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

EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE BENEFICIADO HÚMEDO Y SU EFECTO EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ORGANOLÉPTICAS DE CAFÉ; BARBERENA, SANTA ROSA

TESIS DE GRADO

PEDRO AUDELY MORALES MIJANGOS
CARNET 24320-11

JUTIAPA, SEPTIEMBRE DE 2017
SEDE REGIONAL DE JUTIAPA

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS

EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE BENEFICIADO HÚMEDO Y SU EFECTO EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ORGANOLÉPTICAS DE CAFÉ; BARBERENA, SANTA ROSA

TESIS DE GRADO

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

POR

PEDRO AUDELY MORALES MIJANGOS

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN RIEGOS EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

JUTIAPA, SEPTIEMBRE DE 2017

SEDE REGIONAL DE JUTIAPA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

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

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO:	DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA:	LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIO:	MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA
DIRECTOR DE CARRERA:	MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. AXEL GABRIEL ARANA AVENDAÑO

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA

MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

ING. LUIS ROBERTO AGUIRRE RUANO

Guatemala 15 de julio de 2017

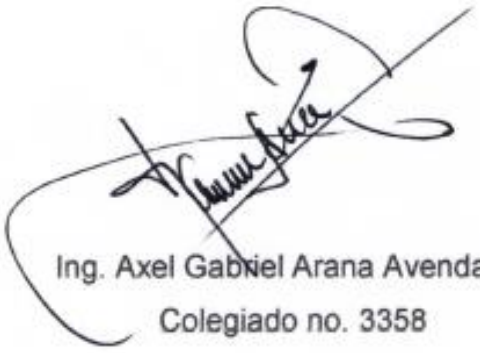
Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Estimados miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Pedro Audely Morales Mijangos, carné 24320-11, titulada: "Evaluación de métodos de beneficiado húmedo y su efecto en las características físicas y organolépticas de café, Barberena, Santa Rosa".

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

Atentamente,



Ing. Axel Gabriel Arana Avendaño.
Colegiado no. 3358

Universidad Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06788-2017

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante PEDRO AUDELY MORALES MIJANGOS, Carnet 24320-11 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN RIEGOS, de la Sede de Jutiapa, que consta en el Acta No. 06121-2017 de fecha 5 de septiembre de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE BENEFICIADO HÚMEDO Y SU EFECTO EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ORGANOLÉPTICAS DE CAFÉ; BARBERENA, SANTA ROSA

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

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 11 días del mes de septiembre del año 2017.

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
VICEDECANO

LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNANDEZ, VICEDECANA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRICOLAS
Universidad Rafael Landívar

AGRADECIMIENTOS

A

DIOS:

Por la vida, sabiduría y por la pasión que ha puesto en mi para cumplir metas cada día.

MIS PADRES Y MIS HERMANOS:

Pedro Morales y Piedad Mijangos, por la vida, por los sabios consejos y porque son mi orgullo y mi motivación para triunfar.

MI NOVIA Y SU FAMILIA:

Karlita López Peñate y su familia, porque son parte en esta meta de mi vida.

CENTROS EDUCATIVOS:

E.O.R.M. Ayarza, I.M.E.B. Ayarza, C.E.M.A.S. Jutiapa, porque gracias a ellos estoy escribiendo una nueva historia.

ASESORES:

Ing. Axel Gabriel Arana Avendaño, Ing. Josué Jonathan Girón Torres, Q Grader. Elmer Orellana, Agr. Daniel Santos, porque me apoyaron en mi tesis desde el inicio hasta la finalización del proyecto.

ANACAFÉ Y CEDICAFÉ

Por permitirme ser un colaborador estudiante y desarrollarme como profesional, así como a los gerentes de área Ing. Marco Tulio Duarte e Ing. Sergio Morales y gremio de la RIV.

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR Y TERNA EXAMINADORA:

Por formarme como profesional y por el apoyo en el mejor desarrollo de dicha tesis y por ser el centro de formación de profesionales exitosos que me acobijo y me da la oportunidad de convertirme en un profesional.

DEDICATORIAS

A

DIOS:

Por ser la luz en mí camino en momentos difíciles y mi guía en tiempos difíciles.

GUATEMALA:

Porque me comprometo a dar lo mejor de mi en el ámbito profesional.

MIS PADRES, MI NOVIA Y MIS HERMANOS:

Porque esta meta es gracias a ellos y al esfuerzo, paciencia y fe que han tenido en mí.

ANACAFÉ Y CEDICAFÉ

Porque sé que será de utilidad y de aprendizaje para mis compañeros técnicos de campo y técnicos de investigación y la información será un bien para la caficultura guatemalteca.

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR Y TERNA EXAMINADORA:

Porque es un material de consultoría más que nuestra alma mater comparte al sector agrícola y estudiantil del país.

ÍNDICE

RESUMEN i

SUMMARY ii

I. INTRODUCCIÓN 1

II. MARCO TEÓRICO 2

2.1. Historia del café de Guatemala 2

2.1.1. Principales variedades de café cultivadas en Guatemala 2

2.2. Postcosecha y calidad del café 3

2.2.1. Beneficiado húmedo y proceso de postcosecha 3

2.2.2. Beneficiado Tradicional 3

2.2.3. Beneficiado semitecnificado 3

2.2.4. Beneficiado tecnificado 3

2.2.5. El Recibo del Fruto 4

2.2.5.1. Tanque Tradicional 4

2.2.5.2. Tanque semi seco 4

2.2.5.3. Tanque totalmente seco 5

2.2.6. Clasificación del fruto de café maduro 5

2.2.6.1. Tanque de bajo volumen 5

2.2.6.2. Tanque canal 6

2.2.6.3. Lavador – clasificador 6

2.2.7. Cribas de flotes 6

2.2.8. Despulpado, limpieza y clasificación del fruto 6

2.3. Remoción del mucílago 7

2.3.1. Método enzimático 8

2.3.2. Método química 8

2.3.3. Método de fermentación natural o bioquímica 8

2.3.4. Método mecánico 9

2.4. Lavado del café 10

2.5. Reposo del café 10

2.6. Secado del café 10

2.7. almacenamiento del grano de café 11
2.8. Análisis de catación 11
2.8.1. Protocolo de Catación de la SCAA (Specialty Coffee Association of América) 14
2.8.2. Análisis de Densidad 14
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 15
3.1. Definición del problema 15
3.2. Justificación del trabajo 16
IV. OBJETIVOS 17
4.1. Objetivo general 17
4.2. Objetivos específicos 17
V. HIPÓTESIS 18
5.1. Hipótesis alterna 18
VI. METODOLOGÍA 19
6.1. Localización del trabajo 19
6.1.1. Extensión territorial. 19
6.1.2. Vías de acceso. 19
6.2. Material experimental 20
6.2.1. Fruto de café 20
6.2.1. Agua 20
6.2.2. Equipo de beneficiado 20
6.3. Factor a estudiar 20
6.4. Tratamientos 20
6.5. Diseño del experimento 21
6.6. Modelo estadístico 22
6.7. Unidad experimental 22
6.8. Manejo del experimento 22
6.9. Variables de respuesta 24
6.10. Análisis estadístico 24
6.10.1. Transformación de datos 25
VII. RESULTADOS Y DISCUSION 26

7.1. Rendimiento de café maduro (en cereza) a café pergamino (kg) 27
7.2. Rendimiento de café pergamino a café oro (kg) 29
7.3. Aroma de la muestra de café (%) 31
7.4. Sabor 32
7.5. Postgusto 33
7.6. Acidez 34
7.7. Cuerpo 35
7.8. Balance 36
7.9. Preferencia o apreciación 37
7.10. Punteo total en el perfil de taza del análisis de catación 39
7.11. Otras variables 43
7.12. Consumo de agua 44
7.13. Horas de secado por partida 46
7.14. Costos de operación de los métodos de beneficiado húmedo de café 49
VIII. CONCLUSIONES 52
IX. RECOMENDACIONES 54
X. BIBLIOGRAFIA 56
XI. ANEXOS 57
10.1. Detalle de la unidad experimental 57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos a evaluar. 21

Cuadro 2. Análisis de varianza para la variable rendimiento de café maduro (en cereza) a café pergamino (kg) 26

Cuadro 3. Agrupación según prueba múltiple de medias DGC al 5% de significancia para rendimiento de café maduro (cereza) a café pergamino. 26

Cuadro 4. Comparación de % relativo de rendimiento entre tratamientos. 28

Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable rendimiento de café pergamino a café oro (kg). 28

Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable fragancia o aroma de la muestra de café. 30

Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable sabor. 31

Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable postgusto. 32

Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable acidez. 33

Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable cuerpo. 34

Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable Balance. 35

Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable preferencia o apreciación. 36

Cuadro 13. Agrupación según prueba múltiple de medias DGC al 5% de significancia para la variable preferencia o apreciación. 37

Cuadro 14: punteos obtenidos por cada repetición de cada tratamiento en el perfil de taza del análisis de catación. 38

Cuadro 15: Promedio de punteo total del perfil de taza del análisis de catación obtenida por cada tratamiento. 39

Cuadro 16: Análisis de varianza para la variable punteo total análisis de catación. 39

Cuadro 17. Agrupación según prueba múltiple de medias DGC al 5% de significancia para la variable punteo total. 40

Cuadro 18. Subhipotesis de arreglo de contrasstes ortogonales. 41

Cuadro 19. Comparación de contrastes ortogonales. 41

Cuadro 20: Consumo de agua por cada 45.45 kg de café pergamino seco. 43

Cuadro 21: Horas de secado por partida de café pergamino seco. 45

Cuadro 22. Análisis para la variable control de costos de operación. 47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de finca las Flores, Barberena, Santa Rosa. 19
Figura 2. Variable rendimiento de café maduro (cereza) a café pergamino (Kg). 28
Figura 3. Variable rendimiento de café pergamino a café oro (Kg) 30
Figura 4. Variable aroma (%). 31
Figura 5. Variable Sabor. 32
Figura 6. Variable Postgusto. 33
Figura 7. Variable acidez 34
Figura 8. Variable cuerpo 35
Figura 9. Variable balance 37
Figura 10. Variable preferencia o apreciación 38
Figura 11. Variable punteo total análisis de catación. 41
Figura 12. Consumo de agua por cada 45.45 kg de café pergamino seco. 45
Figura 13: Horas de secado por partida de café pergamino seco. 47
Figura 14: Costo total por tratamiento. 49
Figura 15: Costo por tratamiento de beneficiado húmedo. 49
Figura 16. Diagrama de los tratamientos. 56
Figura 17. Maquinaria de beneficiado húmedo con desmucilaginadora integrada Jotagayo. 56
Figura 18. Despulpado de tratamientos en maquinaria de beneficiado húmedo con desmucilaginadora integrada Jotagayo. 57
Figura 19. Secadora Jotagayo. 58
Figura 20. Secado de tratamientos en secadora Jotagayo. 58
Figura 21. Muestras preparadas y realizando análisis de catación en el laboratorio. 59

EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE BENEFICIADO HUMEDO Y SU EFECTO EN LAS CARACTERISTICAS FISICAS Y ORGANOLEPTICAS DE CAFÉ, BARBERENA, SANTA ROSA

RESUMEN

El objetivo de dicho trabajo fue evaluar nueve métodos de beneficiado húmedo de café (*Coffea arabica*), con la finalidad de encontrar procesos que no le afecten la calidad de taza. La investigación se llevó a cabo en el módulo del beneficiado húmedo de finca Las Flores Barberena, Santa Rosa. El diseño experimental utilizado en la investigación fue completamente al azar, con nueve tratamientos y tres repeticiones. Las variables de respuesta fueron: horas de secado, consumo de agua, rendimiento de café maduro a pergamino, rendimiento de pergamino a oro, porcentaje de humedad en café pergamino, fragancia o aroma, sabor, post gusto, acidez, cuerpo, uniformidad, taza limpia, balance, dulzura, preferencia o apreciación, defectos, punteo total y costos por tratamiento. Los resultados obtenidos mostraron que el método Despulpado, Desmucilaginado Mecánico, Reposo y Secado Mecánico (DDMRSM) mantuvo un punteo de 81 puntos, clasificado como estrictamente duro, con bajo consumo de agua y menos hora de secado. El método Despulpado, Fermentado, Lavado, Reposo y secado natural (al patio) (DFLRSN) mantuvo 80.10 puntos clasificado como estrictamente duro. Mediante la aplicación de contrastes ortogonales, se determinó que el secado mecánico es igual al secado natural (patio) y que el desmucilaginado mecánico supera al proceso de remoción del mucilago mediante fermentado, por lo tanto, el proceso que influye directamente en la calidad de taza es el reposo.

EVALUATION OF METHODS OF HUMID BENEFICIARY AND HIS EFFECT IN THE PHYSICAL CHARACTERISTICS AND ORGANOLEPTICAS OF COFFEE, BARBERENA, HOLY ROSE

SUMMARY

The pupuse of suen work was to evaluate mine methods of wet proceessing in coffe (*Coffea arabica*), with the finality to find the process that will not a feet the cup quality. The investigation was made in the estate Las Flores, Barberena, Sta Rosa. The experimental desig used in this investigation was completly random, with nine treatments and three repetitions. The variables inparehment answers: were time drying, wáter comsuption, the moisture in parehment coffe, performanee, fraganee, flavor, post taste, acidity, body, uniformity, clean cup, balance, sweetness, preference or appreciation, defaults, total plucking and cost tratment. The results showed that the method depulped, mechanic demulsify, rest and mechanical drying (DDMRSM), kept the plucking of 81 points hard strietly clasify, with under eater comsuption and less drying hours, the method depulped, fermented, washed natural, rest and natural drying (yard) (DFLRSN) kept up 80.10 points, classified as strictly hard. Tnrough the application of ortogonal constrast. It was determined that the mechanical drying is equal to the natural drying and that the mechanical demucilagination surpasses the process of removal of the mucilage through fermentation, therefore the process that directly influences the cup quality is the waste.

I. INTRODUCCIÓN

La caficultura guatemalteca genera alrededor de 986 millones de dólares para el país y alrededor de 500 mil empleos directos por año (Duarte, 2013), siendo uno de los cultivos extensivos, se encuentra dividido en siete regiones cafetaleras y ocho denominaciones de origen, gracias a ello Guatemala se ha mantenido a nivel internacional produciendo uno de los mejores cafés del mundo

Según ANACAFÉ (2012), la calidad de taza está ligada al proceso del beneficiado, de manera que manteniendo todas las labores agronómicas y eligiendo un método adecuado de postcosecha, se conservarían las características físicas y organolépticas que hacen la diferencia del grano en calidad de taza.

Actualmente el método usado consiste en despulpar el grano, fermentarlo en pilas de cemento, lavado con agua limpia la cual si aún no posee un alto contenido de lodos (mucilago) se recircula, el café se coloca en patios de secado (secado natural) donde dependiendo las horas de sol al día, dará punto (humedad de 10 – 12%) en un promedio de 38 a 56 horas. Un estudio publicado por Quinteros (2009), indica que el método que se realice al momento de beneficiar el grano puede determinar su calidad, razón por la cual se debe tener una investigación previa que validé dicho proceso.

