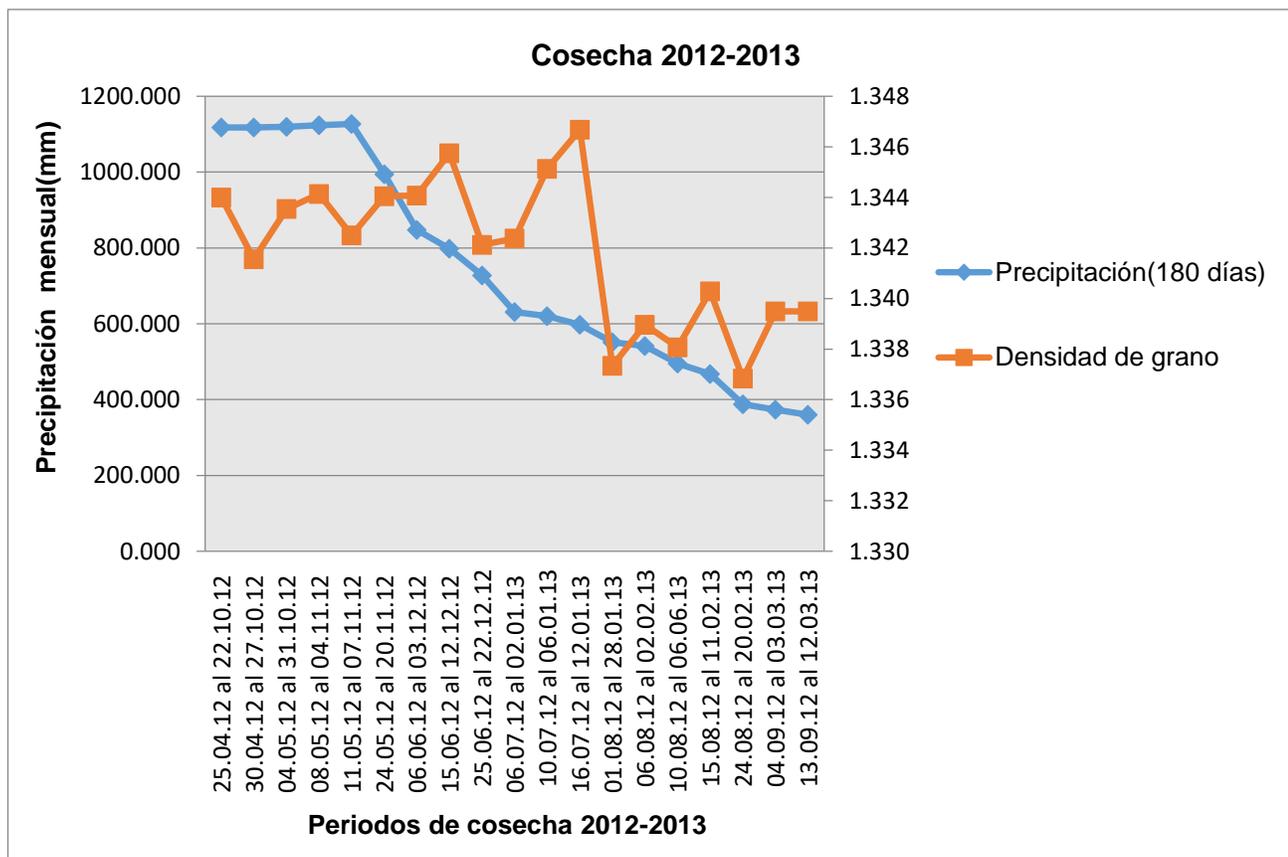


Figura 23. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 180 días de la cosecha 2012-2013 clúster Huehuetenango.

En la figura 24, se observa que la densidad de grano más baja es de 1.34 gr/cm^3 a $19.17 \text{ }^\circ\text{C}$, a pesar de encontrarse en su rango óptimo de temperatura para que exista un desarrollo óptimo de cultivo ($18 \text{ }^\circ\text{C}$ a $21 \text{ }^\circ\text{C}$) (Montoya y Jaramillo 2016).

Por otro lado, en el periodo 21.07.13 al 17.01.14, se puede observar que a una temperatura media mensual de $17.81 \text{ }^\circ\text{C}$ se presenta la densidad más alta con un valor de 1.35 gr/cm^3 con una diferencia de 0.001 gr/cm^3 con respecto al valor más bajo entre las densidades más bajas.

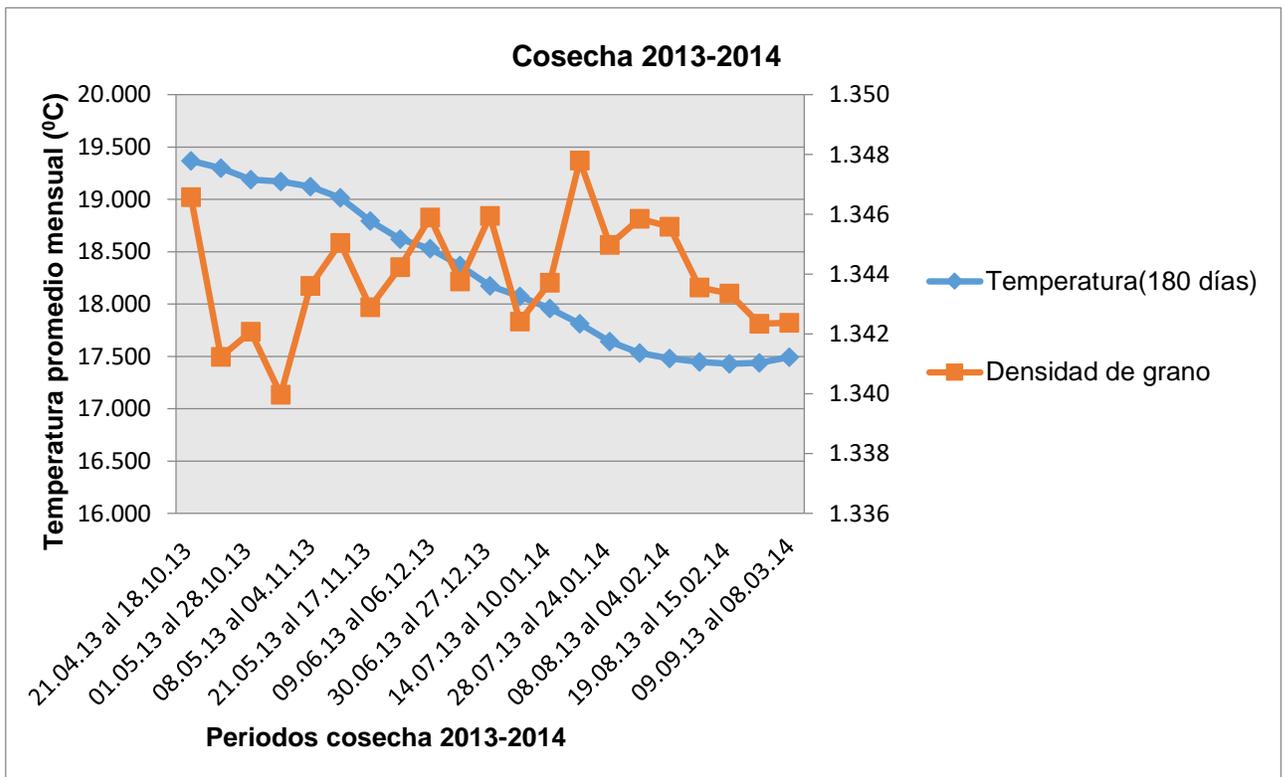


Figura 24. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 180 días de la cosecha 2013-2014 clúster Huehuetenango.

En la figura 25 se muestra que la densidad más alta se registró en el periodo 21.07.13 al 17.01.14 a una precipitación mensual de 1,125.60 mm, al aumentar 0.008 gr/cm³ a partir del 07.07.13 al 03.01.14 hasta llegar al 21.07.13 al 17.01.14 con una densidad de 1.35 gr/cm³. Esto se puede deber a que, según Suárez (1979), siendo entre 7 y 14 semanas en las diferentes floraciones con duración de 10.8 semanas promedio, se tiene un crecimiento acelerado, donde el agua es fundamental para el desarrollo y tamaño del fruto.

La densidad más baja fue de 1.34 gr/cm³ durante una precipitación mensual de 1,429.20 mm en el periodo 05.05.13 al 01.11.13. Esto pudo haber sido efecto de otros factores climáticos o ambientales, ya que en los resultados presentados por Suárez (1979) se indicó que en el periodo I, con duración de 5.2 semanas después de la fecundación, se presenta un crecimiento lento, donde la presencia o ausencia de lluvia no influyó en el desarrollo del fruto.

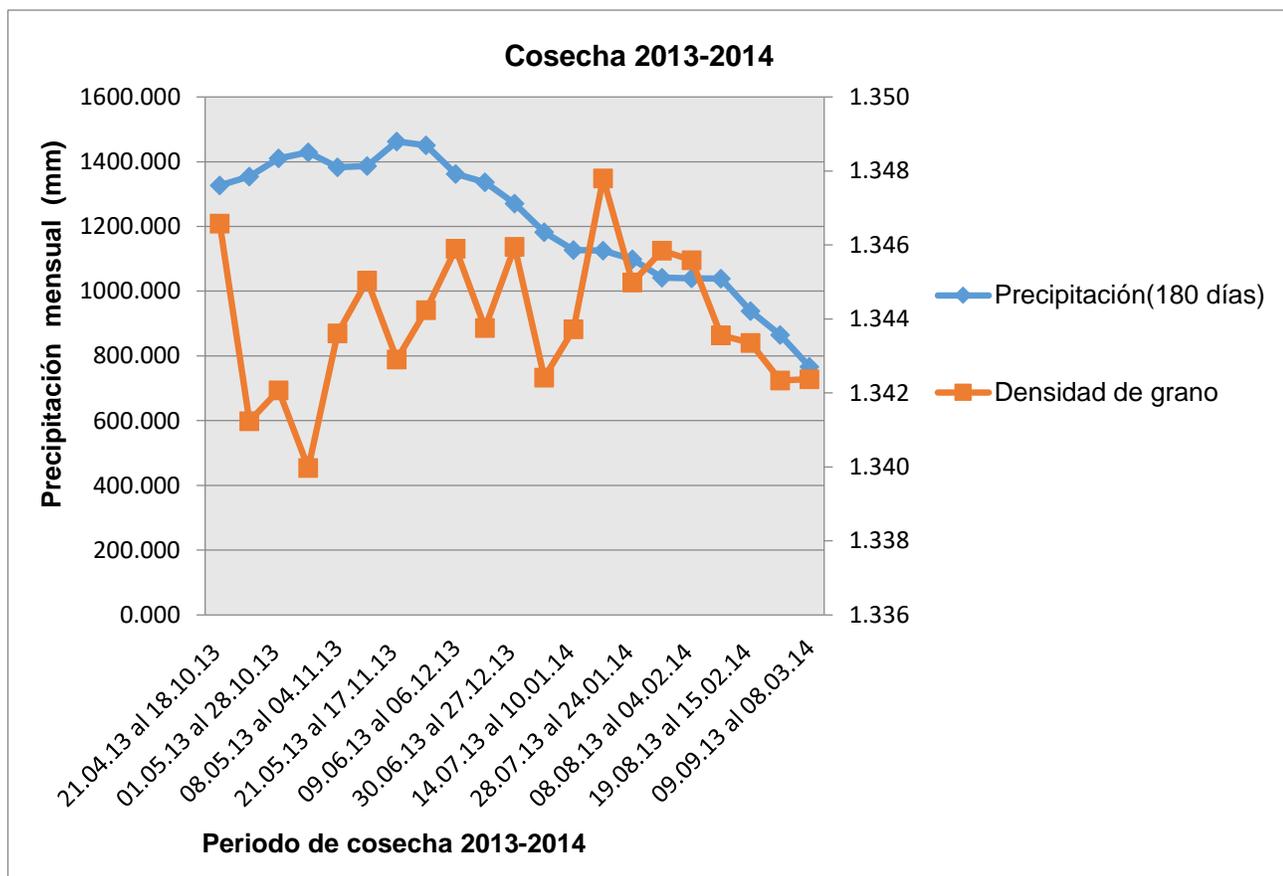


Figura 25. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 180 días de la cosecha 2013-2014 clúster Huehuetenango.

Se muestra en la figura 26, que a partir del periodo 20.05.14 al 16.11.14 a cuya temperatura mensual media fue de 18.75 °C se obtuvo una densidad en el grano de 1.34 gr/cm³, aumentando en los próximos dos periodos, del 29.05.14 al 25.11.14 hasta el 06.06.14 al 03.12.14, a 1.35 gr/cm³ (0.003 gr/cm³) pasando por temperaturas medias mensuales de 18.63 °C y 18.46 °C. Se podría justificar el aumento de 0.003 gr/cm³ debido a que al encontrarse en las primeras semanas de desarrollo el grano y dentro de rangos de temperaturas bajas, hizo que la maduración del fruto fuera tardía, por lo que el desarrollo es lento.

Sin embargo, en el periodo 25.06.14 al 22.12.14 la densidad del grano disminuye a 1.34 gr/cm³ a una temperatura media mensual de 18.10 °C. A partir de ello en el periodo 12.07.14 al 08.01.15 aumenta la densidad del grano a 1.35 gr/cm³ a 17.89 °C. La densidad del grano más alta fue de 1.35 gr/cm³ en el periodo 02.09.14 al 01.03.15 a una temperatura media mensual de 17.27 °C mientras el valor más bajo de densidad del grano se observa en el periodo 02.09.14 al 01.03.15. Esto puede deberse a que a temperaturas menores de 18 °C el desarrollo de los frutos del café es lento (Barquero 2016). Ya que aumentó 0.006 gr/cm³ al siguiente periodo a una temperatura aún menor, sin embargo, esto puede ser favorecido no solo por la temperatura sino por otros factores.

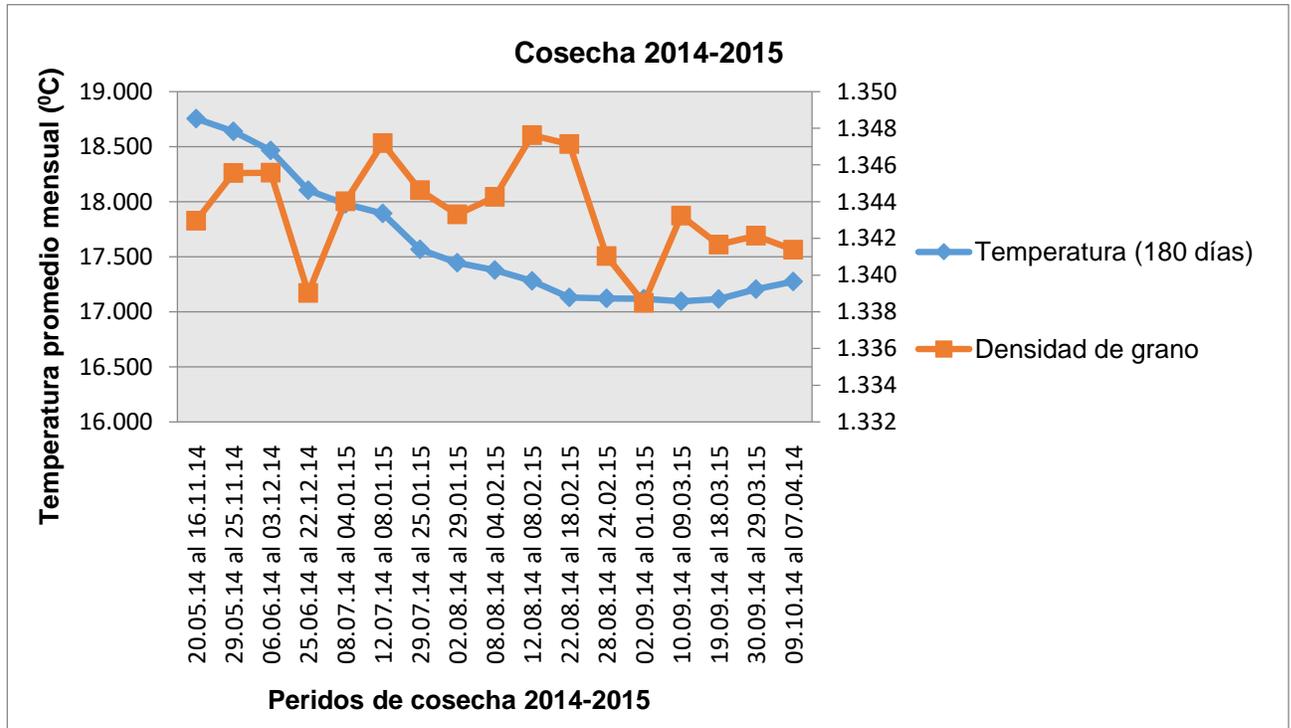


Figura 26. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 180 días de la cosecha 2014-2015 clúster Huehuetenango.

En la cosecha 2014-2015 durante los primeros 180 días se muestra en la figura 27, donde el periodo 20.05.14 al 16.11.14 a una precipitación mensual de 958.90 mm se tiene una densidad de 1.34 gr/cm^3 , la cual aumenta 0.002 gr/cm^3 en los próximos periodos, del 29.05.14 al 25.11.14 hasta el periodo del 06.06.14 al 03.12.14 de la cosecha 2014-2015, donde a su vez aumentó la precipitación mensual de 986.30 mm a 1,002.50 mm, siendo este último valor el más alto registrado de precipitación mensual de la cosecha.

El aumento de 0.002 gr/cm^3 al ser relativamente bajo, se puede indicar que el grano se encontraba en la etapa 2 de desarrollo, donde el crecimiento es muy lento, con cambios no fáciles de observarse visualmente, al ocurrir internamente (Arcila et al. 2007).

A partir del periodo 25.06.14 al 22.12.14 la densidad presenta un valor de 1.34 gr/cm^3 a 899.10 mm, sin embargo, se presenta un aumento a 1.35 gr/cm^3 en el periodo 12.07.14 al 08.01.15 con una precipitación de 898 mm. Dicho incremento en la densidad del grano a una precipitación constante pudo verse influenciado debido a factores no necesariamente de lluvia, ya que según Ramírez (2014), en las etapas 2 y 3 son las demandantes de mayor cantidad de agua, así como de nutrientes del fruto, por lo que la nutrición pudo haber jugado un papel importante.

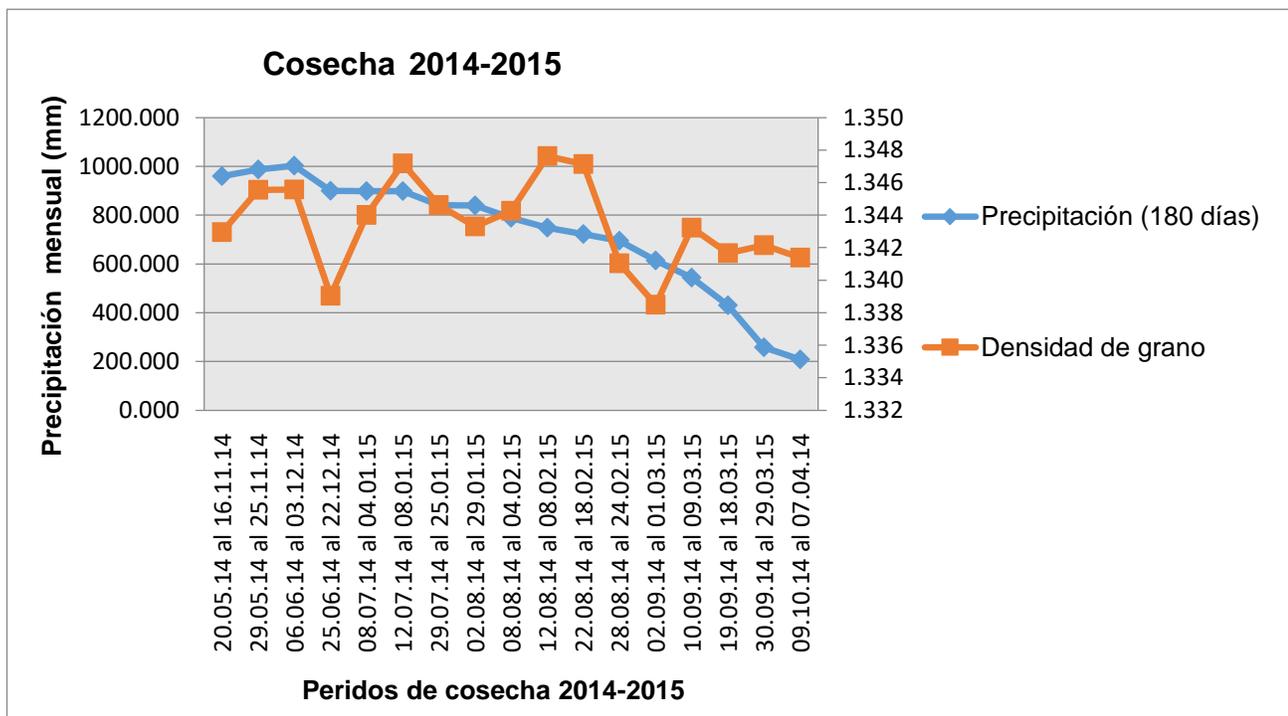


Figura 27. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 180 días de la cosecha 2014-2015 clúster Huehuetenango.

En la figura 28, se puede observar que del periodo 26.05.15 al 22.11.15 se presentó una temperatura media mensual de 19.35 °C con una densidad de grano de 1.35 gr/cm³, la se mantuvo constante en el siguiente periodo con un valor de 1.35 gr/cm³ a una temperatura de 19.22 °C. Ambos periodos al presentar un valor de densidad de grano constante se pueden indicar que el grano se encontraba en la etapa 2 de desarrollo, donde el crecimiento es muy lento, con cambios no fáciles de observarse visualmente, al ocurrir internamente (Arcila et al. 2007). A partir de ello, se observa que a medida que la temperatura media mensual disminuye la densidad del grano sigue esa misma tendencia.

La densidad del grano a partir del periodo 03.07.15 al 30.12.15 se mantuvo constante a 1.35 gr/cm³ a 18.93 °C hasta llegar a 1.36 gr/cm³ en los periodos 02.08.15 al 29.01.16 y 08.08.15 al 04.02.16 con temperaturas medias mensuales de 18.48 °C y 18.42 °C respectivamente. Esto se puede justificar a que el grano, de la semana 8 a la 17 después de la floración, se caracteriza por crecimiento acelerado adquiriendo así su tamaño final (Ramírez 2014). Además de encontrarse en el rango ideal es de 18 °C a 21 °C para un buen desarrollo del cultivo en general (Alegre, citado por Barquero 2016).

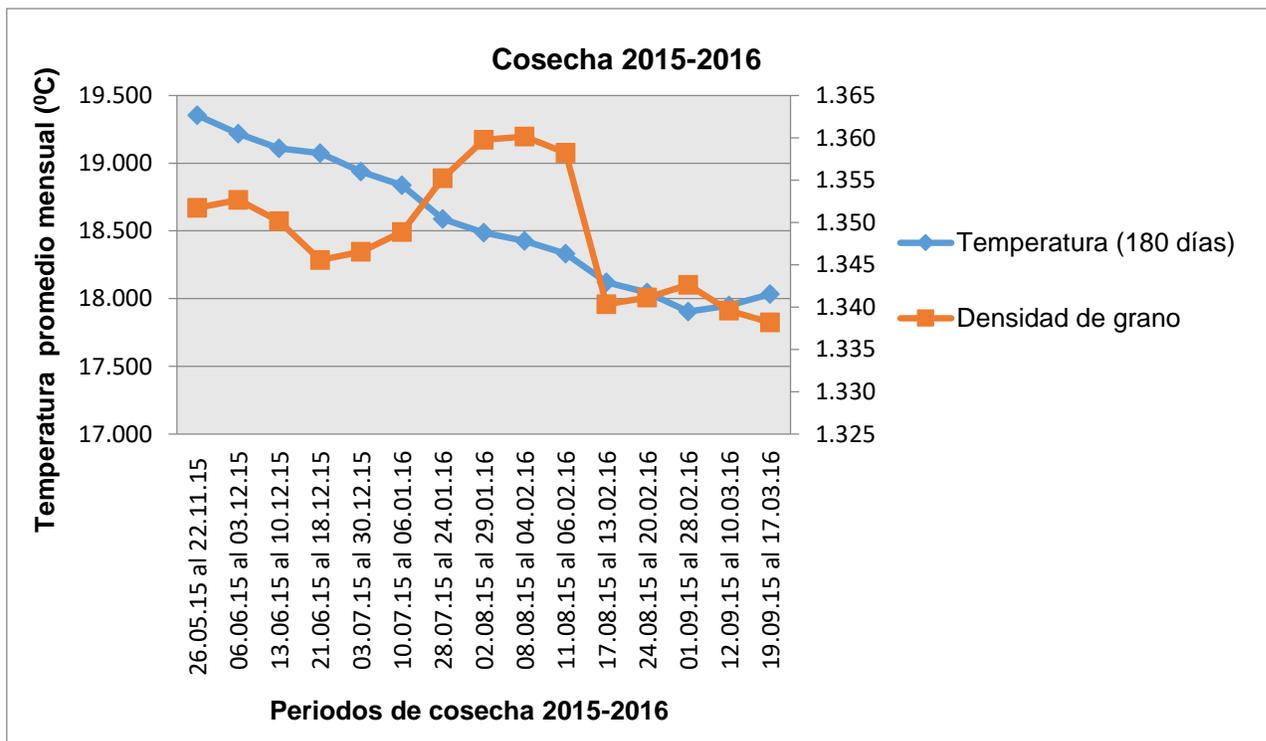


Figura 28. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 180 días de la cosecha 2015-2016 clúster Huehuetenango.

La figura 29 muestra que el periodo 26.05.15 al 22.11.15 presentó el valor más alto de precipitación mensual con 1,115.90 mm y una densidad de grano de 1.35 gr/cm³, la cual permaneció constante en el siguiente periodo con un valor de 1.35 gr/cm³ a 1,063 mm. A pesar de contar con una precipitación relativamente alta, no existió aumento en la densidad del grano. Sin embargo, como bien lo menciona Ramírez (2014), del día 0 a 50, después de la floración, se caracteriza por ser una etapa de desarrollo lento, donde a partir de la semana 8 el crecimiento es acelerado, demandando mayor cantidad de agua, así como de nutrientes del fruto.

Luego se observa que a medida que la precipitación mensual va disminuyendo así mismo lo hace la densidad del grano, esto hasta el periodo 03.07.15 al 30.12.15, donde aumentó a 1.35 gr/cm³ a 925.90 mm llegando a 1.36 gr/cm³. En dicho aumento pudo haber jugado un papel importante la nutrición que se le brindó al cultivo, el manejo y diversas otras prácticas.

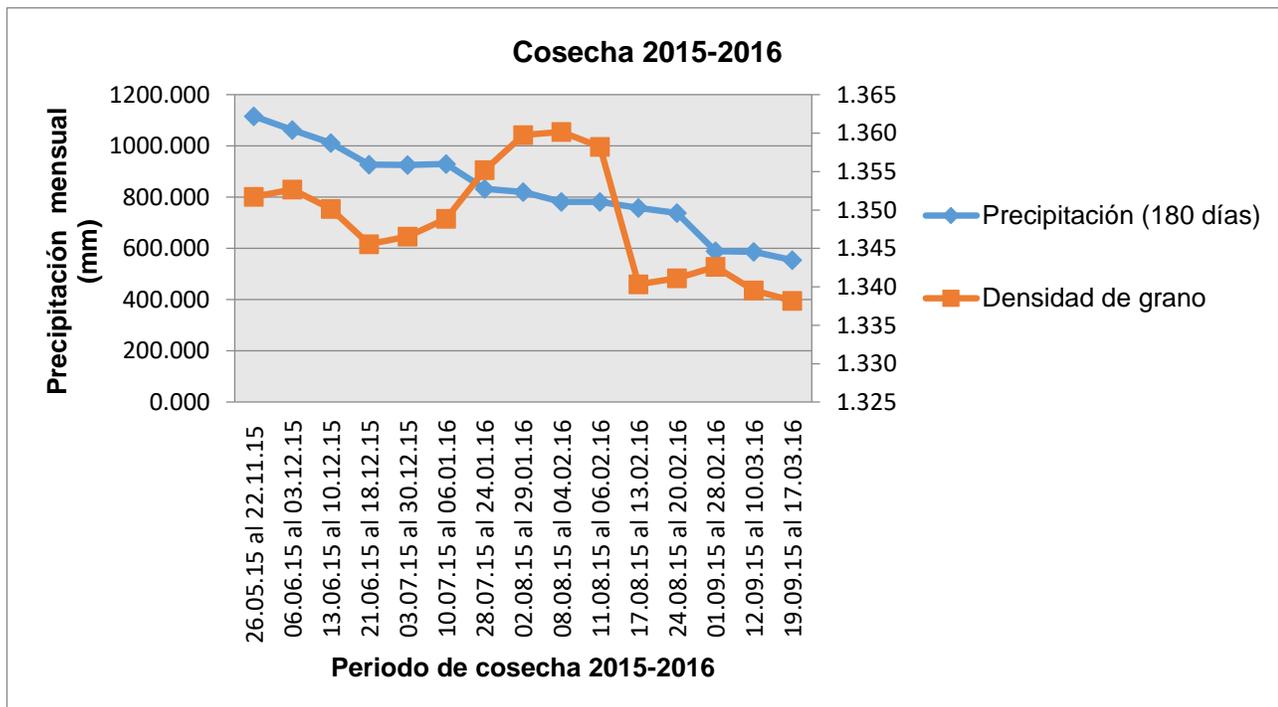


Figura 29. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 180 días de la cosecha 2015-2016 clúster Huehuetenango.

2.5.4. Comportamiento de la densidad del grano de café con la variable temperatura promedio mensual y precipitación mensual durante el periodo crítico del clúster Fraijanes cosechas 2012 al 2016

A continuación, se describen los resultados obtenidos del comportamiento de la densidad del grano de café con cada una de las variables climáticas durante su desarrollo en campo primeras 26 semanas.

En la figura 30 se muestra que a partir del periodo 26.04.12 al 23.10.12 la densidad del grano de café fue de 1.34 gr/cm³ a 17.38 °C. Sin embargo, del periodo 24.05.12 al 20.11.12 se observa una disminución de densidad de 0.002 gr/cm³ a 17 °C.

