

**Estrategia de mejoramiento para el proceso de fermentación del *Theobroma cacao l.* para la finca la Solita de la Asociación de Cacaoteros de Belén de Umbría (ASOCACAO B.U.)
En Risaralda**

Diana Carolina Meza Sepúlveda

**Universidad Tecnológica de Pereira
Facultad de Tecnologías
Maestría en Desarrollo Agroindustrial
Pereira
2017**

**Estrategia de mejoramiento para el proceso de fermentación del *Theobroma cacao l.* para la finca la Solita de la Asociación de Cacaoteros de Belén de Umbría (ASOCACAO B.U.)
En Risaralda**

Diana Carolina Meza Sepúlveda

Trabajo de grado para optar el título de Magister en Desarrollo Agroindustrial

**Directora: Lina María Suárez Guzmán
Magíster en Ciencia e Ingeniería de Alimentos**

**Universidad Tecnológica de Pereira
Facultad de Tecnologías
Maestría en Desarrollo Agroindustrial
Pereira
2017**

Resumen

Buscando dar cumplimiento a los requisitos comerciales se identificaron las variables fisicoquímicas pH, Acidez, Cenizas, Humedad, Largo de grano, ancho de grano, peso del grano y prueba de color del proceso de fermentación del *Theobroma Cacao L* realizado por la Finca la Solita única en producción de la Asociación de Cacaoteros de Belén de Umbría ASOCACAO BU de Risaralda, que está acorde a las recomendaciones de FEDECACAO, a excepción del corte de la mazorca que la realizan en ambos extremos horizontalmente.

El proceso de fermentación de la Finca la Solita se realizó en dos unidades experimentales la primera en la misma finca y la segunda en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira, que arrojaron como resultado que estadísticamente no hay diferencia significativa con una significancia del 95% respecto al sitio de fermentación para los parámetros analizados.

Posteriormente se propuso una metodología de fermentación del *Theobroma Cacao L* que permite desde el quinto día de fermentación obtener el color café deseado por los compradores de *Theobroma Cacao L* y además se obtuvo un lixiviado posible coproducto que podría ser aprovechado. Los resultados de los parámetros fisicoquímicos evaluados bajo la metodología propuesta fueron que el grano de *Theobroma cacao L* tenía un color café, un peso mayor a 1.5 gramos, una acidez menor a 2.09, un pH inferior a 5.11, desde el quinto día ya se terminó la fermentación y puede ser pasado a secado.

Palabras claves: *Theobroma Cacao L*, fermentación, FEDECACAO, beneficio del cacao, cacaocultor.

Abstract

In order to comply with the commercial requirements, the physicochemical variables pH, Acidity, Ash, Moisture, Length of grain, grain width, grain weight and color test of the Theobroma Cacao L fermentation process made by Finca la Solita were identified. in production of the Association of Cacao Growers of Belén de Umbría ASOCACAO BU of Risaralda, which is in accordance with the recommendations of FEDECACAO, with the exception of the cut of the cob that is made on both ends horizontally.

The fermentation process of Finca la Solita was carried out in two experimental units, the first in the same farm and the second in the facilities of the Technological University of Pereira, which showed that statistically there is no significant difference with a significance of 95% for the parameters analyzed. Subsequently, a methodology of fermentation of Theobroma Cacao L was proposed, which allows from the fifth day of fermentation to obtain the coffee color desired by the buyers of Theobroma Cacao L and in addition a possible co-product leachate was obtained that could be used. The results of the physicochemical parameters evaluated under the proposed methodology were that the grain of Theobroma cacao L had a brown color, a weight greater than 1.5 grams, an acidity lower than 2.09, a pH lower than 5.11, from the fifth day it was already finished the fermentation and can be passed to dry.

Keywords: Theobroma Cacao L, fermentation, FEDECACAO, Benefit of cocoa, cacao grower

Nota de aceptación:

Firma del jurado 1

Firma del jurado 2

Para constancia firmamos en la ciudad de Pereira hoy seis de diciembre de 2017

Agradecimientos

Agradezco a Dios por darme las fuerzas y las herramientas para seguir siempre adelante y culminar con esta gran etapa de mi vida.

A mi familia por siempre brindarme su apoyo y comprensión incondicional.

A mi Directora Lina María Suárez Guzmán por su gran apoyo, consejos e importantes comentarios en la realización de este trabajo de grado.

A la Asociación de productores de cacao de Belén de Umbría ASOCACAO BU, quien me brindó la oportunidad de hacer este trabajo en la Finca La Solita.

A la Universidad Tecnológica de Pereira por el préstamo de las instalaciones de los Laboratorios de química donde se llevó a cabo la parte experimental de este trabajo.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	13
1. Planteamiento del Problema	16
2. Objetivos	19
2.1 Objetivo General	19
2.2 Objetivos Específicos	19
3. Justificación	20
4. Marco Conceptual.....	23
4.1 Breve Historia del Cacao	23
4.2 Condiciones Productivas del Cacao	24
4.2.2 Producción de Cacao	26
4.3 Selección, Cosecha y Fermentación de la Mazorca	26
4.4 Marco Legal En Colombia	29
4.4.1 NTC 1252: 2003.....	29
4.4.2 NTC 5811: 2010.....	31
4.4.3 Resolución 3434 del 28 de noviembre del 2005	31
5. Metodología.	32
5.1 Muestreo No Probabilístico.	32
5.2 Alcance O Delimitación	32
5.3 Delimitación Temática	33
5.4 Delimitación Espacial	33
5.5 Instrumentos a utilizar para la recolección de información	34
5.6 Técnicas de análisis para el tratamiento de los datos	34
6. Resultados y Análisis de Resultados.....	35
6.1 Identificar las condiciones de procesamiento desde la recolección hasta la fermentación del <i>theobroma cacao l.</i>	35
6.1.1 Ficha Técnica de la Encuesta	35
6.1.2 Resultados de la encuesta.....	36
6.1.3 Registro fotográfico del cajón de fermentación en la finca la Solita, Belén de Umbría	38
6.2 Evaluar las condiciones y las variables fisicoquímicas durante la fermentación del <i>theobroma cacao l.</i>	40
6.2.1 Fermentación en la finca la Solita	41
6.2.2 Fermentación en el prototipo ubicado en las Instalaciones de la Universidad	41

Tecnológica de Pereira	43
6.3 Definir la metodología de fermentación del <i>theobroma cacao l.</i>	55
6.3.1 Metodología propuesta en la Finca la Solita	56
6.3.2 Metodología propuesta en las Instalaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira	58
Prueba De Corte Ensayo Prototipo Universidad Tecnológica de Pereira- Metodología Propuesta.....	58
7. Conclusiones	71
8. Recomendaciones	72
9. Bibliografía	73
Anexo. Instrumento de Diagnóstico	75

Lista de Tablas

	Pág.
<i>Tabla 1. Resumen de las Causas de los Principales Sabores No Deseados.....</i>	17
<i>Tabla 2. Requisitos de comercialización de cacao.....</i>	18
<i>Tabla 3. Norma ICONTEC 1252 Cacao en Grano.....</i>	30
<i>Tabla 4. Metodología para el análisis fisicoquímicos del Theobroma cacao L.....</i>	33
<i>Tabla 5. Instrumento diseñado para diagnosticar las condiciones Iniciales del proceso de Fermentación de la Finca La solita del Municipio de Belén de Umbría Risaralda.....</i>	35
<i>Tabla 6. Resultados de la encuesta del proceso de Fermentación de la Finca La solita del Municipio de Belén de Umbría Risaralda</i>	36
<i>Tabla 7. Condiciones ambientales ensayo de fermentación en la Finca la Solita</i>	41
<i>Tabla 8. Consolidado de datos fermentación en la Finca la Solita modelo de la Asociación de Productores de Belén de Umbría.....</i>	42
<i>Tabla 9. Condiciones ambientales ensayo de fermentación en las Instalaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira</i>	46
<i>Tabla 10. Pruebas de Múltiple Rangos para Temperatura Ambiental por Tratamiento Método: 95,0 porcentaje LSD</i>	48
<i>Tabla 11. Comparativo de Largo, Ancho y peso de grano de la Fermentación realizada en el Finca la Solita Vs. las Instalaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira, modelo Finca la Solita</i>	52
<i>Tabla 12. Comparación de las Metodología de la Finca la Solita en la Finca La Solita Vs UTP</i>	54
<i>Tabla 13. Consolidado de datos fermentación en la Finca la Solita, modelo propuesto.....</i>	56
<i>Tabla 14. Comparación de la Metodología Propuesta Finca la Solita Vs Prototipo Realizadas en la Universidad Tecnológica de Pereira</i>	60
<i>Tabla 15. Prueba de rangos para metodología aplicada por sitio. Método: 95,0 porcentaje LSD</i>	60
<i>Tabla 16. Prueba de Fermentación.</i>	70

Lista de Figuras

Pág.

Figura 1. Cajón de fermentación de la Finca La Solita, Belén de Umbría Risaralda, 2017. Fuente: Construcción propia.....	38
Figura 2. Medidas del cajón de fermentación de la finca La Solita, Belén de Umbría Risaralda, 2017. Fuente: Construcción propia.....	38
Figura 3. Diagrama Del Proceso De Fermentación bajo la metodología de la Asociación de Cacaoteros de Belén de Umbría Risaralda (a) corte, (b) recolección,(c) Apilar mazorcas. Fuente: Construcción propia.....	39
Figura 4. Diagrama Del Proceso De Fermentación bajo la metodología de la Asociación de Cacaoteros de Belén de Umbría Risaralda (d) corte de mazorcas, (e) desguayado, (f) transporte a cajón de fermentación.....	39
Figura 5. Diagrama Del Proceso De Fermentación bajo la metodología de la Asociación de Cacaoteros de Belén de Umbría Risaralda (g) Vaciado al cajón de fermentación, (h) tapado en el cajón de fermentación y (i) volteo en el cajón de fermentación.	40
Figura 6. Fermentación en la finca la Solita Autor: Diana Carolina Meza Sepúlveda, Finca la Solita, Belén de Umbría Risaralda, 2017.....	41
Figura 7. Prueba de corte ensayo finca la solita- Bajo la metodología de Fermentación de la Finca la Solita (a) corte de grano día 1, (b) corte de grano día 2. Fuente: Elaboración propia	43
Figura 8. Prueba de corte ensayo finca la solita- Bajo la metodología de Fermentación de la Finca la Solita (c) corte de grano día 3, (d) corte de grano día 4. Fuente: Elaboración propia	43
Figura 9. Prueba de corte ensayo finca la solita- Bajo la metodología de Fermentación de la Finca la Solita (e) corte de grano día 5, (f) corte de grano día 6. Fuente: Elaboración propia	43
Figura 10. Montaje para fermentación en la Universidad Tecnológica de Pereira. Fuente: Elaboración propia.....	44
Figura 11. Cajón de fermentación en la Universidad Tecnológica de Pereira, ejemplo en el día 4. Fuente: Elaboración propia	44
Figura 12. Cajón de fermentación en la Universidad Tecnológica de Pereira. Fuente: Elaboración propia.....	45
Figura 13. Volteo en el proceso de fermentación. Fuente: Elaboración propia.....	45
Figura 14. Prueba de corte ensayo prototipo UTP- Bajo la metodología de Fermentación de la Finca la Solita (a) corte de grano día 1, (b) corte de grano día 2. Fuente: Elaboración propia	47
Figura 15. Prueba de corte ensayo prototipo UTP- Bajo la metodología de Fermentación de la Finca la Solita (c) corte de grano día 3, (d) corte de grano día 4. Fuente: Elaboración propia	47
Figura 16. Prueba de corte ensayo prototipo UTP- Bajo la metodología de Fermentación de la Finca la (e) corte de grano día 5, (f) corte de grano día 6. Fuente: Elaboración propia	47
Figura 17. Graficas Comparativas Humedad en la Finca la Solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología de la Asociación. Fuente: Elaboración propia.....	49
Figura 18. Graficas Comparativas de Cenizas en la Finca la Solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología de la Asociación. Fuente: Elaboración propia.....	50

<i>Figura 19. Graficas Comparativas de pH en la Finca la Solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología de la Asociación. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 20. Graficas Comparativas de Acidez en la Finca la Solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología de la Asociación. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 21. Graficas Comparativas de Largo del grano en la Finca la Solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología de la Asociación. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 22. Graficas Comparativas de Ancho de Grano en la Finca la Solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología de la Asociación. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 23. Graficas Comparativas de peso de grano en la Finca La solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología de la Asociación. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 24. Proceso de desguayada de la mazorca para escurrido Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>55</i>
<i>Figura 25. Proceso de escurrido de los granos de cacao antes de pasar a cajón de fermentación. Fuente: Elaboración propia.</i>	<i>56</i>
<i>Figura 26. Prueba de corte ensayo prototipo UTP- Bajo la metodología de Fermentación de la Finca la Solita (a) corte de grano día 1, (b) corte de grano día 2. Fuente: Elaboración propia</i>	<i>57</i>
<i>Figura 27. Prueba de corte ensayo prototipo UTP- Bajo la metodología de Fermentación de la Finca la Solita (c) corte de grano día 3, (d) corte de grano día 4. Fuente: Elaboración propia</i>	<i>57</i>
<i>Figura 28. Prueba de corte ensayo prototipo UTP- Bajo la metodología de Fermentación de la Finca la Solita (e) corte de grano día 5, (f) corte de grano día 6. Fuente: Elaboración propia</i>	<i>57</i>
<i>Figura 29. Prueba De Corte Ensayo Prototipo UTP- Bajo la metodología de Fermentación Propuesta (a) corte de grano día 1, (b) corte de grano día 2. Fuente: Elaboración propia</i>	<i>58</i>
<i>Figura 30. Prueba De Corte Ensayo Prototipo UTP- Bajo la metodología de Fermentación Propuesta (c) corte de grano día 3, (d) corte de grano día 4. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 31. Prueba De Corte Ensayo Prototipo UTP- Bajo la metodología de Fermentación (e) corte de grano día 5, (f) corte de grano día 6. Fuente: Elaboración propia</i>	<i>59</i>
<i>Figura 32. Graficas Comparativas de Humedad en la Finca la Solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología propuesta. Fuente: Elaboración propia</i>	<i>61</i>
<i>Figura 33. Graficas Comparativas de Cenizas en la Finca la Solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología propuesta. Fuente: Elaboración propia</i>	<i>61</i>
<i>Figura 34. Graficas Comparativas de pH en la Finca la Solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología propuesta. Fuente: Elaboración propia</i>	<i>62</i>
<i>Figura 35. Graficas Comparativas de Acidez en la Finca la Solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología propuesta. Fuente: Elaboración propia</i>	<i>62</i>
<i>Figura 36. Graficas Comparativas de Largo de grano en la Finca la Solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología propuesta. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 37. Graficas Comparativas de ancho de grano en la Finca la Solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología propuesta. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 38. Graficas Comparativas de peso de grano en la Finca la Solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología propuesta. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 39. Graficas Comparativas de la Humedad. Metodología La Solita Vs Metodología Propuesta. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 40. Graficas Comparativas de Cenizas- Metodología La Solita Vs Metodología Propuesta. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>66</i>

<i>Figura 41. Graficas Comparativas de pH. Metodología La Solita Vs Metodología Propuesta. Fuente: Elaboración propia</i>	<i>66</i>
<i>Figura 42. Graficas Comparativas de Acidez Metodología La Solita Vs Metodología Propuesta. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 43. Graficas Comparativas del Largo de Grano. Metodología La Solita Vs Metodología Propuesta. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 44. Graficas Comparativas del Ancho de Grano. Metodología La Solita Vs Metodología Propuesta. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 45. Graficas Comparativas del peso de Grano. Metodología La Solita Vs Metodología Propuesta. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 46. Prueba de fermentación (a) Vista lateral de probeta (b) vista superior de probeta Fuente: Elaboración propia</i>	<i>70</i>

Introducción

El cacao en el mundo

Información de la ICCO (Organización Internacional del Cacao) reveló que la demanda mundial de cacao ha aumentado a un ritmo anual promedio de 2.5% a través de los últimos 50 años, impulsada por el mercado mundial de productos de confitería de chocolate (United Cacao Limited, 2015).

Sin embargo, la producción mundial del grano no es muy estable, debido a que es muy susceptible a las variaciones climáticas que en los últimos años son cada vez más agresivas. Otro factor que ha afectado la productividad en el cultivo, es que el cacao no se considera una opción atractiva para las nuevas generaciones de jóvenes agricultores. La demanda sí ha crecido a un ritmo anual más estable. Se espera un aumento significativo en la demanda, principalmente en los mercados emergentes como el de chocolates sanos y de primera calidad (Club del Chocolate.com, 2017).

Oferta

El cacao es cultivado de manera exclusiva en una banda geográfica muy angosta y cercana a la línea del Ecuador, debido a sus exigencias climáticas y fluviales. En esta banda podemos encontrar a países de África occidental como Costa de Marfil, y partes de Centro y Sudamérica, y el Sudeste de Asia (United Cacao Limited, 2015).