ANACAFÉ (2005), explica que la maquinaria a utilizar para el beneficiado, debe adaptarse al grano, para aprovechar las cualidades lubricantes del mucilago del fruto y con ello evitar daños físicos que puedan afectar la calidad de taza, considerando que no demande altos volúmenes de agua para su funcionamiento y que mejore la eficiencia en el secado, todo ello con la finalidad de aprovechar nichos de mercado en tiempo oportuno, sin afectar las características organolépticas las cuales definen la calidad del aromático.

El objetivo de esta investigación entonces, fue evaluar nueve métodos de beneficiado húmedo de café y con el afán de encontrar alternativas al productor que le garanticen mantener sus características físicas y organolépticas las cuales determinan su calidad, se realizó dicho ensayo en finca las flores, Barberena, Sta Rosa.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Historia del café de Guatemala

Guatemala tiene la característica de poseer variedad de zonas geográficas de ecosistemas propios bien diferenciados, microclimas variados y suelos de gran riqueza mineral y muchos de ellos están cultivados con café, según el libro de historia del café este se asentó en el país desde el año 1800 como una actividad productiva y comercial y en 1889 el café fue premiado como “Mejor Café del Mundo” en la Exposición Internacional de París.

Según el Libro Historia del Café de Guatemala, este se introdujo en la época de Carlos III (1759-1788). Juan J. Rodríguez afirma, que fue a fines del siglo XVIII y que las semillas y algunas plantas se trajeron de Las Antillas. Guillermo Echeverría Morales ubica la introducción de la planta hacia 1750, William Ukers entre 1750-1760 y Manuel Rubio alrededor de 1760.

Luego se empezó a cultivar en Guatemala, Villa Nueva, Petapa, Amatitlán, Santa Rosa y Jutiapa con lo cual el cultivo se extendió en una buena parte del territorio. Su aclimatación fue asombrosa, aunque como industria progresó lentamente, pues hasta mediados del siglo XIX el café se usaba en Guatemala más como medicina que como bebida.

2.1.1. Principales variedades de café cultivadas en Guatemala

Guatemala por su diversidad de climas y por tener un área cafetalera significativa, por tal razón posee el cultivo de diferentes variedades unas en menor extensión tales como Típica, Bourbon. Catuaí Pache Colís, Pacamara, Maracaturra, Maragogipe, Mundo Novo, Icatú, Catucaí, Híbridos F-1, Anacafé 90, Anacafé 14, Sarchimor T-5296, y actualmente en las partes bajas de Guatemala tales como Suchitepéquez, Retalhuleu, Santa Rosa, Jutiapa, Petén y otras partes del país, se empieza a cultivar diferentes Genotipos de Robustas.

2.2. Postcosecha y calidad del café

A pesar que el cultivo del café se ha desarrollado en el parque agrícola guatemalteco, George Washington y Federico Lehnhoff Wyld haber inventado el café soluble con un gran éxito que ganó su primera medalla de oro en la Exposición Universal de Gante, Bruselas, en 1913.

Sin embargo, a pesar de estos esfuerzos y de inventos, la industria cafetalera en la parte del beneficiado húmedo cada día demanda ser más eficientes y describir métodos eficientes y que no afecten la calidad de taza del mismo. Trabajos realizados anteriores describen un efecto positivo sobre la calidad en actividades tales como Reposo.

2.2.1. Beneficiado húmedo y proceso de postcosecha

La etapa final del cultivo del café, es el beneficiado, dentro del cual se pueden definir tres tipos:

2.2.2. Beneficiado tradicional

Consiste en procesar el café con poca maquinaria y usando altos volúmenes de agua por cada 45.45 kg de café pergamino seco, tiene la característica de ser altamente contaminante ya que no hay un manejo de subproductos ni de aguas mieles.

2.2.3. Beneficiado semitecnificado

Este proceso ya posee más maquinaria para realizar el correteo del grano despulpado, ya tiene un manejo se subproductos y posee decantadores para manejo de aguas mieles, pero al igual necesita estar ubicado cerca de fuentes de agua ya que el gasto es igual al beneficiado tradicional (ANACAFÉ, 2007).

2.2.4. Beneficiado tecnificado

Posee maquinaria especial tales como desmucilaginador para remover el mucilago del café, este beneficiado tecnificado de café, permite, por lo menos reducir en un 90% el consumo de agua por quintal pergamino seco (CENICAFÉ, 2012).

Para que el proceso de beneficiado húmedo se lleve a cabo, es necesario que la recolección del fruto sea uniforme, dicho en otras palabras que el fruto este en su maduración optima, en los rangos de 18 a 24 grados Brixs, ya que frutos verdes pueden ocasionar problemas en la baja del peso, los brutos semimaduros darán problema en el despulpado, fermentación y secado, frutos sobremaduros ocasionaran que los granos se manchen así como una fermentación dispareja y pérdida de calidad en el fruto y el grano vano, el cual solo tiene una semilla lo que lo convierte en un fruto defectuoso y los frutos brocados que prácticamente es el daño de broca dentro del cultivo y que puede causar a nivel de calidad una tazas sucia que bajara el punteo de la muestra.

2.2.5. El Recibo del fruto

El proceso postcosecha, inicia con el recibo del fruto maduro en tanques diseñados para dicha actividad, y donde el volumen recibido tiene que ver con el avance de maduración de la cosecha, según ANACAFÉ (2005), la densidad del fruto de café maduro es de 613.5 kilogramos por metro cubico, lo cual va a depender de la variedad y la altura sobre el nivel del mar. Existen diferentes tipos de recibidores para esta actividad, dentro de los cuales están:

2.2.5.1. Tanque tradicional

Esta estructura tiene la forma de una pirámide truncada, que se compone de cuatro lados y tiene una inclinación mínima de 45 grados con la visión que se facilite el movimiento de la masa del fruto de café, una característica importante que posee, es la fácil separación de flotes, nombre que se le da a los frutos de menor peso y que debido a ello tienden a flotar, tal es el caso del café seco, verde, vano, enfermo y brocado. Dichas estructuras han sufrido un proceso de sustitución, ya que poseen un gran tamaño y necesitan de cantidades muy altas de agua para poder trabajar, las cuales oscilan entre los 90 hasta los 120 metros cúbicos de agua (ANACAFÉ, 2005).

2.2.5.2. Tanque semi seco

Su nombre es gracias a que utiliza el agua recirculada, es visto en beneficios Húmedos tecnificados y estos utilizan un sistema de bombeo para mover el café, tienen una forma rectangular con una altura promedio de un metro, para facilitar la salida del fruto maduro

y el piso se construye con una inclinación del 5% al 7% de pendiente entre las secciones transversales que lo forman y el canal transversal que los separa, debe construirse con un desnivel del 5% (ANACAFÉ, 2005).

2.2.5.3. Tanque totalmente seco

Existen de forma cónica invertida los cuales poseen una pendiente de 45 grados en el piso dirigida hacia la salida del fruto, dichas estructuras pueden construirse directamente por arriba del despulpador, en algunos casos es necesario colocar en la salida un tubo de agua recirculada para arrastrar el fruto a un despedrador – desarenador, con la finalidad de evitar daños en las camisas de los despulpadores y sean lastimadas por el efecto de piedras, tornillos, clavos y otros objetos que puedan ir en el volumen del fruto, estos recibidores son recomendados para fincas donde el agua es escasa (ANACAFÉ, 2005).

2.2.6. Clasificación del fruto de café maduro

Después de recibido el fruto se procede a clasificarlo, esto se realiza separando los cuerpos por densidad, utilizando agua o bien un flujo de aire. En algunos beneficios se combinan con zarandas oscilantes o cribas rotatorias para hacer una separación por peso y tamaño, es recomendable no omitir la clasificación en el proceso del beneficiado húmedo de café ya que evita granos defectuosos y ayuda a que el trabajo sea continuo, existen diferentes estructuras para dicha actividad, dentro de las cuales están:

2.2.6.1. Tanque de bajo volumen

Tiene la característica del tanque de sifón tradicional, pero con una característica que o hace único y es el menor tamaño y la menor cantidad de agua que utiliza la cual va alrededor de los 800 litros de agua, la eficacia de dicha estructura, está comprobado que su eficiencia no depende del volumen de agua, sino de la presión ejercida en el fondo y la velocidad con la que entra para mantener un balance entre el caudal de entrada y salida (ANACAFÉ, 2005).

2.2.6.2. Tanque canal

Utiliza el mismo principio de funcionamiento que el tanque sifón de bajo volumen, que por su diseño angosto y alargado es fácil ubicarlo dentro de la planta de beneficiado. Al fondo se ubica una pichacha sobre la cual, se instala el tubo de succión de fruto de café de primera, los flotes avanzan sobre la corriente de agua y son evacuados al rebosadero y su consumo de agua es alrededor de los 800 litros de agua (ANACAFÉ, 2005).

2.2.6.3. Lavador – clasificador

Son una opción, ya que a diferencia de los demás, este retira hojas, tallos, piedras y otras impurezas. Así mismo separa los frutos de café seco y vano por tamaño a través de zarandas oscilantes, prelavando el café con agua reciclada (ANACAFÉ, 2005).

2.2.7. Cribas de flotes

El flote o rechazo de los sistemas de clasificación del fruto de café maduro que utilizan agua, lo constituyen materiales que, por su posición y peso, flotan. Entre ellos están los frutos que contienen un grano vano, este es un pergamino vacío que por estar lleno de aire hace flotar el fruto, del otro grano es de primera calidad y si no es separado terminara en las partidas de segundas. Estos frutos son separados del resto por tamaño a través de una criba de flotes que tiene como función recuperar el fruto maduro e incorporarlo al café de primera (ANACAFÉ, 2005).

2.2.8. Despulpado, limpieza y clasificación del fruto

Es la fase mecánica del proceso donde el fruto maduro es sometido a la eliminación de la pulpa (epicarpio), dicha actividad que se realiza a través de una despulpadora que son lubricadas por el mucilago del fruto, para que por presión se separen los granos y la pulpa, Según ANACAFÉ (2005), al despulpar 45.45 kg de café maduro se obtiene aproximadamente 27 kg de café pergamino y el restante es pulpa. Esta actividad debe realizarse con el mayor cuidado posible, ya que, si se daña el pergamino o el grano oro, el daño permanece y provocara problemas tanto al momento de dar punto de fermento, secamiento y alterara las características físicas y organolépticas de la bebida al momento de realizar el análisis de catación.

Es recomendable que se haga uso de despulpadores tipo verticales, ya que estos poseen una mejor adaptación al tamaño del fruto y minimizan el problema de daño mecánico, de igual manera, poseen la característica que despulpan en seco, lo que ayuda a minimizar el uso del agua y contribuyen a disminuir la contaminación ambiental. Según ANACAFÉ (2005), al no utilizar agua al momento del despulpado, contribuye a acelerar el proceso de fermentación ya que no hay un lavado de azucares, se preservan los nutrientes de la pulpa de café y se evita la contaminación del agua. El grano es transportado a las pilas de fermento por medio de un canal de correteo y la pulpa se lleva a un lugar de tratamiento de subproductos por medio de un tornillo sin fin, donde se puede utilizar para elaborar fertilizantes orgánicos.

2.3. Remoción del mucílago

El grano de café después de despulpado, se puede observar que está cubierto por una capa mucilaginosa que por el tipo de fruto este es el mesocarpio, esta capa tiene alrededor de un 15 a un 22% del peso del fruto maduro y que está ligado al contenido de humedad que contenga, si bien es cierto el mucilago es una de las estructuras más ricas en azucares y pectinas que cubren el endospermo de la semilla y que tiene un pH de 5.6 a 6.2 (ANACAFÉ, 2005).

El mucilago está compuesto por un 33% de materias pépticas totales, 30% de azucares reductores, 20% de azucares no reductores y un 17% de celulosa y cenizas, el contenido de humedad del fruto maduro, está influido por el régimen de lluvias en los días anteriores a la cosecha y que es cuando mayor contenido de mucilago tiene el fruto, lo que puede afectar significativamente la relación de café maduro a oro incrementando la relación.

El mucilago al extraerlo de forma mecánica representa una fuente natural de para la obtención de pectinas de buena calidad que son útiles en industrias de alimentos, medicinas, etc. Característica que no se logra cuando se fermenta el fruto ya que este ha pasado por un proceso de degradación, sumándole a esto hay que tomar en consideración que para removerlo se necesitan altas cantidades de agua. En el proceso húmedo de café se obtienen cafés suaves, lavados y de mejor calidad lo que indica que

un mal manejo de esta etapa puede contribuir a perder todas las características que hacen que la bebida sea de calidad (ANACAFÉ, 2005).

Existen diferentes métodos de remoción del mucilago entre los que se pueden mencionar:

2.3.1. Método enzimático

Técnica utilizada para acelerar la fermentación natural y acortar el tiempo de fluidificación del mucilago, y constituye una buena alternativa cuando los tanques de fermentación son insuficientes, aunque se tuvo problema porque no se tuvo una dosificación exacta, así como daños en la piel de los trabajadores (ANACAFÉ, 2005).

2.3.2. Método química

En este caso se utilizó hidróxido de sodio, hidróxido de calcio, cloruro de calcio, ácido sulfúrico, oxido de magnesio y soda caustica, pero se descartaron por razones prácticas, también porque el grano se manchaba al estar deshidratado con lo que se obtenía una pérdida de calidad del fruto (ANACAFÉ, 2005).

2.3.3. Método de fermentación natural o bioquímica

La fermentación es una de las etapas más importantes y delicadas del proceso, esta consiste en la degradación del mucílago a una sustancia soluble para convertirlo en un material de fácil remoción en el lavado en tanques o pilas en un periodo de 6 a 48 horas dependiendo de condiciones climatológicas, capacidad de drenaje de las pilas, altura de la masa de café, calidad del agua utilizada, madurez del fruto y los microorganismos presentes. Existen diferentes métodos de fermentación natural que para elegirlo es necesario evaluar los efectos que posee sobre las características físicas y organolépticas del fruto, hay que tomar en cuenta es la pérdida de peso que se da cuando se utiliza este método. Según Carbonell y Villanova (1967), citado por ANACAFÉ (2005), hasta las 14 horas de fermentación se alcanza una pérdida del 1% del peso, a las 20 horas 2% y a las 36 horas 6%.