Se observa un incremento de 0.006 gr/cm³ del periodo 20.06.12 al 17.12.12 hasta el 22.07.12 al 18.01.13, oscilando entre temperaturas de 16.19 °C a 16.61 °C. Al estar en la semana 10 a 12, podría ser válido indicar que al estar establecidas las plantas en áreas de temperaturas bajas, la maduración del fruto es tardía, por lo que el desarrollo es lento (Gómez 2010). A partir del 22.07.12 al 18.01.13 con densidad 1.35 gr/cm³, disminuye 0.013 gr/cm³, de 16.34 °C al 16.08 °C. Para finalizar aumentó en el último periodo 0.006 gr/cm³.

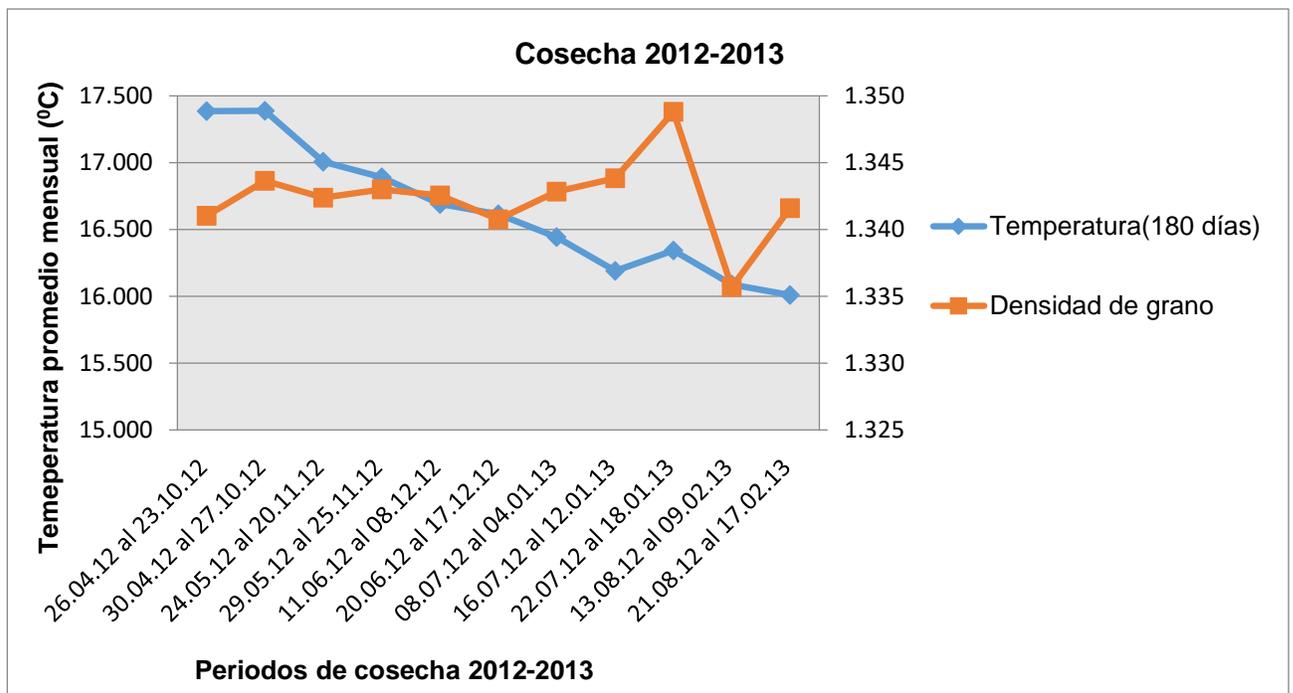


Figura 30. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 180 días de la cosecha 2012-2013 clúster Fraijanes.

La figura 31 muestra que la densidad aumentó del primer periodo al segundo periodo 0.003 gr/cm³ a una precipitación constante de 1,214.70 mm.

A partir de ello, del periodo que comprende entre 24.05.12 al 20.11.12 hasta el periodo del 11.06.12 al 08.12.12 sigue aumentando la densidad hasta nuevamente observarse un decremento a partir del periodo del 20.06.12 al 17.12.12 a una precipitación mensual de 859.60 mm. Del periodo del 08.07.12 al 04.01.13 y del 22.07.12 al 18.01.13 aumenta la densidad de grano de café 0.006 gr/cm³ alcanzando 1.35 gr/cm³ a 690.70 mm.

Seguido de ello, la gráfica muestra un decremento en la densidad del grano de café en el periodo del 13.08.12 al 09.02.13 a 456.80 mm aumentando 0.006 g para el último periodo. Se puede observar que durante la cosecha se registraron variaciones o dispersiones de valores de densidad frente a la precipitación, donde pudieron haber influido más factores, prácticas de campo, nutrición, etc.

Según Carvajal (1984) indica que en Kenia la proporción de granos de café grande, de valor comercial, es variable de un año a otro, alterándose por las prácticas culturales.

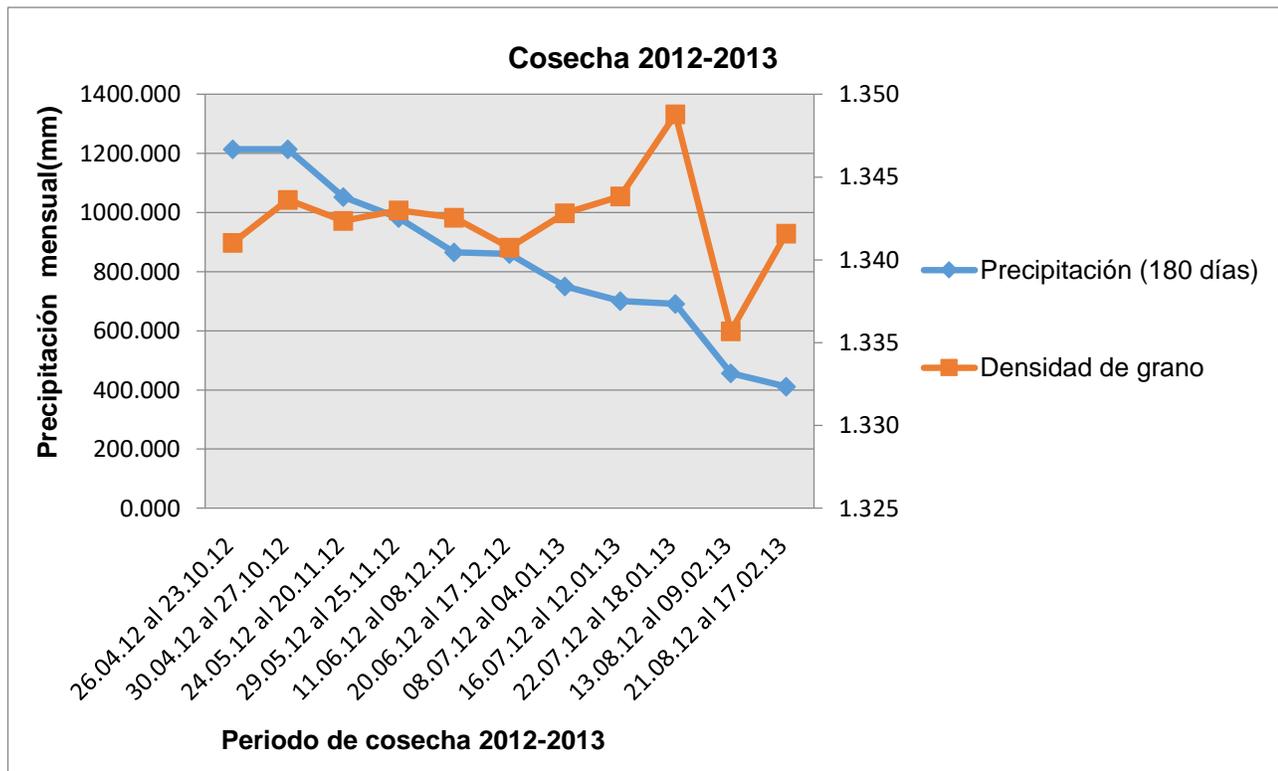


Figura 31. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 180 días de la cosecha 2012-2013 clúster Fraijanes.

Según los resultados obtenidos en la figura 32, de forma general para la cosecha 2013-2014 se observan nuevamente variaciones o dispersiones de valores de densidad frente a los valores de temperaturas, los cuales descienden de 17.55 °C hasta 16.18 °C. Cabe mencionar que en la floración se requiere de mayor temperatura, ya que un buen fructificación depende de una buena floración (Hernández s. f.).

Factores como las prácticas de campo y nutrición según Carvajal (1984) influyen en la proporción del grano de café de valor comercial, ya que se tienen registros que, en Kenia, es variable de un año a otro, alterándose por las prácticas culturales.

Se puede observar que la densidad aumenta 0.001 gr/cm³ entre los primeros cuatro periodos del 04.04.13 al periodo del 01.10.13 hasta el periodo del 10.04.13 al 07.10.13 y del periodo del 19.04.13 al 16.10.13 hasta el periodo del 13.05.13 al 09.11.13. Del periodo 06.08.13 al 02.02.14 hasta el periodo del 15.08.13 al 11.02.14 la densidad disminuye 0.010 gr/cm³ de 1.34 a 1.33 gr/cm³.

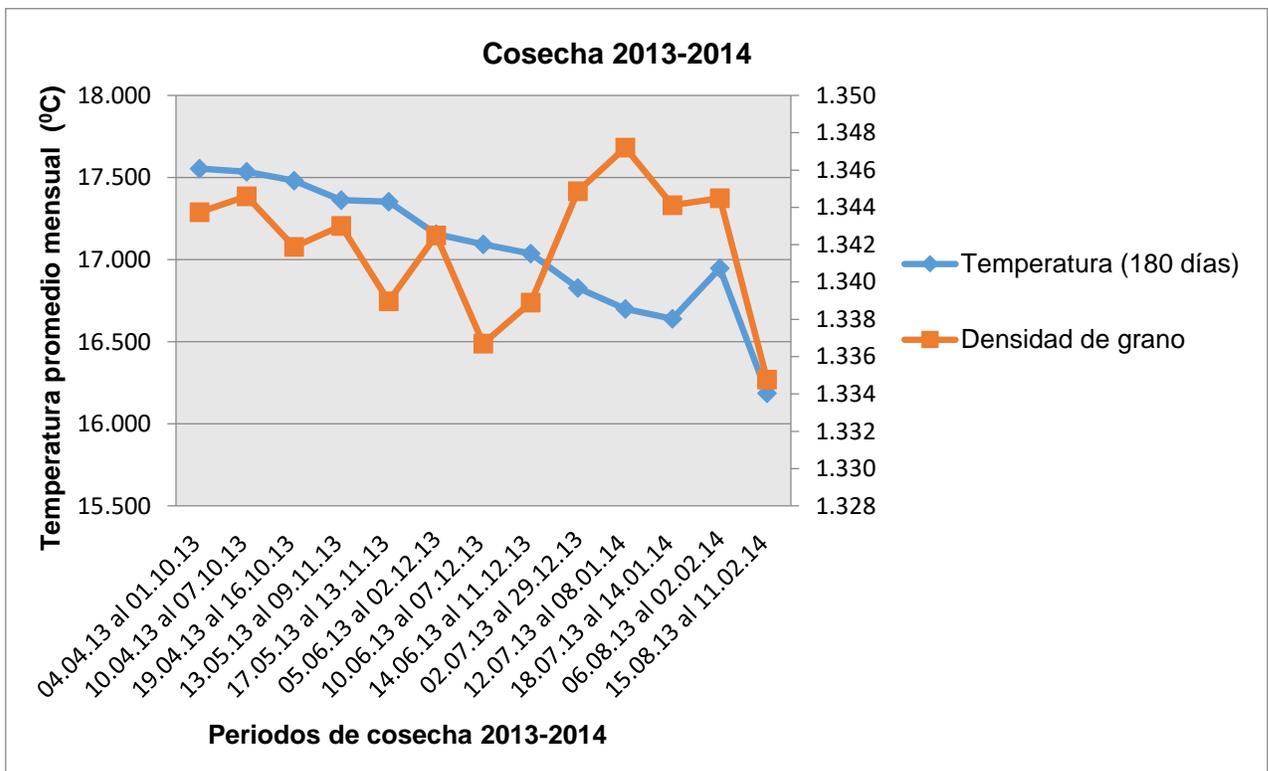


Figura 32. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 180 días de la cosecha 2013-2014 clúster Fraijanes.

Se observa en la gráfica de la figura 33 que la densidad del grano de café aumentó 0.001 gr/cm^3 entre los periodos del 04.04.13 al 01.10.13 y del periodo del 10.04.13 al 07.10.13 a precipitaciones mensuales altas con valores de 4,685.80 mm a 4,843.20 mm.

En el periodo del 17.05.13 al 13.11.13 se observa que disminuyó a 1.34 gr/cm^3 a 5,033.30 mm para luego permanecer constante a una precipitación media mensual más baja de 4,817 mm.

Se observa un aumento notorio el cual fue a partir del periodo del 10.06.13 al 07.12.13 con 1.33 gr/cm^3 al periodo del 12.07.13 al 08.01.14 con 1.35 gr/cm^3 , esto a medida que se observa una disminución de la precipitación mensual de 4,459 mm a 3,231.50 mm. Dicho aumento en la densidad del grano se vio un crecimiento acelerado, donde el agua es fundamental para el desarrollo del tamaño del fruto.

Del periodo del 06.08.13 al 02.02.14 hasta el periodo del 15.08.13 al 11.02.14 la densidad disminuye 0.010 gr/cm^3 , así mismo disminuyó la precipitación mensual de 2,548.50 mm a 2,420.50 mm.

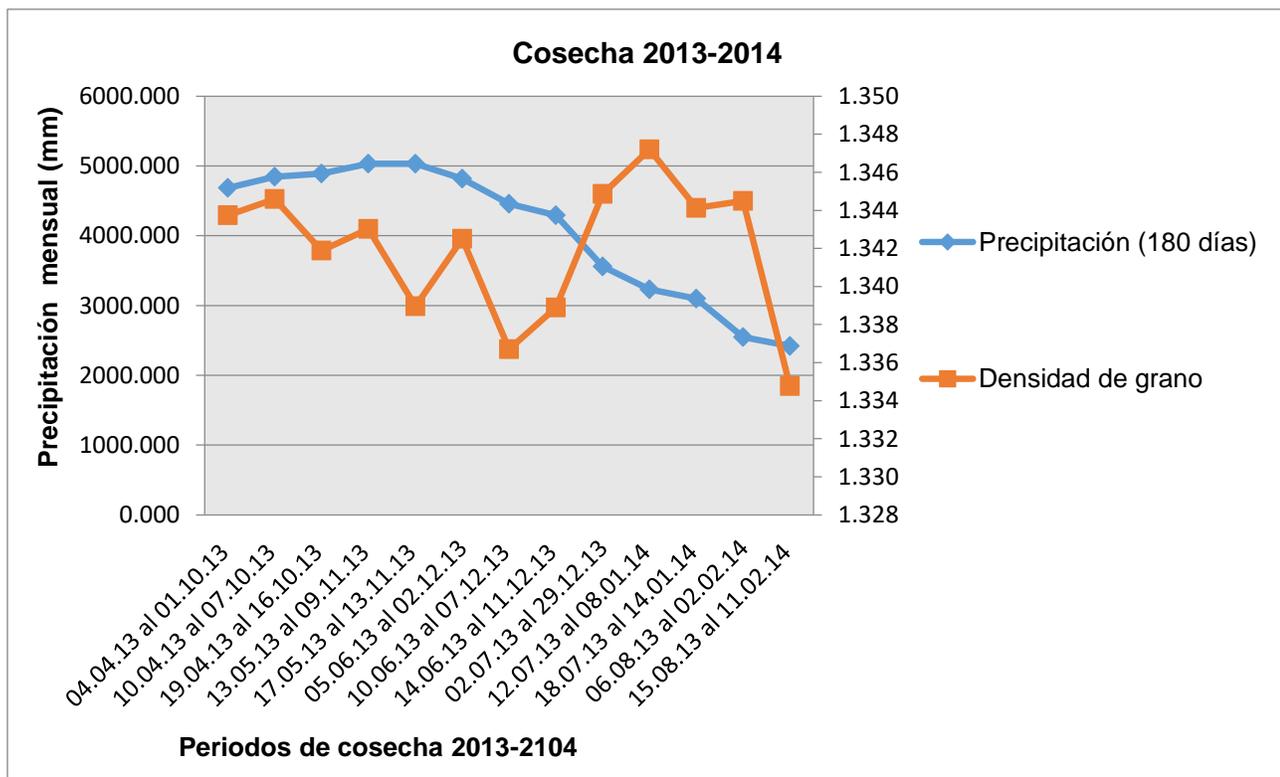


Figura 33. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 180 días de la cosecha 2013-2014 clúster Fraijanes.

En la figura 34 se muestra una disminución en la temperatura media mensual de 17.71 °C a 17.62 °C de los periodos del 12.04.14 al 09.10.14 y del 27.04.14 al 24.10.14 aumentando la densidad del grano de café de 1.34 gr/cm³ a 1.35 gr/cm³. Estando estos en los primeros 50 días después de la floración, es normal que su desarrollo haya presentado un crecimiento lento y no visible externamente en el fruto (Ramírez 2014).

Sin embargo, la densidad permanece constante en los siguientes periodos con 1.34 gr/cm³, aumentando de nuevo a partir del periodo 17.05.14 al 13.11.14 a 17.36 °C hasta el 07.06.14 al 04.12.14 a 17.08 °C.

Sin embargo, nuevamente se observa que no existe una disminución notable a partir del periodo 17.06.14 al 14.12.14 a 16.88 °C. Al presentarse una temperatura menor a 18 °C, el desarrollo de los frutos del café es lento (Gómez 2010). En el periodo final el grano obtuvo una densidad de 1.34 gr/cm³ a 15.83 °C.

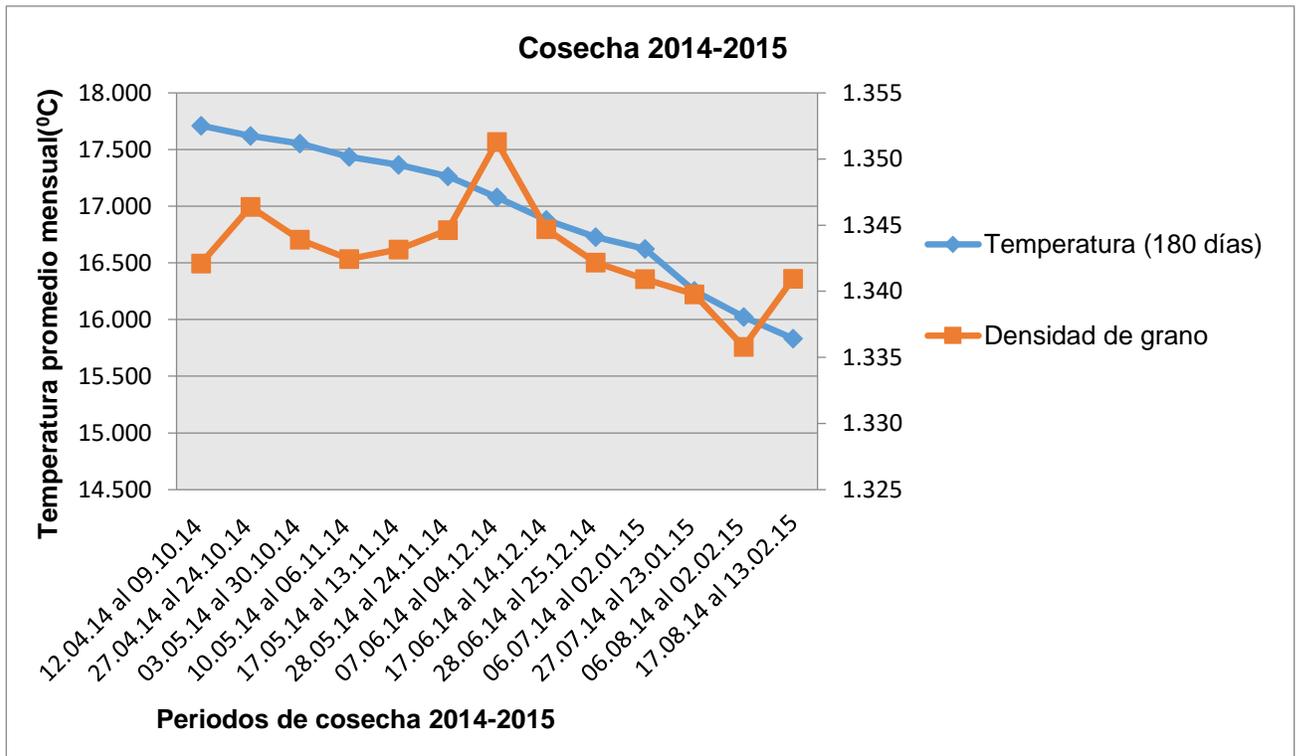


Figura 34. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 180 días de la cosecha 2014-2015 clúster Fraijanes.

En la figura 35 se puede observar que los valores de densidad del grano de café son constantes con valores de 1.34 gr/cm^3 durante los primeros dos periodos registrados mientras aumentaba la precipitación mensual de $1,496.50 \text{ mm}$ a $1,613.50 \text{ mm}$. En el periodo del 03.05.14 al 30.10.14 se presenta una disminución en la precipitación mensual de $1,573.50 \text{ mm}$. A $1,562.50 \text{ mm}$, en el periodo del 10.05.14 al 06.11.14 se observa así mismo una disminución en la densidad del grano de 0.002 gr/cm^3 entre ambos periodos. Mientras que del periodo 17.05.14 al 13.11.14 hasta el periodo del 07.06.14 al 04.12.14 mientras la precipitación continuó disminuyendo, habiéndose observado un incremento en la densidad el grano de café con valores de 1.34 gr/cm^3 a 1.35 gr/cm^3 , valor más alto registrado de densidad.

No obstante, a partir del periodo del 17.06.14 al 14.12.14 hasta el periodo del 06.08.14 al 02.02.15 se observa una disminución de la precipitación mensual mientras la densidad del grano permanece constante con valores de 1.34 gr/cm^3 a precipitaciones de $1,078.50 \text{ mm}$ a 811 mm . Esto pudo haber sido efecto de etapa 2 de la semana 18 a la 25 después de la floración, donde el grano de café completa su desarrollo, gana peso y adquiriendo consistencia más sólida (Ramírez 2014). En el periodo final el grano mostró una densidad de 1.34 gr/cm^3 a una precipitación de 731 mm .

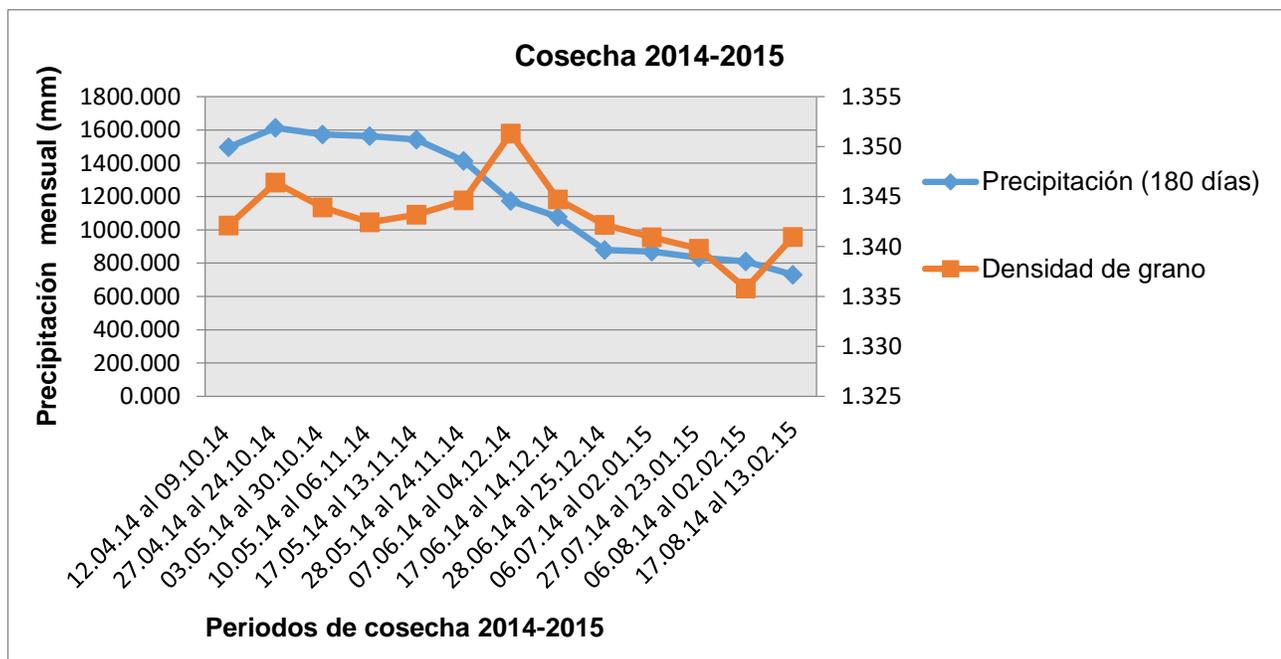


Figura 35. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 180 días de la cosecha 2014-2015 clúster Fraijanes.

En la figura 36 se muestra que la densidad del grano de café se mantuvo constante entre los dos primeros periodos con valores de 1.34 gr/cm^3 a temperaturas medias mensuales de $17.90 \text{ }^\circ\text{C}$ y $17.80 \text{ }^\circ\text{C}$, esto ya que durante los primeros 50 días no es visible un cambio interno (Ramírez 2014). En el periodo del 04.06.15 al 01.12.15 aumentó la densidad 0.004 gr/cm^3 a $17.73 \text{ }^\circ\text{C}$, de igual forma se observó en los dos periodos siguientes, aumentó de 1.34 gr/cm^3 a 1.35 gr/cm^3 , con temperaturas de $17.66 \text{ }^\circ\text{C}$ y $17.52 \text{ }^\circ\text{C}$ respectivamente.

No obstante, del periodo del 10.07.15 al 06.01.16 hasta el periodo del 14.08.15 al 10.02.16 a temperaturas entre $17.43 \text{ }^\circ\text{C}$ a $16.81 \text{ }^\circ\text{C}$ la densidad mostró un aumento de 0.02 gr/cm^3 , con valores de 1.34 gr/cm^3 a 1.36 gr/cm^3 . Así mismo en el periodo siguiente del 20.08.15 al 16.02.16 hasta el periodo del 14.09.15 al 12.03.16, la densidad del grano disminuyó de 1.36 gr/cm^3 a 1.33 gr/cm^3 a temperaturas medias mensuales de $16.68 \text{ }^\circ\text{C}$ a $16.42 \text{ }^\circ\text{C}$, al ser temperaturas menos de $18 \text{ }^\circ\text{C}$, la maduración del fruto es tardía, por lo que el desarrollo es lento (Ramírez 2014).

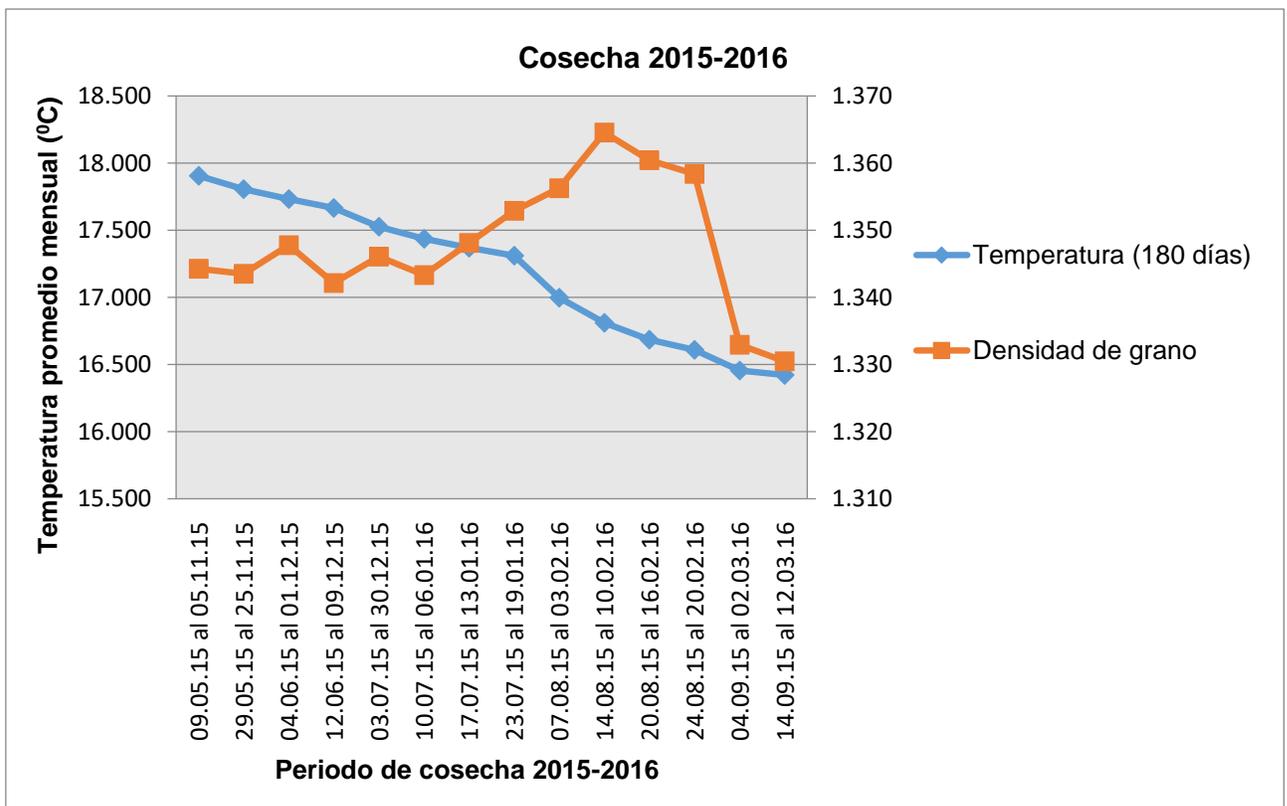


Figura 36. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 180 días de la cosecha 2015-2016 clúster Fraijanes.

En la figura 37, respecto a la precipitación mensual, muestra una tendencia similar a la presentada en la figura 30 para la variable temperatura media mensual, donde de 1,549.50 mm a 1,484 mm la densidad del grano de café se mantuvo constante con valor de 1.34 gr/cm³.