Demanda

Ahora, es tiempo de hablar del consumidor final, quien se come el chocolate, Cuando se habla de chocolate, casi nadie es capaz de resistirse a sus encantos. Por esta razón, la demanda mundial siempre está en aumento, y con mucha más razón, ahora que los mercados emergentes como el asiático, específicamente China, se ha acercado a este delicioso producto. Anteriormente se mencionó que los principales productores de cacao son los países africanos y sudamericanos, pero a la hora de consumir este manjar, son los suizos quienes se llevan el premio de los mayores consumidores per cápita de este producto, con un consumo anual de 9Kg. Sin embargo, a la hora de fabricar el chocolate, son los Alemanes los mayores productores de chocolate, seguidos de Estados Unidos y Francia (Murgich, 2015).

El cacao en Colombia

Colombia tiene la ventaja de producir cacao en casi todo su territorio, desde la Sierra Nevada, hasta en el sur en Tumaco Nariño, en el año 2013 se produjeron 47.000 toneladas. Los cacaocultores nacionales tienen a disposición materiales genéticos de alta calidad para la producción de Cacao Fino de Sabor y Aroma, que según la ICCO es un cacao de exquisito aroma y sabor, éste tipo de cacao representa el 8% de la producción mundial de cacao, y Colombia, junto a Ecuador, Venezuela y Perú se encargan de producir el 76% del cacao fino de aroma del mundo (The Luker Way, 2016)

El cacao es uno de los productos más atractivos para el pequeño productor, ya que una vez procesado de manera correcta, representa unos buenos ingresos. El mercado colombiano presente una serie de falencias, pues hay miles de productores y vendedores, mientras que los compradores, quienes son los que fijan el precio no superan las dos docenas. Hoy en Colombia hay aproximadamente unos 50.000 productores, quienes cultivan el cacao en 150.000 has, esta cifra evidencia que la producción de cacao está en manos de pequeños productores, es decir, que no poseen más de hectáreas. Pero estos pequeños productores están cobijados desde hace más de 56 años por la Federación Nacional de Cacaoteros (FEDECACAO), quienes realizan acompañamiento, y velan por el buen desarrollo de este mercado (Agroproteinas.com, 2016) . El principal departamento en la producción de cacao es Arauca, seguido por Antioquia.

Fermentación

Es un proceso de capital importancia en relación con la calidad de los granos, consiste en la colocación de los granos recién cosechados en recipientes adecuados o pilas que deben cubrirse para crear un ambiente semicerrado. Así ocurre la eliminación de la baba o mucílago azucarado que recubre las almendras y, dentro de ellas, la muerte del embrión, la transformación de los cotiledones y la formación de las sustancias precursoras del sabor y aroma de chocolate.

Cuando las almendras no se fermentan o el proceso se realiza deficientemente se produce el llamado cacao corriente. Si el tipo de cacao procesado es muy cerca-no a los Forasteros, se producirá un alto porcentaje de almendras pizarrozas, las cuales en su interior son compactas y de color violeta oscuro. Este defecto es el más castigado por las industrias procesadoras (Reyes & Capriles de Reyes, 2000).

Específicamente en Colombia FEDECACAO, es el organismo que representa y defiende los intereses de los cacaocultores a nivel nacional, quien recomienda realizar la fermentación del cacao en cajones de madera, los cuales tienen una capacidad mayor a los 200 Kg de cacao en baba. Es necesario tener en cuenta que más del 80% del cacao producido en nuestro país es fruto de pequeños productores (no poseen más de 2 hectareas), y en muchas ocasiones, su producción

no presenta los mejores resultado con fermentaciones irregulares y poco parejas, a su vez disminuyendo el precio del cacao.

Un problema que tiene la industria del cacao en Colombia, es el poco control que tienen los pequeños productores sobre esta etapa, pues en gran cantidad de casos se hace evidente un trabajo rudimentario, utilizando técnicas con más de medio siglo de antigüedad, esto implica una disminución considerable en la calidad del producto final, significando a su vez un precio de venta más bajo respecto a los cacaos de mayor calidad.

Al igual que la industria cacaotera colombiana, la Asociación de Cacaoteros de Belén de Umbría ASOCACAO BU, cuenta con 83 asociados con áreas menores a dos hectáreas, esta fue fundada desde el 2015 por lo que aún no cuenta con una metodología apropiada propia del proceso de fermentación del *Theobroma Cacao L*; y por esto podría verse afectada en un futuro las condiciones necesarias de calidad exigidas por posibles compradores, ya que el proceso de fermentación es clave para alcanzar las condiciones de calidad; por lo que se hace necesario estandarizar y establecer el proceso de fermentación del *Theobroma Cacao L*. generando así una ventaja competitiva en el mercado frente a otros y garantizando la calidad de su producto.

El presente trabajo pretende mejorar las condiciones y los controles del proceso de fermentación del *Theobroma Cacao L* de la Asociación de Cacaoteros de Belén de Umbría (ASOCACAO BU) en Risaralda. Generando una estrategia práctica, aplicable y que permita mejorar la calidad del *Theobroma Cacao L*., que se comercializa a la Tostadora de Café y Cacao Mi Tierra S.A.S. y a la misma asociación de cacaoteros.

1. Planteamiento del Problema

Para la Asociación de Cacaoteros de Belén de Umbría ASOCACAO BU creada el 12 de mayo de 2015 y constituidos como Asociación de Productores y Transformadores de Cacao Especial de Belén de Umbría ASOCACAO B.U. con NIT 900949787-6, con la unión de 45 asociados activos que tenían como objetivo la unión y representación de los productores de cacao, agremiándolos para desarrollar y fomentar el cultivo del cacao y su procesamiento, potencializar su producción a transformación de productos a chocolatina y chocolate de mesa, promocionar los productos a nivel municipal departamental, nacional e internacional, propugnar por la implementación de planes y programas de crédito de fomento por parte de los organismos ejecutores de la política crediticia del sector agropecuario o de organismos especializados de crédito directo, organizar proporcionar o patrocinar a través de cualquier forma asociativa regulada por la legislación colombiana y como objetivo principal el suministro de bienes y servicios necesarios para el desarrollo del cultivo y sus derivados.

Que cuenta con 83 socios activos, de los cuales 72 están en un proceso con el proyecto Alianzas Productivas desarrolladas por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, la cual tiene como objetivo apoyar propuestas de negocios de grupos organizados de pequeños productores del sector agropecuario, que atiendan la demanda de un mercado para su producto a través de una alianza con el sector agro empresarial. Se prevé una intervención de 79.2 hectáreas, de las cuales 67 beneficiarios para 73.7 hectáreas están para implementación del cultivo y 4 beneficiarios están para renovación y solo uno de los beneficiarios con una hectárea que se encuentra para sostenimiento.

Considerando a futuro que las 79.2 hectáreas intervenidas, representan una producción masiva de cacao es de vital importancia, pensar en el tratamiento que se le va a dar a los granos en el proceso de fermentación y de esta manera garantizar que todos los cacaoteros de la asociación tengan las mismas condiciones de fermentación permitiendo así obtener un cacao homogéneo y de fácil comercialización.

Dado lo anterior y los requisitos comerciales se hace necesario identificar los controles del proceso de fermentación del *Theobroma Cacao L* y generar una metodología que permita obtener una buena fermentación y así controlar y/o minimizar las causas de los principales sabores no deseados en el *Theobroma Cacao L* relacionados en la tabla No. 1 Resumen de las Causas de los principales sabores no deseados. Los cuales pueden llegar a ser causal de no compra del *Theobroma Cacao L* de la Asociación o a generar *Theobroma Cacao L* de baja calidad que pueda afectar el producto terminado chocolatina y chocolate de mesa que realiza la Asociación de Cacaoteros de Belén de Umbría Risaralda.

Tabla 1. *Resumen de las Causas de los Principales Sabores No Deseados*

Causa	Sabor No Deseado
Moho	<ul style="list-style-type: none"> • Fermentación prolongada • Secado lento o inadecuado • Almacenamiento bajo condiciones muy húmedas • Los granos germinados y los granos dañados tienen tendencia a hacerse mohoso
Ahumado	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación por humo durante el secado debido a combustibles inapropiados, mal diseño, operación defectuosa o mantenimiento deficiente del secador. • Exposición de los granos secos almacenados a contaminación por humo.
Sabor ácido excesivo	<ul style="list-style-type: none"> • Fermentación en caja profunda • Volteo inapropiado • Secado demasiado rápido Amargor y astringencia excesivos • Ciertos materiales de siembra • Falta de fermentación

Fuente: (CAOBISCO/ECA/FCC Cocoa Beans and Cocoa Industry Quality Requirements, 2015)

La etapa de la fermentación del *Theobroma Cacao L*, es de gran importancia para la calidad del grano debido a:

- No hay sabor a chocolate en los granos sin fermentar.
- Durante la fermentación se forman compuestos (precursores del sabor a chocolate) que reaccionarán entre ellos durante el tostado para formar el sabor a chocolate.
- El sabor a Chocolate se forma en dos etapas

Fermentación: se forman los precursores del sabor

Tostado: esos precursores reaccionan, formando el sabor a chocolate (Lambert, 2010)

Aunque la Asociación de Cacaoteros de Belén de Umbría ASOCACAO B.U. es consciente de esto, a la fecha no se tienen controles en la fermentación del grano de cacao y por lo tanto no se conoce si se cumplen los requisitos del cliente. Por lo que surge la necesidad de establecer y evaluar las condiciones propias del proceso de fermentación de la Finca la Solita única en producción de la Asociación de Cacaoteros de Belén de Umbría ASOCACAO B.U., para establecer una estrategia para el establecimiento de la fermentación del *Theobroma Cacao L* en la finca la solita que permitan cumplir con las exigencias de calidad (ver Tabla 2) de los compradores Tostadora de café y Cacao Mi tierra SAS y la misma asociación que procesa chocolatina y chocolate de mesa.

Tabla 2. *Requisitos de comercialización de cacao*

Expediente: 20096406 **Radicación:** 2015099752

Modalidad: fabricar y vender

Producto: cacao

Variedad: Universales, regionales

Aspecto /Color: Granos color Marrón Claro

Sabor: Característico de cacao, sin olor o sabor extraño.

Características Físicas: Metas *

Calibre: 1,1 g.

Fermentación: 75%

Granos pizarra Max 0,50%

Moho: 0%

Impurezas. Max: 0,50%

Granos Marron claro-blanco min: 60% (BU, 2016)

* Granos libres de imperfecciones. Fuente: (Fundación Socya, 2016).

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

- Determinar una estrategia para establecer las condiciones del proceso de fermentación del *Theobroma cacao L* para la finca la Solita de la Asociación de Cacaoteros de Belén de Umbría (ASOCACAO BU) en Risaralda.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar las condiciones de procesamiento desde la recolección hasta la fermentación del *Theobroma cacao L*. en forma experimental y en la Finca la Solita.
- Evaluar las condiciones y las variables fisicoquímicas durante la fermentación del *Theobroma cacao L*.
- Definir una metodología de fermentación del *Theobroma cacao L*. de acuerdo a las condiciones evaluadas.

3. Justificación

“La producción de chocolate de buena calidad requiere que el cacao como materia prima este bien fermentado, libre de defectos (como hongos e insectos entre otros) y de sabores extraños inducidos por el Humo, residuos químicos y otros elementos: para que constituyan una materia prima económicamente aprovechable, las almendras de cacao deben tener un peso promedio no menor a un gramo para permitir un porcentaje bajo de cascarilla y un tostado” (Stevenson, Corven, & Villanueva, 1993).

Para los granos de cacao la fermentación se convierte en el principal proceso de beneficio, ya que los cambios ocurridos son fundamentales para que se presenten los agentes precursores del aroma y sabores típicos del cacao de calidad.

Este proceso tiene por objetivo los siguientes aspectos

- Desprender los granos del mucílago que los rodea para facilitar su conservación.
- Provocar la muerte del embrión e impedir la germinación.
- Originar la cadena de reacciones bioquímicas en el interior de los granos que generan un aumento de su volumen y el cambio de color hasta alcanzar el tono chocolate característico del grano de cacao.
- Oxidar o transformar el sabor astringente de los cotiledones.
- Desarrollar el sabor y aroma del chocolate (FEDECACAO. Federación Nacional de Cacaoteros, 2014).

En Colombia, la fermentación del cacao ha sido estudiada por largo tiempo, llegando a conclusiones concretas de las condiciones propicias como tamaño del cajón, como tapar los granos, como desgranar, tiempos entre otros para una óptima fermentación. Pero en la región de Belén de Umbría no se han reportado bibliográficamente trabajos relacionados con fermentación del *Theobroma cacao L.* que permitan estabilizar el proceso de fermentación y así el grano y desarrollar los sabores y olores

Como ejemplo se tiene el caso de la fermentación del *Theobroma grandiflorum*, de nombre común Copoazú, Copuazú o Cacao Blanco, originario de la Amazonia oriental, es una especie de cacao amazónico, su hábitat natural es el bosque tropical húmedo en terrenos altos no inundables, que se ha venido adelantando en los últimos años, en los centros de investigación amazónicos, junto con universidades han adelantado investigaciones relacionadas con este proceso, sobresaliendo el trabajo de grado realizado por (Melgarejo, Hernández, Barrera, & Carrillo, 2006), donde se evaluó las etapas de fermentación y secado del proceso de beneficio de semillas de copoazú (*Theobroma grandiflorum* Wild Ex 15 Spreng Schum) a nivel de laboratorio

simulando condiciones de la región amazónica. Este trabajo describió tiempos, números de volteos, caracterizaciones físicas y químicas del grano en la fermentación. Esta investigación es pionera en generar conocimiento sobre el proceso de beneficio del copoazú y por lo tanto un aporte valioso para la industrialización del grano del cacao amazónico (Robayo, 2010).

Además se cuenta con diferentes estudios que plantean la importancia del proceso de fermentación y la necesidad de controlar este en pro de la calidad del *Theobroma cacao L.* como el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA quien menciona que el beneficiado ayuda a reducir costos de operación y contribuye a la obtención de un producto uniforme y de mejor calidad que, en volúmenes apreciables, se puede cotizar mejor (Alvarez & Sánchez, 1989).

(Alvarez & Sánchez, 1989) en su libro “Cultivo de cacao”, utiliza los nombres de “beneficio”, “preparación”, “fermentación” y “cura” a los procesos a través de los cuales se dan los cambios fisicoquímicos en el grano y luego incluye “secado” como proceso mediante el cual las almendras finalmente se estabilizan. E Indica al referirse a la fermentación que el beneficio o cura del cacao es el “proceso por el cual las semillas, después de ser extraídas del fruto, son colocadas en depósitos especiales y en condiciones apropiadas para que las transformaciones físicas y químicas, mejoren su calidad, se facilite el secado y su conservación y se logre una mejor presentación del producto comercial.” Quien además propone que los objetivos que persigue la fermentación son que se logre desprender la capa mucilaginoso azucarada que protege los granos frescos para luego facilitar su conservación y almacenamiento, permitir elevar la temperatura para poder matar al embrión e impedir la germinación del grano, facilitando su conservación; así se mejorará el sabor y aroma de las almendras a través del desarrollo de precursores del aroma que condicionan la calidad del chocolate, ahí la importancia de este proceso (Alvarez & Sánchez, 1989).

Por los planteamientos anteriores y las exigencias de los clientes especificadas en la Tabla 2 Requisitos de Comercialización de cacao dadas por los clientes del *Theobroma cacao L* que produce la Asociación el primero la Tostadora de café y Cacao Mi tierra SAS empresa ubicada en el Municipio de Pereira, Risaralda dedicada a la Fabricación y venta de cacao en polvo, cacao en polvo mezclado con azúcar, cacao en polvo mezclado con azúcar y sabor variedades: vainilla, mora, fresa. Además realiza maquilas a diferentes marcas como De la ruta, Uno A, Puro Café, Chapola Coffee, Stanza Café, Carulla, Surtimax, Surtifamiliar, La Gran Colombia, Colsubsidio, Superinter, Mi Terrunio, Éxito, Ekono, Megatiendas, El Ahorro, El Euro, La 14 (Colombia. Ministerio de Salud y Protección Social. INVIMA, 2015).

El segundo cliente es la misma asociación de Cacaoteros de Belén de Umbría ASOCACAO BU que procesa chocolatina y chocolate de mesa. Siendo necesario una

evaluación de las condiciones del proceso de fermentación del *Theobroma cacao L* de la asociación de Cacaoteros de Belén de Umbría ASOCACAO BU, tomando como ejemplo la Finca la Solita pues es la única que actualmente se encuentra en producción con cultivos para cumplir con los requisitos de comercialización y que posteriormente podrá ser transferida a los demás asociados (Ver Tabla 2).