La fermentación del café se lleva a cabo en tanques abiertos bajo techo y puede efectuarse en seco es decir que se deja el café pergamino despulpado en seco, en el

tanque o pila hasta que dé punto de fermento o punto de lavado, generalmente, la miel degradada se deja escapar por medio de un punto de drenaje con una pichacha de un trabajo adecuado, para este caso es conveniente mezclar ocasionalmente el material por medio de palas para uniformar las condiciones del mismo y bajo agua que consiste en colocar el café pergamino en las pilas de fermento y llenarlas de agua, en este caso la fermentación del mucilago se prolonga más de la cuenta y se puede correr el riesgo de que el pergamino se decolore. Una tercera opción es combinar ambos sistemas, donde se deje fermentar el café en seco para lograr la mayor fluidificación del mucilago y luego se cubre y con agua la cual se deja fluyendo después de un lavado previo hasta completar la operación, este sistema es recomendado en zonas que tienen una época calurosa (Santos, 2015)

Para determinar el punto de fermento se utiliza el método del palio, el cual consiste en insertar sobre el grano un cabo de madera y si queda el agujero formado es muestra que ha llegado a punto de fermento por lo tanto se procede a lavarlo y colocarlo en camas de un grosor de 5 cm como máximo en el patio de secado (Santos D, 2015).

2.3.4. Método mecánico

Con este método, el mucílago del grano se remueve mediante fuerzas de fricción generadas por distintos tipos de máquinas. El desmucilaginado mecánico permite realizar la remoción rápida ya que la operación inicia inmediatamente, mejora el rendimiento de peso entre 1.5% y el 2% del peso del pergamino seco, en relación a la fermentación natural (Santos, 2015).

El desmucilaginado mecánico además permite el mejor aprovechamiento de las secadoras, ya que se puede iniciar este proceso el mismo día en que se cosecha el café, pero para los caficultores genera cierta desconfianza, en vista que al trabajar microlotes de café especial, la falta de métodos para el manejo de despulpado pueda generar pérdidas de calidad y es ahí donde entra en aplicación la aportación de dicha investigación (Santos, 2015).

En el patio se tiene el cuidado de mantener un constante monitoreo de tal manera que se pueda determinar el porcentaje de humedad, el cual debe estar entre 10 a 12% para mantener las características físicas y organolépticas, todo este trabajo se realiza por medio de un aparato conocido como determinador de humedad (Santos, 2015).

2.4. Lavado del café

La especialidad de Guatemala son el café lavado, por tal razón es importante garantizar que al dar punto de fermento en el beneficiado tradicional, se retire todo el mucilago ya que los restos pueden ocasionar frutos manchados, esto genera un mal aspecto al momento de la venta, cuando se utilizan desmucilaginadora, este proceso de lavado se realiza dentro de la misma maquina con la diferencia que el consumo de agua es menor y el mucilago sale con mayor concentración, lo que podría utilizarse como un subproducto.

2.5. Reposo del café

El reposo del café es una actividad que, si bien consume tiempo y puede llegar a aumentar los costos de postcosecha, es indispensable ya que realizarla genera la eliminación de trazas de ácido clorogénico el cual muchas veces es el responsable de problemas tales como astringencia en la bebida, esto considerando que en el corte un porcentaje de frutos no ha llegado a su madurez fisiológica. Sin embargo, cuando el grano de café después de fermentado y lavado y/o desmucilaginado tiene un periodo de reposo en agua limpia, se acentúan características tales como apreciación, postgusto, sabor y aroma indispensables en el análisis de catación (Santos, 2015).

2.6. Secado del café

El secado es fundamental en el café y más cuando se busca calidad, según Santos (2015), ya que este si puede estar directamente relacionado con la calidad de taza y que estas se mantengan al momento de almacenarlos, Orellana (2015), hace mención que el rango de humedad en porcentaje optimo que debe tener es de 10% a 12%, si la humedad es menor, el grano se reseca, esto puede afectar el rendimiento de pergamino a oro y se hay mayor humedad puede afectar directamente la calidad ya que al momento de la catación pueden encontrarse efectos de ocratoxina en el grano.

Cuando el secado es en patios, el tiempo de secado para que el grano llegue a un porcentaje de humedad de 10% a 12% dependerá de las horas de sol que se pueda tener en el día, así como la intensidad lumínica por lo que cada partida para que dé punto de secado depende directamente del estado del tiempo, mientras si es secado mecánico, este depende del tipo de maquinaria que se utilice (Díaz, 2006).

2.7. almacenamiento del grano de café

En cuanto al almacenamiento se toma como una de las actividades primordiales dentro de las actividades de postcosecha del café ya que depende de las condiciones climáticas de las diferentes zonas cafetaleras, tales como la temperatura, humedad relativa y del sitio de almacenamiento, ya que en el saco donde se deposita el café, se crean diferentes grados de temperatura y humedad y es ahí donde entra a jugar un papel importante la ventilación del área de almacenamiento, si esto fallara se pueden desarrollar hongos que generan micotoxinas las cuales no se destruyen con el tostado, lo cual genera la pérdida del grano del café ya que se considera cancerígeno (Díaz, 2006).

2.8. Análisis de catación

Cuando se habla de catación se está haciendo referencia a la descripción y/o medición de características físicas y organolépticas del grano de café, el cual está considerado como un producto multicaracterístico, ya que existen muchas variables en sabor que se pueden evaluar y medir, lo que da como resultado el perfil organoléptico o de taza para cada muestra de café. La catación técnica describe todas las características que pueden ser afectadas durante el beneficiado húmedo (Morales, 2010).

Según Orellana (2015), La catación de café se hace con la finalidad de evaluar la intensidad y calidad de los atributos que conforman la bebida y los resultados obtenidos son: aroma, cuerpo, acidez, sabor y persistencia o gusto final, estos están relacionados con la altura del cultivo sobre el nivel del mar, factores climáticos, manejo del cafetal, especie y variedad, tipo de suelo y principalmente el tipo de proceso de beneficiado que se utilice. Estos atributos son calificados en tipos de café y a la vez descritos a través de adjetivos que ilustran sus cualidades o deficiencias, obteniendo así, el perfil de taza.

Según el periódico manifiesto para catadores (2009), la experiencia de catación se compone de las siguientes partes: buscar defectos y fallas, buscar sabores agradables, reconocer un sabor familiar, evaluar su intensidad, decidir si el café es malo, regular, promedio, bueno, muy bueno, o sobresaliente, todo esto notando los resultados, sabiendo que el café de muy buena calidad es escaso.

El catador está pendiente del café en la taza, y realmente está consciente de lo difícil que es producir algo grandioso. El catador es un profesional que ayuda. Está allí al servicio de la verdad. Si algo no se torna líquido, no lo podemos probar. La degustación es la capacidad del ser humano por detectar sabores y para ello utiliza la boca y lengua. Como regla general la lengua puede detectar cuatro sabores básicos: dulce, salado, agrio, y amargo:

a. El dulce se caracteriza por soluciones de azúcares, alcohol, y algunos ácidos. Se percibe en la punta de la lengua.
b. El salado se caracteriza por soluciones de cloruros, yodos, nitratos, y sulfatos. Se percibe en la parte anterior de la lengua.
c. El agrio tiene soluciones cítricas y se percibe en la parte posterior de la lengua, el amargo tiene soluciones de cafeína y otros alcaloides. Se percibe en la parte trasera de la lengua.

En la catación del café realizada en finca las flores, existían seis combinaciones posibles las cuales son: Los ácidos incrementan la dulzura de los azúcares, las sales aumentan la dulzura de los azúcares, los azúcares reducen el sabor agrio de los ácidos, los azúcares reducen lo salado de las sales, los ácidos incrementan lo salado de las sales, las sales reducen lo agrio de los ácidos.

Las acciones físicas involucradas en el proceso de evaluación, es decir oler, sorber, y tragar, deben ser exageradas en relación a la manera cotidiana en que las realizamos al comer o beber. La razón de esta exageración es para saturar la mayor cantidad de café en cada acción y poder así obtener una sensación completa de sabor.

Según el periódico Coffee (2010), un café es algo más que una bebida fuerte o floja, suave o amarga. Cuando se tiene la curiosidad de examinar sus sutiles placeres gastronómicos y adentrarse en los variados matices y sensaciones que pueden desprenderse de una taza de café, surge un mundo complejo del que a menudo nos faltan palabras y adjetivos para describir sus cambiantes aromas, su amplia gama de sabores, su tacto, su untuosidad y su permanencia. Los sentidos más importantes en la catación son: sentido del olfato, sentido del gusto. Existen dos tipos de catación: Cualitativa (describe los defectos o atributos que pueden conformar el sabor de un café) y Cuantitativa (describe la medición de complejidad o intensidad de las características evaluadas). Ello permite clasificar o categorizar los cafés evaluados. En el caso de los cafés producidos en Guatemala, permite definir el tipo al que pertenecen con base a la intensidad y complejidad, las características tomadas para clasificarlos son:

Características físicas:
Rendimiento maduro a pergamino (si lo proporciona el productor)
Rendimiento de pergamino a oro (lo realiza el laboratorio)
Aspectos del café en oro (Verde).
Abertura de la hendidura del grano.

Características organolépticas:
Aroma.
Intensidad del Cuerpo.
Acidez.
Sabor en General.
Presencia de aromas y sabores defectuosos.

Según el manual de caficultura de ANACAFÉ (2004), a través de la Catación se pretende encontrar y valorar todas las características que definen un café. El precio se incrementa en 10% por mejora de calidad de taza. Los granos defectuosos también son observados en la catación ya que ellos pueden causar alteraciones o sabores desagradables a la bebida.

La determinación de todas estas características, se hace por medio del análisis técnico de catación, basado en las características físicas y organolépticas del café (tueste, taza y tipo), condicionando que, si el resultado es taza sana (definición que se le da a la bebida con características físicas y organolépticas adecuadas) se procederá a realizar el análisis respectivo con el protocolo de la SCAA; Ahora si el resultado de la muestra es lo contrario, se repetirá el procedimiento con el fin de obtener una muestra con “taza sana”.
Es importante resaltar que dicho muestreo de café pergamino seco de punto, se realizará después de los 30 días de reposo (almacenamiento).

2.8.1. Protocolo de Catación de la SCAA (Specialty Coffee Association of América)

Con base a este protocolo se analizarán los siguientes parámetros: Fragancia/Aroma, Sabor, Acidez, Balance, Preferencia, Cuerpo, Postgusto, Uniformidad, Taza limpia y Dulzura. Se coordinarán sesiones de catación, con tres expertos catadores, quienes, de acuerdo a la calificación de cada característica, establecerán una escala que permitirá diferenciar numéricamente los atributos de calidad del café evaluado (Orellana, 2015).

Con este protocolo, cada parámetro analizado se pondera numéricamente de 1 a 10, de acuerdo a la apreciación del catador, que al sumarlas dan como resultado el punteo total de la muestra.

2.8.2. Análisis de densidad

Adicionalmente, se analizará la densidad del café muestreado, a través de los siguientes parámetros: peso del café oro, volumen del café oro, peso del café tostado, volumen del café tostado, densidad aparente del café oro, densidad aparente del café tostado, hinchamiento aparente y rendimiento de oro a tostado (Orellana, 2015).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Definición del problema

A pesar de que Guatemala se caracteriza por tener uno de los mejores cafés del mundo gracias a que posee una caficultura en diferentes climas y a diferentes estratos altitudinales, posee limitaciones en cuanto al cumplimiento de las características físicas y organolépticas relacionadas con la calidad de taza, las cuales muchas veces se ven afectadas por el método de beneficiado húmedo de café que se utiliza, estado del tiempo ya sea lluvioso o nublado, baja disponibilidad de agua o bien bajas temperaturas que retardan el tiempo de fermentación y por la falta de información validada de nuevas tecnologías que permitirían ser más eficientes en la postcosecha del grano, permitiendo cubrir los mercados de cafés especiales.

Según Santos (2015), Guatemala es un país que no puede competir en cantidad, ya que países como Brasil lo superan en una relación de 11:1 (11 millones de sacos de 60 kg por 1 millón de sacos de 60 kg), pero si puede entrar en los nichos de mercado que buscan calidad lo que garantizaría al productor mayores ingresos, el problema es que muchas veces estos suelen darse en temporadas de producción por lo que se necesita el beneficiado mecánico, desde el desmucilaginado hasta el secado como alternativa, la limitante es la información que se dispone sobre métodos de beneficiado comparados con el método tradicional y que garanticen que las características de calidad no se afectan.

3.2. Justificación del trabajo

Dado que Guatemala posee una diversidad de climas y estratos altitudinales y que estas localidades son áreas fuertes en el cultivo del café, es necesario disponer de información actual sobre temas de beneficiado húmedo y su influencia en las características físicas y organolépticas.

Tomando en consideración que la mecanización y automatización en postcosecha de tan preciado grano está tomando auge se hace necesario investigar en campo métodos que puedan contribuir a mejorar el proceso postcosecha, obtener partidas de café para venta en menos tiempo y con características físicas y organolépticas preferenciales para que las asociaciones, cooperativas, grupos de trabajo y caficultores en general, puedan ser más eficientes y responder a mercados de cafés especiales, subastas nacionales, subastas internacionales y diferenciales de la bolsa de valores que pueden mejorar el precio del café de calidad (Orellana, 2015).

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

- Evaluar nueve métodos de beneficiado húmedo de café y su efecto en las características físicas y organolépticas del grano, en finca las flores, Barberena, Santa Rosa.

4.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de cada método de beneficiado húmedo sobre las características físicas del grano.

- Evaluar el efecto de cada método de beneficiado húmedo sobre las características organolépticas del grano.

- Describir las ventajas y desventajas de cada método de beneficiado húmedo en cuanto al consumo de agua y horas de secado.

- Realizar análisis costos para los tratamientos evaluados.

V. HIPÓTESIS

5.1. Hipótesis alterna

Existe diferencia significativa al menos en una de las variables estudiadas en al menos uno de los métodos de beneficiado húmedo de café en comparación con el testigo y que ello influye mejor en la calidad de la taza a través de ese método.

VI. METODOLOGÍA

6.1. Localización del trabajo

El área donde se llevó a cabo la investigación se encuentra ubicada en Finca las Flores en el municipio de Barberena del departamento de Santa Rosa, se encuentra localizada a 56 km desde Jutiapa hasta el punto donde se realizó el proyecto.

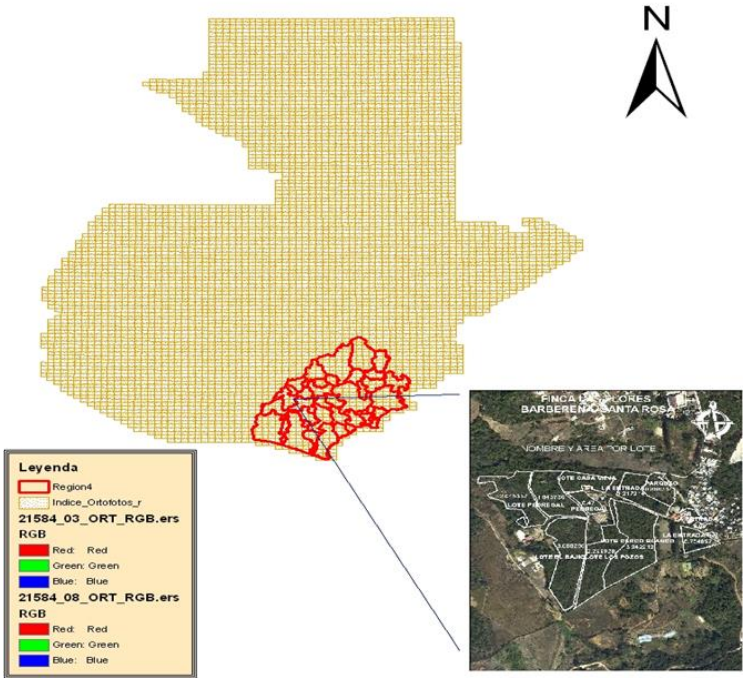


Figura 1. Ubicación de finca las Flores, Barberena, Santa Rosa.