Al mantener una densidad constante en el grano de café durante las primeras semanas, con base en los resultados presentados por Suárez (1979) quien reportó que en el periodo I, con duración de 5.2 semanas después de la fecundación, se presenta un crecimiento lento, donde la presencia o ausencia de lluvia no influyó en el desarrollo del fruto. En el periodo del 04.06.15 al 01.12.15 la densidad aumentó 0.004 gr/cm³ a 1,425 mm. Sin embargo, en el siguiente periodo del 12.06.15 al 09.12.15 disminuyó a 1.34 gr/cm³ (-0.006 gr/cm³), donde aumentó nuevamente de 1.34 gr/cm³ a 1.35 gr/cm³ mientras disminuía la precipitación de 1,366 mm a 1,316 mm.

Del periodo del 10.07.15 al 06.01.16 hasta el periodo del 14.08.15 al 10.02.16, las precipitaciones mensuales disminuyeron de 1,309.50 mm a 1,062 mm, la densidad mostró un aumento de 0.02 gr/cm³, con valores de 1.34 gr/cm³ a 1.36 gr/cm³. Al estar el grano ya entre la semana 7 y 14, según Suárez (1979) se tiene un crecimiento acelerado, donde el agua es fundamental para el desarrollo y tamaño del fruto. Sin embargo, en el periodo siguiente del 20.08.15 al 16.02.16 hasta el periodo del 14.09.15 al 12.03.16, la densidad del grano de café disminuyó de 1.36 gr/cm³ a 1.33 gr/cm³ (0.03 gr/cm³).

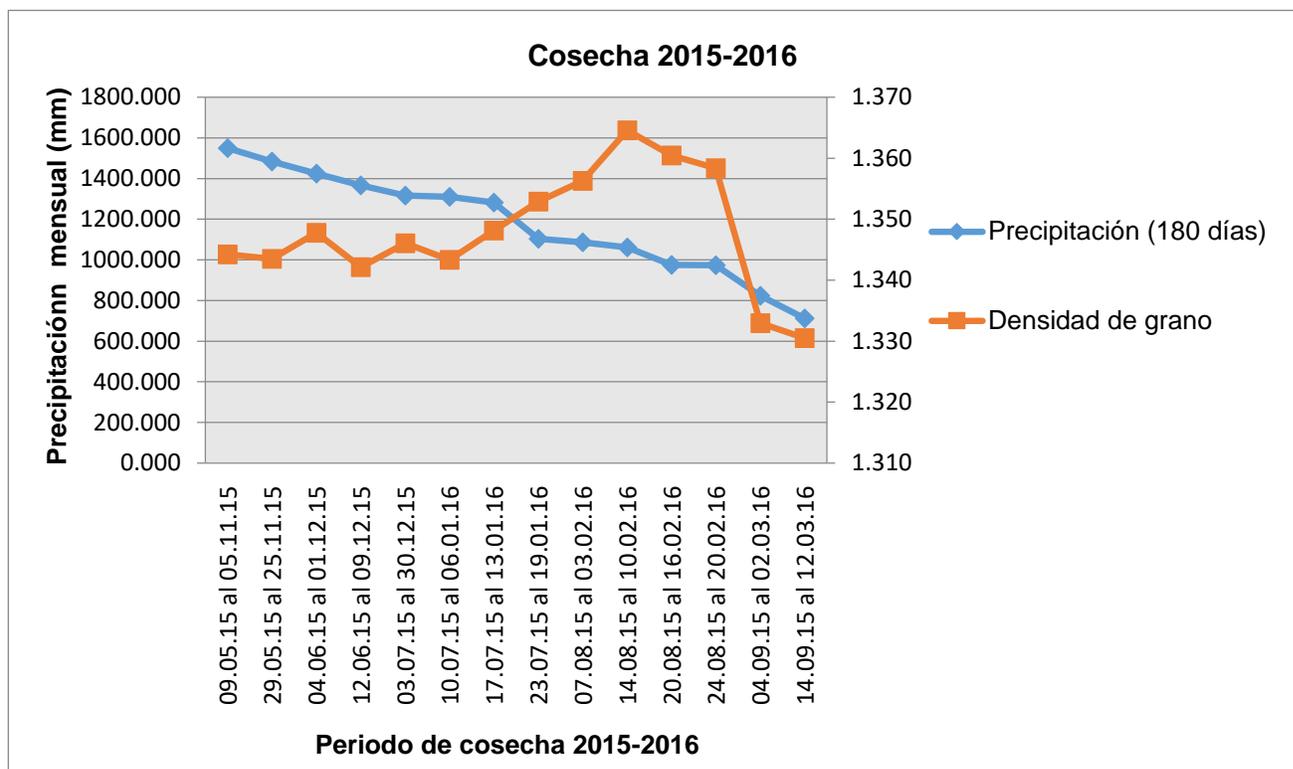


Figura 37. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 180 días de la cosecha 2015-2016 clúster Fraijanes.

2.5.5. Comportamiento de la densidad del grano de café con la variable temperatura promedio mensual y precipitación mensual durante el periodo de desarrollo total del grano del clúster Huehuetenango cosechas 2012 al 2016

Según los resultados presentados en la figura 38, se observa que la densidad aumenta 0.002 gr/cm^3 durante los primeros dos periodos de la cosecha durante la disminución de la temperatura media mensual de $18.61 \text{ }^\circ\text{C}$ a $18.60 \text{ }^\circ\text{C}$. Se tuvo un crecimiento lento característico de los primeros 50 días después de la floración (Arcila et al. 2007) y en el rango ideal es de $18 \text{ }^\circ\text{C}$ a $21 \text{ }^\circ\text{C}$ (Alegre, citado por Barquero 2016).

En los próximos dos periodos, del 04.05.12 al 02.01.13 y del periodo del 08.05.12 al 06.01.13 la densidad del grano de café se mantuvo a 1.34 gr/cm^3 , disminuyendo nuevamente 0.001 gr/cm^3 en el periodo del 11.05.12 al 09.01.13 a $18.35 \text{ }^\circ\text{C}$.

En los periodos del 24.05.12 al 22.01.13 y del 06.06.12 al 04.02.13 se mantiene nuevamente una densidad constante de 1.34 gr/cm³ entre temperaturas medias mensuales de 18.23 °C a 18.11 °C. Así mismo se presenta en los del periodo del 25.06.12 al 23.02.13 y del 06.07.12 al 06.03.13, una densidad constante de 1.34 gr/cm³ a temperaturas 18.12 °C y 18.72 °C respectivamente.

Se observa el valor más alto de densidad de grano de café registrado en el periodo del 16.07.12 al 16.03.13 de 1.347 gr/cm³ a 18.05 °C, sin embargo al aumentar la temperatura a 18.14 °C esta disminuye nuevamente a 1.34 gr/cm³ en el periodo del 01.08.12 al 01.04.13. A partir del último periodo mencionado la temperatura media mensual aumenta paulatinamente, observándose así que la densidad del periodo del 15.08.12 al 15.04.13 hasta el periodo del 24.08.12 al 24.04.13 disminuye 0.003 gr/cm³, aumentando 0.002 gr/cm³ en los últimos dos periodos.

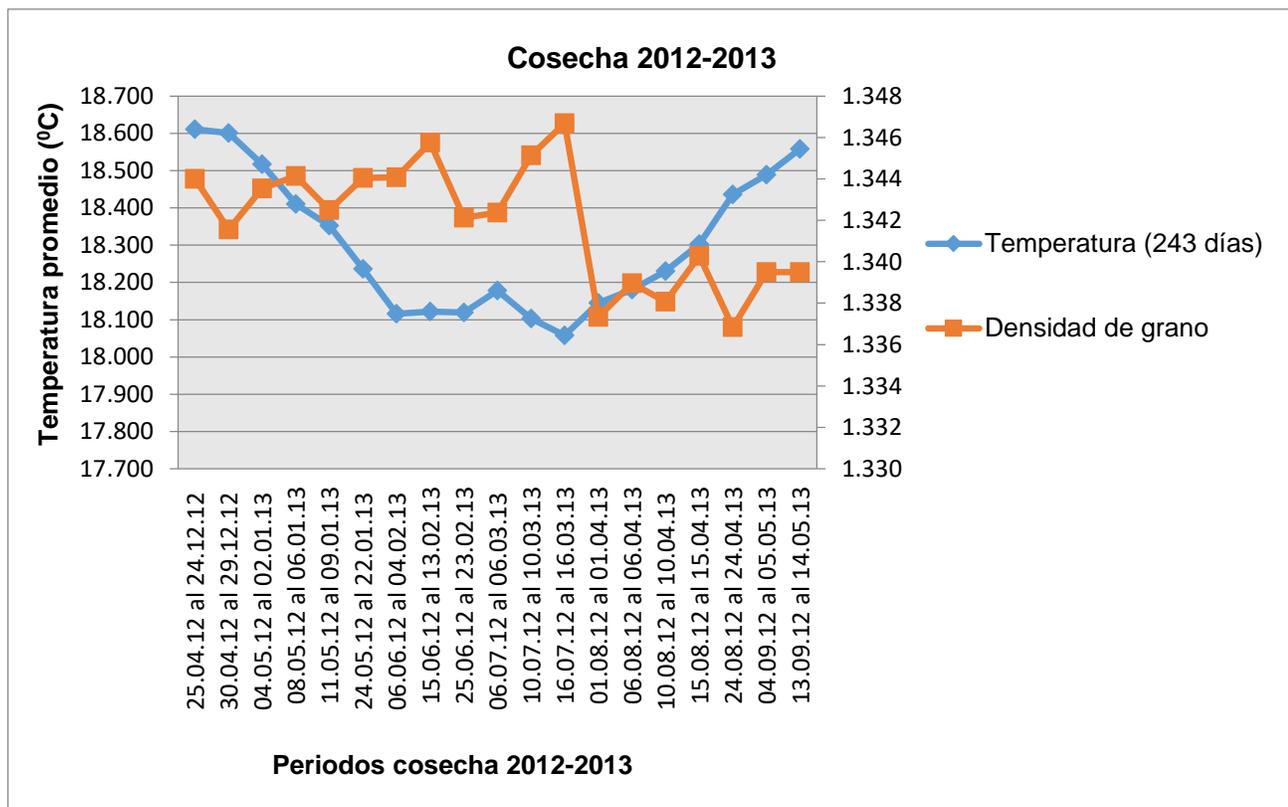


Figura 38. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 243 días de la cosecha 2012-2013 clúster Huehuetenango.

Se puede observar, en la figura 39, que durante los primeros seis periodos la precipitación mensual presentó valores constantes así mismo se comportó la densidad del grano, variando solamente en los periodos del 30.04.12 al 29.12.12. Esto ocurrió entre la 7 y 14 semana, donde se sabe que existe un crecimiento acelerado. Sin embargo, en los periodos donde la precipitación disminuyó de 765 mm a 670 mm, la densidad nuevamente se presenta con valores constantes de 1.34 gr/cm³.

En el periodo del 16.07.12 al 16.03.13 con una precipitación mensual de 633.80 mm se presenta el valor de densidad más alto de 1.35 gr/cm³. No obstante en el siguiente periodo la densidad del grano disminuyó 0.01 gr/cm³ a una precipitación de 584.80 mm. En los últimos dos periodos donde aumenta nuevamente la precipitación, la densidad nuevamente presenta valores constantes de 1.34 gr/cm³.

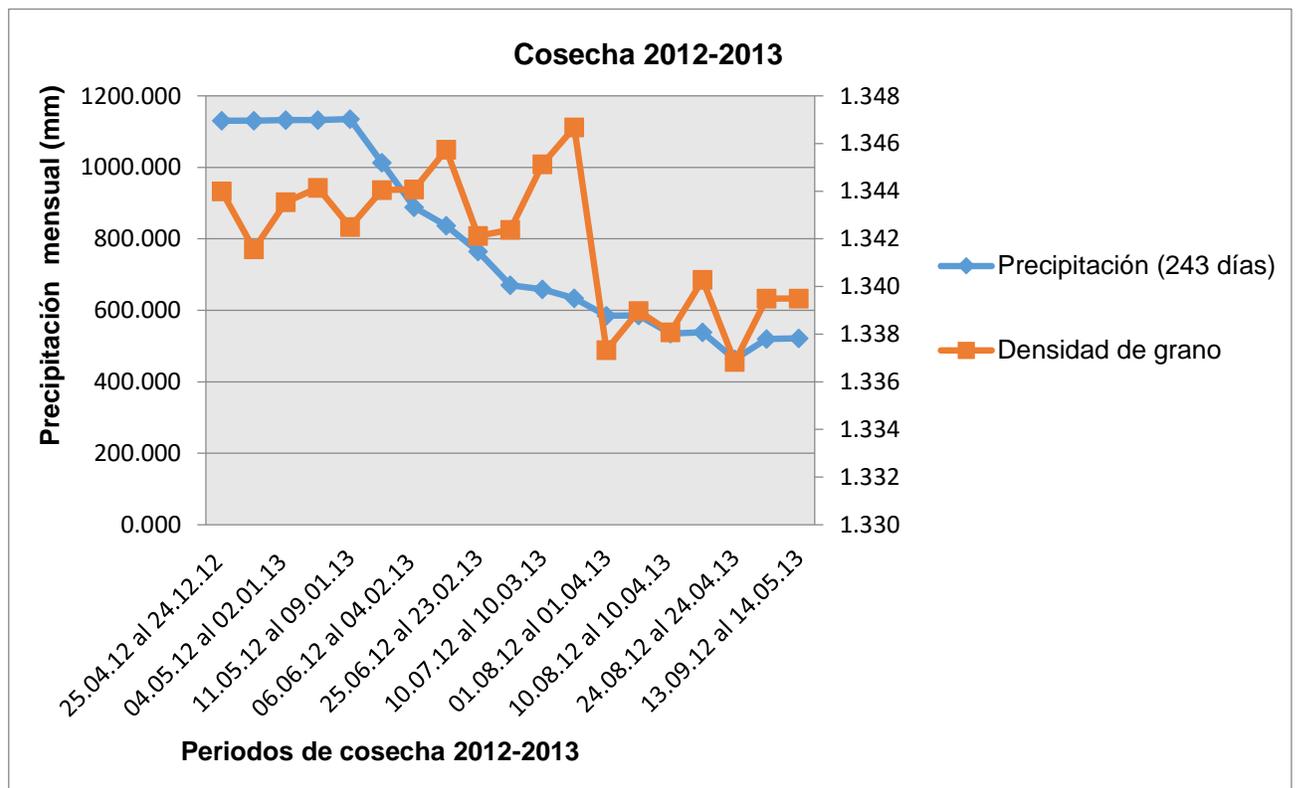


Figura 39. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 243 días de la cosecha 2012-2013 clúster Huehuetenango.

La figura 40 muestra que del primer periodo del 21.04.13 al 20.12.13 hasta el periodo del 25.04.13 al 24.12.13 la densidad disminuyó 0.006 gr/cm^3 donde también disminuyó la temperatura media mensual de $18.78 \text{ }^\circ\text{C}$ a $18.69 \text{ }^\circ\text{C}$. Cabe mencionar que la fructificación depende de una buena floración y que no hay antecedentes al respecto en cuanto a caracterizar el cultivo de café desde el punto de vista de sus requerimientos de calor (Hernández s. f.).

En los próximos periodos de las cosechas 2013, se muestra que la densidad del grano de café presenta comportamientos fluctuantes a medida que la temperatura media mensual mantiene un decremento paulatino constante.

En el periodo del 21.07.13 al 21.04.14 se observa el valor más alto de densidad de grano, siendo este de 1.35 gr/cm^3 a $17.90 \text{ }^\circ\text{C}$, esto debido a que se encontraba el grano, en el rango de la semana 18 a la 25 después de la floración, donde la semilla completa su desarrollo, ganando peso y adquiriendo consistencia más sólida. En los últimos dos periodos disminuyó la densidad del grano de café a 1.34 gr/cm^3 a temperaturas medias mensuales de $18.16 \text{ }^\circ\text{C}$ a $18.21 \text{ }^\circ\text{C}$.

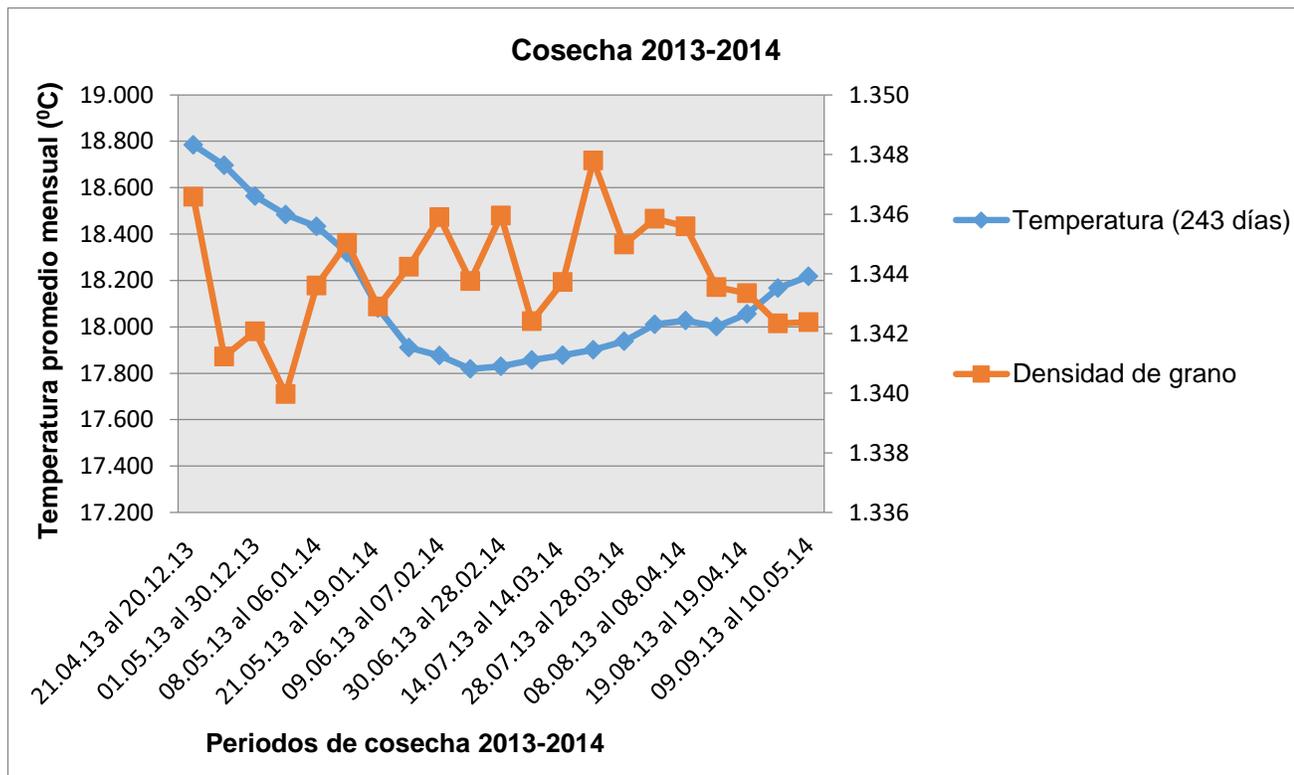


Figura 40 Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 243 días de la cosecha 2013-2014 clúster Huehuetenango.

En la figura 41 se muestra que durante los dos primeros periodos la densidad del grano de café disminuyó de 1.35 gr/cm³ a 1.34 gr/cm³ mientras la precipitación mensual aumentó de 1,616.70 mm a 1,621.70 mm. Esto pudo deberse a que antes de la floración existe un periodo prolongado de deficiencia hídrica, la cual la favorece más sin embargo puede perjudicar el crecimiento vegetativo de la planta y el desarrollo normal del fruto, afectándolo de diferentes formas de acuerdo a la etapa de desarrollo en la cual se encuentre el fruto del café, causando secamiento interno y/o granos vacíos (Arcila *et al.* 2007).

Para los periodos del 01.05.13 al 30.12.13 y del periodo del 05.05.13 al 03.01.14 permanece constante la densidad del grano de café con valores de 1.34 gr/cm³ al aumentar la precipitación mensual de 1,601.30 mm a 1,603.20 mm. Del periodo 08.05.13 al 06.01.14 hasta el periodo del 12.05.13 al 10.01.14, al aumentar la precipitación mensual de 1,556.50 mm a 1,564.700 mm, la densidad de grano de café mostró un aumento de 0.001 gr/cm³. Según Arcila *et al.* (2007), de 50-120 días de la floración el grano se caracteriza por crecimiento acelerado adquiriendo así su tamaño final y por demandar mayor cantidad de agua y nutrientes.

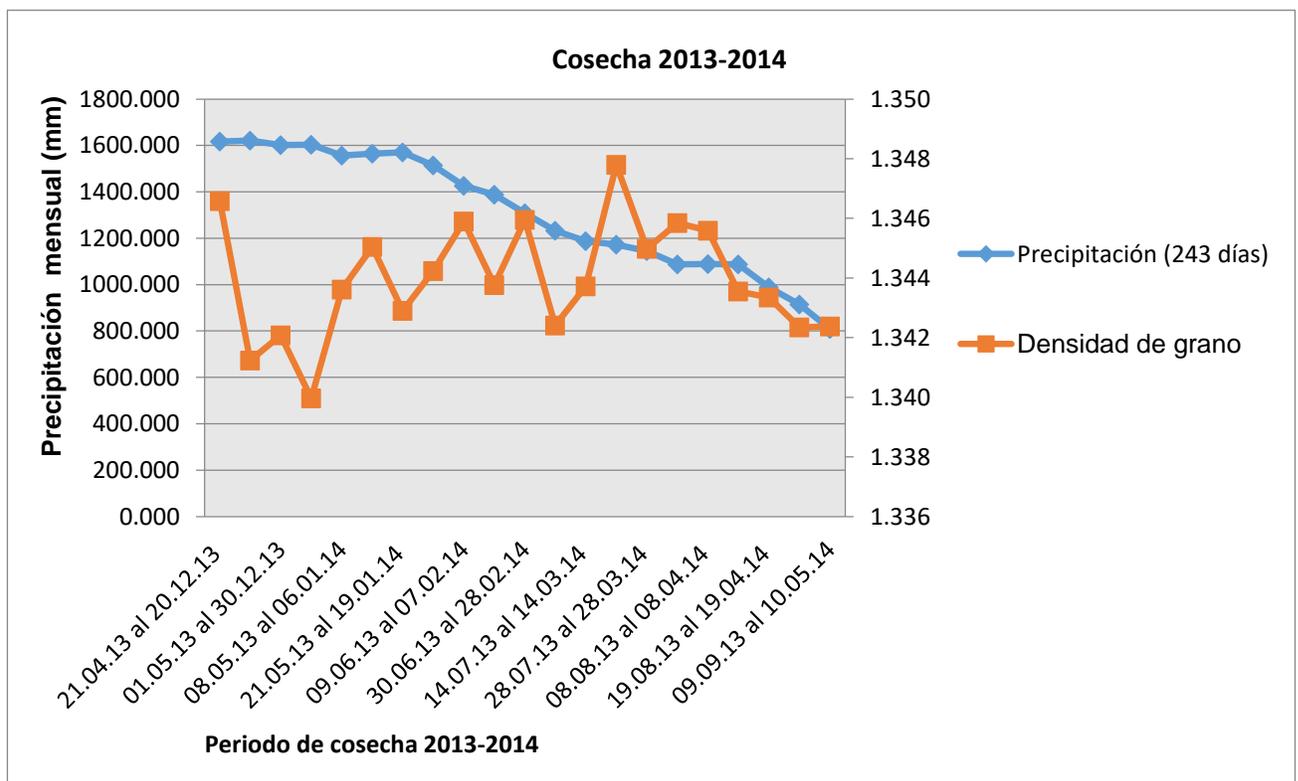


Figura 41. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 243 días de la cosecha 2013-2014 clúster Huehuetenango.

En la figura 42, se puede observar que durante el periodo del 20.05.14 al 18.01.15 a una temperatura media mensual de 18.12 °C el valor de densidad de grano de café fue de 1.34 gr/cm³, donde a partir de ello, aumentó 0.003 gr/cm³ durante los siguientes periodos, esto al ir disminuyendo la temperatura a 17.92 °C y 17.92 °C. Este comportamiento coincide con lo planteado por Barquero (2016) quien indica que a temperaturas menores de 18 °C el desarrollo de los frutos del café es lento.

El valor de la densidad más alto fue de 1.35 gr/cm³ el cual se presentó en el periodo del 12.08.14 al 12.04.15 a 17.71 °C, aproximadamente entre 6 a 7 semanas después de la floración donde el crecimiento es acelerado, adquiriendo así su tamaño final mencionado por Cenicafe citado por (Arcila et al. 2007). Sin embargo, del periodo del 22.08.14 al 22.04.15 hasta el periodo del 02.09.14 al 03.05.15 la densidad del grano de café disminuyó a 1.34 gr/cm³ con una temperatura media mensual de 17.91 °C. Se observa que en el periodo del 10.09.14 al 11.05.15 la temperatura aumentó a 18.02 °C mientras la densidad del grano de café permanece constante con valores de 1.34 gr/cm³ a 18.17 °C a pesar que Barquero (2016) indica que a temperaturas menores de 18 °C el desarrollo de los frutos del café es lento.

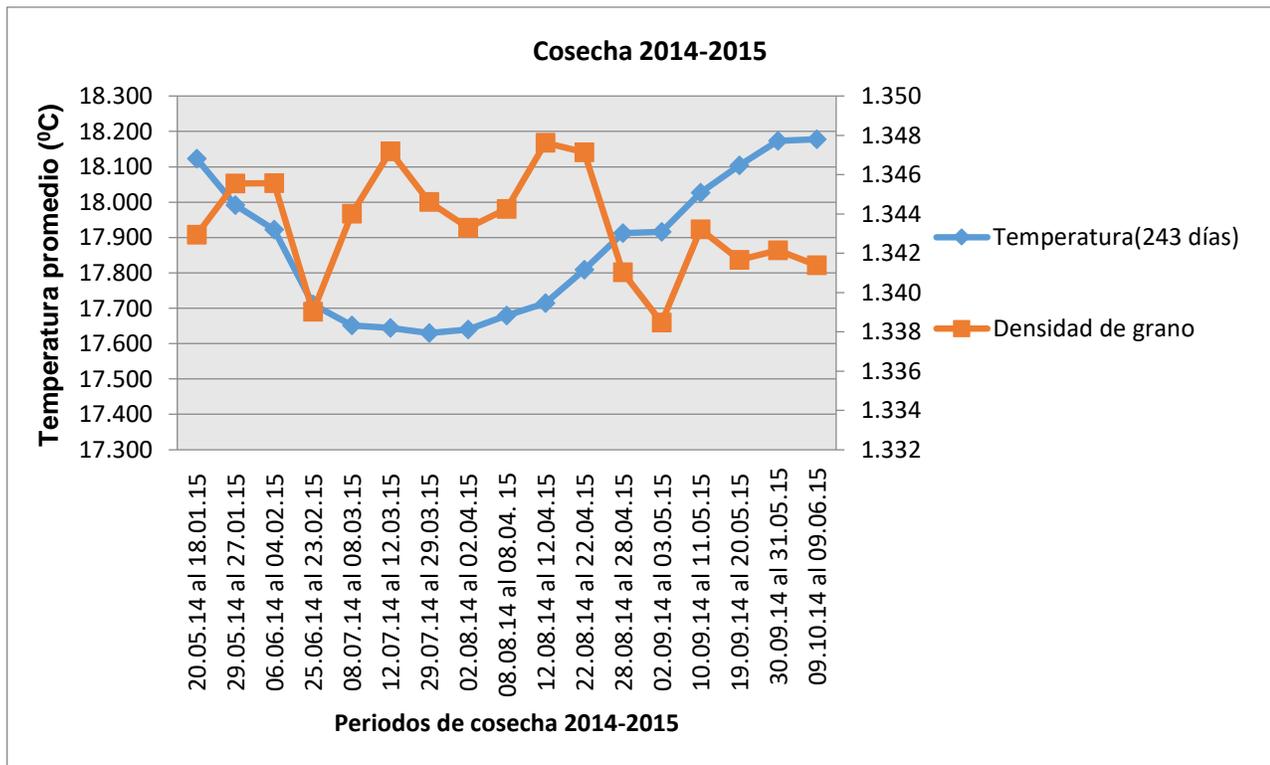


Figura 42. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 243 días de la cosecha 2014-2015 clúster Huehuetenango.

La figura 43 muestra que en el periodo del 20.05.14 al 18.01.15 a una precipitación mensual de 1,027.90 mm a 1,029.30 mm aumentó la densidad del grano de café 0.003 gr/cm³ siendo constante hasta el periodo del 06.06.14 al 04.02.15. El aumento en la densidad del grano se presentó durante los 50 días después de la floración, caracterizada por ser una etapa de desarrollo lento a pesar que los niveles de precipitación son altos.

El valor de densidad de grano de café más alto fue de 1.35 gr/cm³ en el periodo del 12.08.14 al 12.04.15 a 755 mm, donde a partir del mismo se observa una disminución de densidad de grano hasta el periodo del 02.09.14 al 03.05.15 con 662.60 mm, permaneciendo constante en el periodo siguiente a 1.34 gr/cm³ a 588.60 mm.