4. Marco Conceptual

4.1 Breve Historia del Cacao

*“El cacao (*Theobroma cacao* L) es una planta que se encuentra de manera natural en los bosques de América del Sur, en las regiones del Amazonas y Orinoco. Algunas tribus indígenas de Centro y Suramérica ya la conocían antes de la llegada de los españoles, los cuales le daban gran variedad de usos, y por su alto valor era utilizado como moneda por algunas tribus como los Chichimecas, Toltecas y aztecas.*

*En 1735, el naturalista Carl Linneo, la clasificó por primera vez con el nombre de *Theobroma cacao* L., que significa fruto de los dioses, este nombre se conserva hasta nuestros días.*

Se cree que debido a la condición de nómadas de la mayoría de las tribus americanas, el cacao se dispersó en Centro y Suramérica, siendo utilizada por varias tribus. Al llegar los españoles encontraron una gran variedad de usos que le daban los indígenas al cacao, más adelante fue llevado a África en donde se cultivó masivamente aprovechando la mano de obra de los esclavos, encontrándose que en la actualidad es en este continente donde se encuentran las mayores plantaciones de cacao del mundo.

De otro lado, hay registros históricos en los que se menciona la presencia de cultivos de cacao en Colombia desde la época de la colonia, además de registros de exportación del grano de cacao principalmente a Europa, esta actividad se mantuvo hasta 1920, cuando se paralizaron las exportaciones.

Se tiene conocimiento que ya desde el siglo XVIII se cultivaba el cacao en la hacienda de Chipalo de San Juan de la Vega, ubicada a orillas del río Magdalena. Luego durante los siguientes años el cultivo se fue expandiendo por todo el territorio nacional pero también hubo algunos períodos de estancamiento. A mediados de la década de los 80, se reactivó la comercialización y exportación de cacao en el país, manteniéndose en menor escala y siendo un producto principalmente para consumo interno. Sin embargo gracias a los proyectos de fomento de cacao que se han realizado en los últimos años, a la renovación y rehabilitación de plantaciones y a la paulatina acogida que van teniendo los procesos de multiplicación vegetativa del cacao mediante las diferentes técnicas de injertación, se espera que en los próximos años se abastezca la demanda interna de cacao y se generen excedentes aptos para la exportación” (FEDECACAO. Federación Nacional de Cacaoteros, 2013).

4.2 Condiciones Productivas del Cacao

4.2.1 Consideraciones Ambientales en Colombia

Como primera instancia en el proceso de producción del *Theobroma cacao L*, se deben garantizar las condiciones ambientales que permitan el desarrollo de la mazorca y sus granos, y de esta manera obtener una mejor fermentación y específicamente un mejor calibre de grano factores críticos de este. Según FEDECACAO se especifican a las condiciones a continuación:

Elementos del clima

Los elementos constituyentes del clima son temperatura, presión, vientos, humedad y precipitaciones. Todos ellos influyen de manera importante sobre la producción del cacao, sin embargo se sabe que los que tienen un mayor peso en la ecuación son la precipitación, la temperatura y la humedad.

Precipitación

El cacao se puede sembrar en zonas en donde las precipitaciones anuales varíen entre 1.500 y 3.800 mm, siendo el rango entre 1.800 y 2.600 mm en donde mejor se desarrolla, el rango moderadamente apto para la siembra está entre los 1.500 a los 1.800 mm y los 2.600 a los 3.200 mm, en donde se pueden desarrollar los cultivos con algún tipo de limitaciones que pueden derivar en la necesidad de prácticas de manejo adicionales a las comúnmente utilizadas. En zonas de menor precipitación puede cultivarse el cacao con la implementación artificial de riego. Para el caso de las zonas con altas precipitaciones en cambio existe un alto riesgo de que se presenten problemas fitosanitarios lo cual haga muy dispendioso y costoso su manejo.

Temperatura

El régimen de temperatura para el cacao se encuentra entre los 18 y 32 °C, en donde las temperaturas más aptas, están entre los 24 a 28 °C y moderadamente aptas se encuentra el rango entre los 20 a 24 °C, y los 28 a 30 °C, las temperaturas menores a 18° y mayores a 32°, dificultan el desarrollo adecuado del cacao. El factor temperatura es clave para el cultivo del cacao ya que por ejemplo las variaciones mayores a 9°C entre el día y la noche afectan la polinización y la formación de los frutos, de la misma manera las flores del cacao no se forman bajo temperaturas inferiores a los 25°C.

Humedad

Según algunos autores el cacao necesita de una alta humedad relativa para su pleno desarrollo, sin embargo otros afirman que no existe evidencia de esto y que la humedad relativa

del aire puede bajar hasta un 40 a 50% sin afectar negativamente a la planta siempre y cuando haya suficiente agua en el suelo. Esta es una de las razones por las cuales el cacao puede ser cultivado en zonas secas donde haya la posibilidad de aplicarle riego suplementario, como es el caso de los Valles Interandinos Secos.

Vientos

La literatura refiere que los vientos que presentan una velocidad mayor a los >4 m/seg son perjudiciales, ya que aumentan la desecación de las hojas, e impiden la polinización. Sin embargo este efecto es mínimo ya que una vez que el cultivo cierra, el efecto de barrera de los mismos árboles de cacao y de los sombríos hace que la influencia del viento prácticamente solo se presente solo en los bordes de los lotes.

Factores que modifican el clima

Son aquellos que influyen de manera indirecta sobre el clima de una determinada zona, entre ellos tenemos la altitud sobre el nivel del mar, la distancia al mar, las corrientes oceánicas, la latitud, las masas de agua, la orientación del relieve y la dirección de los vientos planetarios y estacionales. De estos factores los que más influencia tienen sobre el crecimiento y desarrollo de la planta de cacao son la latitud y la altitud.

Latitud

El cacao solo se puede sembrar en la franja tropical de la tierra, partiendo del ecuador hasta los 15 o 20° de la Latitud, tanto hacia el norte como hacia el sur.

Altitud

Según reportan ciertos autores, el rango altitudinal óptimo para el cultivo del cacao está entre los 400 y 1.200 metros sobre el nivel del mar, no obstante, este criterio ha sido revaluado ya que en Colombia amplias zonas de cultivo donde se presenta un excelente desarrollo de los árboles de cacao se encuentran desde el nivel del mar en adelante, como es el caso de los departamentos de Arauca, Magdalena, Antioquia y Nariño. Alturas mayores a 1.200 m.s.n.m, se consideran como condiciones marginales para el crecimiento del cacao, ya que las temperaturas en general son muy bajas para garantizar una buena productividad de las plantaciones. Sin embargo en algunas regiones se pueden encontrar unos pocos microclimas especiales en los cuales se puede explorar el cacao por encima de este rango altitudinal”. (CACAOTEROS, 2013)

Específicamente las condiciones para la unidad de estudio, La finca “La Solita” del

municipio de Belén de Umbría, Risaralda se encuentra ubicada geográficamente entre los 5° 10' Latitud Norte, 75° 51' Longitud occidente y a 1.200 msnm con una temperatura promedio de 16,7 °C, humedad relativa del 91,5%, precipitación promedio anual de 2180 mm (Corporación Autónoma Regional de Risaralda-CARDER, n.d.) e incidencia solar de 14,6 MJ/m² día (NASA, "Climatology Resource For Agroclimatology." , 2011) . Por lo que se considera que se encuentra en un rango óptimo para la producción del *Theobroma Cacao L.*

4.2.2 Producción de Cacao

“Además en la producción de cacao es importante resaltar el papel que ha jugado el desarrollo tecnológico, el que ha logrado producir clones que permiten disminuir de 3 años a 18 meses la entrada en producción y controlar uno de los principales males del cultivo como la escoba de bruja.

Los clones son desarrollados principalmente en viveros, pueden tener un valor de \$2500 cada uno, los cuales se insertan al patrón o árbol que va a servir para producir cacao y a los 18 meses se dan los primeros frutos.

Para una familia vivir del cacao debe sembrar de 3 a 5 hectáreas, cada una de ellas con entre 1000 y 1600 árboles para una producción de entre 1600 y 1800 kilos al año, si se trata de clones.

La siembra de una unidad mínima de cacao puede costar alrededor de \$7.5 millones, contando con la mano de obra y los insumos.

Con relación a los fertilizantes, los costos pueden elevarse a \$950.000 el primer año, pues el cacao genera materia orgánica y esto disminuye los costos de los productos fitosanitarios.

Las plagas, por su parte, son fáciles de controlar por medio de la poda, lo que da facilidades al cultivo, cuya única amenaza real, son las ardillas que dañan la mazorca”. (Rosillo, 2017)

Adicional a las condiciones de producción de la base genética es importante conocer en primera instancia los tipos de cacao que se producen, ya que existe una desigualdad del producto que sale de las plantaciones que no permite precisar la calidad del mismo, debido a los cruzamientos incontrolados que se han efectuado en las diferentes plantaciones ubicadas en las distintas regiones del país. De allí la necesidad de caracterizar genéticamente los cacaos existentes (Barragan & Rey Forero, 2004).

4.3 Selección, Cosecha y Fermentación de la Mazorca

El proceso de selección y cosecha de la mazorca la Asociación de Cacaoteros de Belén de Umbría ASOCACAO BU y específicamente la Finca la Solita cumple con las

recomendaciones de la Federación Nacional de Cacaoteros FEDECACAO, quien desde su formación les ha hecho acompañamiento; quien plantea las siguientes recomendaciones generales para el proceso de selección y cosecha relacionadas a continuación:

- Coseche únicamente frutos maduros.
- Las mazorcas verdes no se deben recolectar porque el grano sin madurez origina un producto de sabor muy amargo, ya que el mucilago o baba que recubre el grano aún no se encuentran en óptimas condiciones para el desarrollo de los procesos bioquímicos que se producen durante la fermentación.
- La periodicidad de las recolecciones está determinada por el volumen de la cosecha, la madurez de las mazorcas y la presencia de plagas, enfermedades o animales dañinos.
- Generalmente, en plantaciones pequeñas o medianas, la recolección se debe hacer cada dos o tres semanas, con lo cual se evita la sobre maduración de los frutos o pérdidas por insectos o enfermedades del fruto.
- La recolección debe hacerse con las herramientas adecuadas, siendo la tijera podadora la principal. Con cualquier otra herramienta, como el machete, se puede herir al árbol o dañar los granos de la mazorca.
- Por ningún motivo debe arrancar las mazorcas con la mano (halándolos), porque destruye completamente el cojín floral y causa heridas peligrosas para el tronco.
- El corte con la tijera debe hacerlo cerca de la mazorca, sobre la base de ésta y no sobre el cojín floral, pues también puede dañarlo perjudicando la cosecha futura (FEDECACAO. Federación Nacional de Cacaoteros, 2014).

FEDECACAO recomienda las siguientes condiciones generales para cada una de las etapas de fermentación así:

Partida de la mazorca

Generalmente, los montones o pilas de cacao, deben hacerse en un lote sin árboles de cacao, en donde pueda fácilmente hacer la labor de la partida y donde se puedan amontonar las cáscaras para su descomposición y uso en el mismo cultivo, como abono orgánico de muy buena calidad.

La quiebra o partida de las mazorcas, suele hacerse con un machete corto, con un mazo de madera, con partidador de lámina sin filo y en algunos casos con máquinas.

Desgranada

La extracción de las semillas de la cáscara, se denomina desgranada o degruyada y se hace deslizando los dedos de la mano a lo largo de la placenta o vena central de la mazorca, evitando extraerla para no mezclarla con los granos de cacao.

Si esto sucede debe sacarla posteriormente pues constituye una impureza.

Fermentación

Es el paso fundamental en el beneficio del cacao puesto que en este proceso se desarrolla el sabor y el aroma del producto y contribuye a formar un grano “hinchado”, de color marrón y de buena apariencia.

La fermentación, también llamada cura del cacao o avinagrada, es un proceso complejo que consiste en una serie de cambios de carácter bioquímico y físico en todas las estructuras del grano, tanto en la cascarilla, en el mucílago que la cubre, como en el interior.

Desde el punto de vista físico, suceden cambios como el hinchamiento del grano, por penetración de líquidos como el agua y ácido acético, que le garantiza al grano una apariencia final de arriñonamiento” y de grietas o estrías internas.

Las prácticas inadecuadas que no garanticen la ocurrencia de todos y cada uno de los cambios físicos y bioquímicos, no garantizarán jamás la presentación en el mercado de un producto de buena calidad.

Los granos extraídos de la mazorca deben depositarse en cajones de madera, con orificios en el fondo, para la salida de la “baba” o líquidos que se desprenden del mucílago. A unos 10 a 15 centímetros por encima del suelo para el fácil drenaje de estos líquidos.

Los cajones deben estar en sitios cubiertos, protegidos de corrientes de aire frío que suelen presentarse especialmente en las horas de la madrugada, ya que se requiere que la

temperatura se eleve y sea constante, para garantizar un proceso de fermentación completo y parejo.

También se utilizan cajones en escalera o camillas.

Para lograr una fermentación uniforme entre los granos, se deben realizar volteos de la masa de cacao, para obtener un grano con aroma, color y sabor a chocolate.

El tiempo de fermentación debe ser de 5 a 6 días (120 a 144 horas) dependiendo de las condiciones ambientales de la zona (FEDECACAO. Federación Nacional de Cacaoteros, 2014).

Como conclusión en el proceso de fermentación que se da después de extraer los granos de los cascarones o conchas de las mazorcas, se someten a un proceso especial que determina su transformación en un producto comercial con los requisitos requeridos para la fabricación de un producto con las características exigidas por los consumidores de chocolates. La fermentación es la fase más importante del beneficio porque durante este proceso ocurren cambios bioquímicos que permiten obtener una materia prima (granos bien fermentados) de calidad (Enriquez, 1995). El proceso de fermentación se mide con el porcentaje de flotación y con la prueba de corte.

4.4 Marco Legal En Colombia

4.4.1 NTC 1252: 2003. Cacao en grano la clasificación y los requisitos que debe cumplir el cacao en grano, destinado a la Industrialización para consumo humano (ICONTEC, 2012).

Desde el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural con la Resolución 003434 del 28 de noviembre del 2005, se han establecido normas para la producción, distribución y comercialización de material de propagación de cacao. Que tiene como objetivo ejercer la vigilancia sanitaria y la identificación genética en viveros de propagación de cacao (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2005).

A nivel nacional se establecen criterios para determinar la calidad del grano de cacao, sustentadas en el uso de las normas técnicas como la NTC 1252: 2003 Cacao en grano la clasificación y los requisitos que debe cumplir el cacao en grano, destinado a la Industrialización para consumo humano ICONTEC 1252, Modificada año 2003; aplicada a la compra de cacao en grano a fin de lograr una clasificación mínima que satisfaga la demanda del mismo, presentada en la Tabla 3 (ICONTEC, 2012)

Tabla 3. Norma ICONTEC 1252 Cacao en Grano

Requisitos	Premio	Corriente	Pasilla
Contenido de humedad en % (m/m) máx.	7	7	7
Contenido de impurezas o materias extrañas en % (m/m)	0	0.3	0.5
Granos mohosos internos No. granos/100granos máx.	2	2	3
Granos dañados por insectos y/o germinados No.	1	2	2
Contenido de pasilla No. granos/100granos máx.	1	2	-
Contenido de almendra en % (m/m) máx.	-	-	40-60
Masa (peso) en gramos/100 granos min.	120	105-119	40
Granos bien fermentados No. granos min.	65	65	60
Granos insuficientemente fermentados No. granos /100	25	35	40
Granos pizarrosos No. granos/100granos	1	3	3

Fuente: (ICONTEC, 2012).

Según FEDECACAO se plantean las siguientes definiciones sobre la calidad de grano:

Grano bien fermentado. Cáscara color marrón, rojizo o pardo rojizo que se desprende fácilmente de la almendra color chocolate con alvéolos bien definidos de forma arriñonada y con olor a chocolate.

Grano insuficientemente fermentado. Grano de cacao, con una fermentación incompleta, cuyos cotiledones (almendra) presentan un color violeta o marrón violeta con cáscara difícilmente separable.

Grano pizarroso. Grano de cacao sin fermentar, con un color interior gris negruzco y estructura completamente compacta.

Grano dañado por insectos. Grano de cacao que aparece alterado en su apariencia y cuya estructura presenta perforaciones causadas por insectos.

Grano mohoso. Grano con formación de hongo externa o internamente, con olor y sabor desagradable.

Grano germinado. Grano de cacao cuya cascara ha sido quebrada o perforada debido al crecimiento del embrión o radícula.

Grano múltiple: Unión de dos o más granos de cacao debido al ataque de hongos en la mazorca o a la falta de separación, volteo y remoción durante la fermentación y el secado.

Pasilla: Conjunto de granos de cacao planos, tan delgados que se dificulta su partida longitudinal (FEDECACAO. Federación Nacional de Cacaoteros, 2014).

Cabe destacar que a pesar de conocerse todas las ventajas que presenta la realización de un buen beneficiado del cacao, en el país son muy pocos los productores que realizan eficientemente esta operación, afectando la calidad final del cacao. Un caso particular se presenta en la zona oriental del departamento de Caldas en los distritos del Magdalena Caldense y el Alto Oriente, donde a través de un diagnóstico se determinó que los volúmenes recogidos en las cosechas, en cada finca eran muy bajos para lograr una temperatura adecuada para obtener una fermentación ideal (Barragan & Rey Forero, 2004).