6.1.1. Extensión territorial

La finca cuenta con un área de 14 ha. De las cuales solo 11.2 ha. Tienen cultivo de Café (Coffea arábica).

6.1.2. Vías de acceso

Se ingresa a la finca experimental Las Flores “ANACAFÉ®” desviándose de la carretera Interamericana en Barberena Santa Rosa donde se encuentra la pasarela, siguiendo el camino que conduce a la estación de Bomberos Voluntarios donde el camino se divide en dos y se toma el desvío de la izquierda.

6.2. Material experimental

6.2.1. Fruto de café

El fruto fue recolectado en finca las flores, en un lote homogéneo de la variedad caturra el cual es una mutación de la variedad bourbon y que se usa en la mayoría de investigaciones de comparación de calidad por poseer características estándares en la calidad de taza, este fruto se recolectó en su punto óptimo de madurez, entre los 18 y 24 grados Brixs, Morales (2014), con fines de estudio como lo exige el protocolo SCAA, se presentó 1 kg de café pergamino seco para el análisis de catación, con fines de investigación en beneficiado húmedo según Santos (2015) 23 kilogramos de café es la muestra significativa que se debe utilizar.

6.2.1. Agua

Se utilizó el agua del pozo ubicado en la misma finca.

6.2.2. Equipo de beneficiado

La finca cuenta con un beneficio húmedo equipado con secadora y desmucilaginador, así como pilas de fermento y patios donde se realizó todo el ciclo del proyecto de investigación.

6.3. Factor a estudiar

Los factores estudiados son diferentes métodos de beneficiado húmedo de café para determinar la influencia de cada uno sobre las características físicas y organolépticas del grano.

6.4. Tratamientos

Cada tratamiento es un método diferente que puede ser una alternativa postcosecha para la empresa cafetalera y donde se puede encontrar al menos uno que pueda ser aprovechado para mantener las características físicas y organolépticas del beneficiado húmedo de café, en la descripción de los tratamientos que se muestran a continuación, todos tienen en común el despulpado, el cual se realizó en un módulo becolsub que posee un despulpador de cilindro horizontal centrifugado, lo que forma una variante en común para todos los tratamientos (cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos a evaluar.

ABREVIATURA	PROCESOS
T1 DFLSN	Despulpado Fermentado Lavado Secado Natural
T2 DFLSM	Despulpado Fermentado Lavado Secado Mecánico
T3 DFLRSN	Despulpado Fermentado Lavado Reposo Secado Natural
T4 DFLRSM	Despulpado Fermentado Lavado Reposo Secado Mecánico
T5 DDMSN	Despulpado Desmucilaginado Mecánico Secado Natural
T6 DDMSM	Despulpado Desmucilaginado Mecánico Secado Mecánico
T7 DDMRSN	Despulpado Desmucilaginado Mecánico Reposo Secado Natural
T8 DDMRSM	Despulpado Desmucilaginado Mecánico Reposo Secado Mecánico
T9 DSN	Despulpado Secado Natural

6.5. Diseño del experimento

Diseño completamente al azar el cual tiene nueve tratamientos y tres repeticiones.

6.6. Modelo estadístico

$Yij = \mu + \tau i + \varepsilon ij$

Yij = Punteo obtenido por cada muestra de café.

μ = media general de la variable respuesta

τi = efecto del i-ésimo tratamiento (nivel del factor) en la variable dependiente

εij = error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental.

6.7. Unidad experimental

La unidad experimental estuvo compuesta por 23 kg de café en su punto óptimo de maduración el cual fue despulpado y de dicha muestra se tomó 2 kg de café pergamino seco, los cuales fueron enviados al laboratorio de catación, para determinar sus características físicas y organolépticas.

6.8. Manejo del experimento

T1 DFLSN (despulpado, fermentado, lavado y secado natural) (Testigo)

Para fines del presente estudio, se tomó una muestra de 23 kilogramos de café cereza por repetición, luego se despulpó y se llevó a su etapa de fermentación la cual será de 36 horas y lavado con el proceso que normalmente realiza la finca en el proceso de beneficiado húmedo. Dicha muestra se secó en patio (secado natural) directamente al sol hasta llegar al punto de 10 – 12% de humedad del grano.

T2 FLSM (despulpado, fermentado, lavado y secado mecánico)

El proceso descrito en el T1 DFLSN, es el mismo para este tratamiento, con la variante que este se trasladó al sistema de secamiento mecánico tipo caja, en donde se secó a 50^0C por medio de un flujo continuo de aire, hasta llegar al punto de secamiento del 10 – 12%.

T3 FLRSN (fermentado, lavado, reposo y secado natural)

En este tratamiento, después de fermentado y lavado la muestra de 23 kg de café maduro, se dio un periodo de reposo que según Santos (2015), el mejor tiempo es de 24 horas bajo agua limpia y luego se trasladó al patio, hasta llegar al punto de secamiento del 10 – 12%.

T4 DFLRSM (despulpado, fermentado, lavado, reposo y secado mecánico)

En este tratamiento, después de fermentado y lavado la muestra de 23 kg de café maduro, se dio un periodo de reposo que según Santos (2015), el mejor tiempo es de 24 horas bajo agua limpia y luego se trasladó al sistema de secamiento mecánico tipo caja, en donde se seca a 50^0C por medio de un flujo continuo de aire, hasta llegar al punto de secamiento del 10 – 12%.

T5 DDMSN (despulpado, desmucilaginado mecánico y secado natural)

Fue el mismo proceso de despulpado y cantidad de café maduro del T1 DDFLSN, con la variante que el mucilago se removió mecánicamente con un desmucilaginador vertical de flujo ascendente y se colocó al patio de secado, hasta llegar al punto de secamiento del 10 – 12%.

T6 DDMSM (despulpado, desmucilaginado mecánico y secado mecánico)

El despulpado se utilizó el mismo proceso, con la variante que el mucilago se removerá mecánicamente con un desmucilaginador vertical de flujo ascendente y recién escurrido se llevó al sistema de secamiento mecánico tipo caja, en donde se secó a 50^0C por medio de un flujo continuo de aire, hasta llegar al punto de secamiento del 10 – 12%.

T7 DDMRSN (despulpado, desmucilaginado mecánico, reposo y secado natural)

Se realizó el mismo proceso de despulpado y 23 kg de café maduro como muestra, con la variante que el mucilago se removió mecánicamente con un desmucilaginador vertical de flujo ascendente, luego se llevó a pilas donde se llevó a cabo el periodo de reposo en agua de 24 horas y luego al patio de secado, hasta llegar al punto de secamiento del 10 – 12%.

T8 DDMRSM (despulpado, desmucilaginado mecánico, reposo y secado mecánico)

Se realizó el mismo proceso de despulpado y 23 kg de café maduro como muestra, con la variante que el mucilago se removió mecánicamente con un desmucilaginador vertical de flujo ascendente, luego se llevó a pilas donde se llevó a cabo el periodo de reposo en agua de 24 horas y luego recién escurrido se llevó al sistema de secamiento mecánico

tipo caja, en donde se secó a 50^0C por medio de un flujo continuo de aire, hasta llegar al punto de secamiento del 10 – 12%.

T9 DSN (SECADO NATURAL)

La diferencia de este método es que después de despulpado se llevó a patio de secado sin removerle el mucilago.

6.9. Variables de respuesta

Características organolépticas del grano del café (perfil de taza) en cada uno de los métodos cada método de beneficiado húmedo de café.

Con base a este protocolo SCAA se analizarán los siguientes parámetros: Fragancia/Aroma, Sabor, Acidez, Balance, Preferencia, Cuerpo, Postgusto, Uniformidad, Taza limpia y Dulzura, para determinar dicha variable, este estudio se llevó a cabo en el laboratorio de catación de Anacafé donde estuvieron presentes catadores y el tesista, dichos parámetros se ponderaron numéricamente del 1 al 10 y que sumados dieron el punteo total.

Características físicas del grano del café (perfil de taza) en cada uno de los métodos de beneficiado húmedo de café.

Para determinar las características físicas del grano, se utilizó 1 kg café pergamino seco (cantidad que exige el protocolo SCAA) en donde se tomó en cuenta el rendimiento de pergamino a oro y los defectos totales que se encuentren en la muestra, de estos se calculó el porcentaje por kilogramo de café pergamino con defectos.

6.10. Análisis estadístico

Para realizar el análisis estadístico de las variables respuesta, se realizó un análisis de varianza para el diseño completamente al azar, tomando en cuenta que, si existía una diferencia significativa a momento de realizar el ANDEVA entre las variables, se aplicó una prueba múltiple de medias como DGC para determinar diferencias reales entre el uso de tratamientos. (Sitún, 2001). Para realizar dichos cálculos se hizo uso del software estadístico Infostat.

6.10.1. Transformación de datos

Como los datos provienen de escalas de calificación de variables, es necesario aplicar la transformación de datos, tomando en consideración que la escala es de 1 a 100, se utilizara el arco seno de la raíz cuadrada de X, siendo x el punteo que obtenga cada muestra en el análisis de catación, esto si su coeficiente de variación es mayor a 20.

VII. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación, se presentan los resultados obtenidos mediante la ejecución en de dicho proyecto:

7.1. Rendimiento de café maduro (en cereza) a café pergamino (kg)

Cuadro 2. Análisis de varianza para la variable rendimiento de café maduro (en cereza) a café pergamino (kg)

Cuadro de Análisis de la Varianza						
					F TABULADA	
F.V.	SC	Gl	CM	F	0.05	0.01
Tratamientos	171.27	8	21.41	3.11	2.51	3.71
Error	123.97	18	6.89			
Total	295.24	26				

C.V. = 1.27%

*** = Diferencia estadística**

C.V. = Coeficiente de variación en porcentaje.

De acuerdo con el análisis de varianza que se muestra en el cuadro 2, se obtuvo una diferencia significativa para el nivel de 5% de significancia para la variable rendimiento de café maduro (en cereza) a café pergamino, debido a esto se realizó una prueba múltiple de medias DGC con la finalidad de establecer los mejores tratamientos.

Cuadro 3. Agrupación según prueba múltiple de medias DGC al 5% de significancia para rendimiento de café maduro (cereza) a café pergamino.

Tratamientos	Medias	Grupos DGC	
T3 DFLRSN	203.03	A	
T6 DDMSM	204.55	A	
T8 DDMRSM	204.55	A	
T7 DDMRSN	207.58		B
T9 DSN	209.09		B
T1 DFLSN	209.09		B
T4 DFLRSM	209.09		B
T5 DDMSN	209.09		B
T2 DFLSM	210.61		B

Al analizar los datos concluidos por la prueba múltiple de medias DGC, presentada en el cuadro 3 y en el cual se forman dos grupos donde se expone que los mejores tratamientos son T3 DFLRSN, T6 DDMSM Y T8 DDMRSM, clasificados como A, siendo quienes poseen la mejor media al utilizar menos café maduro para obtener 45.45 kg de café pergamino seco tal y como se muestra en la figura 2.

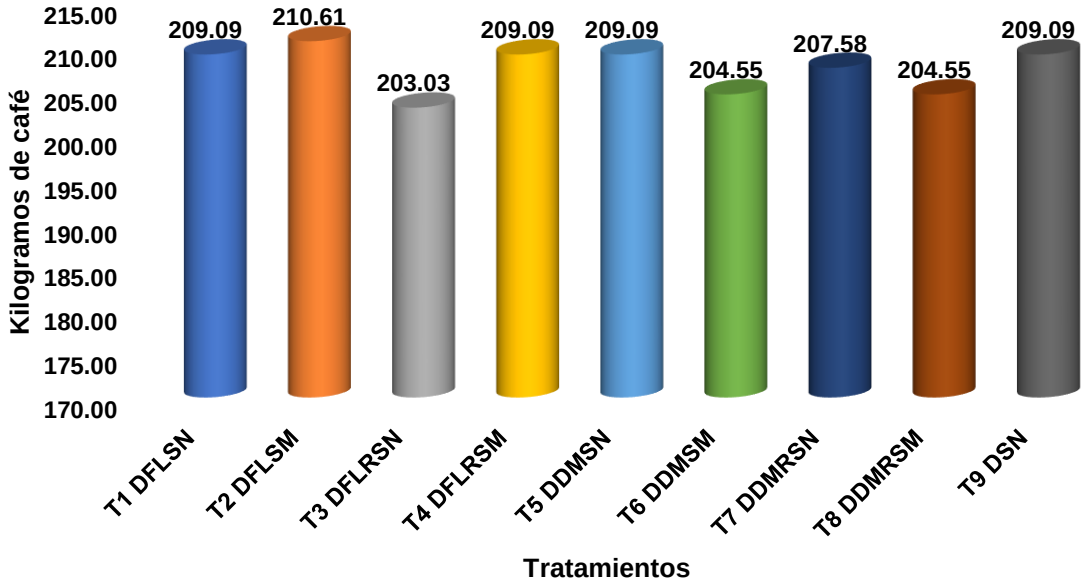


Figura 2. Variable rendimiento de café maduro (cereza) a café pergamino (Kg).

En el grupo A también se muestra el T6 DDMSM y T8 DDMRSM con su resultado en común que ambos tienen un proceso de desmucilaginado mecánico y secado mecánico, según Carbonell y Villanova (1967), mencionan que a diferencia del desmucilaginado por medio de la fermentación, en esta el peso se mantiene constante o tiende a aumentar, mientras en la fermentación se puede influenciar una pérdida de peso mayor siendo alrededor del 1% del peso del grano. Santos (2015) menciona que el desmucilaginado mecánico puede aumentar entre 1.5 y 2% el peso del pergamino seco, en el estudio realizado al comparar el porcentaje relativo se refleja que en el tratamiento T3 DFLRSN se utilizó 2.90% menos café maduro y en el T6 DDMSM Y T8 DDMRSM se utilizó 2.17% menos café maduro, para obtener un saco de 45.45 kilogramos de café pergamino seco tal y como se muestra en el cuadro 5.

Cuadro 4. Comparación de % relativo de rendimiento entre tratamientos.

Tratamientos	Medias	Grupos DGC	% Relativo de rendimiento	diferencia entre %
T3 DFLRSN	203.03	A	97.10	2.90
T6 DDMSM	204.55	A	97.83	2.17
T8 DDMRSM	204.55	A	97.83	2.17
T7 DDMRSN	207.58	B	99.28	0.72
T9 DSN	209.09	B	100.00	0.00
T1 DFLSN	209.09	B	100.00	0.00
T4 DFLRSM	209.09	B	100.00	0.00
T5 DDMSN	209.09	B	100.00	0.00
T2 DFLSM	210.61	B	100.73	-0.73

Al estudiar entonces el comportamiento de los porcentajes relativos de rendimientos se encuentra como el reposo y el desmucilaginado mecánico contribuyen a mantener o a mejorar el peso de grano de café, lo que se transforma en ganancia al productor, esto confirma entonces lo estudiado por Carbonell y Villanova (1967) citado por Anacafé (2005) y también estudiado por Santos (2015).