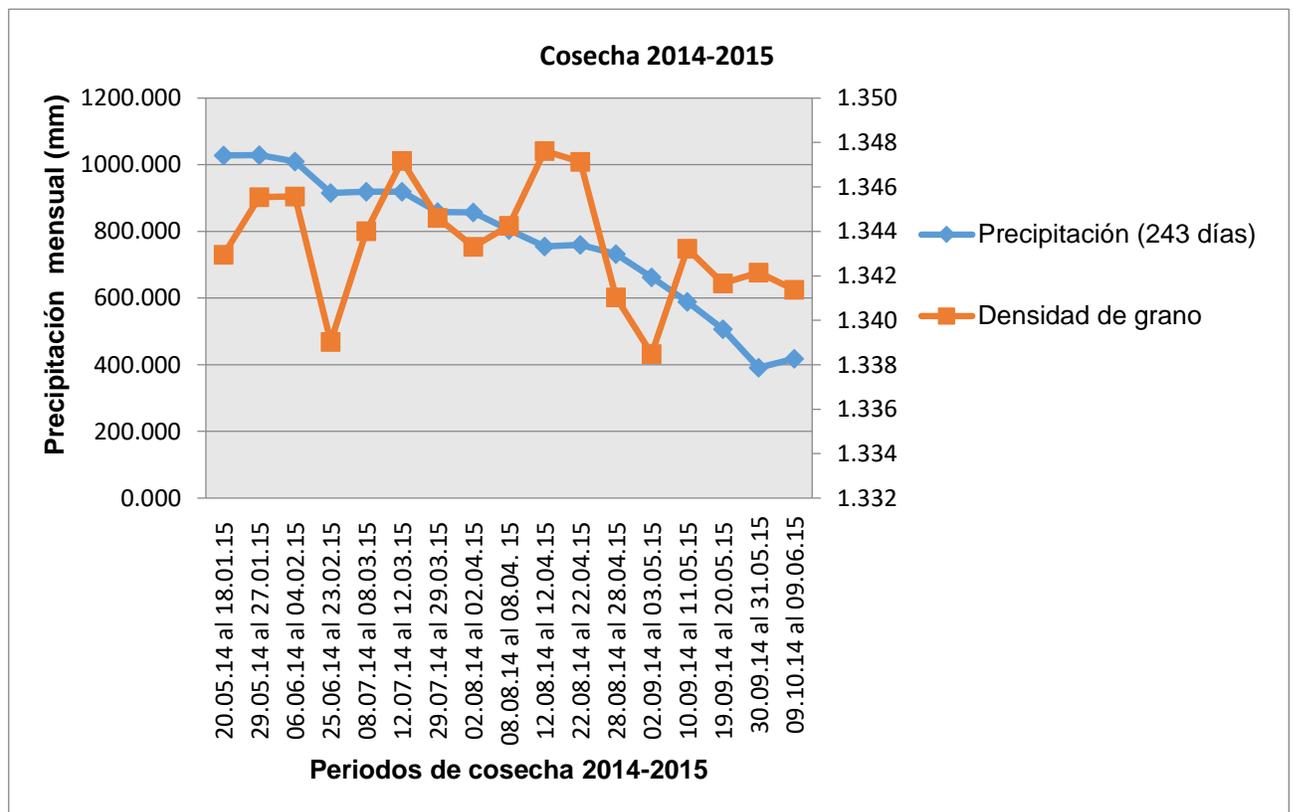


Figura 43. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 243 días de la cosecha 2014-2015 clúster Huehuetenango.

Como se puede observar en la figura 44, la densidad del grano de café permaneció constante a partir del periodo del 26.05.15 al 24.01.16 con densidades de grano de 1.35 gr/cm³ al periodo del 06.06.15 al 04.02.16 mientras disminuyó la temperatura media mensual de 18.85 °C a 18.75 °C. Los valores de temperatura se encuentran dentro lo mencionado por Alegre citado por Barquero (2016), siendo este el rango ideal de 18 °C a 21 °C.

Del periodo del 10.07.15 al 09.03.16 hasta el periodo del 08.08.15 al 07.04.16 se observa que la densidad del grano de café aumentó de 1.35 gr/cm³ a 1.36 gr/cm³ (0.01 gr/cm³) donde la temperatura mostró fluctuaciones en sus valores, aumentando de 18.35 °C a 18.56 °C para luego disminuir a 18.56 °C.

A partir de ello se muestra que una disminución de la densidad del grano de café de 0.02 gr/cm³ en los periodos comprendidos del 11.08.15 al 10.04.16 hasta el periodo del 17.08.15 al 16.04.16, aumentando la temperatura media mensual de 18.56 °C a 18.64 °C. Al encontrarse entre rangos de temperatura ideal para un buen desarrollo del cultivo, se podría indicar que dicha disminución en la densidad del grano pudo haber sido por diversos factores como falta de disponibilidad de nutrientes, la cual es fundamental en la etapa II del fruto (Ramírez 2014) deficiencias hídricas, ya que estas tienden a favorecer la floración, pero pueden perjudicar el crecimiento vegetativo de la planta y el desarrollo normal del fruto (Arcila *et al.* 2007).

Las prácticas culturales, según Carvajal (1984), en Kenia alteraron la proporción de granos de café grande, de valor comercial, al ser estos granos variables de un año a otro.

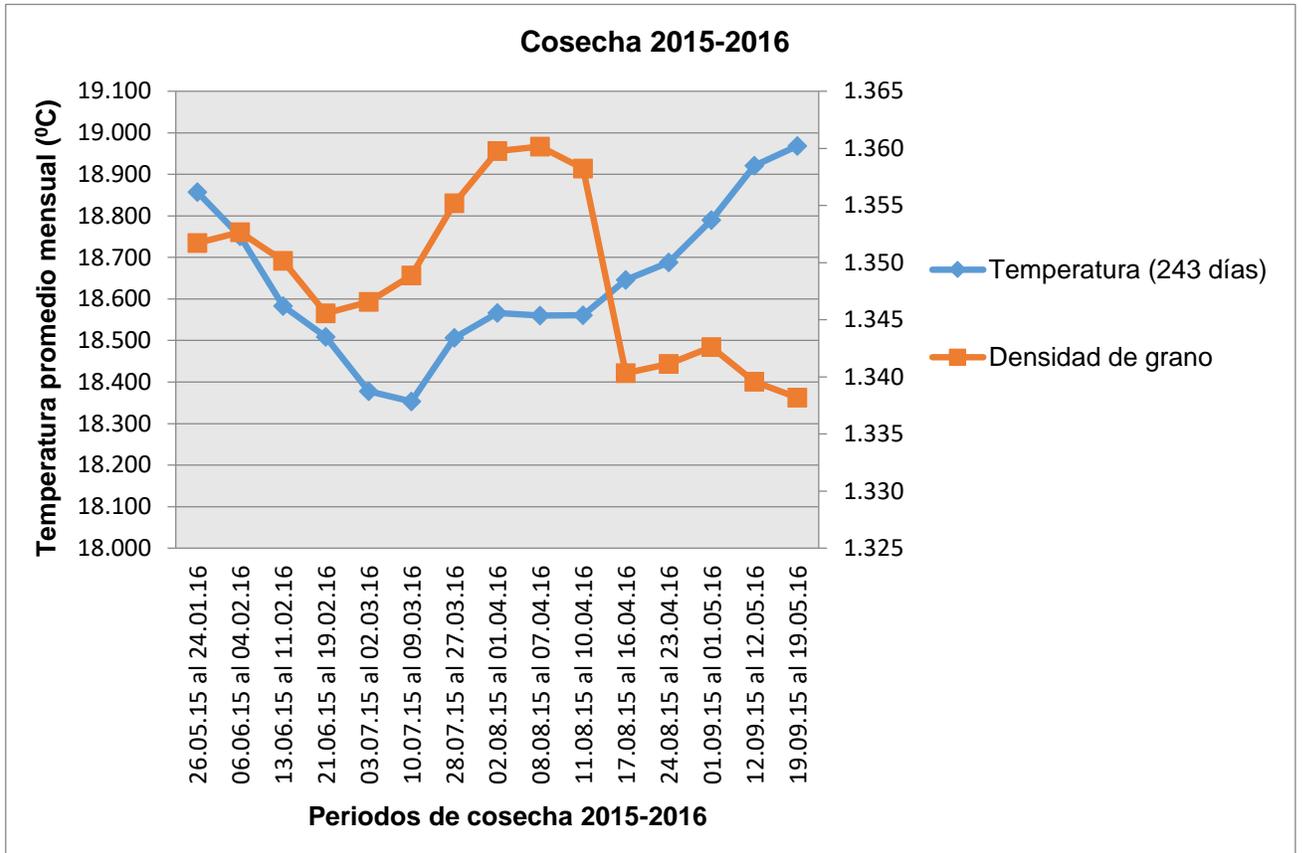


Figura 44. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 243 días de la cosecha 2015-2016 clúster Huehuetenango.

En la figura 45, se muestra que del primer periodo al segundo de la cosecha 2015-2016, la densidad del grano de café aumenta 0.001 gr/cm^3 a medida que disminuye la precipitación mensual de 1,158 mm a 1,104.10 mm. Luego del periodo del 13.06.15 al 11.02.16 hasta el periodo del 21.06.15 al 19.02.16 disminuye 0.004 gr/cm^3 , con precipitaciones de 1,038.20 mm a 953 mm. Esto pudo haber sido influenciado por factores externos a la precipitación media, ya que del periodo del 03.07.15 al 02.03.16 hasta el periodo del 08.08.15 al 07.04.16 la precipitación disminuye de 944.70 mm a 802.50 mm, mientras aumenta de 1.35 gr/cm^3 a 1.36 gr/cm^3 la densidad del grano de café.

Sin embargo, en los últimos periodos la densidad del grano tiende a permanecer constante del periodo del 01.09.15 al 01.05.16 hasta el periodo del 19.09.15 al 19.05.16 con valores de 1.34 gr/cm^3 mientras aumenta la precipitación de 641.40 mm a 661 mm.

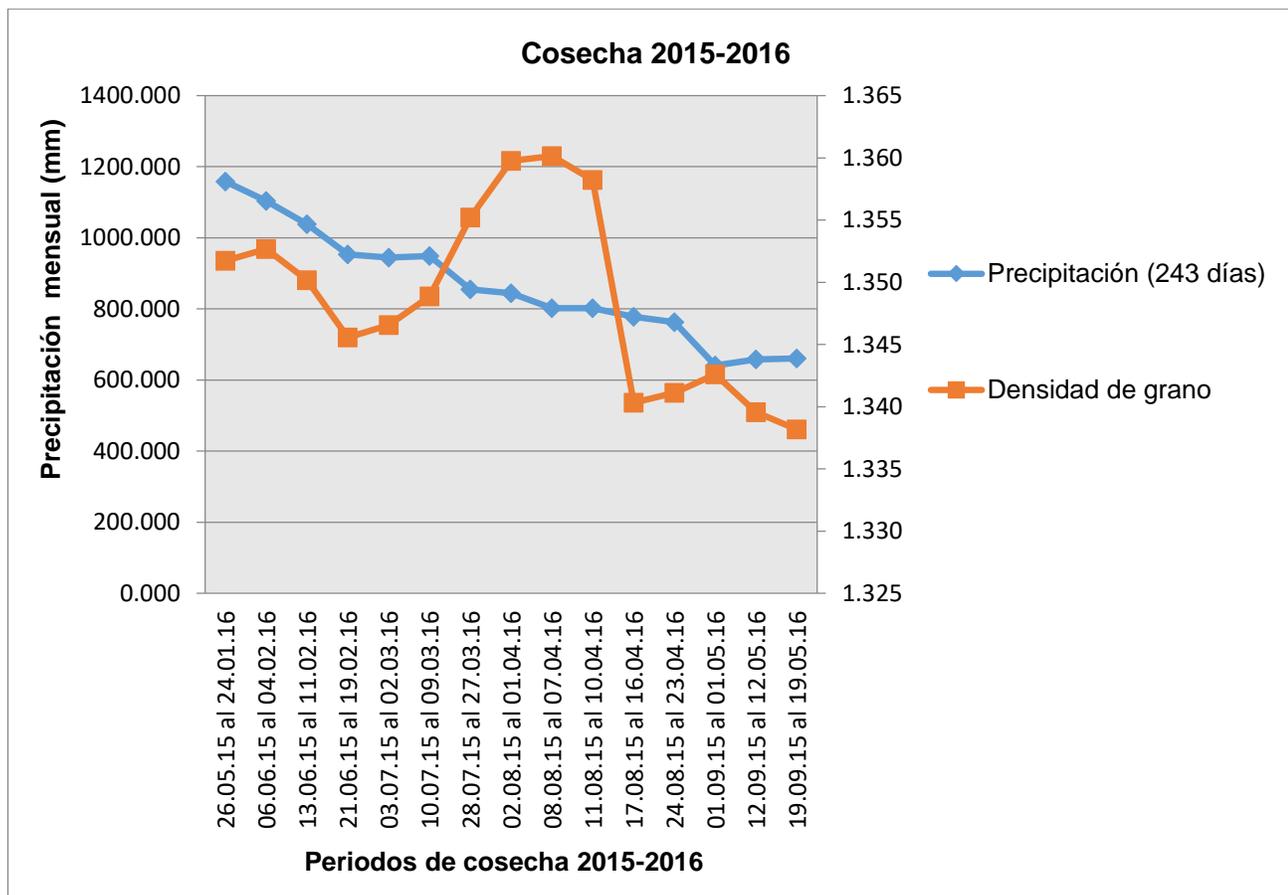


Figura 45. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 243 días de la cosecha 2015-2016 clúster Huehuetenango.

2.5.6. Comportamiento de la densidad del grano de café con la variable temperatura promedio mensual y precipitación mensual durante el periodo de desarrollo total del grano del clúster Fraijanes cosechas 2012 al 2016

En la figura 46, cosecha 2012-2013, se puede observar que durante los primeros dos periodos la densidad del grano de café permaneció constante a medida que la temperatura media mensual permanecía constante con valores de 16.78 °C. Al estar las temperaturas fuera del rango ideal, 18 °C a 21 °C, se espera que exista un crecimiento lento, según lo indicado por Alegre citado por Barquero (2016).

De los periodos del 24.05.12 al 22.01.12 hasta el periodo del 11.06.12 al 09.02.12 la densidad del grano de café mostró aumentar 0.01 gr/cm³ para mantenerse entre 1.34 gr/cm³ esto al disminuir la temperatura de 16.54 °C a 16.40 °C. La densidad del grano aumentó 0.008 gr/cm³ en los periodos del 20.06.12 al 18.02.12 hasta el periodo del 22.07.12 al 22.03.13 mientras la temperatura disminuyó de 16.34 °C a 16.18 °C, siendo así el valor de densidad de grano de café más alto de 1.35 gr/cm³ de la cosecha 2012-2013.

Así mismo para los últimos dos periodos, la densidad del grano de café permaneció constante entre valores de 1.34 gr/cm³ a temperaturas medias mensuales muy cercanos entre sí, siendo estas de 16.18 °C y 16.19 °C. De manera general, durante toda la cosecha no se presentaron temperaturas mayores a 16.18 °C, por tanto, el crecimiento del grano se vio desfavorecido al crecer de forma más lenta y tardía con valores en densidad de grano bajos.

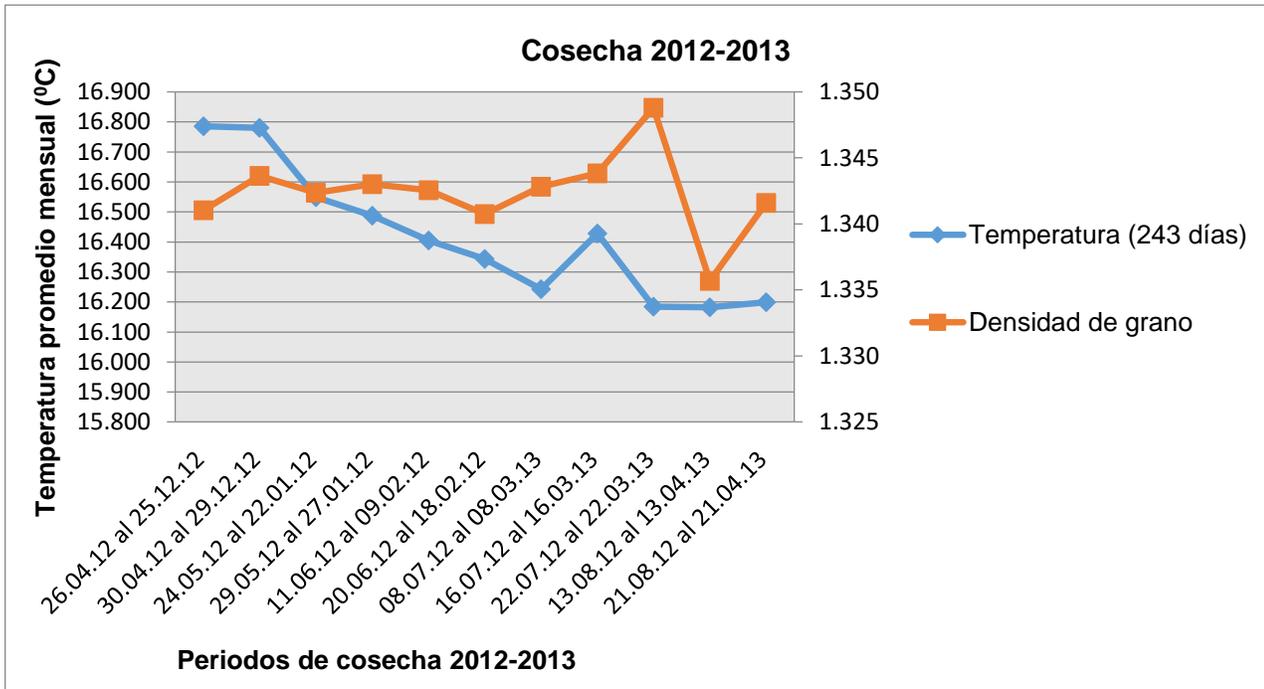


Figura 46. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 243 días de la cosecha 2012-2013 clúster Fraijanes.

En la figura 47, se observa que durante los primeros dos periodos la densidad del grano de café aumentó 0.003 gr/cm^3 , a medida que también aumentó la precipitación mensual de 1,219.30 mm a 1,232.90 mm. Se puede indicar que se encontraba en etapa de desarrollo lento. Durante los periodos del 24.05.12 al 22.01.12 hasta el periodo del 11.06.12 al 09.02.12 la densidad mostró aumentar 0.001 gr/cm^3 , manteniéndose entre 1.343 gr/cm^3 esto al disminuir la precipitación mensual de 1,070.40 mm hasta 883.30 mm.

A pesar que los valores de precipitación son bajos, el aumento observado de densidad del grano, pudo haberse manifestado debido a otros factores como las temperaturas medias (Robledo y Aristizábal 1980).

Los dos últimos periodos, la densidad del grano presentó valores constantes 1.34 gr/cm^3 entre precipitaciones mensuales bajas de 492.30 mm a 462.30 mm. Se sabe que la precipitación tiene importancia en procesos fisiológicos, en el crecimiento y en el desarrollo de los frutos del cafeto. Sin embargo, no solo el tamaño y el peso de los granos dependen de la lluvia sino son influenciados también por la temperatura (Barquero 2016).

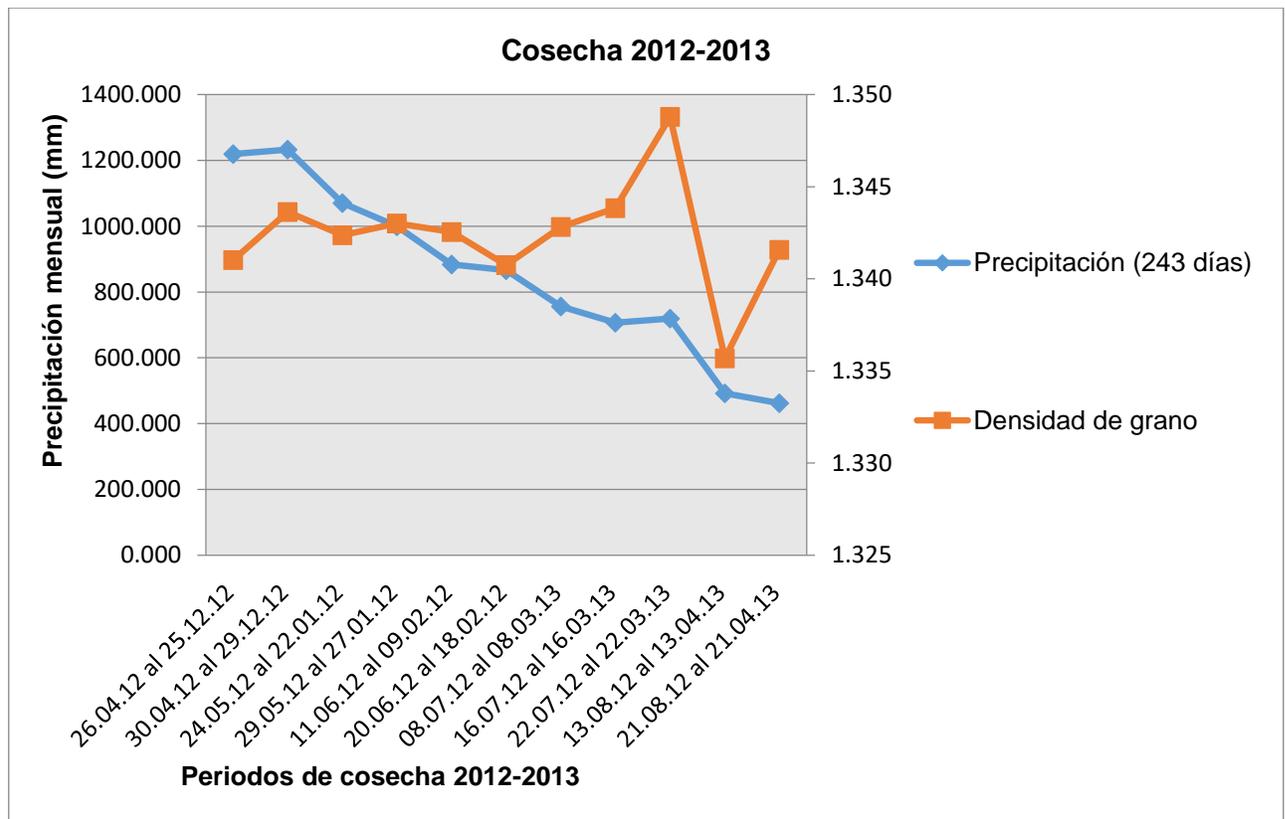


Figura 47. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 243 días de la cosecha 2012-2013 clúster Fraijanes.

La figura 48 muestra que, durante los primeros dos periodos, la densidad del grano de café aumentó 0.001 gr/cm^3 al disminuir la temperatura media mensual de $17.32 \text{ }^\circ\text{C}$ a $17.26 \text{ }^\circ\text{C}$. Se puede indicar que al ser menores las temperaturas a $18 \text{ }^\circ\text{C}$, el desarrollo de los frutos del café es lento (Barquero 2016).

En los periodos siguientes del 19.04.13 al 18.12.13 hasta el periodo del 13.05.13 al 11.01.14 la densidad del grano de café disminuyó 0.001 gr/cm^3 donde la temperatura disminuyó de $17.25 \text{ }^\circ\text{C}$ a $16.89 \text{ }^\circ\text{C}$. La densidad del grano nuevamente presenta un comportamiento constante con valores de 1.34 gr/cm^3 en los periodos del 17.05.13 al 15.01.14 hasta el periodo del 05.06.13 al 03.02.14 donde la temperatura continuaba disminuyendo de $16.60 \text{ }^\circ\text{C}$ a $16.55 \text{ }^\circ\text{C}$ respectivamente.

La densidad del grano de café se mantuvo constante nuevamente entre los últimos dos periodos con valores de 1.34 gr/cm^3 a temperaturas medias mensuales $16.48 \text{ }^\circ\text{C}$ a $16.46 \text{ }^\circ\text{C}$.

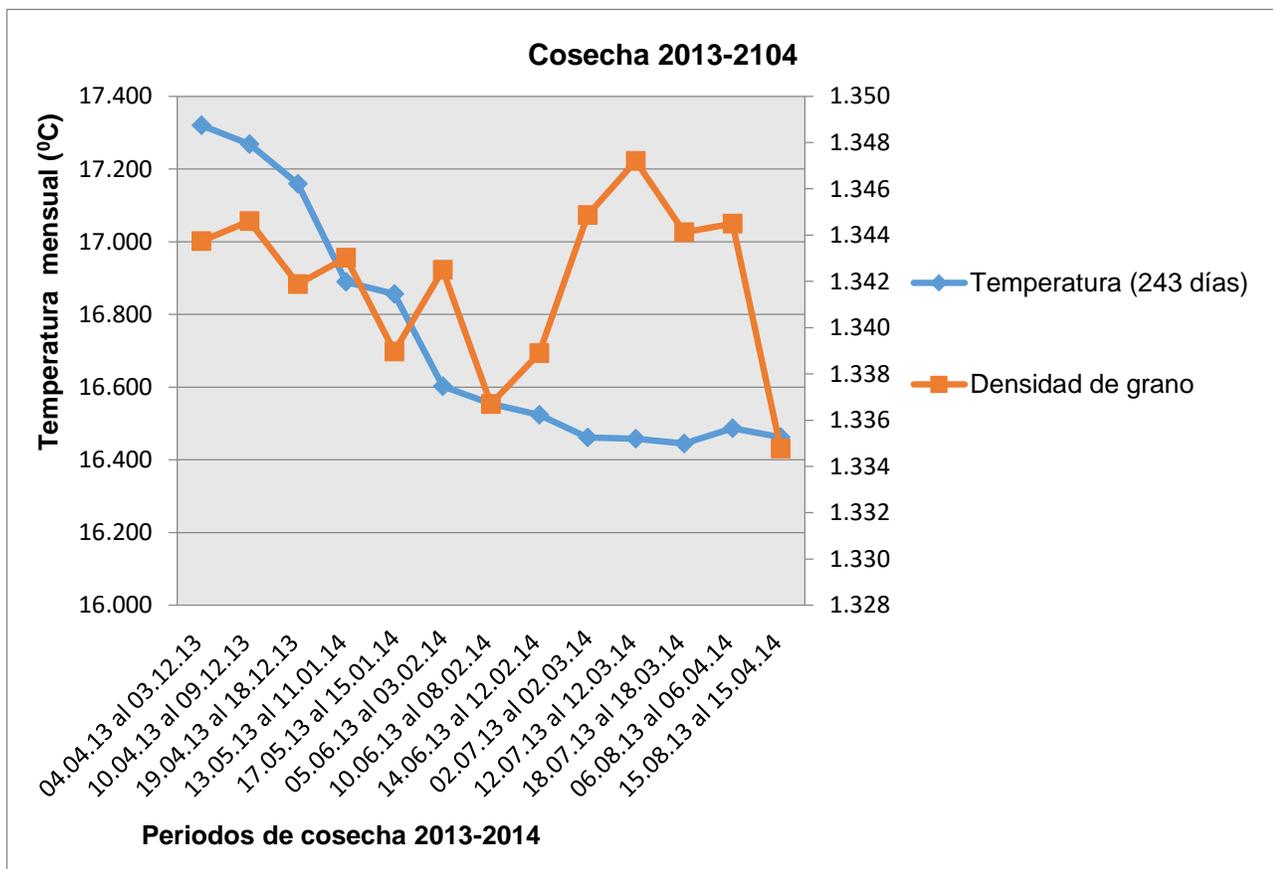


Figura 48. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 243 días de la cosecha 2013-2014 clúster Fraijanes.

La figura 49, muestra que durante los periodos del 04.04.13 al 03.12.13 hasta el periodo del 17.05.13 al 15.01.14, la precipitación mensual no presentó diferencia relativamente alta entre sus valores, al ir disminuyendo entre valores de 5,085.30 mm a 5,107.30 mm, así mismo se observa que los valores de densidad de grano no presentan variaciones notables entre sí al ir aumentando y disminuyendo entre valores de +0.001 y -0.001, siendo el valor más bajo de densidad de grano de café de 1.34 gr/cm³.

Entre los periodos del 10.06.13 al 08.02.14 hasta el periodo del 02.07.13 al 02.03.14, se observa que la densidad del grano permanece constante a precipitaciones mensuales que van de 4,528.50 mm a 3,560.50 mm. Dichos valores de densidad se obtuvieron entre la semana 8 a la 17 después de la floración, por tanto, presentaron un crecimiento acelerado adquiriendo así su tamaño final (Cenicafé, citado por Arcila et al. 2007).

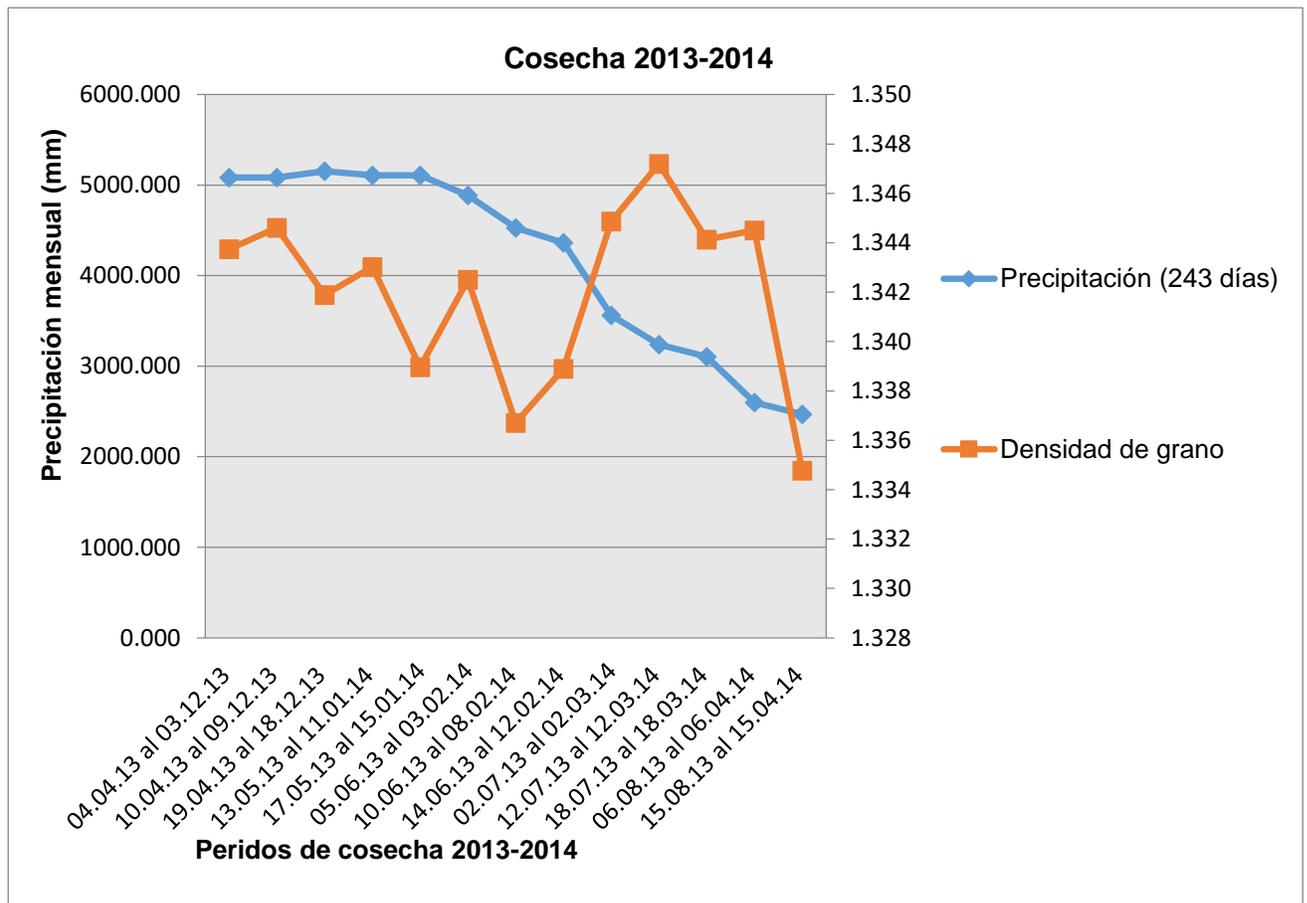


Figura 49. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 243 días de la cosecha 2013-2014 clúster Fraijanes.