4.4.2 NTC 5811: 2010. Buenas prácticas agrícolas para Cacao. Recolección y Beneficio Requisitos Generales. Que tiene como objeto definir los requisitos generales y recomendaciones de las Buenas prácticas agrícolas que sirven de orientación a los productores de cacao tanto del mercado nacional, y el de exportación, como para la agroindustria con el fin de mejorar las condiciones de la producción de cacao con un enfoque preventivo, en busca de la inocuidad, la competitividad, la seguridad de los trabajadores y el desarrollo sostenible (ICONTEC, 2010)

4.4.3 Resolución 3434 del 28 de noviembre del 2005. por lo cual se establecen normas para la producción, distribución y comercialización de material de propagación de cacao. Que tiene como objetivo Ejercer la vigilancia sanitaria y la identificación genética en viveros de propagación de cacao, para garantizar la procedencia de calidad vegetal, prevenir la introducción y diseminación de enfermedades y plagas (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2005).

5. Metodología.

Para la investigación y ejecución de este proyecto se tomó como población de análisis el *Theobroma cacao L* de la Finca la Solita vereda Baldelomar del Municipio de Belén de Umbría. Risaralda. Esta finca se escogió por ser la única de la asociación de cacaoteros de Belén de Umbría ASOCACAO BU que se encuentra en producción, por lo tanto es el referente para el resto de los asociados que están en etapa de implementación o renovación de cultivo.

La Finca la solita tiene las siguientes especificaciones: pertenece al municipio de Belén de Umbría, Risaralda; se encuentra ubicada geográficamente entre los 5° 10' Latitud Norte, 75° 51' Longitud occidente y a 1.200 msnm con una temperatura promedio de 16,7 °C, humedad relativa del 91,5%, precipitación promedio anual de 2180 mm (CARDER. Corporación Autónoma Regional de Risaralda, 2008) incidencia solar de 14,6 MJ/m² día (NASA, 2017).

Posee una hectárea de relieve plano, ligeramente ondulado a 5x5m de distancia, se encuentran sembrados ochocientos arboles de *Theobroma cacao L*. estando presentes los siguientes clones ICS1 – ICS39- ICS95 CLONES REGIONALES, FEAR5, FSV41, LUKER 40, TCS0 y CAU37-39-42, IMC67, EET 96-400 como especies de patronaje. Pero las especies usadas para este proyecto fueron los clones ICS1 – ICS39- ICS95 que se encontraban en producción.

Por lo que el diseño metodológico se abordó desde el tipo de investigación descriptiva exploratoria con el fin de dar cumplimiento al objetivo principal del proyecto.

5.1 Muestreo No Probabilístico.

Se tomaran 100 mazorcas maduras de todos los clones existentes en la finca recolectadas aleatoriamente en las condiciones de recolección normales que realiza la finca y se procedió a partir la mazorca para luego ser desgranada o desguayada y pasar el grano a fermentación (FEDECACAO. Federación Nacional de Cacaoteros, 2012).

5.2 Alcance O Delimitación

El estudio se realizó en la Finca la Solita del cacaocultor Sebastián Patiño ubicada en la vereda Baldelomar Municipio de Belén de umbría Risaralda; que está en producción y hace parte de la asociación de cacaoteros de Belén de Umbría ASOCACAO BU.

Se trabajó sobre las variedades existentes en la finca que están en producción: clones universales: ICS1 – ICS39- ICS95. Las cuales fueron fermentadas bajo la metodología que aplica la Finca La Solita para su proceso de fermentación, posteriormente se simuló las condiciones físicas del cajón de fermentación, y de los procesos llevados a cabo por la Finca en las Instalaciones de la UTP y se determinó una estrategia de mejoramiento del proceso de fermentación del *Theobroma cacao L.*

5.3 Delimitación Temática

El proyecto se basó en el estudio y análisis de variables fisicoquímicas de la fermentación del *Theobroma cacao L.*, bajo el modelo usado en la Finca La Solita y en la UTP.

Tomando además como referentes documentos donde se considera la importancia de la fermentación del *Theobroma cacao L.* y documentos de la Federación Nacional de Cacaoteros FEDECACAO etc.

5.4 Delimitación Espacial

La investigación se llevó a cabo en campo en la finca la Solita, Vereda Baldelomar del Municipio de Belén de Umbría Risaralda, finca en producción de ASOCACAO BU; la Fermentación fue llevada a cabo en el cajón de fermentación con el que cuenta la Finca. Y un segundo proceso de fermentación en las Instalaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira con un prototipo, hecho por la investigadora; simulando las condiciones de la Finca la Solita en un cajón a escala de reducción E 1:3. Se aseguró que los procesos de fermentación fueran realizados iguales en los dos sitios de muestreo. Se realizaron los análisis relacionados en la Tabla 4 Metodología para el análisis Fisicoquímicos del *Theobroma cacao L.*

Tabla 4. Metodología para el análisis fisicoquímicos del *Theobroma cacao L.*

Análisis	Método	Equipo
Temperatura	Marçal de Vasconcelos, 1999	Termometro de mercurio
pH	AOAC 970.21(1997)	pHmetro
Humedad	Gravimetrico d (No.931.04)	Estufa
Prueba de Corte	Manual Beneficio de Cacao Nacional de chocolate (2008)	***
Temperatura y Humedad del Ambiente	Termohigrómetro	Termohigrómetro
Fermentación	Cubillos (2008)	***

Fuente: (Cubillos, Merizalde, & Correa, 2008)

Los análisis de los parámetros fisicoquímicos relacionados en la Tabla No. 4 se hicieron por triplicado en campo, en los dos experimentos garantizando que el procedimiento para la fermentación sea igual. Las mediciones se realizaron en dos momentos del día a las 8 pm y a las 5 pm. Por un periodo de 6 días, a excepción de la prueba de fermentación que se realizó al quinto y sexto día.

5.5 Instrumentos a utilizar para la recolección de información

Para la identificación del diagnóstico inicial del procesamiento desde la recolección hasta la fermentación del *Theobroma cacao L.* se construyó una encuesta (ver anexo 1), basada en los referentes de FEDECACAO para el proceso de fermentación, la cual comprende 20 preguntas en las que se resumieron aspectos claves.

Una vez establecida la encuesta, fue validada por un panel de expertos conformado por el técnico de FEDECACAO para la Zona de Belén de Umbría y un Instructor del Sena en Cacao, todo con el fin de garantizar la claridad e imparcialidad de las preguntas y la información necesaria para el diagnóstico (tabla No. 5). Además de la observación y la revisión de Textos de FEDECACAO y otros estudios similares.

5.6 Técnicas de análisis para el tratamiento de los datos

La información recolectada por medio de los análisis experimentales realizados por triplicado, se procesó utilizando el software Statgraphics Centurion XVI.II de Statpoint Technologies, Inc. aplicando un análisis de Varianza y Anova con prueba de Lambda Wilks y así determinar si existe o no diferencia estadísticamente significativa, para posteriormente determinar una estrategia de mejoramiento de la fermentación del *Theobroma cacao L.* útil y aplicada.

6. Resultados y Análisis de Resultados

6.1 Identificar las condiciones de procesamiento desde la recolección hasta la fermentación del *theobroma cacao l.*

La encuesta, fue realizada personalmente por la investigadora al dueño de la Finca la Solita, elegida como unidad experimental de esta investigación.

6.1.1 Ficha Técnica de la Encuesta

Tabla 5. Instrumento diseñado para diagnosticar las condiciones Iniciales del proceso de Fermentación de la Finca La solita del Municipio de Belén de Umbría Risaralda

Detalle	Responsable
Realizado por:	Diana Carolina Meza Sepúlveda Estudiante Maestría en Desarrollo Agroindustrial Universidad Tecnológica de Pereira
Grupo objetivo:	Finca La Solita integrante en producción de la Asociación de cacaoteros de Belén de Umbría ASOCACAO BU
Tamaño de la muestra:	1 persona responsable de la Finca La Solita
Técnica de recolección de datos:	Cuestionario Estructurado
Tema o temas a los que se refiere:	Proceso de Fermentación de <i>Theobroma cacao L.</i>
Preguntas abiertas que se formularon:	Cuestionario Tabla 6
Fecha de realización del trabajo de campo:	Abril 20 de 2017
Validación del instrumento Diseñado	Se reviso el cuestionario por el siguiente panel de expertos: César Augusto Patiño Herrera (Técnico de FEDECACAO para la Zona de Belén de Umbría), Fabián Ramírez Instructor del Sena en Cacao.

Fuente: Elaboración propia

6.1.2 Resultados de la encuesta

Los resultados de la encuesta realizada al Dueño de la Finca la Solita se relaciona en la Tabla 6

Tabla 6. *Resultados de la encuesta del proceso de Fermentación de la Finca La solita del Municipio de Belén de Umbría Risaralda*

No.	PREGUNTA	RESPUESTA
1.	Nombre completo de la Finca.	Finca La Solita
2.	Dueño de la Finca	Sebastián Patiño
3.	Área de la Finca	1 hectárea
4.	Cuál fue su motivación para iniciar con el cultivo de cacao	Un vecino de la finca tenía unas matas de cacao me conto que le parecía rentable y el terreno estaba baldío por lo que me aprecio buena idea
5.	Área sembrada en cacao	1 hectárea
6.	Distancia de siembra	5m * 5m
7.	Número de plantas en el terreno	560 plantas
8.	Edad del cultivo	2 años aproximadamente
9.	Cuántas personas trabajan en el cultivo	Una persona
10.	Variedades presentes en el cultivo	En revisión del personal técnico de FEDECACAO se evidenció que tenía las variedades ICS 51 - ICS 39- ICS 51, por qué inicialmente las sembré sin conocer mucho de cacao
11.	Cada cuanto recolecta las mazorcas	Cada 8 o 15 días según la cantidad de mazorcas que vea, en realidad apenas está empezando el cultivo por lo que no me da para llenar el fermentador.
12.	Cuál es el procedimiento general de la fermentación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verifico el nivel de maduración de la mazorca 2. Verifico el estado de la mazorca que este bien sin ningún problema. 3. Corto la mazorca asegurándome que no lastime el árbol, haciéndolo lo más cerca al fruto posible. 4. Formo montones de mazorcas en todo el recorrido del cultivo asegurándome que queden en un sitio limpio. 5. Luego de recolectadas al otro día es decir las mazorcas duran máximo 24 horas luego de cosechadas. voy al sitio donde hice el montón. 6. Corto las mazorcas horizontalmente arriba y abajo y saco los granos con la placenta. 7. Deposito únicamente los granos en un balde que esté limpio, con precaución de no adicionar la placenta. 8. Las cacotas o las cascaras de las mazorcas las boto al lado de donde desgrano asegurándome que queden en montones(eso lo dejo ahí que se descomponga) 9. Cuando estén todas las mazorcas desgranadas y listas en la cubeta las llevo al cajón de fermentación. 10. Me aseguro que antes de vaciar al cajón, todas las mazorcas estén desgranadas es decir que todos los montones hayan sido tratados). 11. Antes de vaciar reviso que el cajón este limpio con un punzón los orificios del fondo del cajón que no tengan basura o material indeseado. 12. Al vaciar de los baldes al cajón me aseguro de armar montones

		dentro del cajón que sean homogéneos en una esquina. pues a la fecha nunca se ha llenado el cajón por completo.
		13. Lo tapo con una estopa limpia.
		14. Lo dejo quieto sin tocarlo por 24 horas.
		15. A las 24 horas lo destapo lo volteo bien y vuelvo y lo tapo.
		16. En las mañanas a las 24 horas siguientes solo volteo una vez asegurándome que todo quede bien revuelto.
		17. Normalmente me encuentro con animales como tijeretas.
		18. Ese proceso dura 6 días, cuando llega ese tiempo lo saco del cajón y lo llevo a secado hay dura más o menos de 3 a 4 días.
		19. Y luego lo empaco en costales de fique.
13.	Que fuente uso para este método	La capacitación del proceso de fermentación actual la obtuvieron de cacaocultores del Municipio de Belalcazar donde les contaban como lo hacían. Y demás por parte de FEDECACAO al entregarles el cajón de fermentación se le capacito. Aunque a la fecha por la práctica no lo están haciendo con la metodología de ninguno de los dos si no con la experiencia han variado pequeños factores que se que la propia experiencia les ha favorecido.
14.	Como corta las mazorcas y por que	Las mazorcas se cortan desde la base, sin hacerle ningún daño al árbol con tijeras de poda.
15.	El cajón de fermentación fue construido por usted o fue patrocinado por alguna entidad	El cajón de fermentación lo tengo hace 2 años y fue dado en un proyecto de FEDECACAO en la Finca Aledaña del Señor José Never - ellos se encargaron de todo el montaje solo se pedía que estuviera el espacio, por medio de un proyecto que daba los cajones de Fementacion. de FEDECACAO Unidad Tecnica de Pereira
16.	Por qué inicio en la asociación de cacaoteros de Belén de Umbría	Inicie desde hace 2 años aproximadamente que inicio la asociación la cual fue por un proyecto de unos compañeros de la Universidad Tecnológica de Pereira, me gustó tanto que hasta me convertí en uno de los injertadores de la asociación y así ayude a replicar este proceso y aplique en mi cultivo.
17.	Cada cuanto fertiliza el cacao	Aproximadamente cada 6 meses o 8 meses y adiciono 15 gramos por planta de triple 15 la última se hizo en enero de 2017
18.	Se considera un cacaocultor por vocación	La verdad aunque mi formación académica es otra es con enfoque industrial, en mi familia siempre ha estado ligada la agricultura, y me parece un proyecto a largo plazo rentable y además me gusta.
19.	Conoce las condiciones de producción	Si claro desde la asociación, nos han capacitado además también del Sena y de FEDECACAO, han venido hasta la finca.
20.	En promedio cuantas mazorcas le está dando un árbol	La verdad no he revisado bien cuantas me da cada árbol eso depende, pero creo que 10 o 20 por árbol

Fuente: Elaboración propia

Además se realizó un registro fotográfico que permitiera dar mayor calidad a la identificación de las condiciones del proceso de Fermentación ver Figura 1 a la 4.

6.1.3 Registro fotográfico del cajón de fermentación en la finca la Solita, Belén de Umbría



Figura 1. Cajón de fermentación de la Finca La Solita, Belén de Umbría Risaralda, 2017.
Fuente: Construcción propia

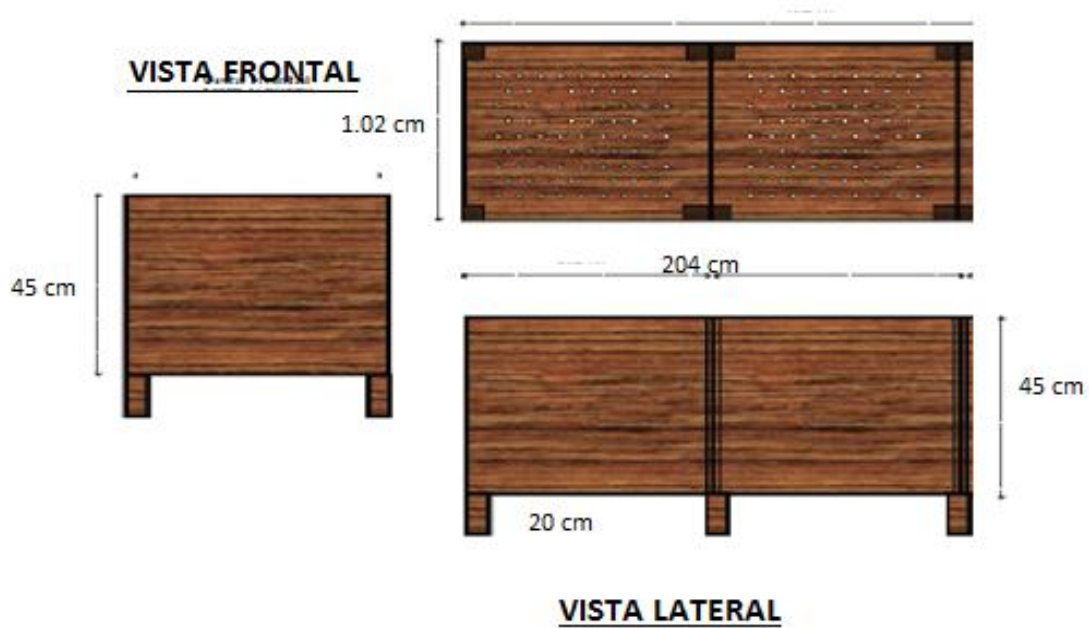


Figura 2. Medidas del cajón de fermentación de la finca La Solita, Belén de Umbría

Risaralda, 2017. Fuente: Construcción propia



Figura 3. Diagrama Del Proceso De Fermentación bajo la metodología de la Asociación de Cacaoteros de Belén de Umbría Risaralda (a) corte, (b) recolección,(c) Apilar mazorcas. Fuente: Construcción propia.



Figura 4. Diagrama Del Proceso De Fermentación bajo la metodología de la Asociación de Cacaoteros de Belén de Umbría Risaralda (d) corte de mazorcas, (e) desguyado, (f) transporte

a cajón de fermentación.
Fuente: Construcción propia



Figura 5. Diagrama Del Proceso De Fermentación bajo la metodología de la Asociación de Cacaoteros de Belén de Umbría Risaralda (g) Vaciado al cajón de fermentación, (h) tapado en el cajón de fermentación y (i) volteo en el cajón de fermentación.