7.2. Rendimiento de café pergamino a café oro (kg)

Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable rendimiento de café pergamino a café oro (kg).

Cuadro de Análisis de la Varianza						
					F TABULADA	
F.V.	SC	Gl	CM	F	0.05	0.01
Tratamientos	123.6	8	15.45	0.81	2.51	3.71
Error	344.78	18	19.15			
Total	468.39	26				

C.V. = 8.03%

C.V. = Coeficiente de variación en porcentaje.

N.S. = No significancia

De acuerdo con el análisis de varianza que se muestra en el cuadro 5, No se obtuvo una diferencia significativa para los niveles de 5% y 1% de significancia para la variable rendimiento de café pergamino a café oro en cuanto al ANDEVA, sin embargo, al igual que en la variable rendimiento de café maduro a pergamino seco, se puede observar como los tratamientos T3 DFLRSN y T8 DDMRSM, mantuvieron el efecto que los caracteriza en cuanto a desmucilaginado mecánico y a reposo.

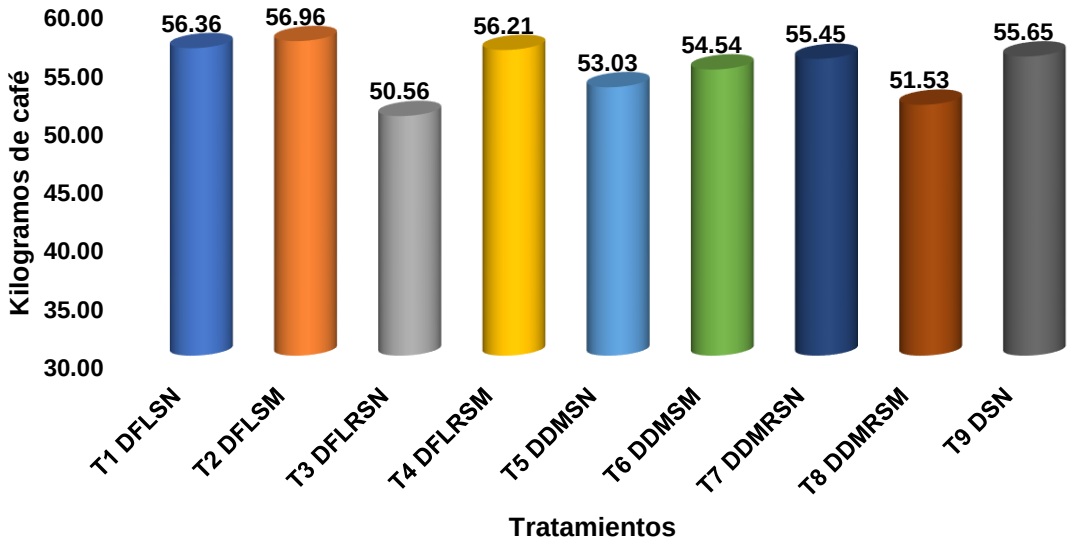


Figura 3. Variable rendimiento de café pergamino a café oro (Kg)

Lo que de manera descriptiva se puede interpretar como una relación directa entre el reposo, secado mecánico y su eficiencia en la mejora en rendimientos de café pergamino a oro. Desde el punto de vista de comercialización, esta técnica beneficiaria al productor que vende su café en oro porque necesita menos kilogramos de café pergamino. Cabe mencionar que este proceso se puede ver influido por el trillado ya que puede causar granos con diferentes daños, sin embargo, durante dicho estudio el nivel de defectos encontrados fue 0 en el dictamen técnico, por lo tanto, los datos obtenidos donde el tratamiento T3 DFLRSN tan solo necesito 50.57 kg de pergamino seco para obtener 45.45 kg de café oro y el T8 DDMRSM 51.53 kg de pergamino para 45.45 kg de oro, mantienen ventaja ante el resto de tratamientos.

7.3. Aroma de la muestra de café (%)

Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable fragancia o aroma de la muestra de café.

Cuadro de Análisis de la Varianza						
					F TABULADA	
F.V.	SC	gl	CM	F	0.05	0.01
Tratamientos	0.91	8	0.11	2.33	2.51	3.71
Error	0.87	18	0.05			
Total	1.78	26				

C.V. = 3.13%

C.V. = Coeficiente de variación en porcentaje.

N.S. = No significancia

De acuerdo con el análisis de varianza que se muestra en el cuadro 6, No se obtuvo una diferencia significativa para los niveles de 5% y 1% de significancia para la variable Fragancia o aroma de la muestra de café.

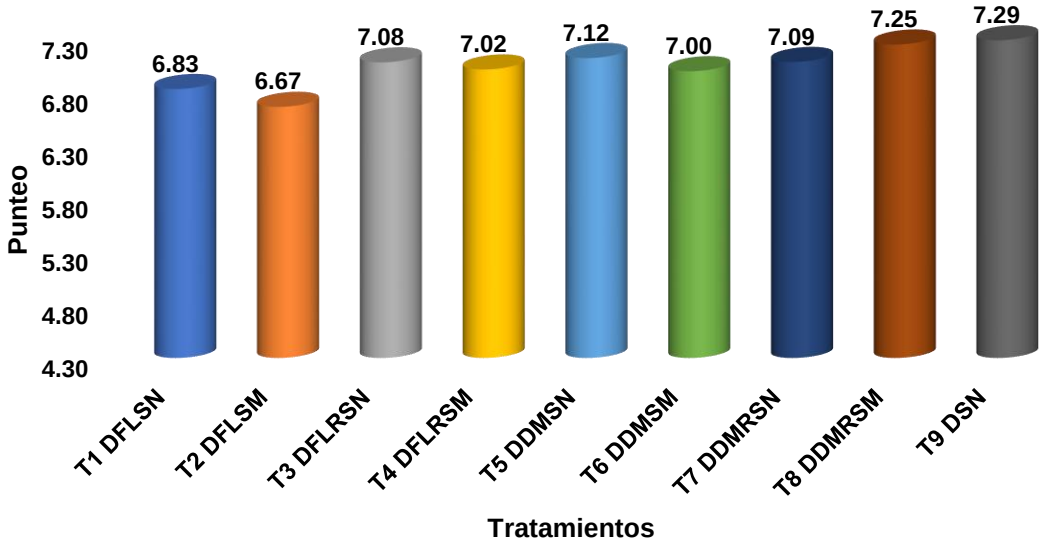


Figura 4. Variable aroma (%).

Los resultados, en cuanto a la variable aroma, se muestran en la figura 3, dando como resultado una media de 7.29 puntos en el análisis de catación que corresponde al T9 DSN, seguido con una media de 7.25 puntos en el análisis de catación el tratamiento T8

DDMRSM, los cuales indican los mejores resultados, siendo estas las dos mejores medias en cuanto a los demás tratamientos respecto a la variable aroma.

7.4. Sabor

Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable sabor.

Cuadro de Análisis de la Varianza						
					F TABULADA	
F.V.	SC	gl	CM	F	0.05	0.01
Tratamientos	0.53	8	0.07	0.85	2.51	3.71
Error	1.4	18	0.08			
Total	1.93	26				

C.V. = 3.89%

C.V. = Coeficiente de variación en porcentaje.

N.S. = No significancia

De acuerdo con el análisis de varianza que se muestra en el cuadro 7, todos los tratamientos son iguales.

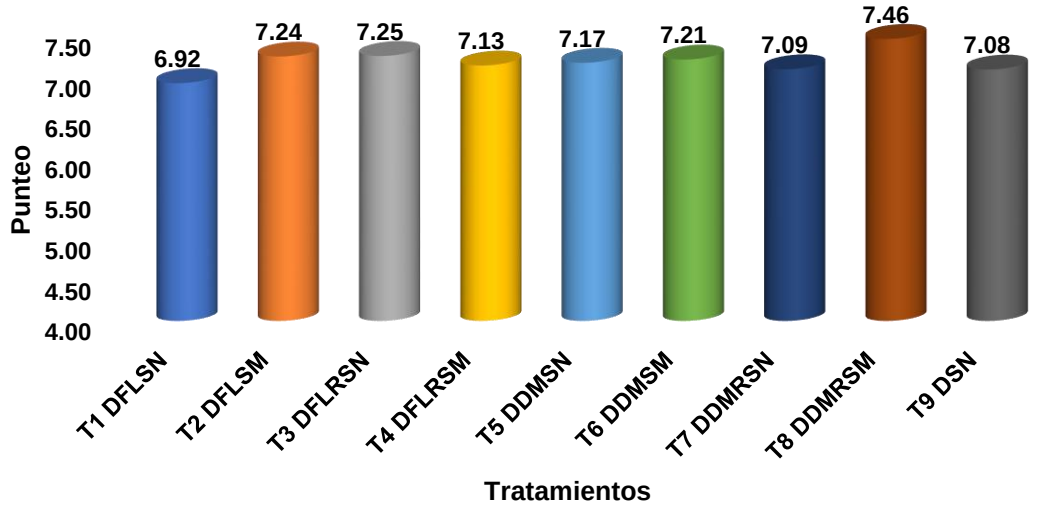


Figura 5. Variable Sabor.

Los resultados, en cuanto a la variable sabor, se muestran en la figura 5, dando como resultado una media de 7.46 puntos en el análisis de catación que corresponde al T8 DDMRSM seguido con una media de 7.25 puntos en el análisis de catación el T3

DFLRSN, los cuales indican los mejores resultados, siendo estas las dos mejores medias en cuanto a los demás tratamientos respecto a la variable sabor.

7.5. Postgusto

Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable postgusto.

Cuadro de Análisis de la Varianza						
					F TABULADA	
F.V.	SC	gl	CM	F	0.05	0.01
Tratamientos	0.89	8	0.11	2.3	2.51	3.71
Error	0.87	18	0.05			
Total	1.75	26				

C.V. = 3.2%

C.V. = Coeficiente de variación en porcentaje.

N.S. = No significancia

De acuerdo con el análisis de varianza que se muestra en el cuadro 8, No se obtuvo una diferencia significativa para los niveles de 5% y 1% de significancia para la variable postgusto de la muestra de café.

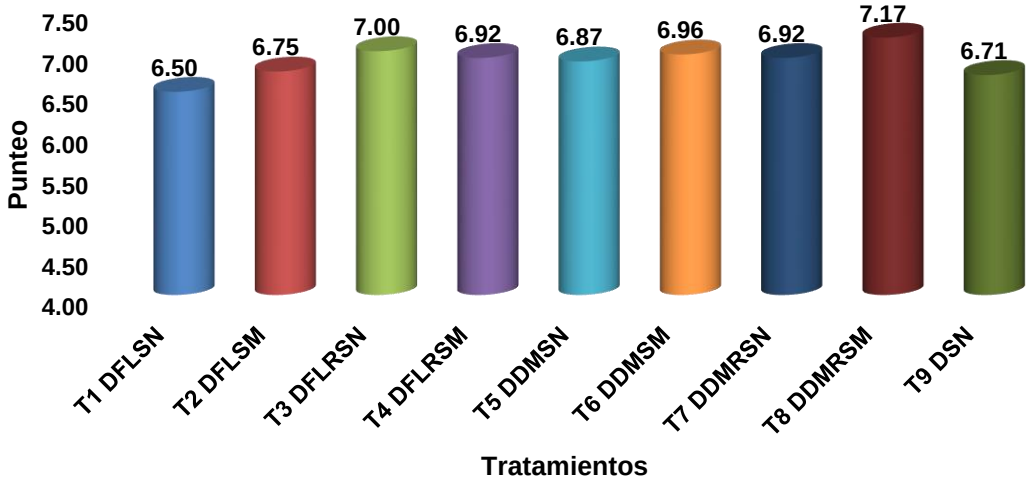


Figura 6. Variable Postgusto.

Los resultados, en cuanto a la variable postgusto, se muestran en la figura 6, dando como resultado una media de 7.17 puntos en el análisis de catación que corresponde al tratamiento T8 DDMRSM, seguido con una media de 7 puntos en el análisis de catación

el tratamiento T3 DFLRSN, los cuales indican los mejores resultados, siendo estas las dos mejores medias en cuanto a los demás tratamientos respecto a la variable postgusto.

7.6. Acidez

Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable acidez.

Cuadro de Análisis de la Varianza						
					F TABULADA	
F.V.	SC	gl	CM	F	0.05	0.01
Tratamientos	0.73	8	0.09	1.75	2.51	3.71
Error	0.93	18	0.05			
Total	1.66	26				

C.V. = 3.18%

C.V. = Coeficiente de variación en porcentaje.

N.S. = No significancia

De acuerdo con el análisis de varianza que se muestra en el cuadro 9, No se obtuvo una diferencia significativa para los niveles de 5% y 1% de significancia para la variable acidez de la muestra de café.

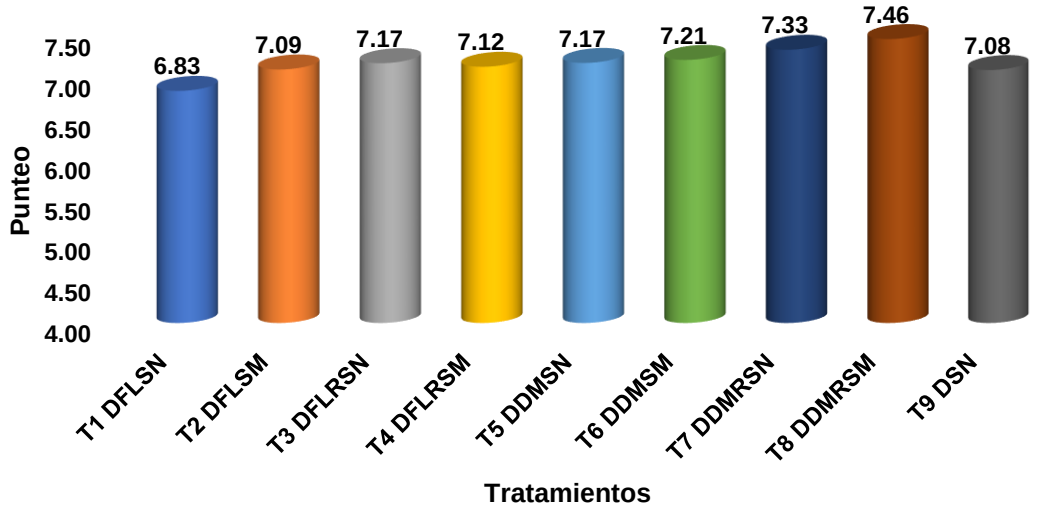


Figura 7. Variable acidez

Los resultados, en cuanto a la variable Acidez, se muestran en la figura 7, dando como resultado una media de 7.46 puntos en el análisis de catación que corresponde al tratamiento T8 DDMRSM, seguido con una media de 7.33 puntos en el análisis de

catación el tratamiento T7 DDMRSN, los cuales indican los mejores resultados, siendo estas las dos mejores medias en cuanto a los demás tratamientos respecto a la variable Acidez.