Se muestra en figura 50, que, entre los dos primeros periodos, la temperatura media mensual disminuyó de 17.16 °C a 16.96 °C mientras la densidad del grano de café aumentó 0.004 gr/cm³, por lo que se puede indicar que al ser menores las temperaturas a 18 °C, el desarrollo de los frutos del café se hará de manera más lenta (Barquero 2016).

Ahora bien, de los periodos del 03.05.14 al 01.01.15 hasta el periodo del 28.05.14 al 26.01.15, la densidad del grano de café tuvo valores similares con diferencias de +/- 0.001 gr/cm³ al fluctuar entre valores de 1.34 gr/cm³. En el periodo del 07.06.14 al 05.02.15 a una temperatura de 16.48 °C se observa el valor más alto de densidad siendo este de 1.35 gr/cm³. Donde a partir de ello, la densidad disminuyó a 1.34 gr/cm³ en el periodo del 17.06.14 al 15.02.15.

No obstante, en los últimos dos periodos se observa un aumento nuevamente de densidad de grano de café de 0.005 gr/cm³ a una temperatura de 16.04 °C.

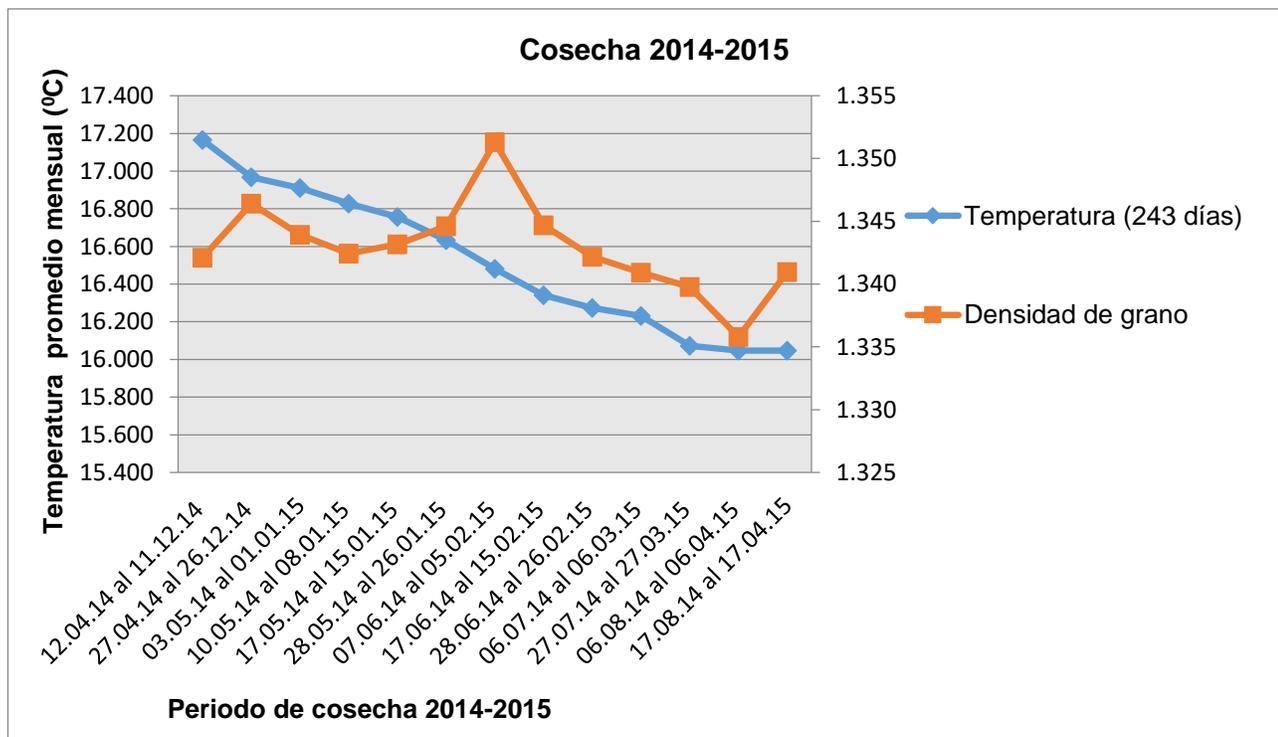


Figura 50. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 243 días de la cosecha 2014-2015 clúster Fraijanes.

La figura 51 muestra que, en los dos primeros periodos, la precipitación mensual disminuyó de 1,701.50 mm a 1,663 mm, así mismo la densidad del grano de café presentó un aumento de 0.004 gr/cm³.

En los periodos del 03.05.14 al 01.01.15 hasta el periodo del 28.05.14 al 26.01.15, la densidad de grano mostró un comportamiento similar con diferencias de +/- 0.001 gr/cm³ al fluctuar valores de 1.34 gr/cm³ a precipitaciones mensuales de 1,605 mm a 1,418 mm.

En el periodo del 07.06.14 al 05.02.15 a una precipitación mensual de 1,175.50 mm, se observa el valor más alto de densidad de grano de 1.35 gr/cm³, este disminuyó en el periodo del 17.06.14 al 15.02.15 a 1.34 gr/cm³.

En los últimos dos periodos se observa un aumento nuevamente de densidad de grano de café de 0.005 gr/cm³ con valores de precipitaciones mensuales entre 818.50 mm a 740.50 mm.

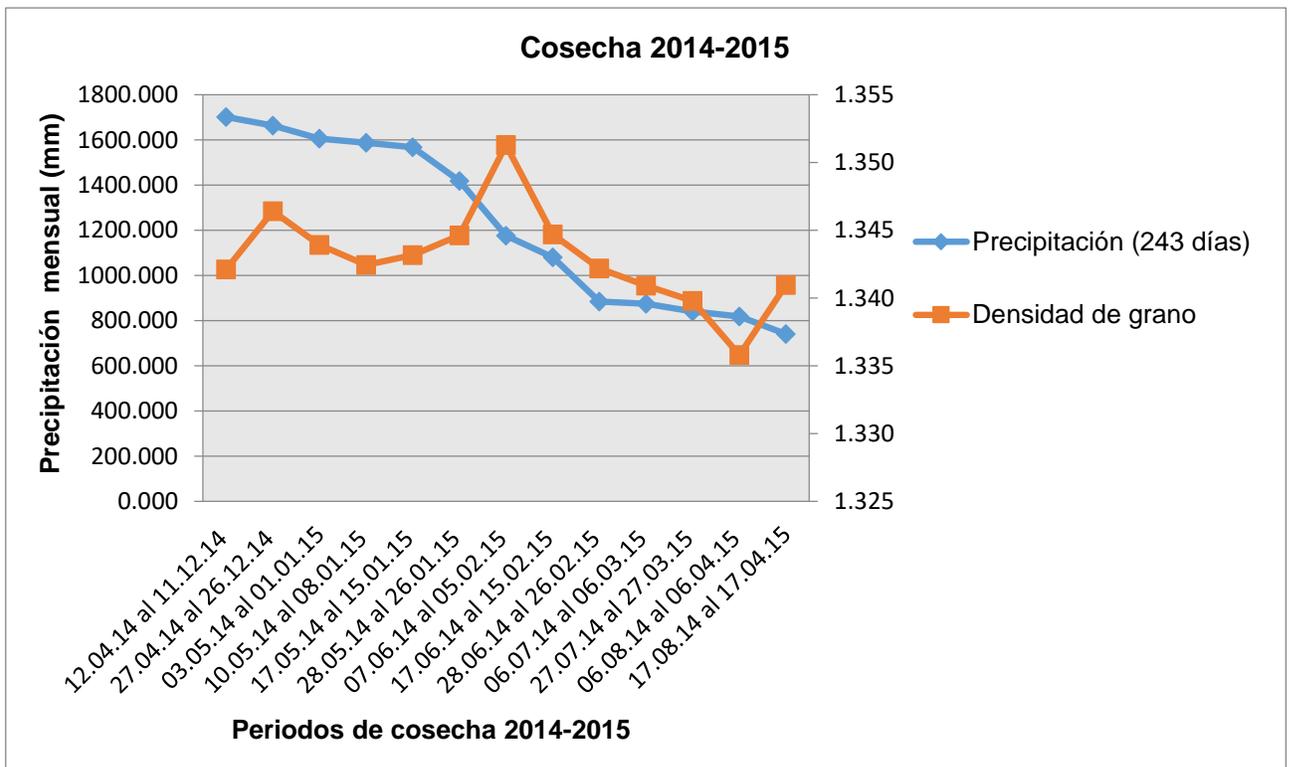


Figura 51. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 243 días de la cosecha 2014-2015 clúster Fraijanes.

Se muestra en la figura 52 que durante los periodos del 09.05.15 al 07.01.16 y del 29.05.15 al 27.01.16 la temperatura media mensual disminuyó de 17.58 °C a 17.34 °C manteniendo valores constantes de 1.34 gr/cm³ en la densidad del grano, para luego aumentar 0.004 gr/cm³ en el periodo del 04.06.15 al 02.02.16 a 17.29 °C. Cenicafé, citado por Arcila et al. (2007), indica que las primeras siete semanas después de la floración, se caracteriza por ser una etapa de desarrollo lento.

Del periodo del 12.06.15 al 10.02.16 y del periodo del 03.07.15 al 02.03.16 la densidad del grano de café aumentó a 0.004 gr/cm³ al disminuir la temperatura media mensual de 17.15 °C a 16.87 °C. A medida que desciende la temperatura, el crecimiento del grano se prolonga. A partir del periodo del 17.07.15 al 16.03.16 hasta el periodo del 14.08.15 al 13.04.16, la densidad de grano de café muestra un incremento de 1.35 gr/cm³ a 1.36 gr/cm³, siendo así este último valor el más alto durante la cosecha al encontrar el grano en etapa II: (50-120 días), de la semana ocho a la 17 después de la floración, la cual su crecimiento es acelerado.

Del periodo 20.08.15 al 19.04.16 hasta el periodo del 14.09.15 al 14.05.16, la densidad de grano de café disminuyó de 1.36 gr/cm³ a 1.33 gr/cm³, mientras la temperatura media mensual aumentaba de 16.87 °C a 16.99 °C.

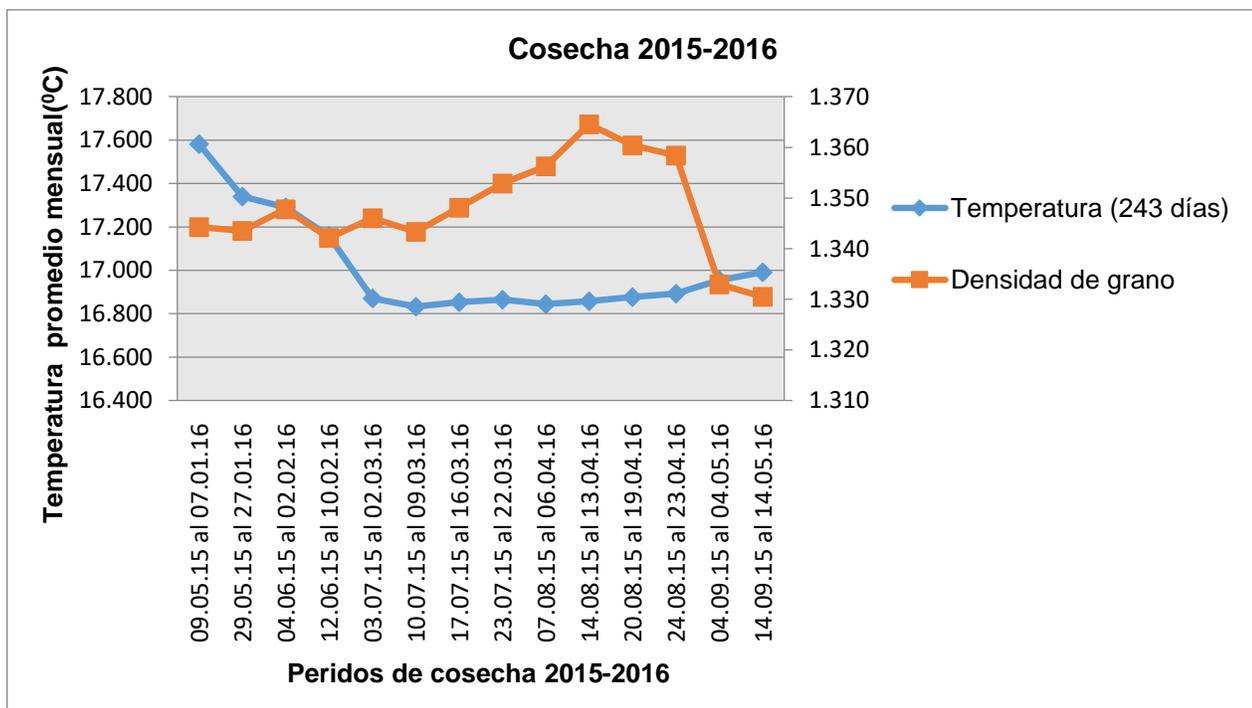


Figura 52. Comportamiento de la densidad del grano con la temperatura media mensual durante 243 días de la cosecha 2015-2016 clúster Fraijanes.

En la figura 53 se muestra que durante los periodos del 09.05.15 al 07.01.16 y del periodo del 29.05.15 al 27.01.16 la precipitación mensual disminuyó de 1,646 mm a 1,485 mm, los valores de densidad de grano permanecieron constantes a 1.34 gr/cm^3 , para luego aumentar 0.004 gr/cm^3 en el periodo del 04.06.15 al 02.02.16, con precipitaciones de 1,426 mm, esto se manifestó en las primeras 7 semanas después de la floración, caracterizada por ser de desarrollo lento (Cenicafé, citado por Arcila *et al.* 2007).

Del periodo 12.06.15 al 10.02.16 y del periodo del 03.07.15 al 02.03.16 la densidad de grano de café aumentó a 0.004 gr/cm^3 , esto durante la disminución de la precipitación mensual de 1,367 mm a 1,318 mm, para luego disminuir la densidad de grano 0.003 gr/cm^3 a 1,315 mm de precipitación.

A partir del periodo del 17.07.15 al 16.03.16 hasta el periodo del 14.08.15 al 13.04.16, la densidad del grano aumentó 0.017 gr/cm^3 al disminuir la precipitación de 1,288.50 mm a 1,069 mm. El factor lluvia es más importante, ya que se ha encontrado experimentalmente que entre la 10 y 17 semana después de que el café florece, los frutos se expanden con mayor rapidez y el tamaño potencial de los granos lo determina el volumen de expansión alcanzado por los lóculos en ese momento (Carvajal 1949).

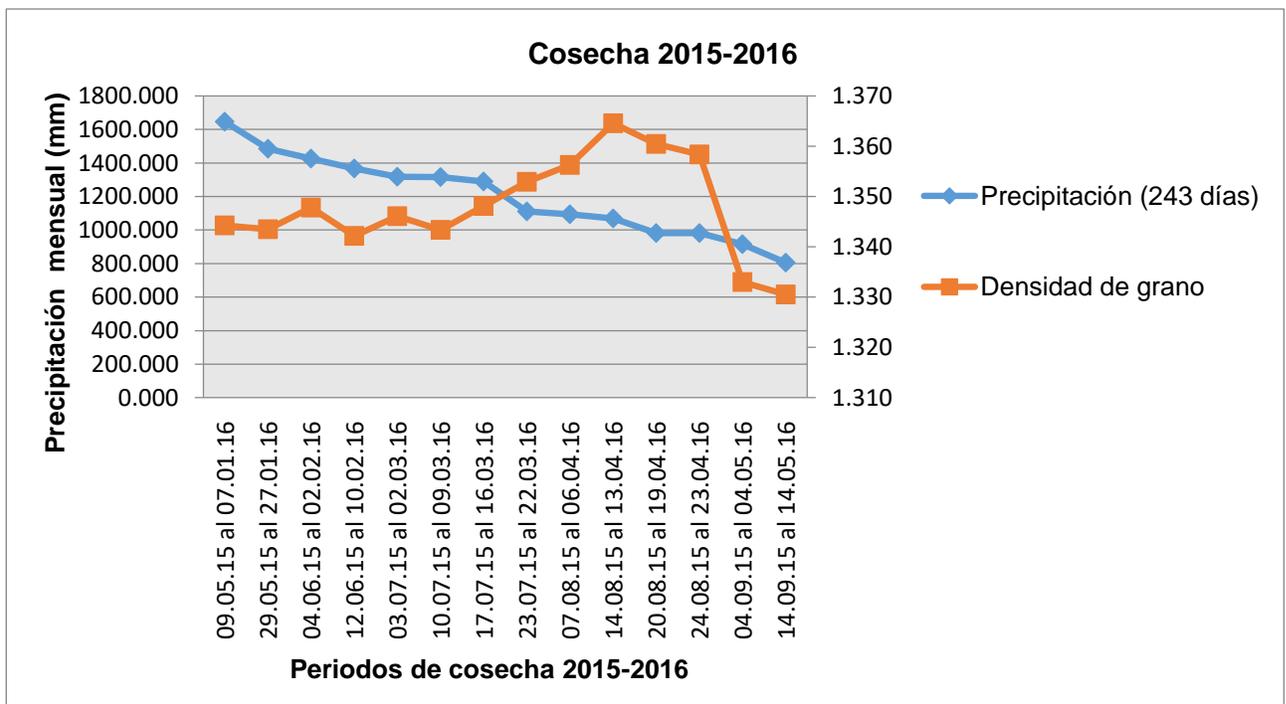


Figura 53. Comportamiento de la densidad del grano con la precipitación mensual durante 243 días de la cosecha 2015-2016 clúster Fraijanes.

De forma sintetizada, a continuación, se describe el comportamiento de la densidad del grano de café en relación con la temperatura media mensual, así como con la precipitación mensual durante las cosechas del 2012 al 2016.

En relación con la temperatura media mensual, en la cosecha 2012-2013 disminuyó la densidad del grano de café 0.01 gr/cm^3 en el periodo del 16.07.12 al 16.03.13 hasta el periodo del 01.08.12 al 01.04.13 a temperaturas de $18.05 \text{ }^\circ\text{C}$ a $18.14 \text{ }^\circ\text{C}$.

En la cosecha 2013-2014, la densidad del grano de café aumentó 0.08 gr/cm^3 del periodo del 05.05.13 al 03.01.14 hasta el periodo del 21.07.13 al 21.04.14, en estos periodos la temperatura disminuyó de $18.48 \text{ }^\circ\text{C}$ a $17.90 \text{ }^\circ\text{C}$. En la cosecha 2014-2015 la densidad del grano de café disminuyó 0.01 gr/cm^3 del periodo del 12.08.14 al 12.04.15 hasta el periodo del 02.09.14 al 03.05.15, mientras que la temperatura disminuyó de $17.71 \text{ }^\circ\text{C}$ a $17.92 \text{ }^\circ\text{C}$.

En la cosecha 2015-2016, la densidad del grano de café disminuyó 0.022 gr/cm^3 , del periodo del 02.08.15 al 01.04.16 hasta el periodo del 19.09.15 al 19.05.16, en este periodo la temperatura aumentó de $18.56 \text{ }^\circ\text{C}$ a $18.96 \text{ }^\circ\text{C}$.

Se observó el comportamiento de la densidad del grano de café con la precipitación mensual durante las cosechas 2012 al 2016, donde en la cosecha 2012-2013, la densidad del grano de café disminuyó 0.01 gr/cm^3 del periodo del 16.07.12 al 16.03.13 hasta el periodo del 01.08.12 al 01.04.13, mientras que la precipitación disminuyó de 633.80 mm a 584.80 mm . En la cosecha 2013-2014, la densidad del grano de café aumentó 0.08 gr/cm^3 del periodo del 05.05.13 al 03.01.14 hasta el periodo del 21.07.13 al 21.04.14, mientras la precipitación disminuyó de $1,603.20 \text{ mm}$ a $1,172.70 \text{ mm}$.

En la cosecha 2014-2015 la densidad del grano de café disminuyó 0.01 gr/cm^3 del periodo del 12.08.14 al 12.04.15 hasta el periodo del 02.09.14 al 03.05.15, mientras que la precipitación disminuyó de 755 mm a 662.60 mm . En la cosecha 2015-2016, la densidad del grano de café disminuyó 0.022 gr/cm^3 del periodo del 02.08.15 al 01.04.16 hasta el periodo del 19.09.15 al 19.05.16, mientras la precipitación disminuyó de 844 mm a 661 mm .

Para el clúster de Fraijanes, se sintetiza a continuación el comportamiento de la densidad del grano de café en relación con la temperatura media mensual, así como con la precipitación mensual durante las cosechas del 2012 al 2016.

En la cosecha 2012-2013, la densidad del grano de café disminuyó 0.013 gr/cm^3 del periodo del 22.07.12 al 22.03.13 hasta el periodo del 13.08.12 al 13.04.13, mientras la temperatura se mantuvo constante a un valor de $16.18 \text{ }^\circ\text{C}$.

En la cosecha 2013-2014, la densidad del grano de café disminuyó 0.012 gr/cm^3 del periodo del 12.07.13 al 12.03.14 hasta el periodo del 15.08.13 al 15.04.14, mientras la temperatura disminuyó de $16.45 \text{ }^\circ\text{C}$ a $16.46 \text{ }^\circ\text{C}$. En la cosecha 2014-2015 la densidad del grano disminuyó 0.015 gr/cm^3 del periodo del 07.06.14 al 05.02.15 hasta el periodo del 06.08.14 al 06.04.15, a la vez que la temperatura disminuyó de $16.48 \text{ }^\circ\text{C}$ a $16.04 \text{ }^\circ\text{C}$. En la cosecha 2015-2016, la densidad del grano disminuyó 0.034 gr/cm^3 del periodo del 14.08.15 al 13.04.16 hasta el periodo del 14.09.15 al 14.05.16, a la vez que la temperatura aumentó de $16.85 \text{ }^\circ\text{C}$ a $16.99 \text{ }^\circ\text{C}$.

Se observó el comportamiento de la densidad del grano de café con la precipitación mensual durante las cosechas 2012 al 2016, donde en la cosecha 2012- 2013, la densidad del grano disminuyó 0.013 gr/cm^3 del periodo del 22.07.12 al 22.03.13 hasta el periodo del 13.08.12 al 13.04.13, en estos periodos la precipitación disminuyó de 719.30 mm a 492.30 mm .

En la cosecha 2013-2014, la densidad del grano disminuyó 0.012 gr/cm^3 del periodo del 12.07.13 al 12.03.14 hasta el periodo del 15.08.13 al 15.04.14, mientras que la precipitación disminuyó de $3,239.50 \text{ mm}$ a $2,470 \text{ mm}$. En la cosecha 2014-2015, la densidad del grano de café disminuyó 0.015 gr/cm^3 del periodo del 07.06.14 al 05.02.15 hasta el periodo del 06.08.14 al 06.04.15, a su vez la precipitación disminuyó de $1,175.50 \text{ mm}$ a 818.50 mm . En la cosecha 2015-2016, la densidad del grano disminuyó 0.034 gr/cm^3 del periodo del 14.08.15 al 13.04.16 hasta el periodo del 14.09.15 al 14.05.16, disminuyendo a su vez la precipitación de $1,069 \text{ mm}$ a 805.50 mm .

2.6. CONCLUSIONES

1. El clúster de Huehuetenango en las cosechas de café del año 2012 al 2016, presentó la temperatura media mensual más alta en el periodo del 21.04.13 al 18.10.13 cosecha 2013-2014 con un valor de 19.37 °C. Mientras que el valor más bajo se presentó en el periodo del 10.09.14 al 09.03.15 cosecha 2014-2015 con un valor de 17.09 °C. El valor de precipitación mensual más alto fue de 1,621.70 mm del periodo del 25.04.13 al 24.12.13 cosecha 2013-2014, mientras el valor más bajo de 207.60 mm se observó durante el periodo del 09.10.14 al 07.04.14 cosecha 2014-2015.
2. El clúster de Fraijanes en las cosechas de café del año 2012 al 2016, la temperatura media mensual más alta se presentó en el periodo del 09.05.15 al 05.11.15 cosecha 2015-2016 con un valor de 17.90 °C. Mientras el valor más bajo se presentó en el periodo del 21.08.12 al 17.02.13 cosecha 2012-2013 con un valor de 16 °C. El valor de precipitación mensual más alto fue de 5,153.30 mm del periodo del 19.04.13 al 18.12.13 cosecha 2013-2014, mientras el valor más bajo fue de 4,11.50 mm durante el periodo 21.08.12 al 17.02.13 cosecha 2012-2013.
3. Para el clúster de Huehuetenango en las cosechas de café del año 2012 al 2016, la densidad de grano más alta fue de 1.36 gr/cm³ en el periodo del 02.08.15 al 01.04.16, cosecha 2015-2016 con una temperatura promedio mensual de 18.56 °C. Mientras que el valor de densidad de grano más bajo fue de 1.34 gr/cm³ del periodo del 01.08.12 al 01.04.13 cosecha 2012-2013, con una temperatura promedio mensual de 18.14 °C. El clúster Fraijanes en las cosechas de café del año 2012 al 2016, presentó la densidad de grano más alta con valor de 1.36 gr/cm³ en el periodo del 14.08.15 al 13.04.16 cosecha 2015-2016 a una temperatura promedio mensual de 16.85 °C. Mientras que el valor de densidad de grano más bajo fue de 1.33 gr/cm³ del periodo del 14.09.15 al 14.05.16 cosecha 2015-2016, con una temperatura promedio mensual de 16.99 °C.
4. Para el clúster de Huehuetenango en las cosechas de café del año 2012 al 2016, la densidad de grano más alta fué 1.36 gr/cm³ en el periodo del 02.08.15 al 01.04.16 cosecha 2015-2016 con una precipitación mensual de 844 mm. Mientras que el valor de densidad de grano más bajo fue de 1.34 gr/cm³ del periodo del 01.08.12 al 01.04.13 cosecha 2012-2013, con una precipitación mensual de 584.80 mm.

5. Para el clúster Fraijanes en las cosechas de café del año 2012 al 2016, la densidad de grano más alta fué 1.36 gr/cm³ en el periodo del 14.08.15 al 13.04.16 cosecha 2015-2016 con una precipitación mensual de 1,069 mm. El valor de densidad de grano más bajo fue de 1.33 gr/cm³ del periodo del 14.09.15 al 14.05.16 cosecha 2015-2016, a una precipitación mensual de 805.50 mm.

6. El comportamiento de la densidad del grano de café verde con las variables temperatura promedio y precipitación mensuales se analizaron de forma descriptiva debido a que no se adecuó ninguna metodología estadística entre los factores y variables. Los resultados obtenidos mostraron que no existe relación entre el comportamiento que presentaron los datos de densidad de grano de café verde para ambos clústeres estudiados respecto a la temperatura promedio mensual y precipitación mensual.

2.7. RECOMENDACIONES

1. Profundizar la investigación tomando en cuenta además de las variables climáticas, variables de manejo del cultivo del café como fertilización, manejo de sombra, entre otras.

2. Disponer de datos históricos de variables climáticas para elaborar análisis más profundos mediante métodos estadísticos multivariados.