Fuente: Construcción propia

Como se evidencia en la Figura 3(a) el primer paso para el proceso de fermentación es el corte de la mazorca, seguido de la recolección la cual se realiza en costales, para luego apilarlas en un sitio central de la Finca, en este mismo sitio se realiza el corte de las mazorcas que luego son desguajadas y depositadas en un balde limpio, para ser transportadas y vaciadas al cajón de fermentación y luego tapadas por un costal limpio, hasta las 24 horas siguientes que se realiza el volteo con un palo de madera el cual se hará diariamente una vez al día hasta completar los seis días para luego ser sacados del cajón y llevados a secado.

En resumen, las condiciones del proceso de fermentación de la finca La solita son nueve pasos y se ajustan a las transferidas por FEDECACAO, a excepción del paso número cuatro corte de la mazorca que se corta de manera horizontal en las esquinas, para luego ser desyugada.

6.2 Evaluar las condiciones y las variables fisicoquímicas durante la fermentación del *theobroma cacao l.*

A continuación se relacionan los datos obtenidos en el proceso de Fermentación bajo la

metodología de la Finca La Solita primer sitio de estudio y el Segundo en las instalaciones de la Universidad tecnológica de Pereira.

6.2.1 Fermentación en la finca la Solita



Figura 6. Fermentación en la finca la Solita Autor: Diana Carolina Meza Sepúlveda, Finca la Solita, Belén de Umbría Risaralda, 2017.

Fuente: *Construcción propia.*

Como primera condición a evaluar se tuvieron las condiciones ambientales las cuales son relacionadas en la Tabla 7, como se puede observar en las temperaturas ambientales el mayor valor se tuvo el segundo día en horas de la tarde y respecto a la humedad relativa el mayor valor se tuvo el cuarto día en horas de la tarde. En términos generales la temperatura ambiental para la fermentación estuvo entre 21.4°C y 23.7°C en horas de la mañana y 23.0°C y 27.0°C en horas de la tarde, la humedad relativa entre los rangos 63.6% y 77.6% en la mañana y 60.0% y 78.0% en la tarde para un periodo de fermentación de seis días.

Tabla 7. Condiciones ambientales ensayo de fermentación en la Finca la Solita

Dia	Temperatura (°c)		Humedad Relativa (%)	
	8:00 am		5:00 pm	
1	23,4	63,6	25,0	70,0
2	23,7	66,8	27,0	60,0
3	22,8	71,1	24,0	72,0

4	22,4	76,5	23,0	78,0
5	21,6	77,6	23,0	69,0
6	21,4	67,6	24,0	72,0

Fuente: Elaboración propia

Además se realizó seguimiento a los parámetros fisicoquímicos relacionados en la Tabla 8, donde se presenta el promedio de las mediciones realizadas entre la medida de la mañana a las 8:00 am y la medida de la tarde 5:00 pm. Basado en el análisis estadístico, en la prueba de rango múltiple donde se evaluaron los parámetros fisicoquímicos analizados que arroja que no hay diferencia estadísticamente significativa respecto a la hora de toma de los parámetros fisicoquímicos, con un nivel de significancia del 95%.

Tabla 8. Consolidado de datos fermentación en la Finca la Solita modelo de la Asociación de Productores de Belén de Umbría

DIA	Humedad (%)	Cenizas (%p. b.s.)	pH (Und. pH)	Acidez Titulable (g ácido acético/100mL)	Largo de grano (cm)	Ancho de grano (cm)	Pesode grano (g)
1	54,25 +- 4,88	1,82+- 0,17	4,00 +- 0,10	2,70 +- 0,20	2,55 +- 0,25	2,10 +- 0,60	3,45+-0,70
2	49,25+-0,86	1,72+-0,15	3,60+-0,10	1,25+-0,13	2,10+-0,18	1,30+-0,16	2,48+-0,42
3	49,94+-3,36	1,97+-0,18	4,33+-0,09	2,82+-0,35	2,20+-0,21	1,15+-0,15	2,22+-0,49
4	51,85+-5,60	2,14+-0,23	4,22+-0,07	2,17+-0,12	2,35+-0,15	1,30+-0,12	2,31+-0,42
5	48,42+-2,45	2,00+-0,17	4,63+-0,08	3,28+-0,78	2,70+-0,11	1,80+-0,20	3,67+-0,48
6	48,99+-0,87	2,16+-0,20	4,95+-0,05	3,00+-0,49	2,20+-0,22	1,30+-0,05	2,53+-0,39
Promedio	50,45	1,97	4,29	2,54	2,35	1,99	2,78
varianza	4,88	0,03	0,22	0,53	0,05	0,14	0,39

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la prueba de corte del ensayo en la finca la solita, bajo la metodología de Fermentación de la Finca la Solita (Asociación de Productores de Cacao ASOCACAO BU), se puede observar que el color varia de morado a café oscuro entre el día uno al quinto y manteniéndose en el sexto día, siendo el color café oscuro el que determina el final de la fermentación de acuerdo a los establecido por FEDECACAO.

DÍA 1 Corte de grano (a)	DÍA 2 Corte de grano (b)
---------------------------------	---------------------------------



Figura 7. Prueba de corte ensayo finca la solita- Bajo la metodología de Fermentación de la Finca la Solita (a) corte de grano día 1, (b) corte de grano día 2. Fuente: *Elaboración propia*



Figura 8. Prueba de corte ensayo finca la solita- Bajo la metodología de Fermentación de la Finca la Solita (c) corte de grano día 3, (d) corte de grano día 4. Fuente: *Elaboración propia*

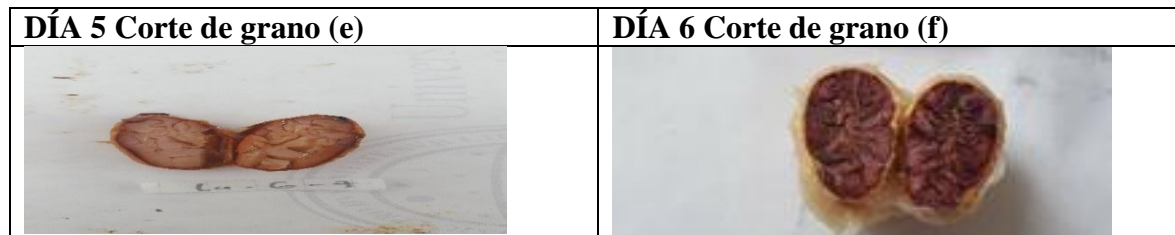


Figura 9. Prueba de corte ensayo finca la solita- Bajo la metodología de Fermentación de la Finca la Solita (e) corte de grano día 5, (f) corte de grano día 6. Fuente: *Elaboración propia*

Soportado en el registro fotográfico el *Theobroma cacao L* resultado del proceso de fermentación realizado en la Finca la Solita y bajo la metodología de esta se cumple con las exigencias comerciales de Color/aspecto: Granos color Marrón Claro los cuales correspondieron al 80% del total de los granos basados en la prueba de fermentación realizada, siendo superior en un 20% a los exigido por los compradores que son Granos Marrón claro-blanco min: 60%.

6.2.2 Fermentación en el prototipo ubicado en las Instalaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira

La fermentación del *Theobroma cacao L* en la Universidad Tecnológica de Pereira se realizó en un prototipo a escala de reducción E 1:3, de acuerdo a las medidas del Fermentador de la Finca la Solita, y manteniendo las mismas condiciones. Como se puede evidenciar en las

figuras 10 a la 13.



Figura 10. Montaje para fermentación en la Universidad Tecnológica de Pereira. Fuente: *Elaboración propia*



Figura 11. Cajón de fermentación en la Universidad Tecnológica de Pereira, ejemplo en el día 4. Fuente: *Elaboración propia*



Figura 12. Cajón de fermentación en la Universidad Tecnológica de Pereira. Fuente: Elaboración propia



Figura 13. Volteo en el proceso de fermentación. Fuente: Elaboración propia

Como primera condición a evaluar se tuvieron las condiciones ambientales las cuales son relacionadas en la Tabla 9, como se puede observar en las temperaturas ambientales el mayor valor se tuvo el primer día en horas de la tarde y respecto a la humedad relativa el mayor valor

se tuvo el tercer día en horas de la mañana. En términos generales la temperatura ambiental para la fermentación estuvo entre 22.0°C y 24.0°C en horas de la mañana y 24.0°C y 29.0°C en horas de la tarde, la humedad relativa entre los rangos 66.0% y 75.0% en la mañana y 45.0% y 67.0% en la tarde para un periodo de fermentación de seis días.

Tabla 9. Condiciones ambientales ensayo de fermentación en las Instalaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira

Día	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)
	08:00 a. M.		05:00 p. M.	
1			29.0	45.0
2	22.0	66.0	24.0	60.0
3	22.0	68.0	25.0	62.0
4	24.0	75.0	24.0	65.0
5	23.0	72.0	26.0	67.0
6	23.0	70.0	24.0	64.0

Fuente: Elaboración propia

Además se realizó seguimiento a los parámetros fisicoquímicos relacionados en la Tabla 10, donde se presenta el promedio de las mediciones realizadas entre la medida de la mañana a las 8:00 am y la tarde 5:00 pm. Basado en el análisis estadístico, en la prueba de rango múltiple que arroja que no hay diferencia estadísticamente significativa respecto a la hora de toma de los parámetros fisicoquímicos.

Tabla 10. Consolidado de datos fermentación modelo de la Finca la Solita, en prototipo en las Instalaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Día	Humedad (%)	Cenizas (%p- b.s.(pH (Und. pH)	Acidez	Largo de grano (cm)	Ancho de grano (cm)	Peso de grano (g)
				Titulable (g ácido acético/100m L)			
1	53,13+ 3,46	1,57+0,22	5,16+0,02	2,48+0,16	2,42+0,10	1,24+0,14	3,06+0,52
2	53,00+2,00	1,78+0,28	3,70 +0,15	1,58+0,14	2,00 +0,44	1,20+0,36	2,89+0,31
3	53,73+4,33	1,98+0,28	4,49+0,05	2,16+0,21	2,50+0,34	1,35+0,10	2,61+0,45
4	49,01+2,97	1,97+0,18	3,97+0,07	1,70+0,13	2,20+0,36	1,10+0,56	2,55+1,24
5	47,88+2,48	1,73+0,47	4,66+0,28	1,20+0,36	2,30+0,17	1,40+0,26	2,51+0,35
6	46,49+2,97	1,72+0,26	5,45+0,12	1,10+0,21	2,25+0,41	1,45+0,37	2,17+0,87
Promedio Total	50,54	1,79	4,57	1,70	2,28	1,29	2,63
Varianza Total	9,76	0,03	0,45	0,29	0,03	0,02	0,10

Fuente: Elaboración propia

Para la prueba de corte ensayo prototipo Universidad Tecnológica de Pereira- metodología de la Asociación. Se puede observar que el color varia de morado a café oscuro entre el día uno al quinto y manteniéndose en el sexto día, siendo el color café oscuro el que determina el final de la fermentación de acuerdo a los establecido por FEDECACAO.



Figura 14. Prueba de corte ensayo prototipo UTP- Bajo la metodología de Fermentación de la Finca la Solita (a) corte de grano día 1, (b) corte de grano día 2. Fuente: *Elaboración propia*



Figura 15. Prueba de corte ensayo prototipo UTP- Bajo la metodología de Fermentación de la Finca la Solita (c) corte de grano día 3, (d) corte de grano día 4. Fuente: *Elaboración propia*

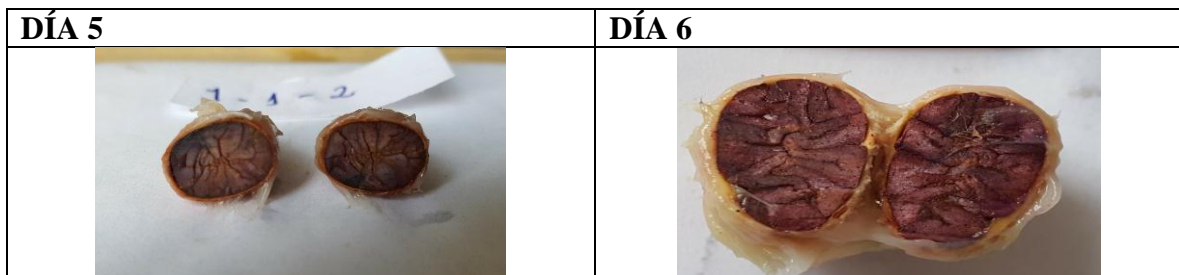


Figura 16. Prueba de corte ensayo prototipo UTP- Bajo la metodología de Fermentación de la Finca la (e) corte de grano día 5, (f) corte de grano día 6. Fuente: *Elaboración propia*

Soportado en el registro fotográfico el *Theobroma cacao L* resultado del proceso de fermentación en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira, bajo la metodología de la Asociación de Productores de Cacao de Belén de Umbría, cumpliría con las exigencias de Color/aspecto: Granos color Marrón Claro los cuales correspondieron al 85%+- 4% del total de los granos, siendo superior en un 25% a los exigido por los posibles compradores que son Granos Marrón claro-blanco min: 60%.

Realizando el respectivo análisis estadístico de prueba de Múltiples rangos no hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0% de confianza, respecto al sitio donde se realice la fermentación, lo cual quiere decir que es independiente realizar la Fermentación en la Finca La Solita o en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira y se obtienen granos de calidad exigida por los compradores.

De acuerdo a lo anterior, y tal cual como se ve en la tabla 10 se puede realizar una metodología de mejoramiento en las instalaciones de la UTP para ser replicada a la Finca la solita y posteriormente a la asociación.

Tabla 10. *Pruebas de Múltiple Rangos para Temperatura Ambiental por Tratamiento Método: 95,0 porcentaje LSD*

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Metodología asociación en UTP	12	23,3333	0,783098	X
Metodología asociación en finca	12	23,4417	0,783098	X

Fuente: *Elaboración propia*

Específicamente para los parámetros Físicoquímico se puede observar graficamente:

- La Humedad del grano (Figura 17) tiene una tendencia descendente en ambos casos, sin embargo para el tercer día hay una elevación de la humedad para el caso de la experimentación en las instalaciones de la UTP y en el día cuarto para el caso de la finca la solita, estas elevaciones corresponden con el aumento de la humedad relativa en los dos sitios durante los seis días del proceso de fermentación. Finalmente, la humedad relativa con la que termina el proceso de fermentación es 48.99% para la experimentación en la Finca la Solita y 46.49% para el experimento en la UTP.
- Cenizas (Figura 18) se puede observar que se tiene una tendencia levemente ascendente similar en los dos sitios donde se realizó la fermentación. Para el experimento en la finca la solita se tiene un rango de 1.82%p-b.s. a 2.16%p-b.s. y para el experimento en la UTP 1.57%p-b.s. y 1.72%p-b.s.
- Respecto a los parámetros pH y acidez (Figura 19 y 20) para el caso de pH, se evidencia una tendencia descendente al segundo día y ascendente en el tercer día,

nuevamente descienden al cuarto día para luego ascender hasta el sexto día; el rango de pH para el experimento en la finca la solita fue de 4.00 a 4.95 y para el experimento en la UTP de 5.17 a 5.45, mientras que para acidez ambas gráficas presentan un comportamiento similar hasta el cuarto día, con un rango en el experimento de la finca la solita de 2.70 g ácido acético/100mL a 3.00 g ácido acético/100mL con un máximo de 3.28 g ácido acético/100mL al quinto día y para el caso de la experimentación en la UTP el rango fue de 2.48 g ácido acético/100mL a 1.10 g ácido acético/100mL con un máximo de 2.48 g ácido acético/100mL presentado primer día.