7.7. Cuerpo

Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable cuerpo.

Cuadro de Análisis de la Varianza						
					F TABULADA	
F.V.	SC	gl	CM	F	0.05	0.01
Tratamientos	0.7	8	0.09	1.74	2.51	3.71
Error	0.9	18	0.05			
Total	1.6	26				

C.V. = 3.2%

C.V. = Coeficiente de variación en porcentaje.

N.S. = No significancia

De acuerdo con el análisis de varianza que se muestra en el cuadro 10, No se obtuvo una diferencia significativa para los niveles de 5% y 1% de significancia para la variable cuerpo de la muestra de café.

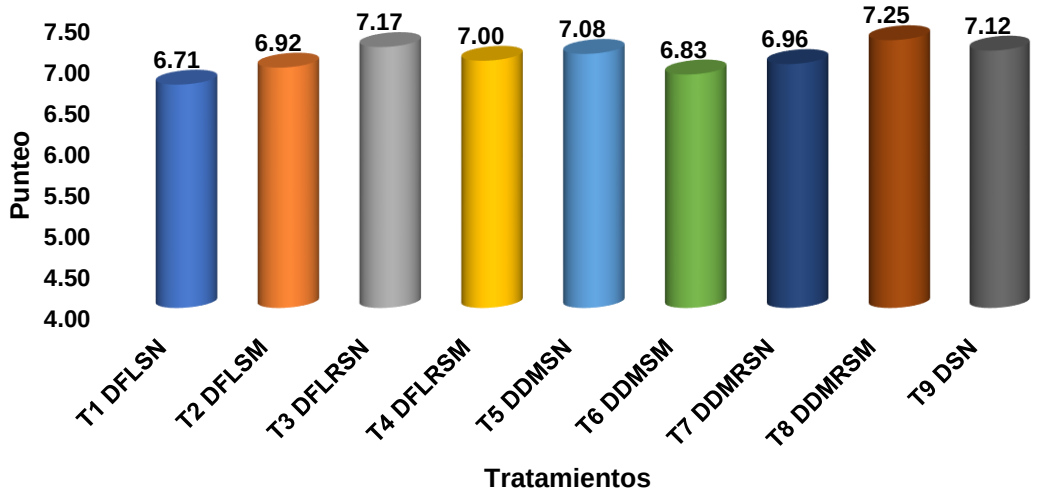


Figura 8. Variable cuerpo

Los resultados, en cuanto a la variable Cuerpo, se muestran en la figura 8, dando como resultado una media de 7.25 puntos en el análisis de catación que corresponde al tratamiento T8 DDMRSM, seguido con una media de 7.17 puntos en el análisis de catación el tratamiento T3 DFLRSN, los cuales indican los mejores resultados, siendo estas las dos mejores medias en cuanto a los demás tratamientos respecto a la variable cuerpo.

7.8. Balance

Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable Balance.

Cuadro de Análisis de la Varianza						
					F TABULADA	
F.V.	SC	gl	CM	F	0.05	0.01
Tratamientos	0.8	8	0.1	1.81	2.51	3.71
Error	1	18	0.06			
Total	1.8	26				

C.V. = 3.42%

C.V. = Coeficiente de variación en porcentaje.

N.S. = No significancia

De acuerdo con el análisis de varianza que se muestra en el cuadro 11, No se obtuvo una diferencia significativa para los niveles de 5% y 1% de significancia para la variable Balance de la muestra de café.

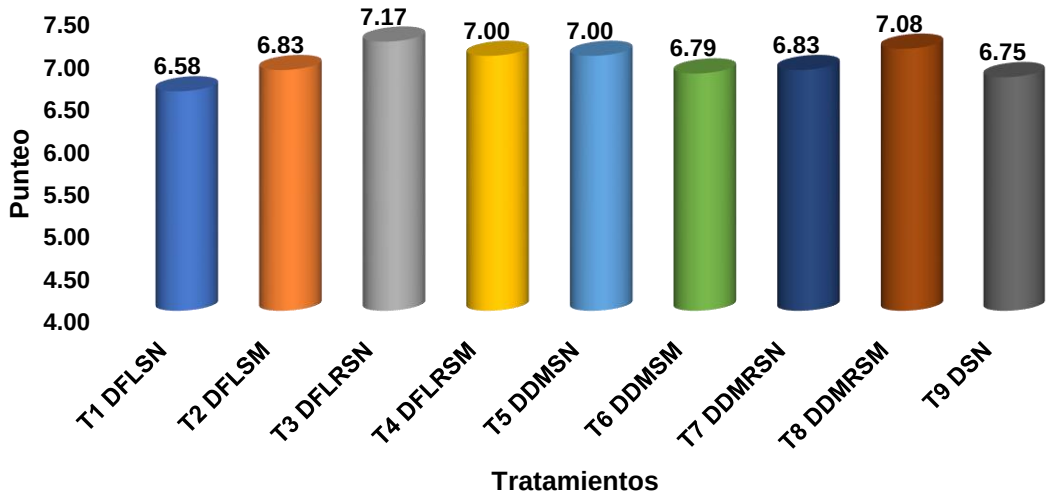


Figura 9. Variable balance

Los resultados, en cuanto a la variable balance, se muestran en la figura 9, dando como resultado una media de 7.17 puntos en el análisis de catación que corresponde al tratamiento T3 DFLRSN, seguido con una media de 7.08 puntos en el análisis de catación el tratamiento T8 DDMRSM.

7.9. Preferencia o apreciación

Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable preferencia o apreciación.

Cuadro de Análisis de la Varianza						
					F TABULADA	
F.V.	SC	gl	CM	F	0.05	0.01
Tratamientos	1.01	8	0.13	2.24	2.51	3.71
Error	1.01	18	0.06			
Total	2.03	26				

C.V. = 3.37%

C.V. = Coeficiente de variación en porcentaje.

N.S. = No significancia

De acuerdo con el análisis de varianza que se muestra en el cuadro 12, No se obtuvo una diferencia significativa para los niveles de 5% y 1% de significancia para la variable preferencia o apreciación de la muestra de café, sin embargo al aplicar la separación de

medias DGC, se encuentra diferencia estadística entre el testigo absoluto y el resto de tratamientos, tal y como se muestra en el cuadro 13.

Cuadro 13. Agrupación según prueba múltiple de medias DGC al 5% de significancia para la variable preferencia o apreciación.

Tratamientos	Medias	Grupos DGC	
T8 DDMRSM	7.33	A	
T3 DFLRSN	7.25	A	
T5 DDMSN	7.13	A	
T6 DDMSM	7.13	A	
T7 DDMRSN	7.04	A	
T4 DFLRSM	7.04	A	
T9 DSN	6.96	A	
T2 DFLSM	6.92	A	
T1 DFLSN	6.63		B

Al analizar los datos, se muestra que todos los tratamientos superan al testigo T1 DFLSN sin embargo los tratamientos T8 DDMRSM y T3 DFLRSN son las mejores medias, en la figura 9 se muestra la diferencia entre tratamientos.

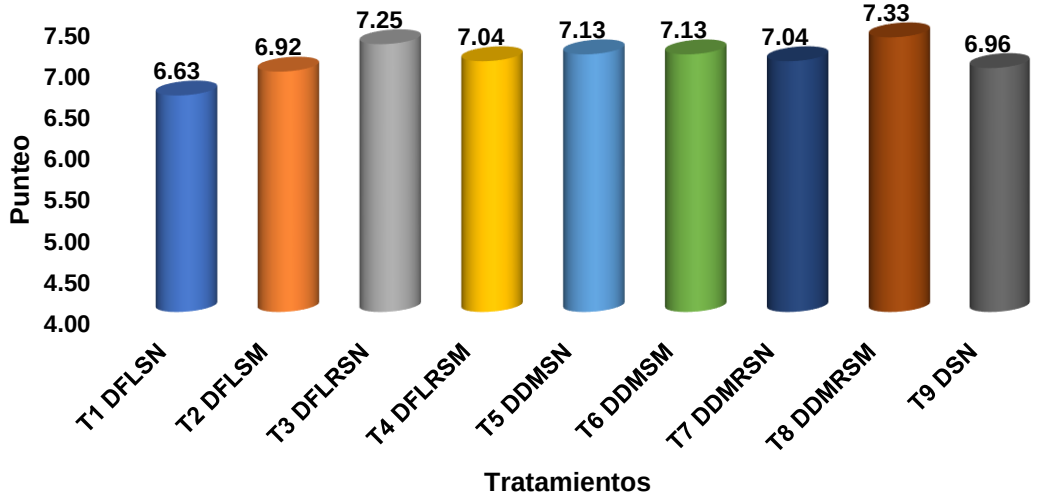


Figura 10. Variable preferencia o apreciación

Los resultados, en cuanto a la variable preferencia o apreciación, se muestran en la figura 10, dando como resultado una media de 7.33 puntos en el análisis de catación que corresponde al tratamiento T8 DDMRSM, seguido con una media de 7.25 puntos en el

análisis de catación el tratamiento T3 DFLRSN, los cuales indican los mejores resultados, siendo estas las dos mejores medias en cuanto a los demás tratamientos respecto a la variable cuerpo, al comparar con el testigo T1 DFLSN la diferencia es de 0.7 y 0.62 puntos entre las dos mejores medias, sin embargo desde la variable rendimiento de café maduro a pergamino, estas medias fueron las mejores esto se podría explicar cómo el arrastre de efecto positivo por el proceso que tienen en común el cual es el reposo.

7.10. Punteo total en el perfil de taza del análisis de catación

El punteo total es la suma de todas las variables analizadas en el análisis de catación tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Cuadro 14: punteos obtenidos por cada repetición de cada tratamiento en el perfil de taza del análisis de catación.

PUNTEO POR VARIABLE, POR REPETICION DEL ESTUDIO

		Aroma			Sabor			Pgusto			Acidez			Cuerpo			Balance		
No.	TRAT	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	T1 DFLSN	6.88	7.00	6.62	7.12	6.75	6.88	6.75	6.50	6.25	7.12	6.75	6.62	6.75	7.00	6.38	6.62	6.75	6.38
2	T2 DFLSM	6.75	6.75	6.50	6.88	7.85	7.00	6.50	7.00	6.75	7.12	7.15	7.00	7.00	7.00	6.75	6.50	7.00	7.00
3	T3 DFLRSN	7.25	7.00	7.00	7.25	7.00	7.50	7.00	6.75	7.25	7.00	7.00	7.50	7.25	7.00	7.25	7.00	7.00	7.50
4	T4 DFLRSM	7.25	7.00	6.80	7.00	7.25	7.15	6.75	7.00	7.00	7.00	7.12	7.25	7.00	7.00	7.00	7.00	6.75	7.25
5	T5 DDMSN	7.12	7.25	7.00	7.25	7.25	7.00	7.00	7.00	6.62	7.38	7.25	6.88	7.25	7.25	6.75	7.25	7.00	6.75
6	T6 DDMSM	7.00	7.25	6.75	7.12	7.25	7.25	6.88	7.00	7.00	7.12	7.25	7.25	7.00	6.50	7.00	6.88	6.50	7.00
7	T7 DDMRSN	7.50	6.88	6.88	7.50	6.88	6.88	7.25	6.75	6.75	7.62	7.12	7.25	7.25	6.88	6.75	7.00	6.75	6.75
8	T8 DDMRSM	7.50	7.00	7.25	7.88	7.25	7.25	7.50	7.00	7.00	7.88	7.25	7.25	7.50	7.25	7.00	7.25	7.00	7.00
9	T9 DSN	7.50	7.25	7.12	7.00	7.00	7.25	6.75	6.75	6.62	7.00	7.00	7.25	7.00	7.25	7.12	6.50	7.00	6.75

		Apreciacion			Uniformidad			Limpieza			Dulzura			Defectos			PUNTEO TOTAL		
No.	TRAT	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	T1 DFLSN	6.75	6.75	6.38	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0.00	0.00	0.00	78.00	77.50	75.50
2	T2 DFLSM	6.50	7.25	7.00	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0.00	0.00	0.00	77.25	80.00	78.00
3	T3 DFLRSN	7.25	7.00	7.50	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0.00	0.00	0.00	80.00	78.75	81.50
4	T4 DFLRSM	7.00	6.88	7.25	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0.00	0.00	0.00	79.25	79.00	79.70
5	T5 DDMSN	7.38	7.25	6.75	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0.00	0.00	0.00	80.62	80.25	77.75
6	T6 DDMSM	6.88	7.25	7.25	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0.00	0.00	0.00	78.88	79.00	79.50
7	T7 DDMRSN	7.25	6.88	7.00	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0.00	0.00	0.00	81.38	78.12	78.25
8	T8 DDMRSM	7.50	7.25	7.25	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0.00	0.00	0.00	83.00	80.00	80.00
9	T9 DSN	7.00	7.00	6.88	10	10	10	10	10	10	10	10	10	0.00	0.00	0.00	78.75	79.25	79.00

En cada repetición se analizaron las mismas variables, por lo tanto, el promedio obtenido de las tres repeticiones, representa el punteo promedio total de cada tratamiento el cual se describe en el cuadro 15.

Cuadro 15: Promedio de punteo total del perfil de taza del análisis de catación obtenida por cada tratamiento.

No.	TRAT	Prom. Punteo	Dictamen técnico
1	T1 DFLSN	**77**	**Duro**
2	T2 DFLSM	**78.4**	**Duro**
3	T3 DFLRSN	**80.1**	**Estrictamente duro**
4	T4 DFLRSM	**79.3**	**Duro**
5	T5 DDMSN	**79.5**	**Duro**
6	T6 DDMSM	**79.1**	**Duro**
7	T7 DDMRSN	**79.3**	**Duro**
8	T8 DDMRSM	**81**	**Estrictamente duro**
9	T9 DSN	**79**	**Duro**

A pesar que en el punteo promedio la diferencia entre el T1 DFLSN considerado como testigo relativo, comparado con los dos mejores entre los que están T3 DFLRSN con 80.10 puntos promedio de calidad y que involucra los procesos de despulpado, fermentado, lavado, un periodo de 24 horas de reposo y secado al patio, el T8 DDMRSM con 81 puntos de calidad y que involucra despulpado, desmucilaginado mecánico, reposo por 24 horas y secado mecánico, es de 3.10 y 4 puntos, se hace necesario realizar el ANDEVA y con ello determinar si existe diferencia estadística.

Cuadro 16: Análisis de varianza para la variable punteo total análisis de catación.

Cuadro de Análisis de la Varianza						
					F TABULADA	
F.V.	**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**0.05**	**0.01**
Tratamientos	28.95	8	3.62	2.2	**2.51**	**3.71**
Error	29.61	18	1.65			
Total	58.57	26				

C.V. = 1.62%

C.V. = Coeficiente de variación en porcentaje.