2.8. BIBLIOGRAFÍA

1. Abad Buri, JA; Farez Sigcha, JP. 2018. Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de variables climáticas que afectan al cultivo de café, en la plantación ASOPROCCSI ubicado en Santa Isabel (en línea). Tesis Ing. Elec. Cuenca, Ecuador, Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Ingeniería Electrónica. 76 p. Consultado 2 oct. 2019. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16218/1/UPS-CT007877.pdf>
2. Alarcón Gutiérrez, HB. 2017. Afectaciones provocadas por precipitaciones irregulares sobre la fenología y rendimiento del cultivo de café (*Coffea arábica* L.), comunidad Santa Isabel, Jinotega, Nicaragua (en línea). Managua, Nicaragua, Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. Consultado 2 oct. 2019. Disponible en: <http://repositorio.una.edu.ni/3683/1/tnp40a321.pdf>
3. Alfonse, AA; Trejo García, JC; Martínez García, MA. 2018. Opción climática para la producción de café en México (en línea). Ensayos Revista de Economía 37(2):1-20. Consultado 2 oct. 2019. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/ere/v37n2/2448-8402-ere-37-02-135.pdf>
4. Arcila, PJ; Farfán, VF; Moreno, BA; Salazar G, LF; Hincapié G, E. 2007. Sistemas de producción de café en Colombia (en línea). Chinchiná, Colombia, Cenicafé. 309 p. Consultado 5 feb. 2018. Disponible en: https://www.cenicafe.org/es/publications/sistemas_de_produccion.pdf
5. Barquero Miranda, M. 2016. Fisiología del cafeto: Un enfoque práctico de los órganos de la planta y su funcionamiento (diapositivas). Costa Rica, Instituto del Café de Costa Rica. 58 diapositivas, color. Disponible en: [http://www.mag.go.cr/informacion/imagenes-nama-cafe-taller/Fenologia%20del%20cafeto,%20un%20enfoque%20practico%20\(Barquero,%20MM\)%20NAMA-Cafe.pdf](http://www.mag.go.cr/informacion/imagenes-nama-cafe-taller/Fenologia%20del%20cafeto,%20un%20enfoque%20practico%20(Barquero,%20MM)%20NAMA-Cafe.pdf)
6. Burbano Salazar, JM. 2016. Evaluación del impacto de la variabilidad climática interanual y cambio climático en el cultivo de café en Colombia. Tesis Postgrado. Santiago de Chile, Chile, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y de La Conservación de la Naturaleza. 92 p. Disponible en: <http://mgpa.forestaluchile.cl/Tesis/Burbano%20Jonathan.pdf>
7. Bustamante González, C; Pérez Díaz, A; Rivera Espinosa, R; Martín Alonso, GM.; Viñals Nuñez, R. 2015. Influencia de las precipitaciones en el rendimiento de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner cultivado en suelos pardos de la región oriental de Cuba (en línea). Cultivos Tropicales 36(4):1-8. Consultado 2 oct. 2019. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193243175003.pdf>

8. Camayo Vélez, GC; Chaves Córdoba, B; Arcila Pulgarín, J; Jaramillo Robledo, A. 2003. Desarrollo del cafeto y su relación con las condiciones climáticas de Chinchiná, Caldas (en línea). *Cenicafé* 54(1):1-15. Consultado 1 oct. 2019. Disponible en: <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/264/1/arc054%2801%29035-049.pdf>
9. Carvajal, JF. 1984. Cafeto, cultivo y fertilización (en línea). Bern, Suiza, Instituto Internacional de la Potasa. 251 p. Consultado 3 jul. 2019. Disponible en: <https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/65-carvajal-cafeto-cultivo-y-fertilizacion.pdf>
10. Cisneros Zayas, E; Rey García I, R; Martínez Varona I, R; López Seijas, T; González Robaina, F. 2015. Evapotranspiración y coeficientes de cultivo para el cafeto en la provincia de Pinar del Río (en línea). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 24(2):1-9. Consultado 8 oct. 2019. Disponible en: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=42948a1c-123a-4922-a344-c86da5aa4440%40pdc-v-sessmgr01>
11. Da Silva, EA; Mazzafera, P. 2008. Influence of temperature and water on coffee culture. *The Americas Journal of Plant Science and Biotechnology* 2(2):32-41. Disponible en: [http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOline/images/0812/AmJPSB_2\(1&2\)/AmJPSB_2\(2\)32-41o.pdf](http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOline/images/0812/AmJPSB_2(1&2)/AmJPSB_2(2)32-41o.pdf)
12. Encalada Córdoba, M; Soto Carreño, F; Morales Guevara, D; Álvarez Bello, I. 2016. Influencia de la luz en algunas características fisiológicas del cafeto (*Coffea arabica* L. cv. Caturra) en condiciones de vivero (en línea). *Cultivos Tropicales* 37(4):1-10. Consultado 8 oct. 2019. Disponible en: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=e46e9ed5-6829-4ca1-a72d-3aa265aa920c%40sessionmgr4006>
13. Escobar Molina, MC. 2017. Selección de cultivares promisorios de café *Coffea arabica* L. basado en resistencia a roya del café *Hemileia vastatrix* Berk. & Br. *in vitro* y en condiciones de campo en zonas cafetaleras de Guatemala, C.A. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 66 p. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6890/1/EscobarMolinaMyriamConsuelo.pdf>
14. Gamboa Rosero, PY; Mosquera Sánchez, SA; Paz Narváez, IE. 2015. Caracterización física de café especial (*Coffea Arabica*) en el municipio de Chachagüí (Nariño, Colombia) (en línea). *Revista Lasallista de Investigación* 12(1):1-10. Consultado 8 oct. 2019. Disponible en: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=86e75c78-cb72-4bf5-979e-5b0cf407e3a4%40sdc-v-sessmgr03>

15. Gómez Aristizábal, A; Suárez Serrtao, JV. 1979. Clima y suelo para el cafeto (en línea). Chinchiná, Caldas, Colombia, Cenicafé. 8 p. Consultado 2 oct. 2019. Disponible en: <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/875/3/avt0086.pdf>
16. Gómez, O. 2010. Guía para la innovación de la caficultura, de lo convencional a lo orgánico (en línea). San Salvador, El Salvador, FUNDESYRAM / CRS. 124 p. Consultado 5 jun. 2019. Disponible en: https://bootcoffee.com/wp-content/uploads/2014/10/GUIA_CAFE_OK.pdf
17. Gómez Sánchez, AM; Cadena Durán, OL. 2016. Técnicas y tecnologías en campesinos caso de estudio: caficultores coccaleros en Miranda, Cauca, Colombia (en línea). Revista Ingenierías Universidad de Medellín 15(28):19-28. Consultado 8 oct. 2019. Disponible en: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=e78a46a1-69d6-4026-9253-bb164f904b80%40sessionmgr103>
18. González Robaina, F; Cisneros Zayas, CE; Montilla, E. 2017. The coffee tree (*Coffea arabica* L.) response to water deficit in different development phases (en línea). Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias 26(3):1-9. Consultado 8 oct. 2019. Disponible en: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=d9d75ecf-e4de-4892-8a5e-cae2cbe53f0a%40sessionmgr4008>
19. Hernández, E. s.f. Influencia de la temperatura en las etapas fenológicas del café (en línea). Investigaciones Geográficas no. 20:53-70. Consultado 5 jun. 2019. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46111989000200003
20. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Guatemala). 2018. Red Hidromet; Estaciones San Pedro Nécta y San José Pinula. Guatemala. Disponible en: <http://historico.insivumeh.gob.gt:8080/redhidromet/default1.aspx>
21. Jaramillo Robledo, A; Valencia Aristizábal, G. 1980. Los elementos climáticos y el desarrollo de *Coffea arabica* L., en Chinchiná, Colombia (en línea). Cenicafé no. 4:127-143. Consultado 8 abr. 2018. Disponible en: <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/738/1/arc031%2804%29127-143.pdf>
22. Jiménez-Torres, A; Massa-Sánchez, P. 2015. Producción de café y variables climáticas: El caso de Espíndola, Ecuador (en línea). Economía 40(40):14-22. Consultado 30 sept. 2019. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=195648804006>
23. López Portillo, RJ. 2006. Caracterización de tres variedades de café (*Coffea arabica*) en tres zonas ecológicas del país. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San

Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 68 p. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2266.pdf

24. Macedo Pezzopane, JR; Silveira Castro, F; Macedo Pezzopane, JE; Bonomo, R; Sabadim Saraiva, G. 2010. Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo (en línea). *Revista Ciência Agronômica* 41(3):1-9. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=195314928004>
25. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala). s.f. *Roya del café* (en línea). Guatemala. 10 p. Consultado 8 abr. 2018. Disponible en: https://www.maga.gob.gt/wp-content/uploads/img/roya/acceso_informacion-roya_del_cafe.pdf
26. _____. 2014. Perfil comercial café diferenciado (en línea). Guatemala. 12 p. Consultado 8 abr. 2018. Disponible en: <https://www.maga.gob.gt/download/Perfil%20cafe.pdf>
27. Montoya Restrepo, EC; Jaramillo Robledo, A. 2016. Efecto de la temperatura en la producción de café (en línea). *Revista Cenicafe* 67(2):58-65. Disponible en: <https://www.cenicafe.org/es/publications/4.Efecto.pdf>
28. Peña, AJ; Ramírez, VH; Valencia, JA; Jaramillo, A. 2012. La lluvia como factor de amenaza para el cultivo del café en Colombia (en línea). *Cenicafe* 415:1-8. Consultado 2 oct. 2019. Disponible en: <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/336/1/avt0415.pdf>
29. Ramírez Builes, VH. 2014. La fenología del café, una herramienta para apoyar la toma de decisiones (en línea). *Avances Técnicos Cenicafe* 441:1-8. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en: <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/489/1/avt0441.pdf>
30. Ramírez, VH; Arcila, J; Jaramillo, A; Rendón, JR; Cuesta G; García, JC; Menza, HD; Mejía, CG; Montoya, DF; Mejía, JW; Torres, JC; Sánchez, PM; Baute, JE; Peña, AJ. 2011. Variabilidad climática y la floración del café en Colombia (en línea). *Cenicafe* no. 407:1-8. Consultado 1 oct. 2019. Disponible en: <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/333/1/avt0407.pdf>
31. Rivera Silva, MR; Nikolskii Gavrilov, L; Castillo Álvarez, M; Ordaz Chaparro, VM; Díaz Padilla, G; Guajardo Panes, RA. 2013. Vulnerabilidad de la producción del café (*Coffea arabica* L.) al cambio climático global (en línea). *Terra Latinoamericana* 31(4):1-10. Consultado 1 oct. 2019. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57329629005>
32. Rodríguez, L; Valdés, R; Verdecia, J; Arias, L; Medina, R; Velasco, E. 2001. Growth, relative water content, transpiration and photosynthetic pigment content in coffee trees (*Coffea arabica* L.) growing at different sunlight regimes (en línea). *Cultivos Tropicales* 22(4):1-6. Consultado 9 oct. 2019. Disponible en:

<http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=e265be81-7aeb-4689-84a5-198bd09f9a13%40sessionmgr4008>

33. Rubén Melquiades, AM. 2015. Estudio del impacto al cambio climático en la cadena de valor del café *Coffea arábica* L. en La Parroquia El Anegado, Jipijapa Manabí, periodo 2013-2014. Tesis Post Grado. Manta Manabí, Ecuador, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. 100 p. Consultado 2 oct. 2019. Disponible en: <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/1412/1/ULEAM-POSG-GA-0036.pdf>

34. Sánchez Castillo, V; Avendaño Pizo, Y; Gaviria Astudillo, A; Gómez, C. 2018. Cambio climático y café (*Coffea arábica*) en Acevedo, Huila: Una lectura desde sus cultivadores (en línea). I+D Revista de Investigaciones 12(2):59-69. Consultado 2 oct. 2019. Disponible en: <http://udi.edu.co/revistainvestigaciones/index.php/ID/article/view/187/184>

35. Suárez Serrato, JV. 1979. Influencia de la precipitación en el crecimiento del fruto de café (en línea). Avances Técnicos Cenicafé 178:1-4. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en: <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/881/1/avt0089.pdf>

36. Villers, L; Arizpe, N; Orellana, R; Conde, C; Hernández, J. 2009. Impactos del cambio climático en la floración y desarrollo del fruto del café en Veracruz, México (en línea). Interciencia 34(5):1-9. Consultado 1 oct. 2019. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33911403004>

37. Wagner, R. 2001. Historia del café de Guatemala (en línea). Bogotá, Colombia, Villegas Editores / ANACAFÉ. Consultado 15 abr. 2018 Disponible en: https://books.google.com.gt/books?id=z8GpZWsAjXsC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false


 Polanco Ramírez

2.9. ANEXOS

A. Cuadros de resultados

De los cuadros 4A al 7A, se presentan los resultados del clúster de Huehuetenango de cosechas 2012 a 2016.

Cuadro 3A. Variables de temperatura media mensual T ($^{\circ}\text{C}$), precipitación media (mm) y densidad del grano (gr/cm^3) a 180 días y 243 días cosecha 2012-2013.

Fechas de cosecha (180 días)	T(180 días)	P(180 días)	Fechas de cosecha (243 días)	T(243 días)	P(243 días)	Densidad de grano
25.04.12 al 22.10.12	19.145	1118.100	25.04.12 al 24.12.12	18.611	1131.100	1.344
30.04.12 al 27.10.12	19.110	1118.100	30.04.12 al 29.12.12	18.601	1131.100	1.342
04.05.12 al 31.10.12	18.979	1119.600	04.05.12 al 02.01.13	18.517	1132.100	1.344
08.05.12 al 04.11.12	18.873	1123.500	08.05.12 al 06.01.13	18.410	1132.100	1.344
11.05.12 al 07.11.12	18.769	1126.800	11.05.12 al 09.01.13	18.352	1135.300	1.343
24.05.12 al 20.11.12	18.595	994.300	24.05.12 al 22.01.13	18.236	1013.400	1.344
06.06.12 al 03.12.12	18.389	847.600	06.06.12 al 04.02.13	18.116	888.200	1.344
15.06.12 al 12.12.12	18.283	797.700	15.06.12 al 13.02.13	18.121	837.200	1.346
25.06.12 al 22.12.12	18.221	727.200	25.06.12 al 23.02.13	18.120	765.000	1.342
06.07.12 al 02.01.13	18.313	631.200	06.07.12 al 06.03.13	18.178	670.100	1.342
10.07.12 al 06.01.13	18.154	620.000	10.07.12 al 10.03.13	18.103	658.900	1.345
16.07.12 al 12.01.13	18.142	597.700	16.07.12 al 16.03.13	18.058	633.800	1.347
01.08.12 al 28.01.13	17.881	551.000	01.08.12 al 01.04.13	18.145	584.800	1.337
06.08.12 al 02.02.13	17.835	541.300	06.08.12 al 06.04.13	18.181	586.000	1.339
10.08.12 al 06.06.13	17.826	494.800	10.08.12 al 10.04.13	18.230	535.100	1.338
15.08.12 al 11.02.13	17.839	467.800	15.08.12 al 15.04.13	18.302	538.700	1.340
24.08.12 al 20.02.13	17.835	388.100	24.08.12 al 24.04.13	18.436	462.600	1.337
04.09.12 al 03.03.13	17.776	373.200	04.09.12 al 05.05.13	18.489	519.700	1.339
13.09.12 al 12.03.13	17.771	360.100	13.09.12 al 14.05.13	18.558	521.400	1.339

Fuente: elaboración propia con datos del INSIVUMENH, 2018.

Cuadro 4A. Variables de temperatura media mensual T (°C), precipitación media (mm) y densidad del grano (gr/cm³) a 180 días y 243 días cosecha 2013-2014.

Fechas de cosecha (180 días)	T(180 días)	P(180 días)	Fechas de cosecha (243 días)	T(243 días)	P(243 días)	Densidad
21.04.13 al 18.10.13	19.370	1327.200	21.04.13 al 20.12.13	18.784	1616.700	1.347
25.04.13 al 22.10.13	19.299	1354.700	25.04.13 al 24.12.13	18.696	1621.700	1.341
01.05.13 al 28.10.13	19.190	1410.700	01.05.13 al 30.12.13	18.563	1601.300	1.342
05.05.13 al 01.11.13	19.170	1429.200	05.05.13 al 03.01.14	18.484	1603.200	1.340
08.05.13 al 04.11.13	19.121	1383.300	08.05.13 al 06.01.14	18.432	1556.500	1.344
12.05.13 al 08.11.13	19.017	1387.000	12.05.13 al 10.01.14	18.319	1564.700	1.345
21.05.13 al 17.11.13	18.794	1462.200	21.05.13 al 19.01.14	18.081	1570.400	1.343
02.06.13 al 29.11.13	18.620	1450.300	02.06.13 al 31.01.14	17.910	1513.800	1.344
09.06.13 al 06.12.13	18.530	1362.600	09.06.13 al 07.02.14	17.877	1426.100	1.346
19.06.13 al 16.12.13	18.370	1336.300	19.06.13 al 17.02.14	17.818	1388.000	1.344
30.06.13 al 27.12.13	18.175	1271.100	30.06.13 al 28.02.14	17.830	1308.500	1.346
07.07.13 al 03.01.14	18.075	1182.600	07.07.13 al 07.03.14	17.857	1232.200	1.342
14.07.13 al 10.01.14	17.958	1127.200	14.07.13 al 14.03.14	17.878	1188.000	1.344
21.07.13 al 17.01.14	17.812	1125.600	21.07.13 al 21.04.14	17.901	1172.700	1.348
28.07.13 al 24.01.14	17.641	1098.600	28.07.13 al 28.03.14	17.938	1145.600	1.345
04.08.13 al 31.01.14	17.532	1041.800	04.08.13 al 04.04.14	18.011	1087.700	1.346
08.08.13 al 04.02.14	17.482	1040.200	08.08.13 al 08.04.14	18.027	1089.200	1.346
11.08.13 al 07.02.14	17.447	1038.800	11.08.13 al 11.04.14	18.001	1087.900	1.344
19.08.13 al 15.02.14	17.430	938.300	19.08.13 al 19.04.14	18.055	988.000	1.343
29.08.13 al 25.02.14	17.437	865.100	29.08.13 al 29.04.14	18.167	915.100	1.342
09.09.13 al 08.03.14	17.492	766.200	09.09.13 al 10.05.14	18.218	808.500	1.342

Fuente: elaboración propia con datos del INSIVUMENH, 2018.

Cuadro 5A. Variables de temperatura media mensual T (°C), precipitación media (mm) y densidad del grano (gr/cm³) a 180 días y 243 días cosecha 2014-2015.

Fechas de cosecha (180 días)	T(180 días)	P(180 días)	Fechas de cosecha (243 días)	T(243 días)	P(243 días)	Densidad
20.05.14 al 16.11.14	18.753	958.900	20.05.14 al 18.01.15	18.123	1027.900	1.343
29.05.14 al 25.11.14	18.637	986.300	29.05.14 al 27.01.15	17.992	1029.300	1.346
06.06.14 al 03.12.14	18.463	1002.500	06.06.14 al 04.02.15	17.923	1010.200	1.346
25.06.14 al 22.12.14	18.103	899.100	25.06.14 al 23.02.15	17.711	915.700	1.339
08.07.14 al 04.01.15	17.979	898.000	08.07.14 al 08.03.15	17.652	919.600	1.344
12.07.14 al 08.01.15	17.893	898.000	12.07.14 al 12.03.15	17.644	919.600	1.347
29.07.14 al 25.01.15	17.567	840.800	29.07.14 al 29.03.15	17.630	857.800	1.345
02.08.14 al 29.01.15	17.445	840.000	02.08.14 al 02.04.15	17.640	857.000	1.343
08.08.14 al 04.02.15	17.378	787.900	08.08.14 al 08.04.15	17.679	804.900	1.344
12.08.14 al 08.02.15	17.279	748.100	12.08.14 al 12.04.15	17.715	755.000	1.348
22.08.14 al 18.02.15	17.129	722.400	22.08.14 al 22.04.15	17.809	759.400	1.347
28.08.14 al 24.02.15	17.122	694.700	28.08.14 al 28.04.15	17.912	732.400	1.341
02.09.14 al 01.03.15	17.119	614.300	02.09.14 al 03.05.15	17.916	662.600	1.338
10.09.14 al 09.03.15	17.095	543.100	10.09.14 al 11.05.15	18.027	588.600	1.343
19.09.14 al 18.03.15	17.117	430.400	19.09.14 al 20.05.15	18.104	507.100	1.342
30.09.14 al 29.03.15	17.204	257.700	30.09.14 al 31.05.15	18.173	391.700	1.342
09.10.14 al 07.04.14	17.274	207.600	09.10.14 al 09.06.15	18.178	417.700	1.341

Fuente: elaboración propia con datos del INSIVUMENH, 2018.

Cuadro 6A. Variables de temperatura media mensual T ($^{\circ}$ C), precipitación media (mm) y densidad del grano (gr/cm^3) a 180 días y 243 días cosecha 2015-2016.

Fechas de cosecha (180 días)	T(180 días)	P(180 días)	Fechas de cosecha (243 días)	T(243 días)	P(243 días)	Densidad
26.05.15 al 22.11.15	19.354	1115.900	26.05.15 al 24.01.16	18.858	1158.000	1.352
06.06.15 al 03.12.15	19.219	1063.000	06.06.15 al 04.02.16	18.751	1104.100	1.353
13.06.15 al 10.12.15	19.110	1011.800	13.06.15 al 11.02.16	18.583	1038.200	1.350
21.06.15 al 18.12.15	19.074	926.600	21.06.15 al 19.02.16	18.508	953.000	1.346
03.07.15 al 30.12.15	18.939	925.900	03.07.15 al 02.03.16	18.378	944.700	1.347
10.07.15 al 06.01.16	18.837	929.900	10.07.15 al 09.03.16	18.353	949.300	1.349
28.07.15 al 24.01.16	18.588	832.400	28.07.15 al 27.03.16	18.506	854.500	1.355
02.08.15 al 29.01.16	18.488	820.200	02.08.15 al 01.04.16	18.566	844.000	1.360
08.08.15 al 04.02.16	18.425	781.800	08.08.15 al 07.04.16	18.560	802.500	1.360
11.08.15 al 06.02.16	18.333	782.400	11.08.15 al 10.04.16	18.561	802.000	1.358
17.08.15 al 13.02.16	18.119	758.000	17.08.15 al 16.04.16	18.646	777.600	1.340
24.08.15 al 20.02.16	18.046	738.600	24.08.15 al 23.04.16	18.688	762.400	1.341
01.09.15 al 28.02.16	17.903	589.800	01.09.15 al 01.05.16	18.790	641.400	1.343
12.09.15 al 10.03.16	17.949	586.600	12.09.15 al 12.05.16	18.921	657.700	1.340
19.09.15 al 17.03.16	18.034	554.600	19.09.15 al 19.05.16	18.969	661.000	1.338

Fuente: elaboración propia con datos del INSIVUMENH, 2018.

De los cuadros 8A al 11A, se presentan los resultados del clúster de Fraijanes de cosechas 2012 a 2016

Cuadro 7A. Variables de temperatura media mensual T ($^{\circ}$ C), precipitación media (mm) y densidad del grano (gr/cm^3) a 180 días y 243 días cosecha 2012-2013.

Fechas de cosecha (180 días)	T(180 días)	P(180 días)	Fechas de cosecha (243 días)	T(243 días)	P(243 días)	Densidad
26.04.12 al 23.10.12	17.385	1214.700	26.04.12 al 25.12.12	16.786	1219.300	1.341
30.04.12 al 27.10.12	17.389	1214.700	30.04.12 al 29.12.12	16.780	1232.900	1.344
24.05.12 al 20.11.12	17.007	1052.500	24.05.12 al 22.01.12	16.549	1070.400	1.342
29.05.12 al 25.11.12	16.890	982.000	29.05.12 al 27.01.12	16.487	999.900	1.343
11.06.12 al 08.12.12	16.689	865.800	11.06.12 al 09.02.12	16.405	883.300	1.343
20.06.12 al 17.12.12	16.613	859.600	20.06.12 al 18.02.12	16.343	866.600	1.341
08.07.12 al 04.01.13	16.443	750.600	08.07.12 al 08.03.13	16.243	755.900	1.343
16.07.12 al 12.01.13	16.191	701.200	16.07.12 al 16.03.13	16.428	706.400	1.344
22.07.12 al 18.01.13	16.342	690.700	22.07.12 al 22.03.13	16.184	719.300	1.349
13.08.12 al 09.02.13	16.087	456.800	13.08.12 al 13.04.13	16.182	492.300	1.336
21.08.12 al 17.02.13	16.009	411.500	21.08.12 al 21.04.13	16.199	462.300	1.342

Fuente: elaboración propia con datos del INSIVUMENH, 2018.

Cuadro 8A. Variables de temperatura media mensual T (°C), precipitación media (mm) Y densidad del grano (gr/cm³) a 180 días y 243 días cosecha 2013-2014.

Fechas de cosecha (180 días)	T(180 días)	P(180 días)	Fechas de cosecha (243 días)	T(243 días)	P(243 días)	Densidad
04.04.13 al 01.10.13	17.554	4685.800	04.04.13 al 03.12.13	17.320	5085.300	1.344
10.04.13 al 07.10.13	17.535	4843.200	10.04.13 al 09.12.13	17.268	5085.200	1.345
19.04.13 al 16.10.13	17.481	4888.300	19.04.13 al 18.12.13	17.159	5153.300	1.342
13.05.13 al 09.11.13	17.363	5033.300	13.05.13 al 11.01.14	16.890	5107.300	1.343
17.05.13 al 13.11.13	17.353	5033.300	17.05.13 al 15.01.14	16.857	5107.300	1.339
05.06.13 al 02.12.13	17.155	4817.000	05.06.13 al 03.02.14	16.602	4886.500	1.343
10.06.13 al 07.12.13	17.094	4459.000	10.06.13 al 08.02.14	16.554	4528.500	1.337
14.06.13 al 11.12.13	17.036	4293.000	14.06.13 al 12.02.14	16.524	4362.500	1.339
02.07.13 al 29.12.13	16.827	3559.500	02.07.13 al 02.03.14	16.461	3560.500	1.345
12.07.13 al 08.01.14	16.700	3231.500	12.07.13 al 12.03.14	16.458	3239.500	1.347
18.07.13 al 14.01.14	16.639	3097.500	18.07.13 al 18.03.14	16.445	3105.500	1.344
06.08.13 al 02.02.14	16.949	2548.500	06.08.13 al 06.04.14	16.486	2598.000	1.345
15.08.13 al 11.02.14	16.187	2420.500	15.08.13 al 15.04.14	16.462	2470.000	1.335

Fuente: elaboración propia con datos del INSIVUMENH, 2018.

Cuadro 9A. Variables de temperatura media mensual T (°C), precipitación media (mm) y densidad del grano (gr/cm³) a 180 días y 243 días cosecha 2014-2015.

Fechas de cosecha (180 días)	T(180 días)	P(180 días)	Fechas de cosecha (243 días)	T(243 días)	P(243 días)	Densidad
12.04.14 al 09.10.14	17.713	1496.500	12.04.14 al 11.12.14	17.166	1701.500	1.342
27.04.14 al 24.10.14	17.620	1613.500	27.04.14 al 26.12.14	16.968	1663.000	1.346
03.05.14 al 30.10.14	17.555	1573.500	03.05.14 al 01.01.15	16.910	1605.000	1.344
10.05.14 al 06.11.14	17.437	1562.500	10.05.14 al 08.01.15	16.827	1587.000	1.342
17.05.14 al 13.11.14	17.365	1543.000	17.05.14 al 15.01.15	16.757	1567.500	1.343
28.05.14 al 24.11.14	17.265	1414.500	28.05.14 al 26.01.15	16.632	1418.000	1.345
07.06.14 al 04.12.14	17.080	1172.500	07.06.14 al 05.02.15	16.482	1175.500	1.351
17.06.14 al 14.12.14	16.881	1078.500	17.06.14 al 15.02.15	16.341	1080.500	1.345
28.06.14 al 25.12.14	16.728	878.500	28.06.14 al 26.02.15	16.273	884.000	1.342
06.07.14 al 02.01.15	16.625	869.000	06.07.14 al 06.03.15	16.230	874.000	1.341
27.07.14 al 23.01.15	16.255	834.000	27.07.14 al 27.03.15	16.073	840.000	1.340
06.08.14 al 02.02.15	16.023	811.000	06.08.14 al 06.04.15	16.047	818.500	1.336
17.08.14 al 13.02.15	15.832	731.000	17.08.14 al 17.04.15	16.046	740.500	1.341

Fuente: elaboración propia con datos del INSIVUMENH, 2018.

Cuadro 3A. Variables de temperatura media mensual T (°C), precipitación media (mm) y densidad del grano (gr/cm³) a 180 días y 243 días cosecha 2015-2016.

Fechas de cosecha (180 días)	T(180 días)	P(180 días)	Fechas de cosecha (243 días)	T(243 días)	P(243 días)	Densidad
09.05.15 al 05.11.15	17.906	1549.500	09.05.15 al 07.01.16	17.582	1646.000	1.344
29.05.15 al 25.11.15	17.807	1484.000	29.05.15 al 27.01.16	17.340	1485.000	1.344
04.06.15 al 01.12.15	17.733	1425.000	04.06.15 al 02.02.16	17.290	1426.000	1.348
12.06.15 al 09.12.15	17.667	1366.000	12.06.15 al 10.02.16	17.158	1367.000	1.342
03.07.15 al 30.12.15	17.527	1316.000	03.07.15 al 02.03.16	16.871	1318.000	1.346
10.07.15 al 06.01.16	17.436	1309.500	10.07.15 al 09.03.16	16.833	1315.000	1.343
17.07.15 al 13.01.16	17.370	1281.500	17.07.15 al 16.03.16	16.853	1288.500	1.348
23.07.15 al 19.01.16	17.312	1103.000	23.07.15 al 22.03.16	16.866	1110.000	1.353
07.08.15 al 03.02.16	16.998	1086.000	07.08.15 al 06.04.16	16.844	1093.000	1.356
14.08.15 al 10.02.16	16.810	1062.000	14.08.15 al 13.04.16	16.858	1069.000	1.365
20.08.15 al 16.02.16	16.684	975.000	20.08.15 al 19.04.16	16.877	982.500	1.360
24.08.15 al 20.02.16	16.609	974.000	24.08.15 al 23.04.16	16.892	981.500	1.358
04.09.15 al 02.03.16	16.454	823.000	04.09.15 al 04.05.16	16.955	915.500	1.333
14.09.15 al 12.03.16	16.422	712.500	14.09.15 al 14.05.16	16.991	805.500	1.331

Fuente: elaboración propia con datos del INSIVUMENH, 2018.



CAPÍTULO III

SERVICIOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD NESTLÉ (NQCC) ANTIGUA, SACATÉPEQUEZ, GUATEMALA

3.1. Presentación

En el Istmo Centroamericano el café fue cultivado a pequeña escala desde la segunda mitad del siglo XVIII por españoles, criollos, indígenas y mestizos (Bertrand y Rapidel 1999). Después de la independencia ocurrida en 1821, se establecieron plantaciones comerciales en fincas de terratenientes locales, pobladores campesinos e inmigrantes de varias partes del mundo (Bertrand y Rapidel 1999).

Por varios años el cultivo de café ha pasado por procesos y diferentes etapas donde cada vez son más exigentes los consumidores a nivel mundial. Regiones ubicadas en Guatemala, México, Honduras, Nicaragua y Costa Rica, en las cuales el café, por sus características físicas y organolépticas, son consideradas principales exportadoras del grano de café a fábricas no solo de América, sino principalmente de Europa.

Para facilitar el proceso de consultas de muestras en el laboratorio Centro de Control de Calidad Nestlé Antigua (NQCC Antigua), en el cual se realiza el análisis de muestras de café verde provenientes de regiones o zonas cafetaleras de importancia económica, se readecuó y señaló con rótulos el área de almacenamiento de muestras del laboratorio, esto con la finalidad de avalar en el tiempo la trazabilidad del trabajo realizado bajo el estándar de calidad de evaluación Nescafé y Nespresso.

Se implementó un banco de defectos físicos en el grano de café verde donde se incluyen los defectos que se presentan con mayor frecuencia en el laboratorio. En este banco se describen los defectos, se indican los efectos en la calidad de tasa, se presentan fotografías de cada defecto y se explica cómo evitar o mitigar dichos defectos en el grano de café verde. Así mismo se complementó el banco con una colección de granos que representan cada uno de los defectos que se describen. Este banco es de utilidad en el laboratorio, sirve de medio de consulta y de apoyo para mostrar a exportadores, proveedores y personal que se capacita los defectos físicos del grano de café verde.