- Respecto al largo, ancho y peso de grano no presentan gran variabilidad al encontrarse datos similares y con una varianza menor a 0.05 para largo, 0.14 y 0.39 para peso respectivamente. (Tabla 11)

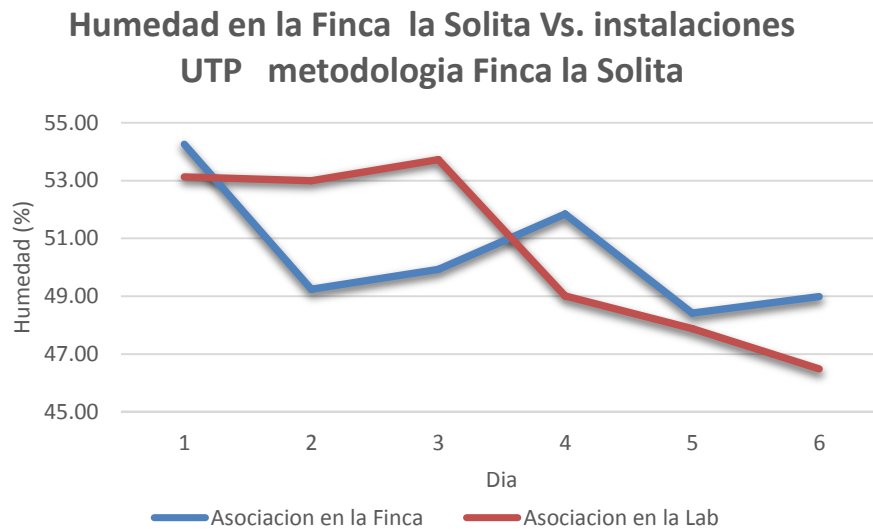


Figura 17. Graficas Comparativas Humedad en la Finca la Solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología de la Asociación. Fuente: Elaboración propia

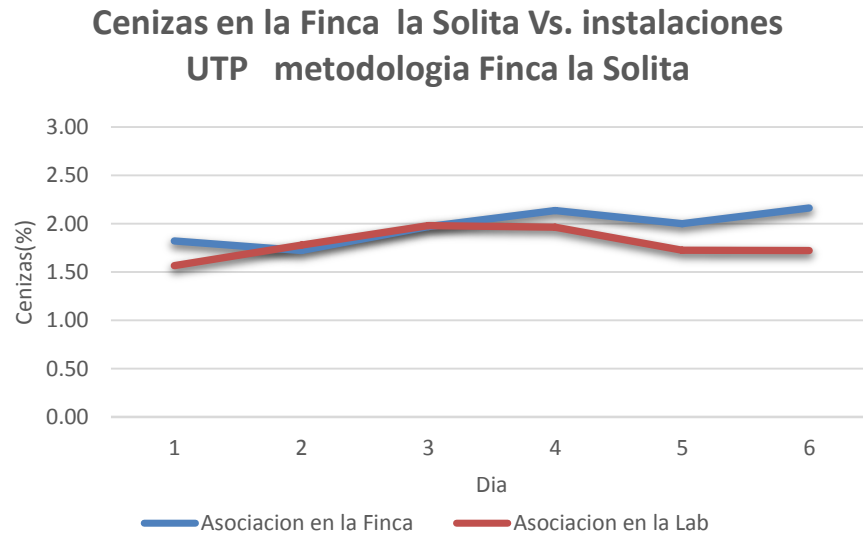


Figura 18. Graficas Comparativas de Cenizas en la Finca la Solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología de la Asociación. Fuente: *Elaboración propia*

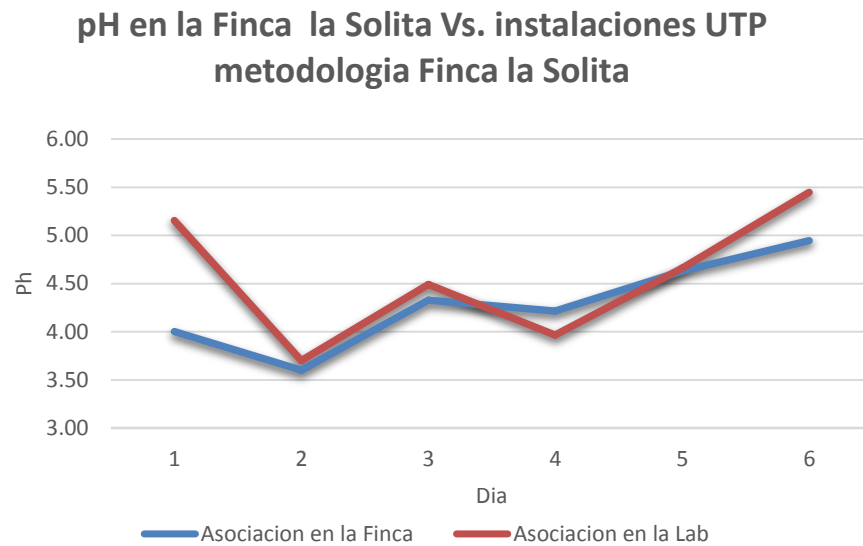


Figura 19. Graficas Comparativas de pH en la Finca la Solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología de la Asociación. Fuente: *Elaboración propia*

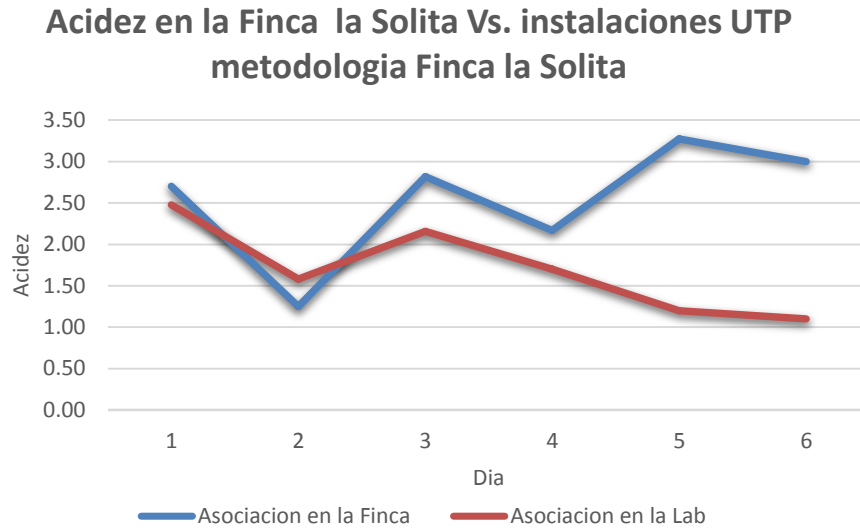


Figura 20. Graficas Comparativas de Acidez en la Finca la Solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología de la Asociación. Fuente: Elaboración propia

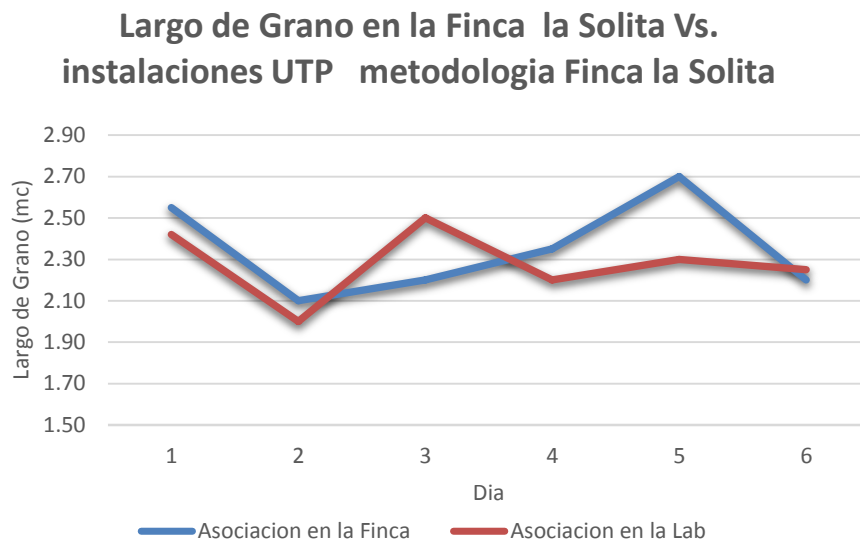


Figura 21. Graficas Comparativas de Largo del grano en la Finca la Solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología de la Asociación. Fuente: Elaboración propia

Ancho de Grano en la Finca la Solita Vs. instalaciones UTP metodología Finca la Solita

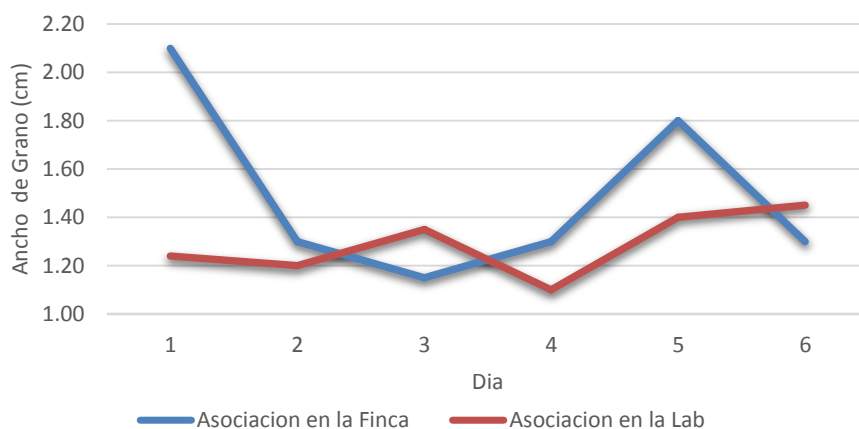


Figura 22. Graficas Comparativas de Ancho de Grano en la Finca la Solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología de la Asociación. Fuente: *Elaboración propia*

Peso en la Finca la Solita Vs. instalaciones UTP metodología Finca la Solita

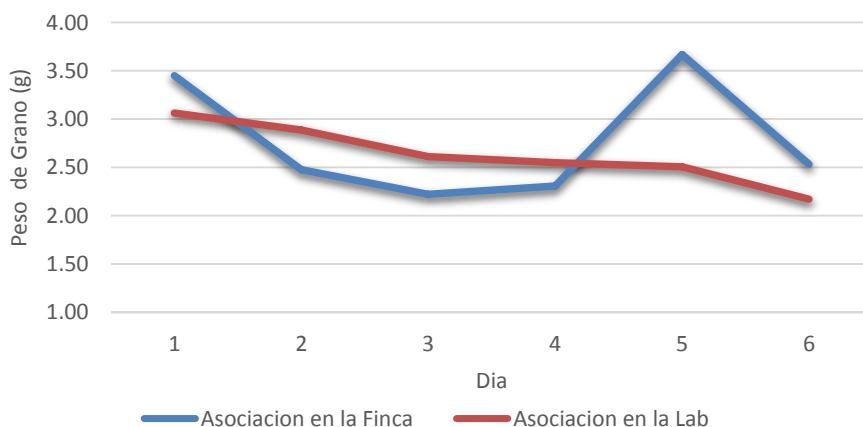


Figura 23. Graficas Comparativas de peso de grano en la Finca La solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología de la Asociación. Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 11. *Comparativo de Largo, Ancho y peso de grano de la Fermentación realizada en el Finca la Solita Vs. las Instalaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira, modelo Finca la Solita*

Sitio de Fermentación	Largo de grano (cm)		Ancho de grano (cm)		Peso de grano (g)	
	Promedio	Varianza	Promedio	Varianza	Promedio	Varianza
Finca La Solita	2,28	0,03	1,29	0,02	2,63	0,10
Instalaciones Universidad Tecnológica de Pereira	2,35	0,05	1,49	0,14	2,78	0,39

Fuente: *Elaboración propia*

Ahora se procede a realizar un análisis comparativo (Ver Tabla 12) entre cada uno de las variables fisicoquímicas analizadas de acuerdo al sitio donde se realizó la fermentación del *Theobroma cacao L.*, el primero la finca la solita y el segundo la UTP, donde se evidencia que respecto al parámetro de Humedad se obtuvo una variación total máxima de 0.09, respecto a cenizas una variación máxima de 0.18%p-b.s., y así con pH con 0.28, Acidez titulable con 0.83 el cual fue el que mayor variabilidad presento aunque los resultados obtenidos durante los seis días son similares, largo de Grano con 0.07, ancho de grano con 0.20 y peso de grano con 0.14 de variación máxima respectivamente. Lo cual nos permite corroborar que la variabilidad entre los parámetros fisicoquímicos analizados es mínima respecto al sitio donde se realice la fermentación.

Tabla 12. Comparación de las Metodología de la Finca la Solita en la Finca La Solita Vs UTP

DIA	Humedad (%)		Cenizas (%p. b.s.)		pH (Unidades de pH)		Acidez Titulable (g ácido acético/100mL)		Largo de grano (cm)		Ancho de grano (cm)		Peso de grano (g)	
	Asociacion en la Finca	Asociacion en la Lab	Asociacion en la Finca	Asociacion en la Lab	Asociacion en la Finca	Asociacion en la Lab	Asociacion en la Finca	Asociacion en la Lab	Asociacion en la Finca	Asociacion en la Lab	Asociacion en la Finca	Asociacion en la Lab	Asociacion en la Finca	Asociacion en la Lab
1	54,26	53,13	1,82	1,57	4,00	5,16	2,70	2,48	2,55	2,42	2,10	1,24	3,45	3,06
2	49,25	53,00	1,72	1,78	3,60	3,70	1,25	1,58	2,10	2,00	1,30	1,20	2,48	2,89
3	49,94	53,73	1,97	1,98	4,33	4,49	2,82	2,16	2,20	2,50	1,15	1,35	2,22	2,61
4	51,85	49,01	2,14	1,97	4,22	3,97	2,17	1,70	2,35	2,20	1,30	1,10	2,31	2,55
5	48,42	47,88	2,00	1,73	4,63	4,66	3,28	1,20	2,70	2,30	1,80	1,40	3,67	2,51
6	48,99	46,49	2,16	1,72	4,95	5,45	3,00	1,10	2,20	2,25	1,30	1,45	2,53	2,17
Promedio	50,45	50,54	1,97	1,79	4,29	4,57	2,54	1,70	2,35	2,28	1,49	1,29	2,78	2,63
Varianza	4,88	9,76	0,03	0,03	0,22	0,45	0,53	0,29	0,05	0,03	0,14	0,02	0,39	0,10

Fuente: Elaboración propia

6.3 Definir la metodología de fermentación del *theobroma cacao l.*

Después de evaluar las condiciones y las variables fisicoquímicas, se propone realizar un escurrido de una hora de los granos de *Theobroma cacao L* antes de ser fermentados en un costal de fibra de orificios gruesos como soporte para recibir el lixiviado de los granos, ambos deben estar limpios. Lo anterior con el fin de disminuir el tiempo de fermentación.

Al proceso de fermentación que tiene la finca la solita se anexo un paso antes de la desguyar se escurrieron los granos de *Theobroma cacao L* y se obtuvo como subproducto del escurrido de los granos; que podría ser aprovechado en diferentes procesos o como coproducto entendido como material que resulta del proceso agroindustrial y representan una alternativa de materia prima sostenible para la esta, resultado del proceso de fermentación. (Figura 24 y 25)



Figura 24. Proceso de desguyada de la mazorca para escurrido Fuente: *Elaboración propia.*



Figura 25. Proceso de escurrido de los granos de cacao antes de pasar a cajón de fermentación. Fuente: *Elaboración propia*.

La metodología propuesta fue aplicada en los dos sitios de estudio el primero en la Finca la Solita y el segundo en las Instalaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira con los siguientes resultados:

6.3.1 Metodología propuesta en la Finca la Solita

Respecto a los parámetros fisicoquímicos analizados se obtuvieron los datos consolidados en la Tabla 13

Tabla 13. *Consolidado de datos fermentación en la Finca la Solita, modelo propuesto*

DIA	Humedad (%)	Cenizas (%p-b.s.)	pH (Und. pH)	Acidez Titulable (g ácido acético/100m L)	Largo de grano (cm)	Ancho de grano (cm)	Pesode grano (g)
1	48,56+-2,62	1,77+-0,30	4,84+-0,18	2,80+-0,20	2,50+-0,21	1,50+-0,28	3,04+-0,83
2	45,57+-3,87	1,78+-0,13	3,30+-0,10	1,20+-0,11	2,80+-0,19	1,70+-0,05	4,11+-0,54
3	51,26+-3,57	2,14+-0,38	4,72+-0,07	2,04+-0,32	2,30+-0,26	1,30+-0,15	2,18+-0,08
4	49,67+-2,15	1,91+-0,92	5,11+-0,25	2,77+-0,24	2,70+-0,31	1,55+-0,21	2,91+-0,86
5	41,96+-1,32	3,06+-0,52	5,15+-0,02	2,79+-0,45	2,70+-0,18	1,70+-0,16	3,56+-0,56
6	47,92+-1,21	1,96+-0,40	5,61+-0,10	2,83+-0,05	2,65+-0,33	1,45+-0,14	3,24+-0,55
Promedio Total	47,49	2,10	4,79	2,40	2,61	1,53	3,17
Varianza Total	10,91	0,24	0,62	0,44	0,03	0,02	0,42

Fuente: *Elaboración propia*

Prueba de corte a la fermentación realizada en la Finca la solita bajo la metodología Propuesta

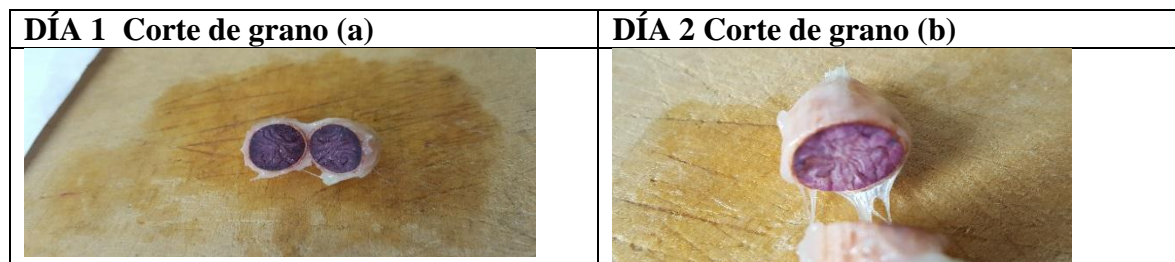


Figura 26. Prueba de corte ensayo prototipo UTP- Bajo la metodología de Fermentación de la Finca la Solita (a) corte de grano día 1, (b) corte de grano día 2. Fuente: Elaboración propia

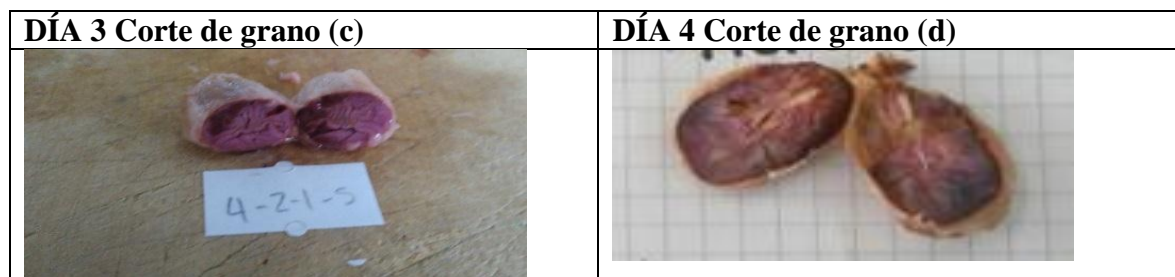


Figura 27. Prueba de corte ensayo prototipo UTP- Bajo la metodología de Fermentación de la Finca la Solita (c) corte de grano día 3, (d) corte de grano día 4. Fuente: Elaboración propia



Figura 28. Prueba de corte ensayo prototipo UTP- Bajo la metodología de Fermentación de la Finca la Solita (e) corte de grano día 5, (f) corte de grano día 6. Fuente: Elaboración propia

Soportado en el registro fotográfico (Figura 26 a 28) el *Theobroma cacao L* resultado del proceso de fermentación bajo la metodología propuesta cumpliría con las exigencias de Color/aspecto: Granos color Marrón Claro los cuales correspondieron al 90%+-1% del total de los granos, siendo superior en un 30% a los exigido por los compradores que son Granos Marrón claro-blanco min: 60%.