N.S. = No significancia

De acuerdo con el análisis de varianza que se muestra en el cuadro 16, No se obtuvo una diferencia significativa para los niveles de 5% y 1% de significancia para la variable punteo total análisis de catación de la muestra de café, como en la variable preferencia, al aplicarle una separación de medias DGC existe diferencia entre el testigo T1 DFLSN y el resto de tratamientos tal y como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 17. Agrupación según prueba múltiple de medias DGC al 5% de significancia para la variable punteo total.

Tratamientos	Medias	Grupos DGC	
T8 DDMRSM	81	A	
T3 DFLRSN	80.08	A	
T5 DDMSN	79.54	A	
T4 DFLRSM	79.32	A	
T7 DDMRSN	79.25	A	
T6 DDMSM	79.13	A	
T9 DSN	79	A	
T2 DFLSM	78.42	A	
T1 DFLSN	77		B

En la separación de medias DGC todos los tratamientos superan al testigo, sin embargo, los tratamientos T8 DDMRSM y T3 DFLRSN se toman como los mejores ya que son las únicos que superan los 80 puntos que según Orellana (2015), a partir de ese momento se convierte en un café especial.

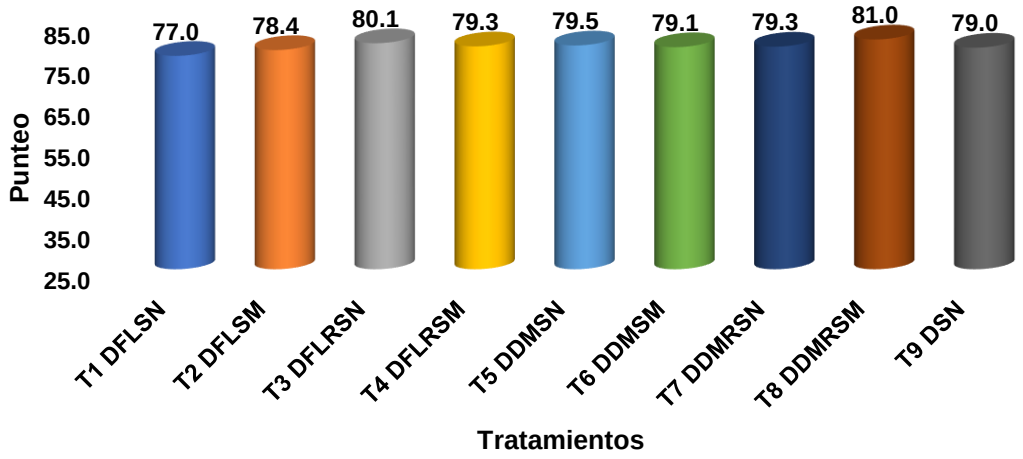


Figura 11. Variable punteo total análisis de catación.

Los resultados, en cuanto a la variable punteo total de análisis de catación, se muestran en la figura 11, dando como resultado una media de 81 puntos al tratamiento T8 DDMRSM, seguido con una media de 80.1 puntos totales en el análisis de catación el tratamiento T3 DFLRSN, siendo estas las dos mejores medias en cuanto a los demás tratamientos respecto al puteo total obtenido por cada tratamiento.

Sin embargo, considerando que todos los tratamientos superaron al testigo y que dentro de los tratamientos existen procesos que hacen diferencia en cada uno de ellos tales como: fermentado y desmucilaginado, reposo, secado natural (al patio) y secado mecánico, es necesario realizar un arreglo de contrastes ortogonales para determinar cuál de los procesos genera estadísticamente una diferencia real dentro de los tratamientos evaluados. Como se describe en los cuadros 18 y 19.

Cuadro 18. Subhipotesis de arreglo de contrastes ortogonales.

	CONTRASTES	T1 DFLSN	T2 DFLSM	T3 DFLRSN	T4 DFLRSM	T5 DDMSN	T6 DDMSM	T7 DDMRSN	T8 DDMRSM	T9 DSN
C1	T1 DFLSN = T2 DFLSM + T3 DFLRSN + T4 DFLRSM + T5 DDMSN + T6 DDMSM + T7 DDMRSN + T8 DDMRSM + T9 DSN	-8	1	1	1	1	1	1	1	1
C2	T7= T2 DFLSM + T3 DFLRSN + T4 DFLRSM + T5 DDMSN + T6 DDMSM + T8 DDMRSM + T9 DSN	0	1	1	1	1	1	-7	1	1
C3	T4 DFLRSM = T2 DFLSM + T3 DFLRSN + T5 DDMSN + T6 DDMSM + T8 DDMRSM + T9 DSN	0	1	1	-6	1	1	0	1	1
C4	T9 DSN = T2 DFLSM + T3 DFLRSN + T5 DDMSN + T6 DDMSM + T8 DDMRSM	0	1	1	0	1	1	0	1	-5
C5	T2 DFLSM = T3 DFLRSN + T5 DDMSN + T6 DDMSM + T8 DDMRSM	0	-4	1	0	1	1	0	1	0
C6	T5 DDMSN = T3 DFLRSN + T6 DDMSM + T8 DDMRSM	0	0	1	0	-3	1	0	1	0
C7	T3 DFLRSN = T6 DDMSM + T8 DDMRSM	0	0	-2	0	0	1	0	1	0
C8	T8 DDMRSM = T6 DDMSM	0	0	0	0	0	1	0	-1	0

Cuadro 19. Comparación de contrastes ortogonales.

CONTRASTES ORTOGONALES							
Tratamientos	**Contraste**	**E.E.**	**SC**	**gl**	**CM**	**F**	**p-valor**
Contraste1	**19.73**	**6.28**	**16.23**	**1**	**16.23**	**9.86**	**0.006**
Contraste2	**1.73**	**5.54**	**0.16**	**1**	**0.16**	**0.1**	**0.758**
Contraste3	**1.27**	**4.8**	**0.11**	**1**	**0.11**	**0.07**	**0.795**
Contraste4	**3.17**	**4.06**	**1**	**1**	**1**	**0.61**	**0.445**
Contraste5	**6.08**	**3.31**	**5.55**	**1**	**5.55**	**3.37**	**0.083**
Contraste6	**1.59**	**2.57**	**0.63**	**1**	**0.63**	**0.38**	**0.543**
Contraste7	**-0.04**	**1.81**	**0.0008**	**1**	**0.0008**	**0.00049**	**0.983**
Contraste8	**-1.87**	**1.05**	**5.26**	**1**	**5.26**	**3.2**	**0.091**
Total			**28.95**	**8**	**3.62**	**2.2**	**0.079**

En el cuadro 19 se muestran los resultados del cálculo de las 8 su hipótesis que se formularon mediante el análisis de contrastes ortogonales, en donde el p-valor del

contraste uno correspondiente a la comparación del tratamiento testigo T1 DFLSN, es menor que la F calculada indicando que es diferente a los demás tratamientos por lo tanto su proceso de postcosecha no genera los mismos resultados.

Mientras en las ecuaciones siguientes se muestra como al comparar la variable desmucilaginado mecánico y fermentado, así como secado mecánico y secado natural (al patio), estos son estadísticamente iguales.

Basado a esto se indica que uno de los procesos que más influye en la calidad del café es el periodo de 24 horas de reposo en agua limpia que se le otorgo a los tratamientos, confirmando lo que Carbonell y Villanova (1967) citado por Anacafé (2005) y Santos (2015) estudiaron, además se determina que desmucilaginar o fermentar y secar de forma mecánica o natural (al patio), no influye directamente en la calidad del fruto, pero si en la eficiencia del trabajo.

Por otro lado, todos los métodos que consideraron el desmucilaginado mecánico, superan al testigo relativo por lo que se concluye que, en café lavado, el desmucilaginado no genera ninguna pérdida de calidad de taza ni defectos físicos siempre y cuando se tenga el cuidado necesario de usar el equipo adecuado y calibrado al tamaño del grano.

7.11. Otras variables

Otras variables estudiadas en el análisis de catación son: uniformidad, taza limpia y dulzura, a las cuales no se les realizó ANDEVA, debido a que la media de todos los tratamientos, es igual a 10 puntos, otra variable es defectos encontrados en los granos, que al igual que las anteriores no se analizó, por ser la media de todos los tratamientos cero (0), por lo tanto, todos los tratamientos son iguales.

7.12. Consumo de agua

Como se documenta en el marco teórico, existen beneficios de alto consumo de agua, en la actualidad, uno de los requerimientos básicos en la postcosecha del cultivo del café, es la utilización eficiente del vital líquido, por tal razón en el cuadro siguiente se describe el volumen de agua utilizado por tratamiento.

Cuadro 20: Consumo de agua en m^3 por cada 45.45 kg de café pergamino seco.

ABREVIATURA	m3 de agua * Postcosecha	m3 de agua * reposo	m3 de agua total * Tratamiento
T1 DFLSN	0.400	0.000	0.400
T2 DFLSM	0.400	0.000	0.400
T3 DFLRSN	0.400	0.167	0.567
T4 DFLRSM	0.400	0.167	0.567
T5 DDMSN	0.023	0.000	0.023
T6 DDMSM	0.023	0.000	0.023
T7 DDMRSN	0.023	0.172	0.195
T8 DDMRSM	0.023	0.172	0.195
T9 DSN	0.002	0.000	0.002

En el cuadro 20 se muestra el consumo de agua, como se muestra en la columna dos, el volumen utilizado es para todos los tratamientos, la cual se usa en el despulpado, lavado después de 36 horas de fermento y/o desmucilaginado, pero en la columna tres, el consumo que se muestra es únicamente para los tratamientos que dentro de sus procesos llevan un periodo de 24 horas de reposo, por tal razón el total de m^3 utilizados de agua es mayor.

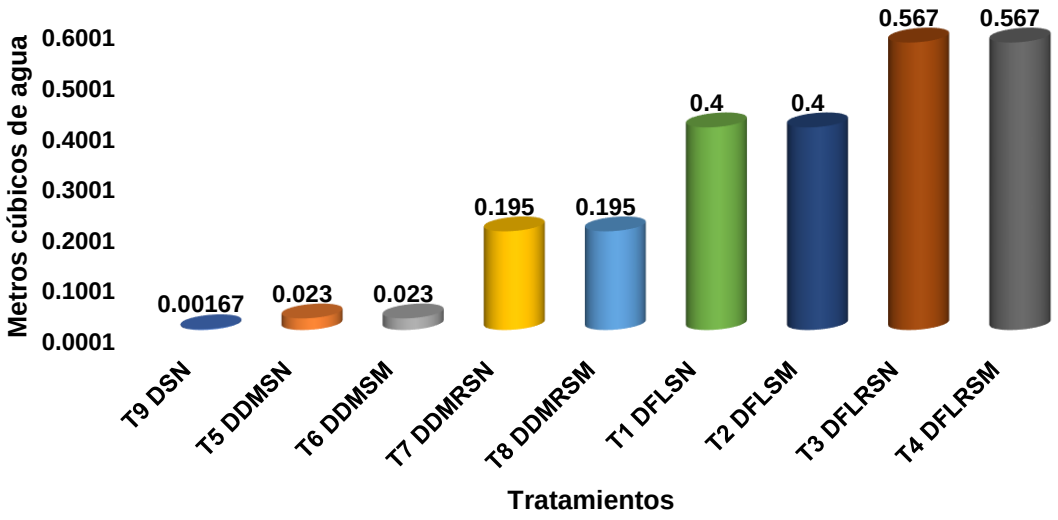


Figura 12. Consumo de agua por cada 45.45 kg de café pergamino seco.

Como se muestra en la figura 12, los tratamientos con mayor consumo de agua son T3 FLRSN y T4 FLRSM con o.57 m^3 consumidos de agua por cada 45.45 kilogramos de café pergamino seco, en el caso del T9 DSN el consumo es de 0.00167 m^3 consumidos de agua por cada 45.45 kilogramos de café pergamino seco.

Haciendo el análisis es necesario recordar que este tratamiento únicamente tiene el proceso de despulpado y no posee remoción del mucilago, estos cafés melados forman un nicho de mercado diferente, sin embargo, la mayor parte del café de Guatemala son lavados por tal razón el tratamiento T5 DDMSN y T6 DDMSM, son una alternativa para productores que posean limitación en el recurso hídrico, en el promedio del punteo total.

A pesar de no haber una diferencia estadística con el resto de tratamientos si no únicamente con el testigo relativo, el T8 DDMRSM posee la mejor media con 81 puntos en análisis de catación y un consumo de agua de 0.195 m^3 de agua por cada 45.45 kilogramos de café pergamino seco, esto indica que tanto la calidad como el bajo consumo de agua hacen que el tratamiento sea mejor que el resto, una ventaja que manifiestan los tratamientos que tienen 24 horas de reposo, es que el agua es aun utilizable en el despulpado o recirculado.

7.13. Horas de secado por partida

Guatemala tiene la característica de poseer diferentes microclimas, por lo que el tiempo de secada juega un papel importante, en el caso de la secadora tipo caja de flujo contínuo utilizada para el ensayo, posee un rango de secado por partida de 9 a 12 horas, en el siguiente cuadro se muestran los resultados.

Cuadro 21: Horas de secado por partida de café pergamino seco.

ABREVIATURA	PROMEDIO DE HORAS DE SECADO
T1 DFLSN	46
T2 DFLSM	12
T3 DFLRSN	44
T4 DFLRSM	11
T5 DDMSN	44
T6 DDMSM	11
T7 DDMRSN	42
T8 DDMRSM	10
T9 DSN	82

En cuanto al tiempo de secado, el tratamiento T9 DSN posee el promedio mayor de secamiento con una media de 82 horas, la característica de dicho tratamiento es que el no posee un proceso de remoción de mucilago, lo que complica su secado. Sin embargo, todos los tratamientos con secado mecánico poseen el menor número de horas de secado.

Dentro de ellos el T8 DDMRSM cuenta con una diferencia sobre el testigo de 36 horas de secado y como en el punto total se pudo observar, posee una diferencia de 4 puntos en análisis de catación con respecto al testigo, esto indica que puede usarse sin que la calidad se vea afectada, como ya se demostró en el análisis de contrastes ortogonales, el sistema de secamiento no afecta la calidad.