Se implementó también un banco de defectos o sabores fuera de taza (off flavors), con la finalidad tener un banco de referencia que permita comparar en las evaluaciones organolépticas los defectos en tasa. Este banco también puede ser utilizado para capacitar personal y puede también ser enviado como material de apoyo a otros laboratorios de control de calidad de la empresa Nestlé alrededor del mundo.

3.2. Servicio 1: Readecuación y señalización del área de almacenamiento de muestras de café.

3.2.1. Objetivos

A. Objetivo general

Efectuar la readecuación y señalización del área de almacenamiento de muestras de café verde analizadas en el laboratorio NQCC Antigua, para facilitar en el tiempo la trazabilidad de cada una de ellas.

B. Objetivo específico

1. Organizar y señalar el área de almacenamiento de muestras de café verde previamente analizadas por el laboratorio NQCC Antigua, para la trazabilidad en el tiempo de acuerdo a estándares de calidad de evaluación Nescafé y Nespresso.

3.2.2. Metodología

A. Inventario

Se realizó un inventario del material y equipo disponible que se encontraba dentro del área de almacenamiento de muestras de café verde para tener un parámetro de referencia acerca de cómo hacer uso eficiente de la disponibilidad de cada elemento dentro del área a ser utilizada.

B. Ubicación de muestras

Una vez realizado el inventario, se procedió a observar la ubicación de las muestras de café verde dentro del área de almacenamiento.

C. Identificación de muestras

Para poder identificar y diferenciar cada una de las muestras entre la metodología Nescafé y Nespresso, se colocó solamente a las muestras de Nespresso aprobadas, un papel

adhesivo color anaranjado encima de la etiqueta de identificación general a un costado del número de identificación Nestlé. A las muestras analizadas para Nescafé no se les colocó papel adhesivo de color, solamente fueron identificadas con el número de muestra.

D. Readecuación y rotulación del área de muestras

Se procedió a colocar en los seis anaqueles de cinco niveles las muestras de café, se utilizó un anaquel metálico por mes, en un periodo de seis meses. Se distribuyeron las muestras de Nescafé y Nespresso de forma alternada, siendo así una fila de Nescafé y luego una fila de Nespresso y así sucesivamente, no se dejaron espacios vacíos o filas para evitar desaprovechar el área de las filas de los últimos seis meses, siendo este lapso de tiempo de vigencia dentro del área de almacenamiento tanto para la metodología de evaluación Nescafé como Nespresso.

En la parte media del área de almacenamiento, en los dos anaqueles metálicos de siete niveles, se ubicaron únicamente las muestras de Nescafé que se rechazaron por sabores fuera de tasa, siendo estos en mayor cantidad moho, fermento y fenol, mientras los sabores fuera de tasa como tierra y metálico se presentaron en cantidad reducida a las anteriores. Se ubicó un nivel por mes y se consideró un periodo de seis meses de vigencia de las muestras dentro del almacén.

De igual forma se asignó un color diferente de recipiente de almacenamiento a cada sabor fuera de tasa; el color de recipiente azul para las muestras fenólicas, recipiente anaranjado para muestras fermentadas, recipientes color verde para muestras mohosas y recipientes amarillos para muestras terrosas, metálicas o rechazada. Cada muestra se identificó con una etiqueta en la cual se consignó información general del lote de café y el mes en el que se analizó dentro del laboratorio, así como el defecto correspondiente.

Posteriormente cada fila y anaquel se identificó con un rótulo de material magnético según metodología de evaluación y mes en que ingresó la muestra al laboratorio, en total se elaboraron 24 rótulos magnéticos con leyenda de cada mes (dos por cada mes) y 15 rótulos con la leyenda Nescafé, así como 15 con la leyenda Nespresso.

Para las muestras rechazadas se identificó cada fila y anaquel con rotulación de material magnético según el mes en que ingresó la muestra al laboratorio, no se utilizó leyenda de metodología Nescafé o Nespresso ya que solamente se almacenaron muestras rechazadas Nescafé más no de Nespresso.

3.2.3. Resultados

A. Inventario

Dentro del área de almacenamiento se identificaron un total de ocho anaqueles metálicos industriales, seis de cinco niveles y dos de siete. Así como también dos congeladores industriales, los cuales eran utilizados para conservación de muestras de café tostado y también molido con diferentes fines y usos dentro del laboratorio. Así también se identificaron recipientes de plástico donde se depositaban las muestras analizadas aceptadas o rechazadas.

B. Ubicación de muestras

En los seis anaqueles metálicos industriales de cinco niveles estaban colocadas las muestras aceptadas mientras en los dos anaqueles de siete niveles, se tenían colocadas las muestras rechazadas por el laboratorio tanto para la metodología de evaluación Nescafé como Nespresso por mes.

Sin embargo, no contaban con algún tipo de identificación que permitiera distinguir entre ambas metodologías como se puede observar en la figura 54, lo cual dificultaba su trazabilidad en el tiempo y búsqueda al momento de ser solicitada por algún motivo por parte de los proveedores, exportadores o fábricas.

También se encontraron muestras de café de más de seis meses de almacenamiento a partir de su evaluación.



Figura 54. Área de almacenamiento al momento de realizar el inventario en donde se puede observar que no existe identificación alguna de cada grupo de muestras.

C. Identificación de muestras

En la figura 55 se observa una muestra almacenada Nespresso, la cual se identificó con papel adhesivo de color anaranjado para facilitar su búsqueda dentro del área de almacenamiento del laboratorio NQCC Antigua.

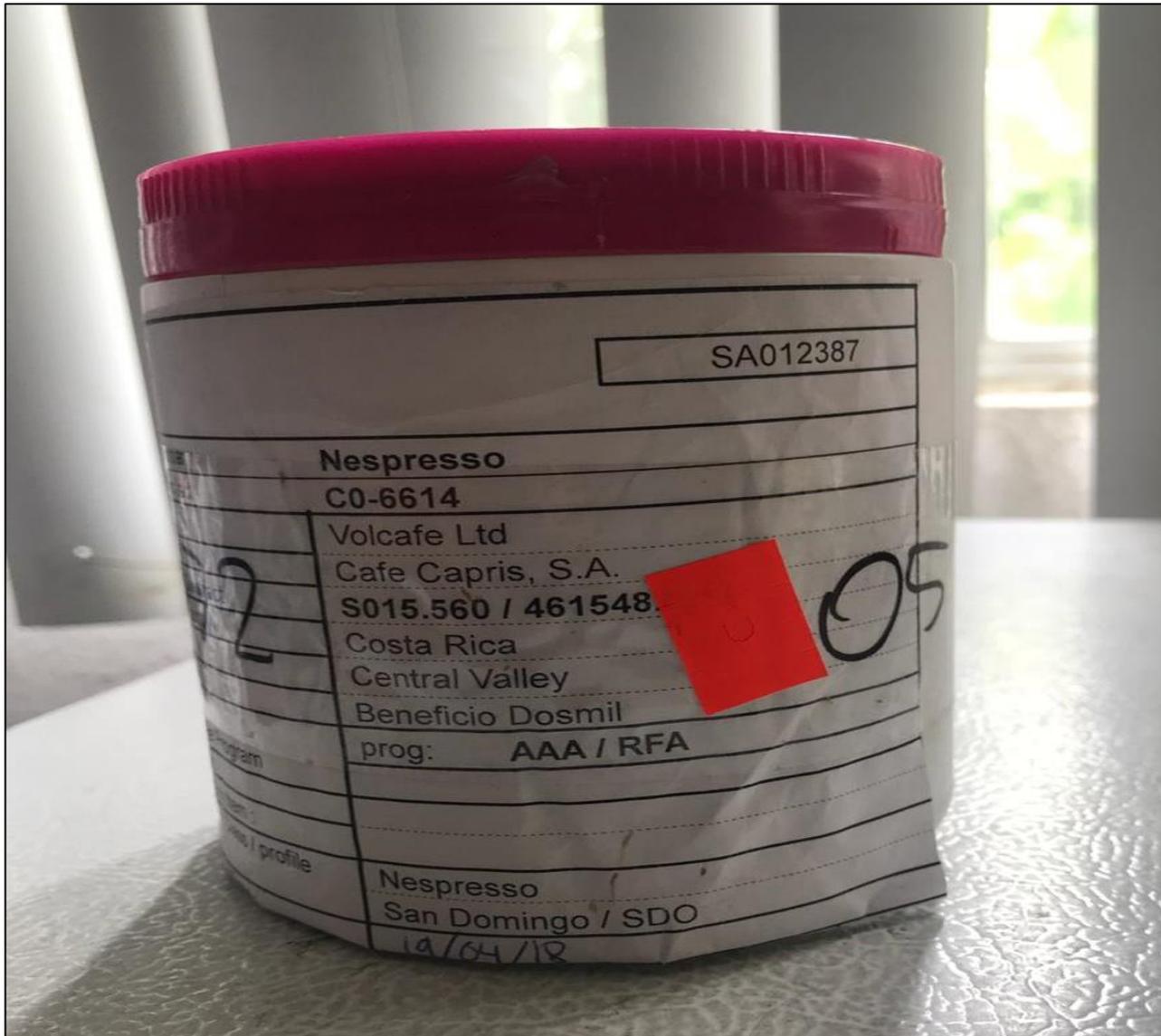


Figura 55. Muestra Nespresso identificada con papel adhesivo de color anaranjado encima de su etiqueta de información general de la muestra.

En la figura 56 se observa una muestra almacenada Nescafé, la cual no se le colocó identificación de color para diferenciarla de las muestras de café Nespresso dentro del área de almacenamiento del laboratorio NQCC Antigua.

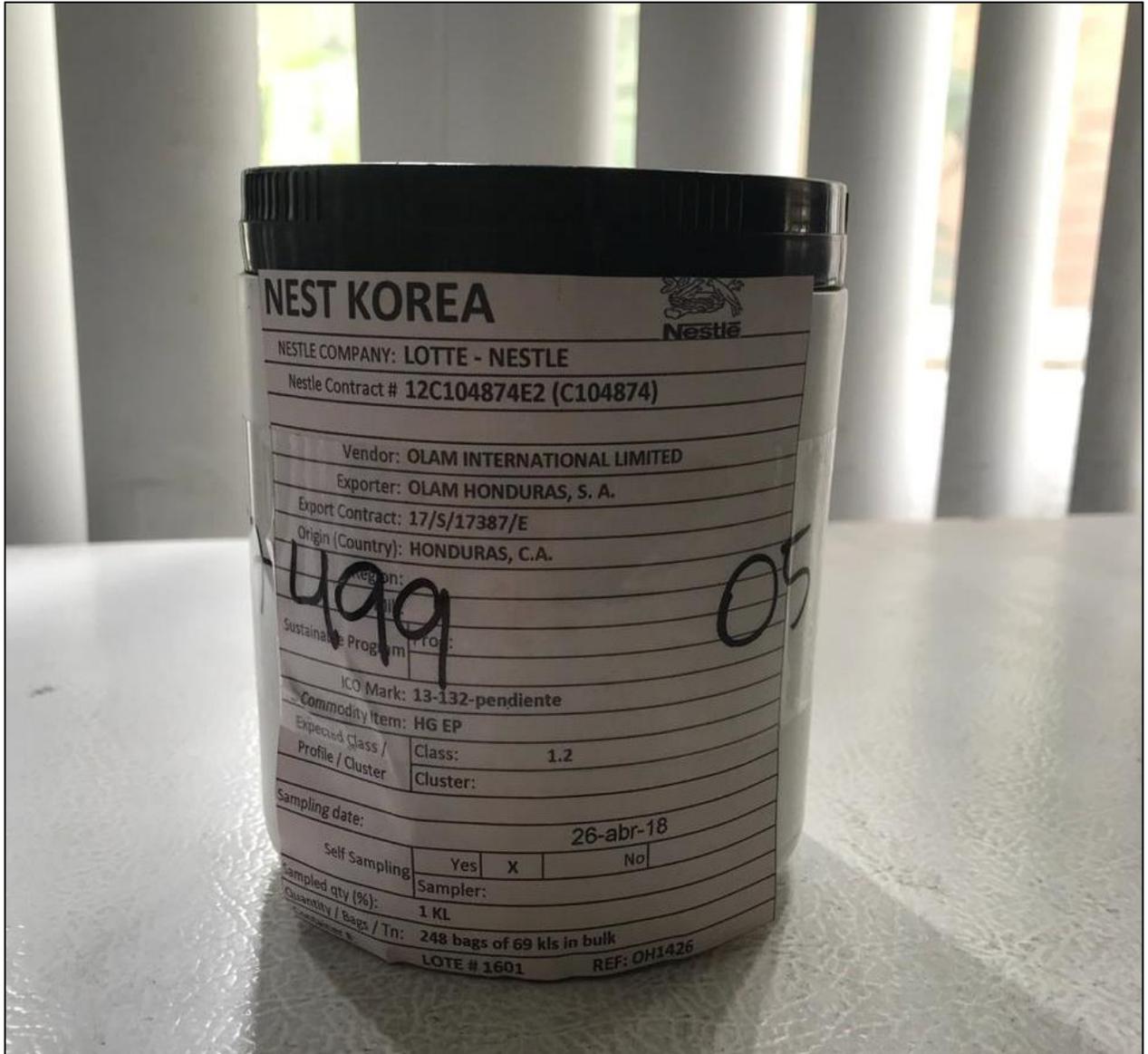


Figura 56. Muestra Nescafé identificada con etiqueta de información general de la muestra.

D. Readecuación y rotulación del área de muestras

Las muestras de café verde almacenadas, tanto Nespresso (con papel adhesivo anaranjado) como Nescafé, se pueden observar en la figura 57, las cuales se colocaron en un anaquel metálico por orden de mes el cual ingresaron al laboratorio de forma alterna, una fila con muestras de Nescafé seguida por una fila con muestras de Nespresso.



Figura 57. Muestras Nescafé y Nespresso (con papel adhesivo anaranjado) en anaquel metálico.

Se observan en la figura 58 las muestras de café verde Nescafé con defectos en tasa, las cuales se colocaron en los anaqueles metálicos ubicados en el centro del área de almacenamiento de muestras, donde cada fila representa el mes en el cual la muestra ingresó al laboratorio.



Figura 58. Anaqueles metálicos de siete niveles ubicados en el centro del área de almacenamiento con muestras rechazadas Nescafé.

Los recipientes de colores en los cuales se colocaron las muestras de café con defecto en tasa de Nescafé se observan en la figura 59, permitiendo así lograr identificar de una forma más eficiente las muestras, así como el defecto por el cual fueron calificadas. En los recipientes con tapadera anaranjada se colocaron las muestras con defecto a fermento, tapadera color amarillo las muestras rechazadas por defecto metálico o terroso, con tapadera verde muestras de café con defecto en tasa mohoso y por último recipientes con tapadera azul con muestras fenólicas.

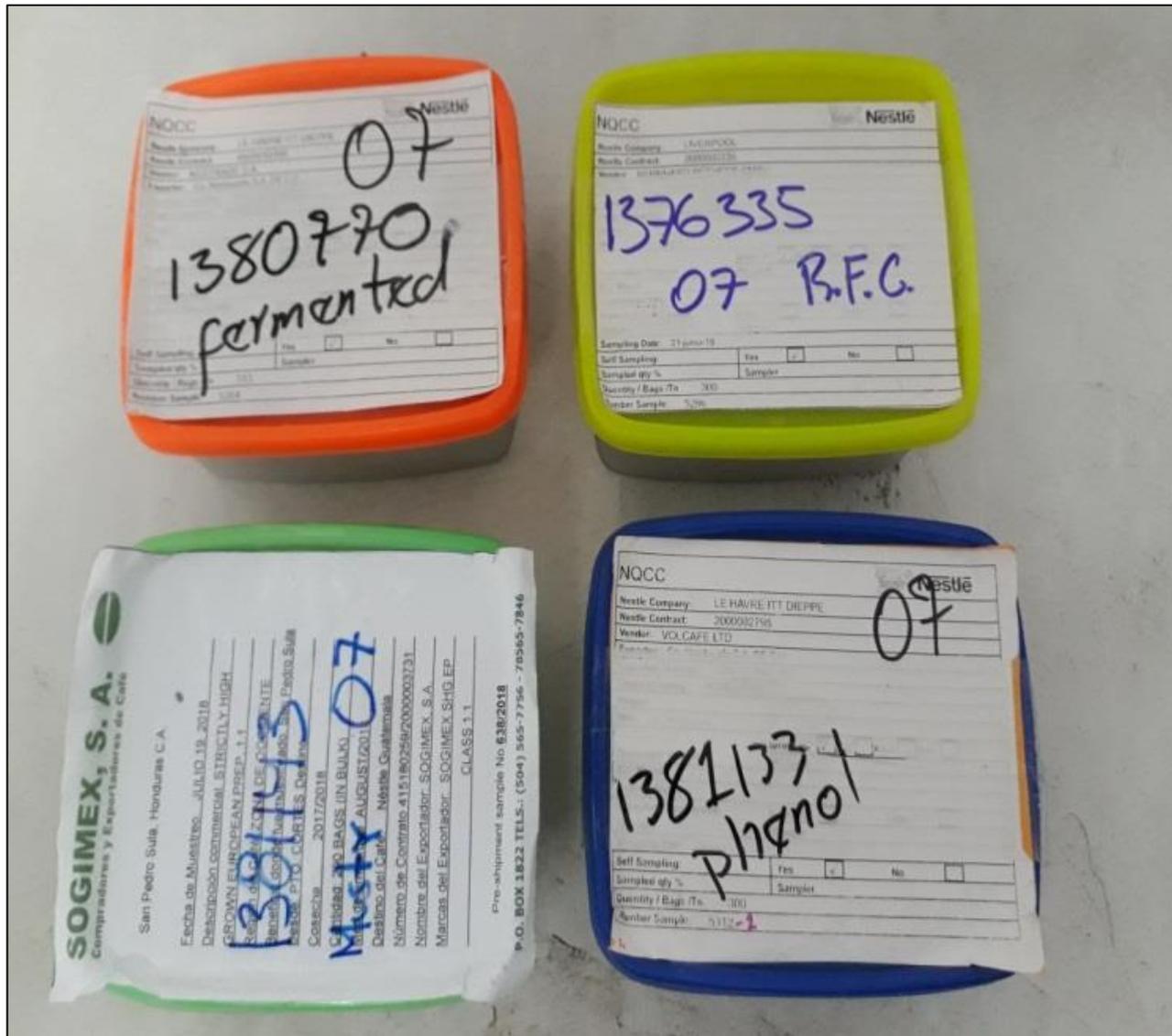


Figura 59. Muestras Nescafé rechazadas por sabor fuera de tasa, clasificadas por el color de recipiente, mes de análisis y número de muestra para su trazabilidad dentro del laboratorio.

En la figura 60 se pueden observar los juegos de etiquetas magnéticas utilizadas para identificar debidamente cada uno de los anaqueles por mes y cada una de las filas por metodología ya sea Nesafé o Nespresso.



Figura 60. Etiquetas magnéticas utilizadas para identificar por mes cada anaquel metálico según metodología Nescafé o Nespresso.

En las figuras 61 y 62 se observan las muestras de café debidamente identificadas y colocadas dentro del área de almacenamiento, donde en cada anaquel metálico se observa un rótulo magnético que corresponde al mes de ingreso de las muestras, así como cada nivel identificado con metodología Nescafé o Nespresso.



Figura 61. Anaquel rotulado con nombre de metodología Nescafé o Nespresso según mes de ingreso de la muestra que corresponde.



Figura 62. Muestras de café aprobadas colocadas por mes según metodología Nescafé o Nespresso.

En la figura 63, se muestran los recipientes de colores donde se almacenaron las muestras con defecto en tasa Nescafé. Se colocaron también rótulos magnéticos en cada uno de los niveles para ayudar a identificar el mes en el cual fueron evaluadas dentro del laboratorio.



Figura 63. Muestras de café rechazadas colocadas por mes de análisis y por color de recipiente según sabor fuera de tasa.

3.2.4. Evaluación

1. La readecuación y señalización del área de almacenamiento de muestras de café, fortalece y respalda el trabajo del laboratorio NQCC Antigua, lo cual es vital para la trazabilidad, así como para garantizar los resultados obtenidos mediante el análisis organoléptico y físico a cada una de las muestras de grano de café de las principales zonas cafetaleras de México, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Costa Rica.

3.3. Servicio 2: Elaboración de banco de defectos físicos del grano de café.

3.3.1. Objetivos

A. Objetivo general

Mostrar los principales defectos físicos que se presentan en el grano de café verde en las muestras analizadas en el laboratorio NQCC Antigua para ser utilizadas como referencia para su rápido reconocimiento.

B. Objetivo específico

1. Elaborar un banco de defectos físicos de café verde para mostrar los principales defectos que se presentan comúnmente en las muestras analizadas en el laboratorio NQCC Antigua.

3.3.2. Metodología

A. Selección de muestras

De cada una de las muestras que se recibieron diariamente a partir de marzo a julio del 2018, se seleccionaron aquellas que, al momento de realizar el conteo de imperfecciones o análisis físicos establecido por Nestlé, presentaron un porcentaje alto de defectos en grano de café verde, se obtuvieron 300 g de cada muestra, de ellos se obtuvieron los granos que formaron parte del banco de defectos físicos.

B. Identificación de defectos físicos

Se seleccionaron aquellos granos de café en el cual el defecto físico fue significativo. Para ello se obtuvo la ayuda del catador de café y se consultó el manual de defectos físicos del laboratorio NQCC Antigua.

C. Clasificación de defectos

Una vez identificados cada uno de los defectos encontrados en las muestras de café verde, se procedió a clasificar cada uno de los defectos más representativos de las muestras analizadas dentro del laboratorio NQCC Antigua.

D. Elaboración del banco de defectos físicos y su descripción

Luego de identificar y clasificar cada defecto se obtuvieron 10 g de granos que mostraban el defecto y estos se colocaron dentro de una caja plástica con divisiones.

En una matriz de dos columnas y seis filas se describió para cada defecto de grano de café verde, su origen y causas, descripción física del grano, efecto y nivel de daño en taza, fotografía del defecto y prevención del defecto.

3.3.3. Resultados y discusión

A. Selección de muestras

En la figura 64 se pueden observar muestras de café verde donde de las mismas se obtuvieron 10 g de café con defectos físicos para formar parte del banco de defectos.



Figura 64. Preparación de cada una de las muestras de café antes de ser analizadas organoléptica y físicamente.

B. Identificación de defectos físicos

En la figura 65 se puede observar una muestra de café verde al momento de ser tamizada para determinar la presencia de defectos físicos en la muestra.



Figura 65. Tamizaje de la muestra de granos de café verde para determinar presencia de defectos físicos.

C. Clasificación de defectos

En las muestras analizadas en el laboratorio NQCC Antigua fueron identificados 18 defectos físicos. Los defectos con mayor frecuencia fueron los granos caracol, granos ámbar, inmaduros, negros, brocados, así como granos mohosos y agrios.

D. Elaboración del banco de defectos físicos y su descripción

La figura 66 muestra el banco de defectos físicos en grano de café verde, el cual contiene 18 defectos encontrados en las muestras de café verde en el laboratorio NQCC Antigua.



Figura 66. Banco de defectos físicos en grano de café verde, laboratorio NQCC Antigua.

Se puede observar en la figura 67 la portada del álbum de defectos físicos y la información presentada en la matriz se redactó de tal forma que pueda ser comprendida y compatible para una mejor interpretación, que genere conocimiento útil para capacitaciones, talleres, exposiciones e incluso retroalimentación interna como externamente del laboratorio NQCC Antigua.

El contenido del álbum de defectos físicos de grano de café verde se presenta adjunto en el apartado de anexos.

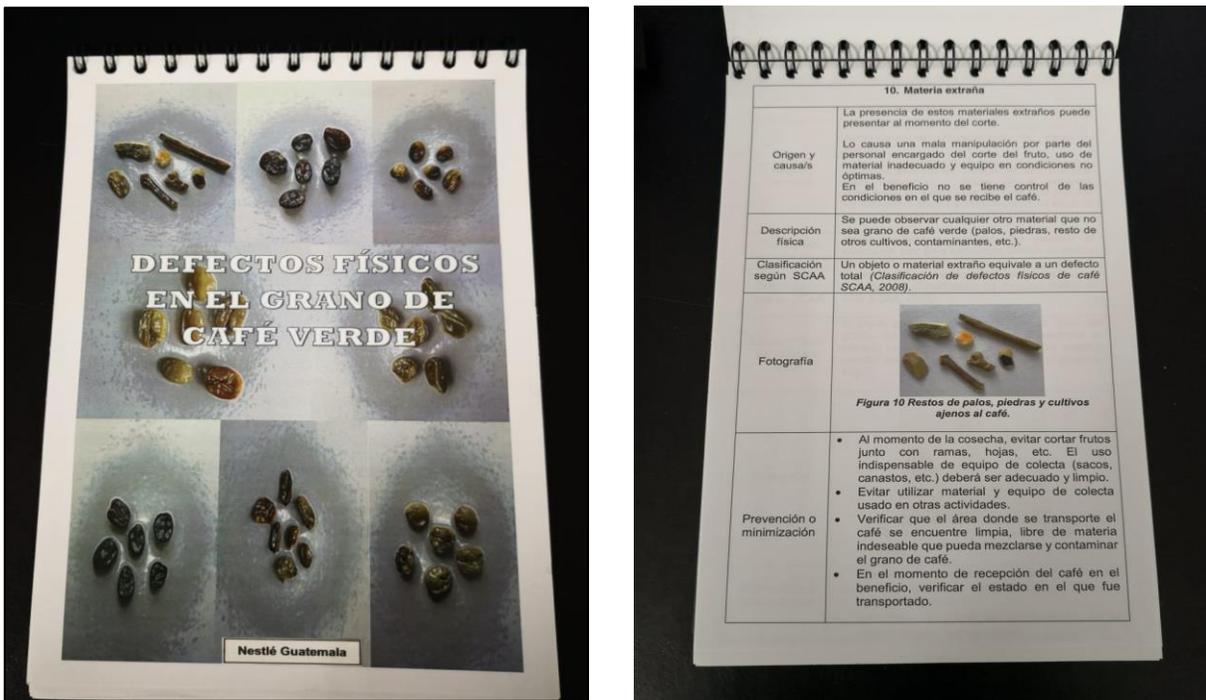


Figura 67. Portada y matriz del álbum de defectos físicos en el grano de café verde.

3.3.4. Evaluación

1. Mediante la elaboración del banco de defectos físicos del grano de café verde se logró identificar que los principales defectos presentes, comúnmente son 18 para las muestras de café analizadas dentro del laboratorio NQCC Antigua, provenientes de las regiones cafetaleras exportadoras de café de México, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Costa Rica.
2. Los defectos físicos con mayor frecuencia en las muestras analizadas son granos caracol, granos ámbar, inmaduros, negros, brocados, así como granos mohosos y agrios.

3.4. Servicio 3: Banco de sabores fuera de taza (off flavors)

3.4.1. Objetivos

A. Objetivo general

Establecer un banco de sabores fuera de taza (off flavor) con la finalidad de mostrar los principales defectos que se presentan en el grano de café verde.

B. Objetivo específico

1. Identificar y describir los principales defectos en taza que se presentan en el grano de café verde de las muestras analizadas en el laboratorio NQCC Antigua, para tener referencia de ellos y diferenciarlos.

3.4.2. Metodología

A. Identificación de muestras con sabores fuera de taza

De cada una de las muestras que se recibieron diariamente en el periodo de marzo a septiembre 2018, después del análisis organoléptico establecido obligatoriamente por metodología Nescafé o Nespresso, en el laboratorio, se seleccionaron aquellas que presentaron un alto grado de defecto fuera de taza, esto respaldado por el resultado final de la calificación del panel de catación.

B. Clasificación e ingreso de la muestra al banco de sabores fuera de taza

Una vez realizada la catación y confirmado el resultado se obtuvieron 300 g de las muestras que se identificaron con sabores fuera de taza, las que fueron almacenadas por un mes. Después de ese tiempo fueron nuevamente analizadas en panel de catación para confirmar si mostraban el perfil de taza defectuosa, si se confirmaba el defecto en taza las muestras se seleccionaron para formar parte del banco de sabores fuera de taza.

Con base a los resultados del segundo análisis organoléptico por parte del panel de catación, si la muestra conservaba las características del primer análisis, se procedió a

almacenar 1,000 g. Cada uno de los recipientes fue debidamente identificado con los principales descriptores del defecto en tasa.

Las muestras de café verde representativas de moho, fermento y maderoso, se depositaron en forma individual dentro de un recipiente con capacidad de aproximadamente 1,000 g debidamente identificados. En la etiqueta se consignó información importante como aspectos físicos de los granos, el efecto en tasa, causas y su prevención o mitigación.

3.4.3. Resultados

A. Banco de sabores fuera de taza

Los sabores fuera de tasa “off flavors” más representativos para formar parte del banco fueron: moho, fermento y maderoso, ya que estos al momento de realizar el segundo análisis organoléptico presentaron un perfil en tasa alto representativo para ser diferenciado cada uno de los mismos tal como se muestra en la figura 68.



Figura 68. Grano mohoso y grano fermentado los cuales formaron parte del banco de sabores fuera de taza.

El resto de sabores fuera de tasa; fenol, terroso y metálico no se lograron captar con representatividad, debido a que al momento del segundo análisis organoléptico no presentaban alta intensidad que los definiera para formar parte del banco de sabores fuera de tasa.

Esto puede deberse a que el café no es consistente en el tiempo, por lo que puede mostrar sabores diferentes o bien no mostrar resultados esperados según comentarios de catadores del panel de evaluación sensorial.

La figura 69 muestra la etiqueta con la que se identificó cada uno de los sabores fuera de tasa que formaron parte del banco de sabores fuera de tasa.

Grano fermentado

Aspecto físico: El grano presenta aspecto de coloración café a verdosa oscura, debido a la contaminación de microorganismos. En casos extremos, este presenta un olor fétido, desagradable. También se pueden observar granos de diferentes tonos de color negro a grisáceos

Efecto en tasa: Pérdida total de ácidez, al ser un sabor agrio avinagrado. El aroma y cuerpo se pierden en su totalidad.

Causas: 1). Reutilización de agua o uso de agua contaminada. 2). Pocas horas de exposición del grano al sol. 3). No se realiza separación entre defectos y pulpa de granos. 4). Evitar mezclas de granos de café con diferentes porcentajes de humedad. 5). Falta de higiene al momento de transportar, almacenar o empacar grano de café.