6.3.2 Metodología propuesta en las Instalaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira

Para los parámetros fisicoquímicos analizados en las Instalaciones de la UTP para la metodología propuesta se obtuvieron los datos consolidados en la Tabla 15.

Tabla 15 Consolidado de datos fermentación en prototipo en la Universidad Tecnológica de Pereira modelo propuesto

Día	Humedad (%)	H (%p-b.s.)	pH (Und. pH)	Acidez Titulable (g ácido acético/100m L)	Largo de grano (cm)	Ancho de grano (cm)	Pesode grano (g)
1	49,85+-2,26	1,57+-0,19	4,18+-0,07	2,04+-0,32	2,80+-0,14	1,45+-0,07	3,66+-0,29
2	49,30+-1,31	2,01+-1,00	3,65+-0,18	1,29+-0,15	2,20+-0,06	1,20+-0,21	2,78+-0,46
3	53,23+-3,48	1,89+-0,15	3,75+-0,13	1,14+-0,11	2,40+-0,38	1,25+-0,27	2,79+-0,89
4	52,53+-1,98	2,01+-0,28	4,84+-0,18	2,36+-0,07	2,65+-0,34	1,35+-0,29	2,90+-1,30
5	51,23+-4,52	2,00+-0,05	5,11+-0,25	2,09+-0,32	2,20+-0,33	1,25+-0,19	2,79+-1,15
6	46,32+-4,81	2,05+-0,15	5,61+-0,10	2,19+-0,14	2,60+-0,39	1,65+-0,27	3,46+-1,23
Promedio	50,52	1,99	4,59	1,81	2,41	1,36	3,07
Varianza	7,75	0,02	0,74	0,31	0,05	0,03	0,15

Fuente: Elaboración propia

Prueba De Corte Ensayo Prototipo Universidad Tecnológica de Pereira- Metodología Propuesta

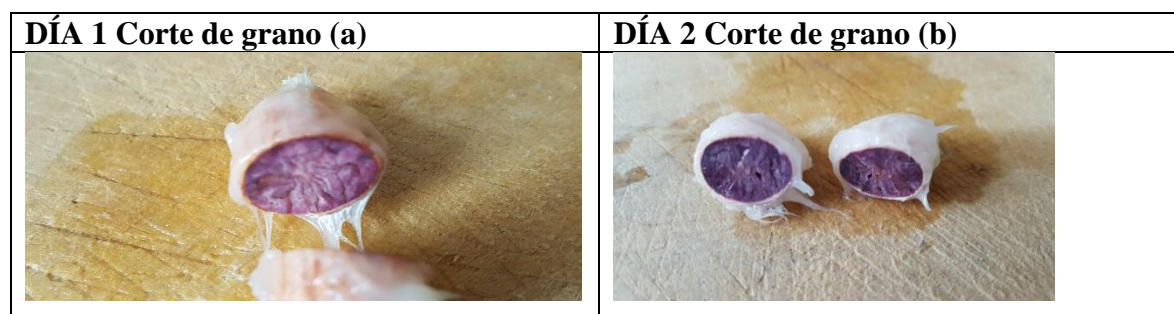


Figura 29. Prueba De Corte Ensayo Prototipo UTP- Bajo la metodología de Fermentación Propuesta (a) corte de grano día 1, (b) corte de grano día 2. Fuente: Elaboración propia

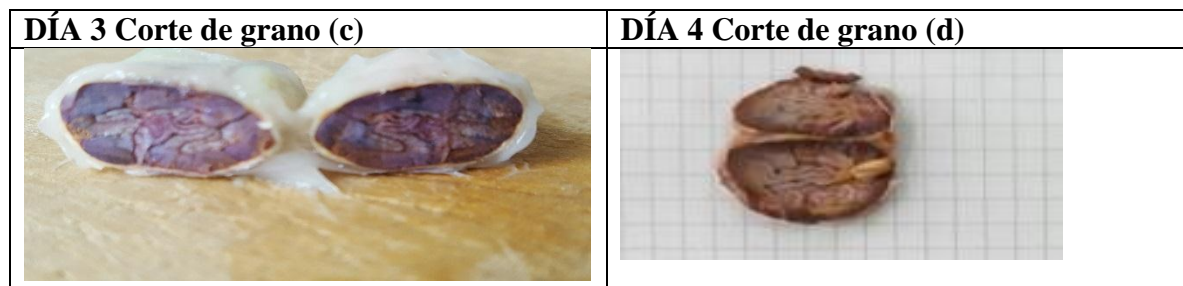


Figura 30. Prueba De Corte Ensayo Prototipo UTP- Bajo la metodología de Fermentación Propuesta (c) corte de grano día 3, (d) corte de grano día 4. Fuente: Elaboración propia

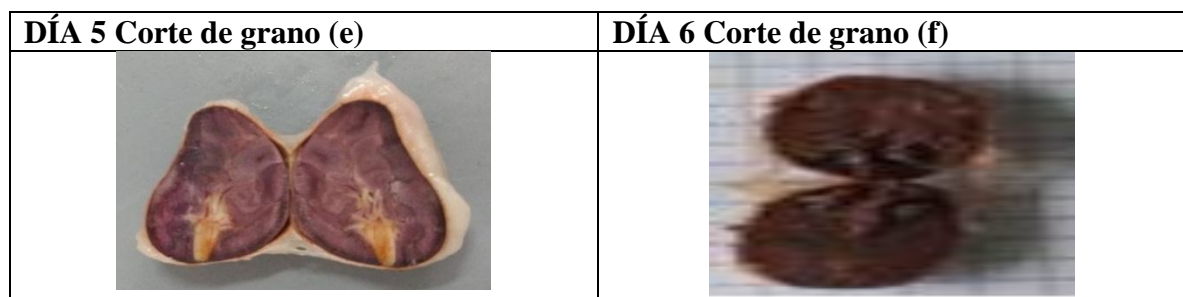


Figura 31. Prueba De Corte Ensayo Prototipo UTP- Bajo la metodología de Fermentación propuesta (e) corte de grano día 5, (f) corte de grano día 6. Fuente: Elaboración propia

Soportado en el registro fotográfico el *Theobroma cacao L* resultado del proceso de fermentación bajo la metodología propuesta cumple con las exigencias de Color/aspecto: Granos color Marrón Claro los cuales correspondieron al 87%+2% del total de los granos, siendo superior en un 27% a los exigido por los compradores que son Granos Marrón claro-blanco min: 60%.

Según las experimentaciones realizadas al escurrir los granos en la metodología propuesta, tanto en el caso de la Fermentación en la Finca la Solita como en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira, hay una variación de color desde el día 5, lo que permitiría optimizar el tiempo de fermentación respecto a este parámetro físico decisivo para el proceso de comercialización.

Además el análisis estadístico basado en la prueba de rango múltiples evidencia que no hay diferencia estadísticamente significativa entre el proceso de fermentación bajo el modelo de la Asociación y el modelo propuesto; realizada en el prototipo de las Instalaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira (Tabla 15). Y el análisis Anova con prueba de Lambda

Wilks evidenció que el tratamiento propuesto afecta de manera altamente significativa a todas las variables en conjunto lo cual se corrobora con las traza de Pilla y Hotelling que ambas son altamente significativa. Lo que quiere decir que las dos metodologías de fermentación afectan por igual a todos los parámetros analizados.

Y aplicando la Prueba de TuKey las variables medidas son todas estadísticamente iguales es decir no presentan diferencia estadísticamente significativa entre la toma de muestra en horas de la mañana o en la tarde. Corroborado en la Tabla 14 donde se realiza un comparativo entre los resultados obtenidos en cada uno de los parámetros fisicoquímicos medidos donde la diferencia entre cada día no es significativo.

Tabla 14. Comparación de la Metodología Propuesta Finca la Solita Vs Prototipo Realizadas en la Universidad Tecnológica de Pereira

Día	Humedad (%)		Cenizas		pH		Acidez	Titulable	Largo de grano		Ancho de grano		Peso de	
	Propuesta en la Finca	Propuesta en la Lab	Propuesta en la Finca	Propuesta en la Lab	Propuesta en la Finca	Propuesta en la Lab	Propuesta en la Finca	Propuesta en la Lab	Propuesta en la Finca	Propuesta en la Lab	Propuesta en la Finca	Propuesta en la Lab	Propuesta en la Finca	Propuesta en la Lab
1	48,56	49,85	1,77	1,57	4,84	4,18	2,80	2,04	2,50	2,80	1,50	1,45	3,04	3,66
2	45,57	49,30	1,78	2,01	3,30	3,65	1,20	1,29	2,80	2,20	1,70	1,20	4,11	2,78
3	51,26	53,23	2,14	1,89	4,72	3,75	2,04	1,14	2,30	2,40	1,30	1,25	2,18	2,79
4	49,67	52,53	1,91	2,02	5,11	4,84	2,77	2,36	2,70	2,65	1,55	1,35	2,91	2,90
5	41,96	51,23	3,06	2,00	5,15	5,11	2,79	2,09	2,70	2,20	1,70	1,25	3,56	2,79
6	47,92	46,32	1,96	2,05	5,61	5,61	2,83	2,19	2,65	2,60	1,45	1,65	3,24	3,46
Promedio	47,49	50,41	2,10	1,92	4,79	4,52	2,40	1,85	2,61	2,48	1,53	1,36	3,17	3,07
Varianza	10,91	6,27	0,24	0,03	0,62	0,62	0,44	0,26	0,03	0,06	0,02	0,03	0,42	0,15

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. Prueba de rangos para metodología aplicada por sitio. Método: 95,0 porcentaje LSD

Tratamiento	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Escurredo lab	12	23,3333	0,783098	X
Escurredo finca	12	23,4417	0,783098	X

Fuente: Elaboración propia

También se realizó un análisis grafico de cada uno de los parámetros fisicoquímicos analizados, los cuales se presentan a continuación:

Graficas Comparativas parámetros Físico Químicos en la Finca la Solita Vs UTP bajo la metodología Propuesta

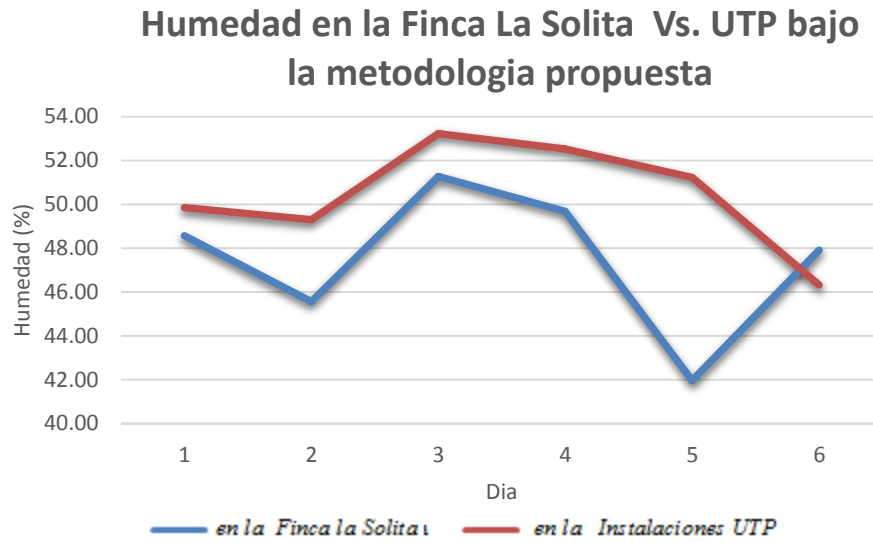


Figura 32. *Graficas Comparativas de Humedad en la Finca la Solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología propuesta.* Fuente: Elaboración propia

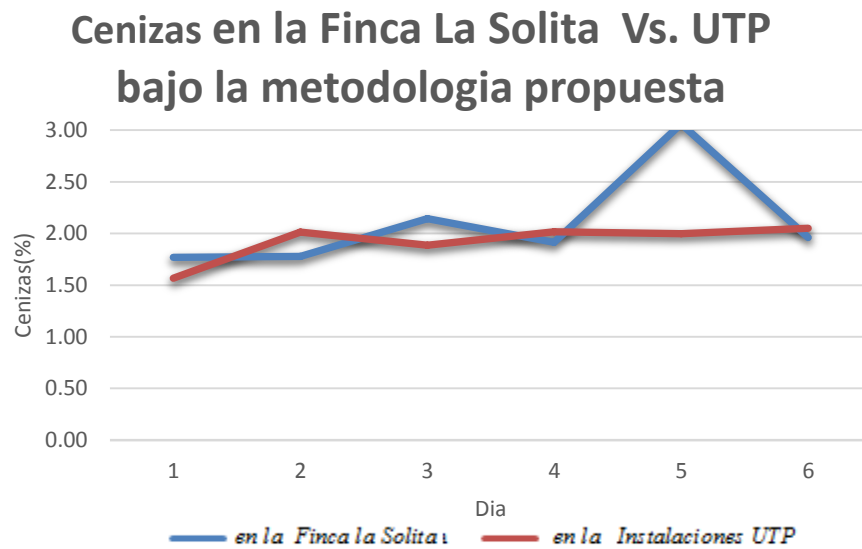


Figura 33. *Graficas Comparativas de Cenizas en la Finca la Solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología propuesta.* Fuente: Elaboración propia

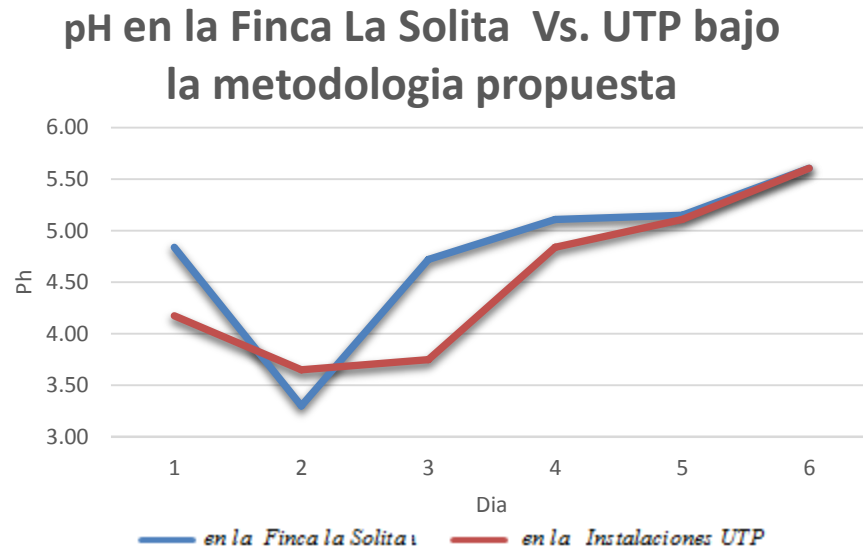


Figura 34. Graficas Comparativas de pH en la Finca la Solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología propuesta. Fuente: Elaboración propia