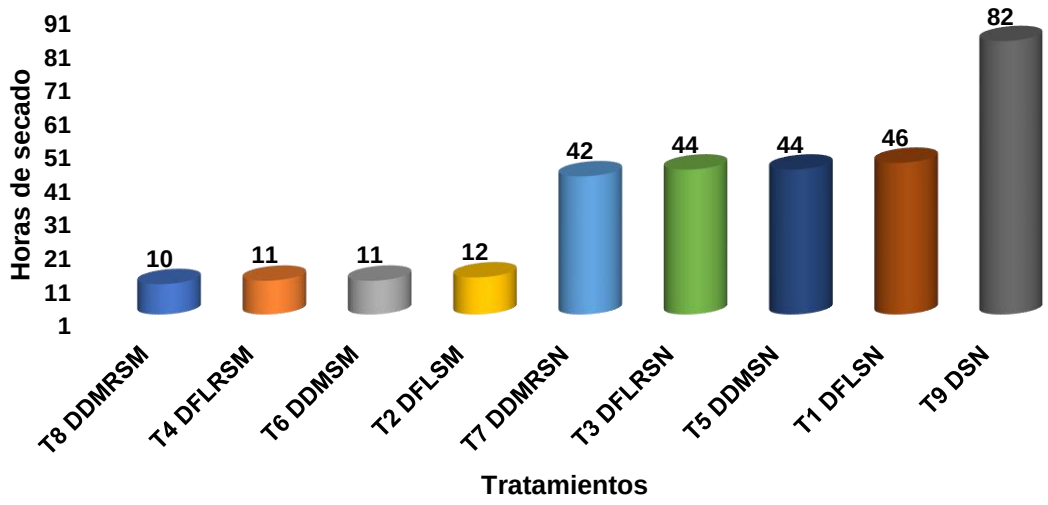


Figura 13: Horas de secado por partida de café pergamino seco.

La figura 13 muestra el tiempo de secado para cada tratamiento, en donde T8 DDMRSM, posee el menor tiempo de secado, método que podría utilizarse como alternativa en climas fríos y lluviosos donde se cultiva café.

7.14. Costos de operación de los métodos de beneficiado húmedo de café

Cuadro 22. Análisis para la variable control de costos de operación.

COSTOS POR METODO DE BENEFICIADO HUMEDO POR QUINTAL ORO									
	T3 DFLRSN	**T8 DDMRSM**	**T6 DDMSM**	**T7 DDMRSN**	**T5 DDMSN**	**T1 DFLSN**	**T4 DFLRSM**	**T2 DFLSM**	**T9 DSN**
MATERIA PRIMA	**Q804.08**	**Q852.61**	**Q859.95**	**Q822.08**	**Q828.08**	**Q828.08**	**Q877.95**	**Q886.88**	**Q828.08**
Compra de café	Q804.08	Q810.08	Q810.08	Q822.08	Q828.08	Q828.08	Q828.08	Q834.08	Q828.08
Gas (Secado Mecánico)	Q0.00	Q42.53	Q49.87	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q49.87	Q52.80	Q0.00
PROCESO	**Q60.67**	**Q15.33**	**Q10.22**	**Q53.32**	**Q53.51**	**Q57.76**	**Q17.38**	**Q12.27**	**Q95.31**
Beneficiado y lavado	Q7.16	Q5.11	Q5.11	Q5.11	Q5.11	Q7.16	Q7.16	Q7.16	Q5.11
Reposo	Q5.11	Q5.11	Q0.00	Q5.11	Q0.00	Q0.00	Q5.11	Q0.00	Q0.00
secado Mecánico	Q0.00	Q5.11	Q5.11	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q5.11	Q5.11	Q0.00
Secado Natural (Patio)	Q48.40	Q0.00	Q0.00	Q43.10	Q48.40	Q50.60	Q0.00	Q0.00	Q90.20
COSTO TOTAL	**Q864.75**	**Q867.94**	**Q870.17**	**Q875.40**	**Q881.59**	**Q885.84**	**Q895.33**	**Q899.15**	**Q923.39**
% RELATIVO DEL COSTO	**97.62%**	**97.98%**	**98.23%**	**98.82%**	**99.52%**	**100.00%**	**101.07%**	**101.50%**	**104.24%**

El costo tiende a variar para cada tratamiento, ya sea en las horas de secado o bien en la relación de café maduro a pergamino, esto se manifiesta en el T3 DFLRSN donde el costo total es el mejor, esto a causa que su relación de maduro (café cereza) a pergamino es mejor, seguido únicamente del T8 DDMRSM que también su relación café maduro a pergamino es más baja en comparación al resto de tratamientos tal y como se muestra en la figura 13 y 14

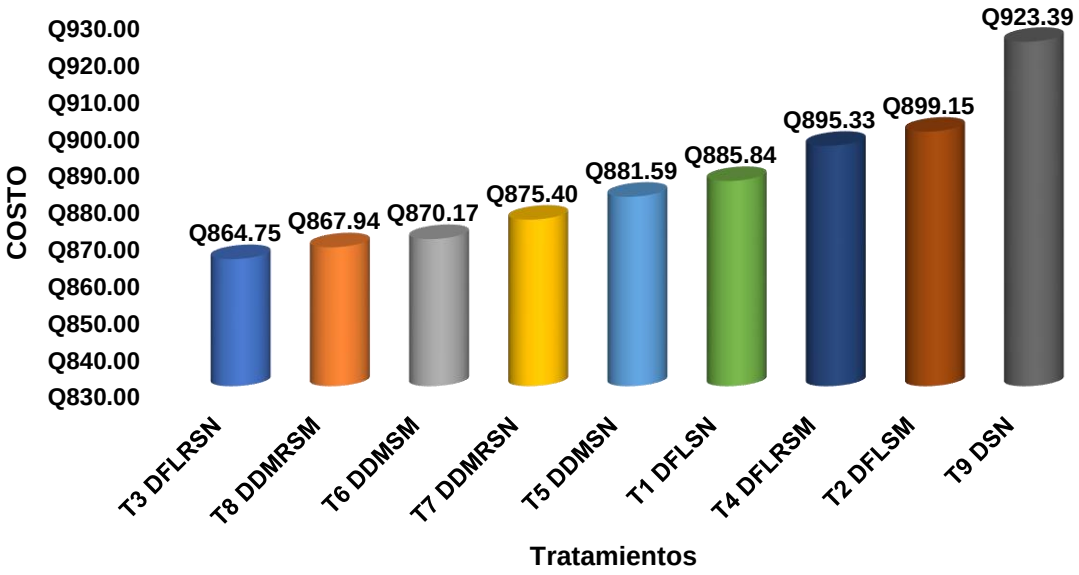


Figura 14: Costo total por tratamiento.

Sin embargo, al analizar los costos de procesos únicamente, suele suceder que los tratamientos más económicos no son precisamente los mejores tal y como se muestra en la figura 15.

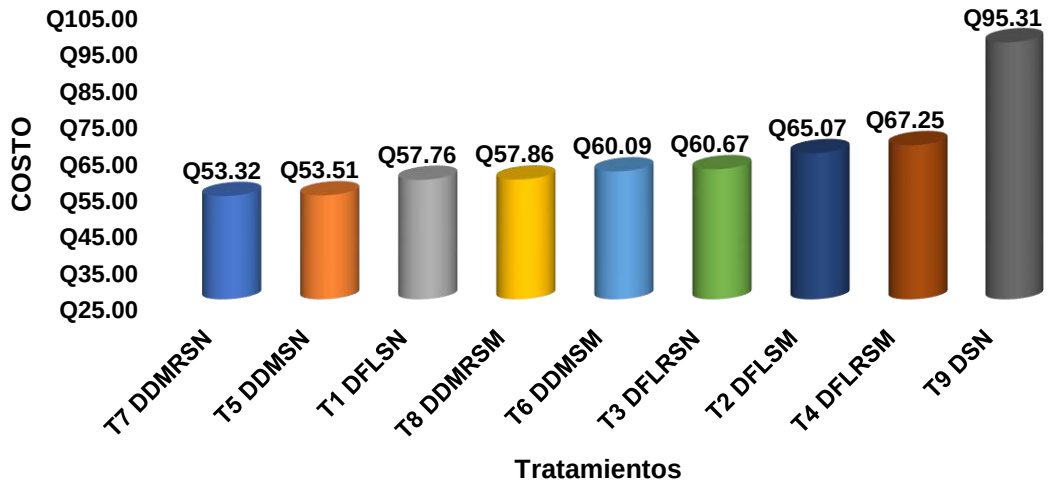


Figura 15: Costo por tratamiento de beneficiado húmedo.

En la figura 15, se puede apreciar como los tratamientos que dentro de su proceso consideran secado mecánico en común, son los del menor costo para el productor, entre ellos se puede mencionar el tratamiento T6 DDMSM en cual su costo de proceso es de Q10.22 ya que ce solo sale del desmucilaginador y pasa a la secadora tipo caja de flujo de aire continuo.

Por otro lado, la determinación del análisis económico facilita determinar el costo total de cada método de beneficiado, y con ello el productor de café, podrá elegir que método le es más factible para utilizar.

Necesario mencionar que el costo varía relativamente poco entre cada tratamiento, sin embargo, los tratamientos que consideran desmucilaginado mecánico y/o secado mecánico, tienen la capacidad de operar en áreas de baja disponibilidad de agua, temperaturas bajas para el secado del grano de café y responder más rápido al mercado ya que en 24 horas podrían disponer de una partida de café entre el 10-12% de humedad lista para comercializarla.

VIII. CONCLUSIONES

1. Dentro de las características físicas del grano se consideraron variables como rendimiento de café maduro a pergamino, rendimiento de café pergamino a oro y defectos ocasionados por la maquinaria tales como granos quebrados o raspados, en cuanto a las primeras dos variables, se encontró que los tratamientos T3 DFLRSN, T6 DDMSM y T8 DDMRSM, fueron los mejores, en cuanto a defectos ocasionados por la maquinaria, no se encontraron.

2. Las características organolépticas, son las que determinan la calidad de taza o perfil de taza de un café, por lo tanto las variables estudiadas dan como resultado el punteo total de la muestra y donde los resultado obtenidos demuestran que los dos mejores métodos de postcosecha son T8 DDMRSM con 81 puntos en calidad de taza y clasificado como estrictamente duro y T3 DFLRSN con 80.10 puntos en calidad de taza y clasificado como estrictamente duro.

3. En cuanto a las horas de secado, el tratamiento T8 DDMRSM necesito 10 horas para obtener una partida de café pergamino seco, a un porcentaje de 10-12% de humedad listo para ser comercializado o bien almacenado, considerado como una ventaja, mientras que el tratamiento T3 DFLRSN necesitó 44 horas, la desventaja de dicho método es que depende de las condiciones del tiempo (lluvia, horas sol etc) para lograr llevar una partida de 10 a 12% de humedad.

4. En cuanto al costo total, los dos mejores son T3 Despulpado, Fermentado, Lavado, Reposo y Secado Natural (patio) (DFLRSN) con 2.38% y T8 Despulpado, Desmucilaginado, Reposo y Secado Mecánico (DDMRSM) con 2.02% menos costo que el testigo T1 Despulpado, Fermentado, Lavado, Secado Natural (patio) (DFLSN), teniendo en cuenta que tienen 3.1 y 4 puntos más que el testigo, indicando ser mejores.

IX. RECOMENDACIONES

1. En cuanto a las características físicas, se recomienda el uso de maquinaria de postcosecha ya que no afecta los rendimientos y no genera defectos tales como daños quebrados y raspados por la maquinaria, sin embargo, se recomienda realizar la fase de reposo ya que los métodos sometidos a dicho proceso, presentan rendimientos adecuados tanto de café maduro a pergamino y de café pergamino a oro.

2. En cuanto a calidad se recomiendan los métodos T3 DFLRSN ya que obtuvo 80.10 puntos en calidad de taza y un dictamen técnico estrictamente duro y T8 DDMRSM que obtuvo 81 puntos en calidad de taza y un dictamen técnico estrictamente duro, además se recomienda que en dichos métodos se mantenga el reposo, ya que es el único proceso que genera diferencia en cuanto a calidad.

3. El método T8 DDMRSM, se recomienda para fincas que modernizaran o instalaran un nuevo sistema de beneficiado húmedo y que dispongan de poca agua para beneficiar o ubicadas en áreas donde las horas luz al día se ven afectadas por efectos del tiempo tales como días nublados o precipitaciones, ya que por ser un sistema tecnificado, el proceso de desmucilaginado y secado mecánico, les permitirán adaptarse mejor a las condiciones, el T3 DFLRSN, se recomienda para áreas con suficiente agua o beneficios ya implementados como tradicionales y que deban únicamente implementar el proceso de reposo para mejorar su calidad.

4. En cuanto a los costos se recomienda el tratamiento T8 DDMRSM con Un costo de Q867.94 (97.98% del costo del tradicional) y e T3 DFLRSN con un costo de Q864.75 (97.62% del costo del tradicional), siendo los dos mejores a implementar en el sistema de beneficiado húmedo de café.

X. BIBLIOGRAFIA

ANACAFÉ. (2,014). Guía Técnica de Caficultura (Segunda edición, enero 2,014 ed.). Guatemala: Asociación nacional del café Guatemala.

Anzueto, F. (2009). Postcosecha y calidad del café enfocado a la calidad. Guatemala, Asociación Nacional del Café.

Anzueto, F. (2015). Variedades de café (Coffea arábica) (Entrevista). Guatemala, Asociación Nacional del Café.

Arcila, J. (2007). Factores que determinan la productividad en un cafetal. Colombia, Federación de cafeteros. 26p.

Cenicafé (2007). Sistemas de producción de café en Colombia. Colombia. Centro de investigaciones en café. 255p.

Díaz, E. (2006). Efecto del reposo de café pergamino lavado, en agua limpia, con dos variedades comerciales, respecto a la calidad de taza. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala URL. 68 p.

Duarte, M. (2013). Importancia económica de la caficultura para el país (Exposición congreso de la caficultura). Guatemala, Asociación Nacional del Café.

Girón, J. (2015). Sistema radicular del café (Entrevista). Guatemala, Asociación Nacional del Café.

Morales, P. (2010). Informe, prácticas profesionales agrícolas supervisadas. Centro de educación media agropecuaria del suroriente. 60p.

Quinteros, J. (2009). Cafes lavados y la importancia de la postcosecha. Colombia. Centro de investigaciones en café. 25p

Santos, D. (2015). Sistematización del proceso postcosecha del Café (entrevista). Guatemala, Asociación Nacional del Café.

Orellana, E. (2015). Análisis de Catación de la bebida del café (Entrevista). Guatemala, Asociación Nacional del Café.

Sitúan, M. (2001). Guía de estudio, Investigación agrícola. Escuela nacional central de agricultura. 137p.

Severo, I. (2007). Caracterización Morfológica y agronómica de la colección núcleo de café. Catie. 117p

XI. ANEXOS

10.1. Detalle de la unidad experimental

T6	T8	T6
T3	T8	T7
T7	T1	T2
T4	T3	T9
T5	T5	T1
T6	T9	T7
T4	T8	T4
T5	T1	T3
T2	T9	T2

Tratamientos	9
Repeticiones	3

Cada repeticion tendra un total de 23 kg de café maduro

Figura 16. Diagrama de los tratamientos.

Figura 17. Maquinaria de beneficiado húmedo con desmucilaginadora integrada Jotagayo.

Figura 18. Despulpado de tratamientos en maquinaria de beneficiado húmedo con desmucilaginadora integrada Jotagayo.

Figura 19. Secadora Jotagayo.

Figura 20. Secado de tratamientos en secadora Jotagayo.

Figura 21. Muestras preparadas y realizando análisis de catación en el laboratorio.