Prevención o mitigación: 1.) Procurar que el secado de grano sea homogéneo. 2). Evitar mezclar granos con pulpa, pelados y afectados por broca. 3). Tomar de forma ordenada y lo más exacto posible los tiempos de secado del grano. 4). Procurar que humedad del grano oscile encuentre entre el 10 % y el 12 % de humedad. 5). Procurar que equipos de medición de humedad del grano este calibrados y óptimas condiciones.

Figura 69. Ejemplo de etiqueta colocada a cada muestra del banco de sabores fuera de tasa con información principal y sintetizada.

3.4.4. Evaluación

1. Los sabores moho, fermento y maderoso fueron los únicos sabores fuera de tasa (off flavors) que se lograron percibir significativamente con sabores altos, lo que permitió identificarlos, compararlos y distinguirlos al momento del análisis organoléptico. Los sabores fenol, terroso y metálico no se percibieron con alta intensidad y consistencia en el tiempo, por lo que no se agregaron al banco de sabores fuera de tasa.

3.4.5. Bibliografía

1. Acosta Hernández, R. s.f. La broca del fruto del café (en línea). Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería, InfoAgro. Consultado 2 nov. 2018. Disponible en: <http://www.infoagro.go.cr/Infoagro/Desplegables/La%20broca%20del%20fruto%20del%20caf%C3%A9.pdf>
2. Bertrand, B; Rapidel, B. 1999. Desafíos de la caficultura en Centroamérica (en línea). Francia, Centro de Cooperación Internacional de Investigación Agrícola para el Desarrollo (CIRAD). Consultado 11 nov. 2018. Disponible en: http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers14-12/010018381.pdf
3. Centro Agroecológico del Café, México. 2008. Clasificación de defectos físicos del café SCAA. NMX-F-162. Consultado 2 nov. 2018. Disponible en: <http://cafecol.mx/documentos/TabloideDefectos.pdf>
4. Fundación Solidaridad, Colombia; Centro Nacional de Investigaciones de Café, Colombia; Fundación Manuel Mejía, Colombia. 2009. Sistema de mejoramiento continuo en la producción de café: Módulo calidad de café (en línea). Colombia. Consultado 2 nov. 2018. Disponible en: <https://rhes.ruralhorizon.org/uploads/documents/ciscalidad.compressed.pdf>
5. Lara Valdez, EL. 2005. Ganancia en calidad nutricional del grano como respuesta asociada a la selección para poliembrionía en maíz. Tesis Maestría. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. 110 p. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2064/K%2059186%20Valdez%20Lara%20%20Epifania%20Lizabeth.PDF?sequence=1&isAllowed=y>
6. Marín Ciriaco, G. 2013. Control de calidad de café; Manual técnico (en línea). Lima, Perú, Programa Selva Central. 48 p. Consultado 8 nov. 2018. Disponible en: https://datospdf.com/download/integrantes-del-equipo-tecnico-del-proyecto-fondoempleo-5a44fed8b7d7bc422ba25b93_pdf
7. Puerta Quintero, GI. 2001. Cómo garantizar la buena calidad de la bebida del café y evitar los defectos (en línea). Avances Técnicos Cenicafe no. 284:1-8. Consultado 13 nov. 2018. Disponible en: <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0284.pdf>
8. Tegstam, O. 1997. Green coffee defects. Montreux, Suiza, Cobarz. 235 p.
9. Zuluaga Vasco, J. s.f. Los factores que determinan la calidad del café verde (en línea). Manizales, Colombia, Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFE). p. 167-183. Consultado 13 nov. 2018. Disponible en:

<http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/713/27/27%20Factores%20calidad%20caf%C3%A9%20verde.pdf>

TESIS Y DOCUMENTOS DE GRADUACIÓN
FAUSAC
REVISIÓN

Polando Ramos

3.4.6. Anexos

A continuación, en la figura 70A se muestra la portada del álbum de defectos físicos, el cual se elaboró para uso del laboratorio Centro de Control de Calidad Nestlé (NQCC Antigua). En las páginas siguientes se muestra el contenido de dicho álbum.

A. Anexo 1 álbum de defectos físicos en grano de café verde.



Figura 70A. Álbum de defectos físicos en grano de café verde.

Introducción

Desde el momento de la siembra hasta llegar a la taza, el café está expuesto a una gran diversidad de factores que van desde el campo (genéticos, climáticos, edáficos, manejo de cultivo, plagas y enfermedades), pasando por proceso de beneficiado, hasta llegar a ser producto final terminado.

Cada uno de dichos factores presentes en las diferentes etapas del ciclo de cultivo de *Coffea* spp, de no ser controlados o ser manejarse de forma adecuada puede causar daños irreversibles en el grano de la planta.

En el campo o área de cultivo donde se encuentre establecida nuestra plantación de café debemos de contar con un programa de manejo integrado del cultivo, incluyendo buenas prácticas agrícolas, fertilización, monitoreo de otras plagas y enfermedades, podas, manejo de sombras, etc.

Después de la cosecha o corte de cereza de café, el beneficiado también puede incidir negativamente en la calidad de taza, esto si no se tiene un control de cada etapa que compone el proceso de beneficio hasta llegar al almacenamiento del grano.

El presente trabajo tiene como finalidad dar a conocer los principales defectos físicos en los granos de café verde, tomando como base granos de café de orígenes centroamericanos y de regiones cafetaleras de México.

1. Grano brocado levemente 2. Grano brocado severo	
Origen y causa/s	<p>Daño originado en el campo por plaga comúnmente llamada broca del café (<i>Hypothenemus hampei</i> F.), donde las hembras ingresan al fruto (verde y maduro) del café, se reproduce en el interior del endospermo, causando daño hasta la pérdida en su totalidad. Esto ocasiona caída prematura y disminuye la calidad del producto final. La broca manifiesta un crecimiento exponencial en época de sequía (Acosta s. f.).</p> <p>Las causas más importantes que dan lugar al ataque de la broca son: falta de un manejo integrado de la broca el cual está definido por un monitoreo que definirá acciones a tomar (incluye control cultural, trampeo, podas) y así como capacitaciones en temas de biología y hábitos de la plaga.</p>
Descripción física del grano	Un grano levemente brocado tiene menos de tres perforaciones de color oscuro de aproximadamente 0.1 a 0.5 mm de diámetro. Se considera un grano brocado severo con tres o más perforaciones (Tegstam 1997).
Clasificación según SCAA	Es un defecto primario, donde cinco granos con tres perforaciones (de 0.1 a 0.5 mm coloración oscura) en adelante equivalen a un defecto total. Ahora bien, diez granos con menos de tres perforaciones equivalen a un defecto total (Centro Agroecológico del Café 2008).
Efecto y nivel de daño en taza	Leve pérdida de aroma, sabor y acidez con incremento en amargura, con nivel de daño en taza medio. Granos con broca severa provocan en pérdida total de aroma, sabor y acidez con incremento de sabores desagradables, con sabor amargo más pronunciado, siendo el nivel de daño en taza muy alto (Tegstam 1997).

Fotografía	 <p>Figura 1. Grano levemente brocado</p>  <p>Figura 2. Grano severamente brocado</p>
Prevencción o minimización	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer los conceptos básicos sobre la broca del café. • Los registros de floración son importantes para establecer la edad de los frutos, ya que la broca puede reproducirse en aquellos frutos de más de 150 días de edad (Acosta, s. f.). • Establecer un programa de cosechas oportunas de frutos maduros y sobre maduros, evitando que caigan y queden en el suelo y permanezcan secos en los árboles. • Realizar control cultural (desmalezado, eliminación de residuos, podas), acompañado de monitoreo constante para aplicación de un manejo integrado de broca mediante control biológico (insectos y/o hongos colonizadores) y de última instancia uso de control químico (Acosta, s. f.).

3. Grano Ámbar o mantequilla	
Origen y causa/s	<p>Daño originado en campo por deficiencias de hierro (Fe) en suelos con pH alcalino.</p> <p>Las causas más importantes que dan origen a grano ámbar son: No se realizan evaluaciones de análisis de suelo y no se corrige pH por medio de enmienda.</p>
Descripción física del grano	Granos de coloración amarillenta translúcida con textura lisa (Tegstam 1997).
Clasificación según SCAA	Cinco granos ámbar equivalen a un defecto en total.
Efecto y nivel de daño en taza	Pérdida leve del aroma, sabor y acidez. Se puede llegar a percibir notas verdes y matorosas. El nivel de daño en calidad de taza es medio (Tegstam 1997).
Fotografía	 <p>Figura 3. Grano ámbar</p>
Prevención o minimización	Previamente de establecer el cultivo de café, realizar análisis de suelo, lo cual permitirá conocer la disponibilidad de elementos en el suelo, realizar enmiendas y aplicación de elementos menores (Fe).

4. Grano Caracol	
Origen y causa/s	<p>Este grano se origina en el árbol de café al momento que se da un aborto en uno de los óvulos, produciendo atrofia de cavidad locular, por lo que permite que la semilla del otro lóculo se desarrolle con libertad, ocupando todo el espacio, en forma de caracol.</p> <p>La causa son factores genéticos e irregularidades meióticas. Falta de fertilización y periodos prolongados de sequía en el cultivo contribuyen también a la formación de granos caracol.</p>
Descripción física del grano	Grano con forma ovalada.
Efecto y nivel de daño en taza	No tiene efecto negativo en taza. Sin embargo, las semillas vacías afectan drásticamente los rendimientos (Tegstam 1997).
Fotografía	 <p>Figura 4. Grano caracol</p>
Prevencción o minimización	<ul style="list-style-type: none"> • No usar variedades que presentan mayor incidencia de este tipo de grano. • Programas de fertilización y uso de sistemas de riego como alternativa frente a periodos secos prolongados.

5. Concha (oreja) de grano de elefante	
Origen y causa/s	<p>Este grano se origina al momento de la formación del fruto a causa alteraciones genéticas.</p> <p>La causa de concha (oreja) de grano elefante se deriva de la división del grano elefante (causa genética donde existe un ensamblaje de dos o más granos, los cuales resultaron de una falsa poliembrionía, donde según Lara (2005), es la formación de varios embriones por semilla) durante descascarado o descascarillado.</p>
Descripción física del grano	Parte externa del grano de elefante con forma de oreja.
Efecto y nivel de daño en taza	Posiblemente cause una leve pérdida en aroma y sabor, sin embargo, en general no tiene efecto negativo en calidad de taza (Tegstam 1997).
Fotografía	 <p>Figura 5. Grano "Oreja de elefante"</p>

6. Cuerpo de grano elefante	
Origen y causa/s	<p>Este grano se origina al momento de la formación del fruto a causa alteraciones genéticas.</p> <p>Es el desprendimiento de concha (oreja) de grano elefante.</p>
Descripción física del grano	Parte interna del grano de elefante.
Efecto y nivel de daño en taza	No tiene efecto negativo en calidad de taza (Tegstam 1997).
Fotografía	 <p>Figura 6. Grano "Cuerpo de elefante"</p>

7. Grano inmaduro o verde	
Origen y causa/s	Daño originado en campo debido a factores ambientales desfavorables como la sequía, además se suman factores como el mal manejo de cultivo, falta de fertilización, plagas y enfermedades. Otro de los factores es un corte temprano de cerezas es decir se cortan cerezas inmaduras.
Descripción física del grano	Grano a menudo con superficie arrugada, de coloración que van desde un verde metálico hasta un verde oscuro y casi negro con piel plateada brillante de tamaño pequeño. Dichos granos no poseen una estructura interna y paredes celulares completamente desarrolladas (Tegstam 1997).
Clasificación según SCAA	Cinco granos verdes o inmaduros equivalen a un defecto total (Centro Agroecológico del Café 2008).
Efecto y nivel de daño en taza	Pérdida de aroma, sabor y acidez con sabores intenso herbales. En ocasiones se perciben sabores como amargor y astringencia la amargura. El nivel de daño es de medio a alto (Tegstam 1997).
Fotografía	 <p>Figura 7. Grano inmaduro</p>
Prevención o minimización	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de programas de fertilización y monitoreo constante de plagas y enfermedades. Evitar el corte temprano del grano, controlando el momento oportuno de corte. En el beneficio, remover en la mayor cantidad posible los granos inmaduros por flotación en agua.

8. Grano parcialmente negro 9. Grano negro	
Origen y causa/s	<p>Daño ocasionado por heladas o sequías, malas prácticas culturales y de recolección, mal procesamiento en beneficio (Tegstam, 1997).</p> <p>Las causas en campo se deben al ataque de plagas, deficiencia de nutrientes en el grano debido a prácticas culturales deficientes y agua insuficiente durante la maduración. Además de una colecta de cerezas sobre maduras recogidas del suelo (Tegstam. 1997).</p> <p>En el beneficio, la causa principal es debido a que las cerezas son sometidas a sobre fermentación y/o mal secado o re humedecimiento del grano.</p>
Descripción física del grano	<p>Grano parcialmente negro se considera cuando una parte de su totalidad es de coloración oscura, encogido y arrugado.</p> <p>Se considera grano totalmente negro, si su coloración negra cubre completamente el grano.</p> <p>Un grano totalmente y parcialmente negro son de tamaño pequeño, piel de plata adherente, de apariencia indeseable, con corte central ampliado ligeramente encogido con extremos levemente puntiagudos (Tegstam 1997).</p>
Clasificación según SCAA	<p>Se considera un defecto secundario un total de dos a cinco granos parcialmente negros los cuales equivalen a un defecto total.</p> <p>Ahora bien, si el grano es completamente negro, este se considera un defecto primario, donde cada grano negro equivale a un defecto total ((Centro Agroecológico del Café 2008).</p>

<p>Efecto y nivel de daño en taza</p>	<p>El nivel de daño en taza puede ser de medio a alto. Granos negros causan pérdida total en aroma, sabor y acidez con alta probabilidad de desarrollar sabores indeseables y el nivel de daño en taza es muy alto (Tegstam 1997).</p>
<p>Fotografía</p>	<div data-bbox="708 575 1029 823" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="613 842 1122 877">Figura 8. Grano parcialmente negro</p> <div data-bbox="708 919 1029 1142" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="708 1161 1029 1197">Figura 9. Grano negro</p>
<p>Prevención o minimización</p>	<ul data-bbox="358 1251 1385 1671" style="list-style-type: none"> • En campo, programas de fertilización, manejo integrado de plagas y enfermedades eficientes y oportunas en las diferentes etapas de desarrollo del café son indispensables. • Evitar recolectar frutos del suelo o sobre maduros. • En el beneficio, monitoreo de tiempo al momento de la fermentación y el secado. • Evitar almacenar café con exceso de humedad, no exceder del 12.5%.

10. Materia extraña	
Origen y causa/s	<p>La presencia de estos materiales extraños puede presentar al momento del corte.</p> <p>Lo causa una mala manipulación por parte del personal encargado del corte del fruto, uso de material inadecuado y equipo en condiciones no óptimas. En el beneficio no se tiene control de las condiciones en el que se recibe el café.</p>
Descripción física del grano	Se puede observar cualquier otro material que no sea grano de café verde (palos, piedras, resto de otros cultivos, contaminantes, etc.).
Clasificación según SCAA	Un objeto o material extraño equivale a un defecto total (Centro Agroecológico del Café 2008).
Fotografía	 <p>Figura 10. Material extraño (palos, piedras, resto de otros cultivos etc.)</p>
Prevención o minimización	<ul style="list-style-type: none"> • Al momento de la cosecha, evitar cortar frutos junto con ramas, hojas, etc. El uso indispensable de equipo de colecta (sacos, canastos, etc.) deberá ser adecuado y limpio. • Evitar utilizar material y equipo de colecta usado en otras actividades. • Verificar que el área donde se transporte el café se encuentre limpia, libre de materia indeseable que pueda mezclarse y contaminar el grano de café. • En el momento de recepción del café en el beneficio, verificar el estado en el que fue transportado.

11. Grano mordido por despulpador	
Origen y causa/s	Defecto originado del mal manejo en las operaciones de procesamiento en beneficio húmedo. La causa principal del defecto es debido a una mala calibración o ajuste de la máquina despulpadora. A esto se suma si el fruto con que se alimenta la máquina despulpadora no tiene un tamaño homogéneo (Tegstam 1997).
Descripción física del grano	Grano cortado a menudo con marcas de coloración marrón a negruzcas debido al ataque de hongos (Tegstam 1997).
Clasificación según SCAA	Cinco granos mordidos por pulpero equivalen a un defecto total (Centro Agroecológico del Café 2008).
Efecto y nivel de daño en taza	El efecto en taza depende del nivel de daño del grano, causando de levemente a mediana la pérdida de aroma, sabor y acidez. Se pueden percibir notas a fermento y/o químicos (Tegstam 1997).
Fotografía	 <p>Figura 11. Granos dañados por máquina despulpadora.</p>
Prevención o mitigación	<ul style="list-style-type: none"> Realizar un monitoreo y evaluación constante de la máquina despulpadora, de ser necesario calibrar.

12. Grano aplastado	
Origen y causa/s	<p>Defecto originado por el mal manejo en las operaciones de procesamiento en beneficio.</p> <p>La causa principal es debido a un mal ajuste o manejo de la trilladora en el beneficio (Tegstam 1997). También tomar en cuenta la humedad, ya que entre más húmedo se encuentre, más probabilidades tiene de ser aplastado, por lo que el porcentaje de humedad debe estar entre 9 al 12%.</p>
Descripción física del grano	Granos magullados con corte central en gran parte abierto, de aspecto decolorado (Tegstam 1997).
Clasificación según SCAA	Cinco granos aplastados equivalen a un defecto total (Centro Agroecológico del Café 2008).
Efecto y nivel de daño en taza	Pérdida leve de aroma, sabor y acidez. Puede expresar notas a fermento en intensidad media a alta, por lo que el nivel de daño en taza puede ser de medio a alto (Tegstam 1997).
Fotografía	 <p>Figura 12. Granos aplastados</p>
Prevención o minimización	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un monitoreo y evaluación constante de la máquina trilladora, de ser necesario calibrar. • Evitar que el grano exceda del 12% de humedad.

13. Grano en pergamino	
Origen y causa/s	Defecto originado por el mal manejo en las operaciones de procesamiento en beneficio. En el proceso de trilla en el procesado en seco, la causa es generalmente por mala calibración de la trilladora (Tegstam 1997).
Descripción física del grano	Granos totalmente o parcialmente cubiertos del endocarpio.
Clasificación SCAA	Cinco granos pergamino equivalen a un defecto en total (Centro Agroecológico del Café 2008).
Efecto y nivel de daño en taza	Pérdida de aroma, sabor y acidez con notas maderosas pronunciadas. Se pueden percibir intensos sabores químicos. El nivel de daño en taza es alto (Tegstam 1997).
Fotografía	 <p>Figura 13. Granos en pergamino</p>
Prevención o minimización	<ul style="list-style-type: none"> • Calibración y monitoreo de maquinaria y equipo, principalmente a máquina trilladora. • Hacer uso de máquinas densimétricas.

14. Grano en cereza	
Origen y causa/s	Defecto originado del mal manejo en las operaciones de procesamiento en beneficio. En Arábico lavado, a pesar que la pulpa se elimina previamente, puede ocurrir debido a la presencia de cerezas de tamaño pequeño, además de una clasificación defectuosa. Ahora bien, en Arábico natural, el descortezado incorrecto permite el paso de pequeñas cerezas o frutos, que no se eliminan posteriormente (Tegstam 1997).
Descripción física del grano	Frutos secos (cubierto de pulpa seca) que contiene en el interior granos de café.
Clasificación SCAA	Un grano cereza equivalen a un defecto en total (Centro Agroecológico del Café 2008).
Efecto y nivel de daño en taza	Pérdida total de aroma, sabor y acidez con notas pronunciadas de sabores frutuosos fuera de taza. El nivel de daño es muy alto. Durante el proceso de tueste, estos pueden quemarse (Tegstam 1997).
Fotografía	 <p style="text-align: center;">Figura 14. Grano en cereza</p>
Prevención o minimización	Llevar a cabo una minuciosa clasificación del tamaño de cereza en el beneficio húmedo y brindar mantenimiento constante a los equipos de despulpado.

15. Quebrado, partido y/o mordido	
Origen y causa/s	Defecto originado por el mal manejo en las operaciones de procesamiento en beneficio. Se debe al exceso de fricción y presión al momento de que el grano es despulpado o trillado (Tegstam 1997). También tomar en cuenta la humedad, ya que un grano reseco provoca la fragmentación del mismo, por tanto el porcentaje de humedad debe estar entre 9 al 12%.
Descripción física del grano	Granos partidos y/o fragmentados, de coloración verdosa marrón, esto debido a la infección de hongos y bacterias.
Efecto y nivel de daño en taza	Pérdida leve de cuerpo, aroma, sabor y acidez. El nivel de daño en taza es bajo. Tomar en cuenta que al momento de ser tostados tienden a carbonizarse (Tegstam 1997).
Fotografía	 <p>Figura 15. Granos fragmentados de café verde</p>
Prevención o minimización	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar planes de mantenimiento y calibración de los equipos de despulpado y trillado. • Evitar que la humedad del grano se encuentre por debajo del 9%.

16. Grano envejecido	
Origen y causa/s	Daño inducido por las prácticas de almacenamiento. Las causas principales son debido a una prolongación de almacenamiento del grano y/o bajo condiciones adversas (temperatura y humedad relativa).
Descripción física del grano	Granos en apariencia cansados, con superficie moteada por manchas más claras, coloración amarillenta y granos arrugados. Con olor característico a viejo (Tegstam 1997).
Efecto y nivel de daño en taza	Pérdida de aroma, sabor y acidez con grado de intensidad alto a madera. El nivel de daño en taza es de medio a alto (Tegstam 1997).
Fotografía	 <p>Figura 16. Grano envejecido</p>
Prevención o minimización	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar el almacenamiento prolongado de café (no más de seis meses) bajo condiciones de alta temperatura y alta humedad relativa. • En el almacenamiento del café, verificar que el área destinada a esta actividad se exclusivamente para almacenamiento de café con temperatura de 15 a 18 °C y una humedad relativa entre 30 a 40%.

17. Grano mohoso	
Origen y causa/s	Daño originado en el beneficio a partir de un grano con humedad alta. Las causas principales son las condiciones de temperatura y humedad óptimas las cuales favorecen al desarrollo de hongos, reproduciéndose en el grano, pudiéndose observar el durante el almacenamiento (Tegstam 1997).
Descripción física del grano	El grano muestra crecimiento de hongos, por lo que presenta una coloración usualmente blanquecina/ verde opaco con manchas marrón perceptibles a simple vista. El grano libera el típico olor a moho.
Clasificación según SCAA	Un grano mohoso equivale a un defecto total (Centro Agroecológico del Café 2008).
Efecto y nivel de daño en taza	Pérdida total de aroma, sabor, acidez y cuerpo acompañado de olor intenso a moho. El nivel de daño en taza es muy alto (Tegstam 1997).
Fotografía	 <p>Figura 17. Grano mohoso</p>
Prevención o minimización	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo de humedad al momento del secado, no mayor al 12%. • Utilizar equipo medidor de humedad para un resultado más confiable y eficiente. • Evitar la mezcla de granos con diferente porcentaje de humedad.

18. Grano agrio	
Origen y causa/s	<p>Defecto producido por deficiencia en control de beneficiado y almacenamiento deficiente, a causa de un prolongado tiempo entre la recolección y el despulpado (Sobre-fermentación de los granos).</p> <p>El uso de tanques de fermentación sucios y agua reciclada o contaminada, además del almacenamiento con un contenido de humedad demasiado alto (Tegstam 1997). También puede producirse por un deficiente proceso de eliminación del mucilago del grano.</p> <p>Tomar en cuenta que las cerezas demasiado maduras se fermentan durante un lento proceso de secado de las capas profundas, provocando un exceso desarrollo de calor interno causando la destrucción del embrión (Tegstam 1997).</p>
Descripción física del grano	<p>Granos de color amarillo oscuro a marrón claro, rojizo a tonos oscuros en superficie exterior e interior. Centro de corte libre de tegumentos (película plateada) (Tegstam 1997).</p> <p>En ocasiones se observa pequeña cavidad en la base del grano (embrión en descomposición). Puede tener una apariencia cerosa.</p>
Clasificación según SCAA	Un grano agrio equivale a un defecto total (Centro Agroecológico del Café 2008).
Efecto y nivel de daño en taza	Pérdida total del aroma, sabor y acidez con notas intensas agrias y fermentadas. El nivel de daño en taza en muy alto (Tegstam 1997).
Fotografía	 <p>Figura 18. Grano agrio</p>
Prevención o minimización	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminar toda la pulpa de las cerezas lo más pronto luego de su recolección en campo. • Tomar nota del tiempo de fermentación en tanques, al momento de la eliminación del mucilago y el secado, no utilizar agua reciclada o contaminada.

Conclusión

Existen defectos físicos en los granos de café verde que se encuentran estrechamente relacionados con la genética de la planta y las condiciones climáticas desfavorables como los granos caracol, donde una prolongación de sequía incide a irregularidades meióticas. La deficiencia en el control y manejo del cultivo durante su ciclo de desarrollo son las causas principales de los daños ocasionados en grano, dando lugar a formación de granos ambar, inmaduros o verdes y negros por falta de programas de fertilización. El ataque *Hypothenemus hampei* F. plaga conocida como broca del café, es la principal causante los granos brocados, los cuales son perforados por la hembra, la cual oviposita y reproducirse en el interior del endospermo. Por lo tanto, la aplicación de un manejo integrado de broca y registros de floración es información valiosa para una prevención en tiempo del ataque de la broca.

El mal manejo del grano en el proceso de beneficio (húmedo y seco) define finalmente la calidad del grano de café. Se deben tomar las medidas necesarias al momento de la clasificación, despulpado y desmucilaginado del fruto. Granos mordidos, aplastados, quebrados o partidos y agrios son el resultado de malas prácticas dentro del beneficio. Al momento del almacenamiento del café, se debe tomar en cuenta factores como el porcentaje de humedad del grano, las condiciones del área y aspectos como el material en el que almacenará, así como el tiempo de vida del café, de preferencia que no sea almacenado por más de seis meses. Esto para evitar favorecer el desarrollo de granos mohosos, agrios, y negros. Se puede presentar una pérdida de elementos propios del café los cuales se lixivian por evaporación.

Fuentes consultadas

Acosta, R. H. (s.f). Recuperado el Noviembre de 2018, de <http://www.infoagro.go.cr/Infoagro/Desplegables/La%20broca%20del%20fruto%20del%20caf%C3%A9.pdf>

Clasificación de defectos físicos de café SCAA (2008). (NMX-F-162), 2. Obtenido de <http://cafecol.mx/documentos/TabloideDefectos.pdf>

LARA, E. L. (2005). Recuperado el 22.11.2018 de Noviembre de 2018, de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2064/K%2059186%20Valdez%20Lara%20%20Epifania%20Lizbeth.PDF?sequence=1&isAllowed=y>

Marín, G. (2013). Control de calidad de café. Manual técnico. 48 pp. Obtenido de : https://datospdf.com/download/integrantes-del-equipo-tecnico-del-proyecto-fondo-empleo-_5a44fed8b7d7bc422ba25b93_pdf

Puerta, G. (2001). CÓMO GARANTIZAR LA BUENA CALIDAD DE LA BEBIDA DEL CAFÉ Y EVITAR LOS DEFECTOS. *ISSN-0120-0178*. Obtenido de <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0284.pdf>

Sistema de mejoramiento continuo en la producción de café. (2009). Obtenido de <https://rhes.ruralhorizon.org/uploads/documents/ciscalidad.compressed.pdf>

Tegstam., O. (1997). *Green Coffee Defects*. Suiza: Cobarz SA, Montreux.

Vasco, J. (s.f). LOS FACTORES QUE DETERMINAN LA CALIDAD DEL CAFE VERDE. 167-183. Obtenido de <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/713/27/27%20Factores%20calidad%20caf%C3%A9%20verde.pdf>



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA -FAUSAC-
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS
Y AMBIENTALES -IIA-



REF. Sem. 81/2019

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "COMPORTAMIENTO DE LA DENSIDAD DEL GRANO DE CAFÉ *Coffea arabica* L EN RELACIÓN A LAS VARIABLES CLIMÁTICAS TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN DEL CLUSTER HUEHUETENANGO Y FRAIJANES, GUATEMALA, C.A."

DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE: JOSUÉ ISAÍ SANTOS AQUINO

CARNE: 201310656

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. William Escobar
Ing. Agr. Marco Romilio Estrada
Ing. Agr. Edgar Oswaldo Franco Rivera

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Dirección del Área Integrada para lo procedente.

Ing. Agr. Marco Romilio Estrada
ASESOR ESPECIFICO

Ing. Agr. Edgar Oswaldo Franco Rivera
DOCENTE- ASESOR EPS

Ing. Agr. Carlos Fernando López Búcaro
DIRECTOR DEL IIA

WNR/nm
c.c. Archivo



Ref. SAIEPSA.21.Seg.2020

Guatemala, 21 de octubre de 2020

TRABAJO DE GRADUACIÓN: COMPORTAMIENTO DE LA DENSIDAD DEL GRANO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN RELACIÓN A LAS VARIABLES CLIMÁTICAS TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN DEL CLÚSTER HUEHUETENANGO Y FRAIJANES, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD NESTLÉ ANTIGUA, SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.

ESTUDIANTE: JOSUÉ ISAÍ SANTOS AQUINO

No. CARNÉ 201310656

Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación Titulada:

“COMPORTAMIENTO DE LA DENSIDAD DEL GRANO DE CAFÉ *Coffea arabica* L. EN RELACIÓN A LAS VARIABLES CLIMÁTICAS TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN DEL CLUSTER HUEHUETENANGO Y FRAIJANES, GUATEMALA, C.A.”

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. William Escobar
Ing. Agr. Marco Romilio Estrada Muy
Ing. Agr. Edgar Oswaldo Franco Rivera

Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.

“Id y enseñad a Todos”



Vo. Bo. Ing. Agr. M.A. Pedro Peláez Reyes
Coordinador Area Integrada – EPS





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



No. 34-2020

Trabajo de Graduación:	"COMPORTAMIENTO DE LA DENSIDAD DEL GRANO DE CAFÉ (<i>Coffea arabica</i> L.) EN RELACIÓN A LAS VARIABLES CLIMÁTICAS TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN DEL CLÚSTER HUEHUETENANGO Y FRAIJANES, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO CENTRO DE CONTROL DE CALIDAD NESTLÉ ANTIGUA, SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A."
Estudiante:	Josué Isaí Santos Aquino
Carné:	201310656

"IMPRÍMASE"


Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DECANO