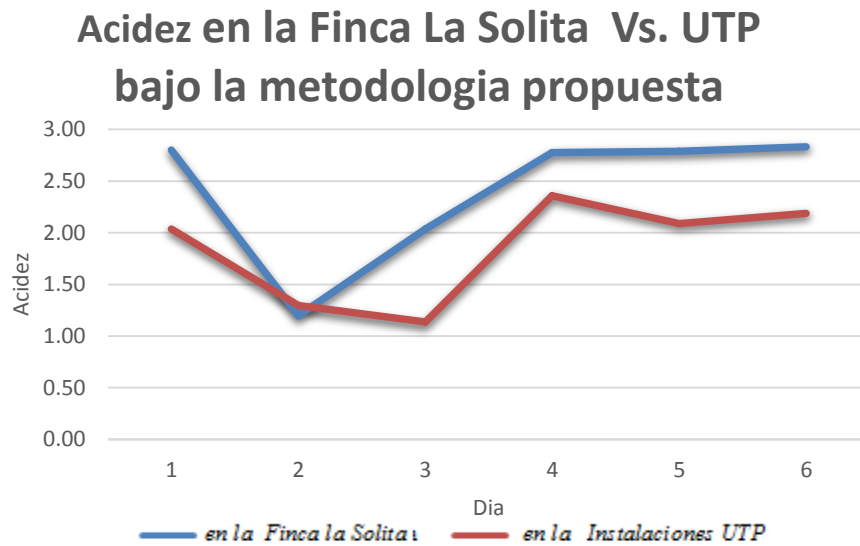


Figura 35. Graficas Comparativas de Acidez en la Finca la Solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología propuesta. Fuente: Elaboración propia

Largo de Grano en la Finca La Solita Vs. UTP bajo la metodología propuesta

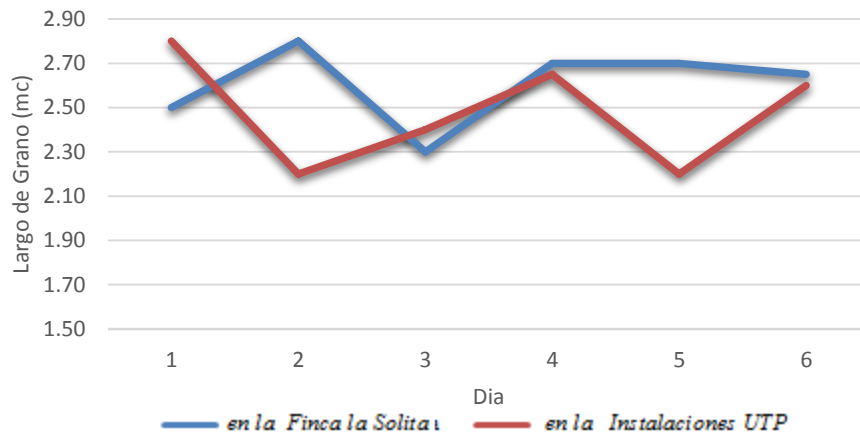


Figura 36. Graficas Comparativas de Largo de grano en la Finca la Solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología propuesta. Fuente: Elaboración propia

Ancho de Grano en la Finca La Solita Vs. UTP bajo la metodología propuesta

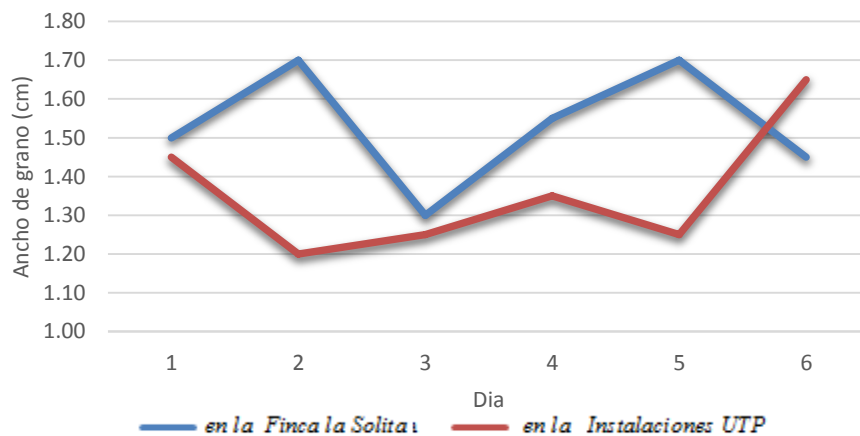


Figura 37. Graficas Comparativas de ancho de grano en la Finca la Solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología propuesta. Fuente: Elaboración propia

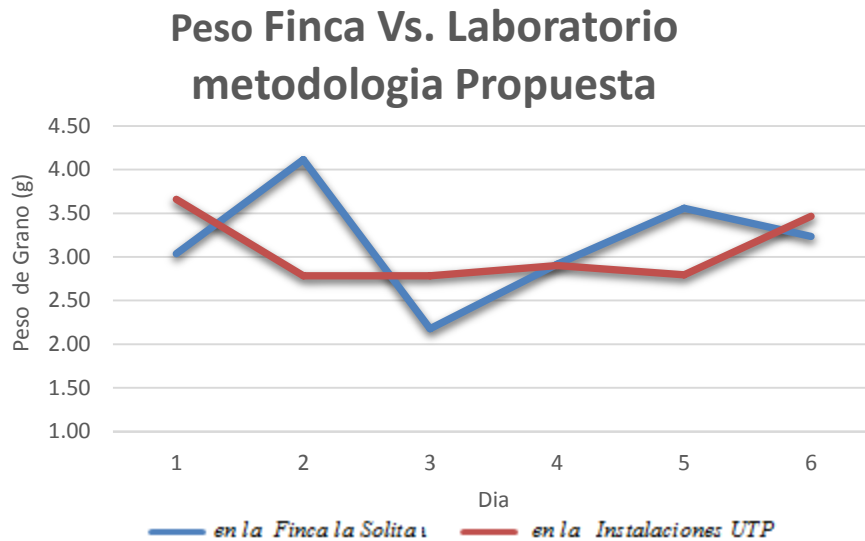


Figura 38. *Graficas Comparativas de peso de grano en la Finca la Solita Vs Instalaciones UTP bajo la metodología propuesta. Fuente: Elaboración propia*

Realizando un análisis gráfico de los parámetros fisicoquímicos respecto a la metodología propuesta se evidenció que todos los parámetros presentaron un comportamiento similar; durante el proceso de fermentación, independiente de donde se realizó la metodología de fermentación propuesta si en la Finca la Solita o en la Universidad Tecnológica de Pereira.

Específicamente para los parámetros Fisicoquímico se puede observar lo siguiente:

- La Humedad del grano (Figura 32) tiene una tendencia descendente en ambos casos, sin embargo para el tercer día hay una elevación de la humedad pero para la fermentación realizada en la finca la solita bajo la metodología propuesta al quinto día que no es tan acentuada al realizar la fermentación bajo la metodología propuesta en las instalaciones de la UTP donde decrece hasta 51.23% y continua así a 46.32% al sexto día.
- Cenizas (Figura 33) presenta una tendencia estable respecto a la metodología propuesta en los dos sitios donde se realizó al fermentación, aunque en la finca la solita al quinto día presento un pico ascendente de 3.10%p-b.s para luego decrecer a 2.05% p-b.s. y finalizar igualarse al sexto día.
- Respecto a los parámetros pH y acidez (Figura 34 y 35) para el caso de pH, se evidencia una tendencia descendente al segundo día y ascendente en el tercer día que continua hasta el sexto día; el rango de pH para la metodología propuesta en la finca la solita fue de 5.61 a 3.30 y para el metodología propuesta en las instalaciones de la UTP de 3.30 a 5.61, ambas con el punto mínimo al segundo día. Mientras que para acidez el

punto mínimo para la finca la solita se dio al segundo día con 1.29 g ácido acético/100mL y para en las instalaciones de la UTP fue de 1.14 g ácido acético/100mL al tercer día para luego ambas tener una tendencia ascendente que tiene a estabilizarse entre el cuarto y sexto día.

- Respecto al largo, ancho y peso de grano aunque presentan variabilidad están dentro de los rangos de las variedades de la finca la solita.

Además se realizó un análisis grafico donde se compararon las metodologías utilizadas para la fermentación del *Theobroma cacao L* evidenciando que independientemente de la metodología aplicada durante el proceso de fermentación hay una tendencia que se mantiene en cada uno de los parámetros fisicoquímicos analizados. (Figuras 39 a la 45). En este análisis grafico también se vio una tendencia generalizada en todos los parámetros analizados que desde el día cinco se empieza a observar un comportamental tendencial similar, por lo que desde ese día se podría pasar el *Theobroma cacao L* a secado, y no tendría una variación significativa respecto a los requisitos de los compradores, lo que favorecería a los productores al disminuir el tiempo de fermentación y además obtener un coproducto con posibles usos agroindustriales.

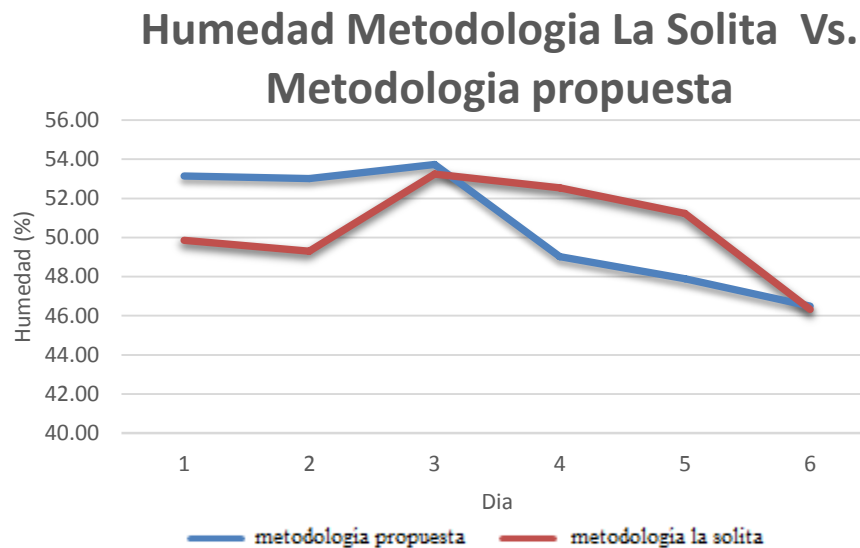


Figura 39. Graficas Comparativas de la Humedad. Metodología La Solita Vs Metodología Propuesta. Fuente: Elaboración propia

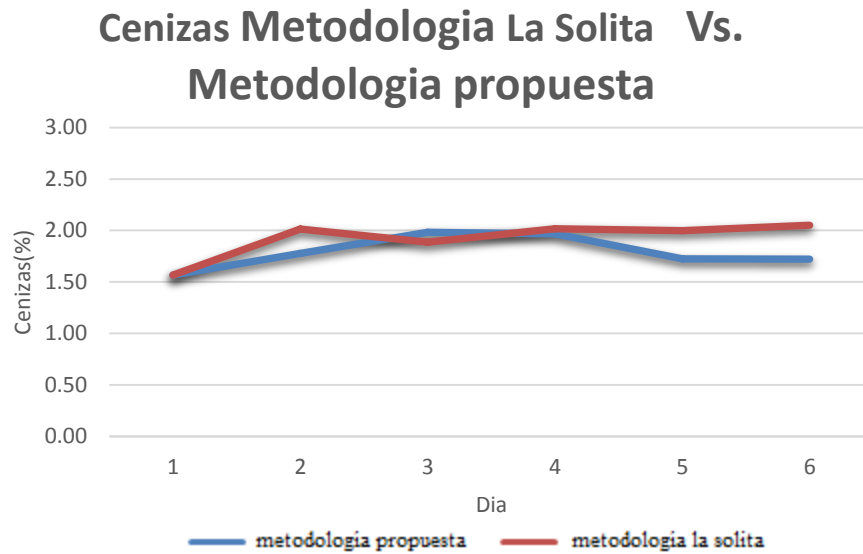


Figura 40. *Graficas Comparativas de Cenizas- Metodología La Solita Vs Metodología Propuesta.* Fuente: Elaboración propia

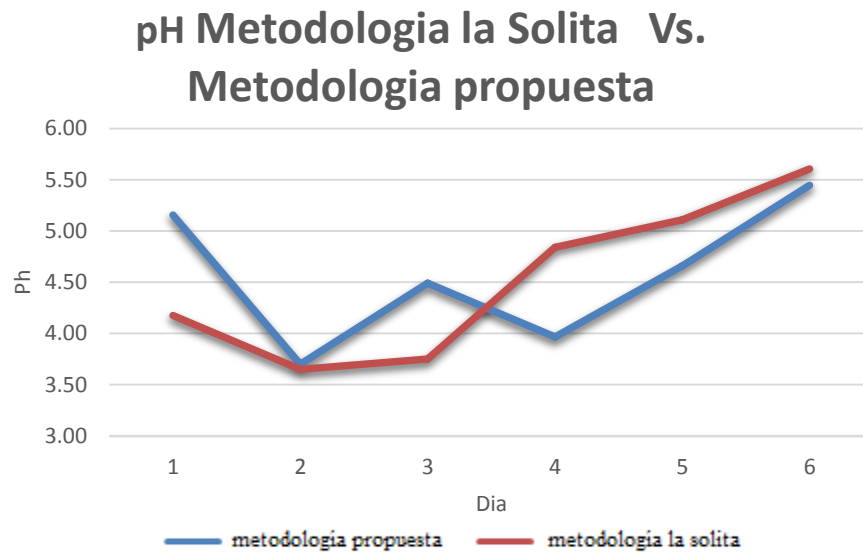


Figura 41. *Graficas Comparativas de pH. Metodología La Solita Vs Metodología Propuesta.* Fuente: Elaboración propia

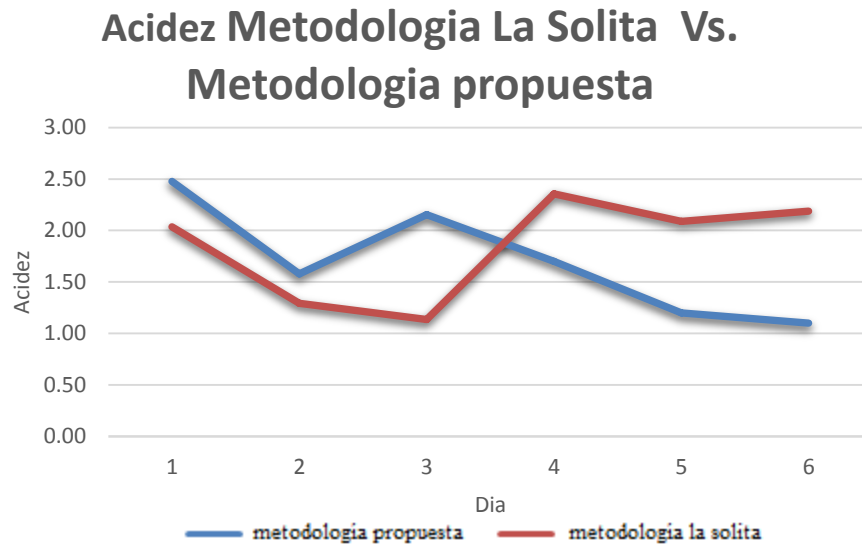


Figura 42. *Graficas Comparativas de Acidez Metodología La Solita Vs Metodología Propuesta.* Fuente: Elaboración propia

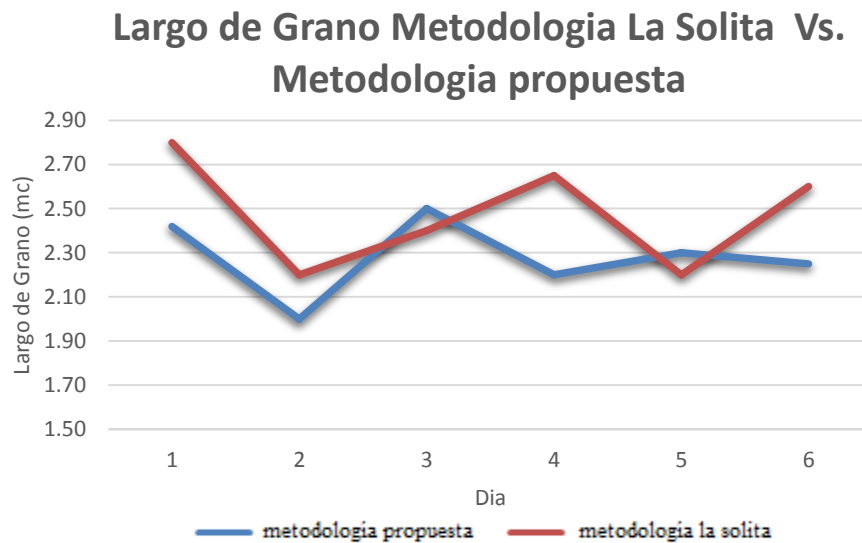


Figura 43. *Graficas Comparativas del Largo de Grano. Metodología La Solita Vs Metodología Propuesta.* Fuente: Elaboración propia

Ancho de Grano Metodología La Solita Vs. Metodología propuesta

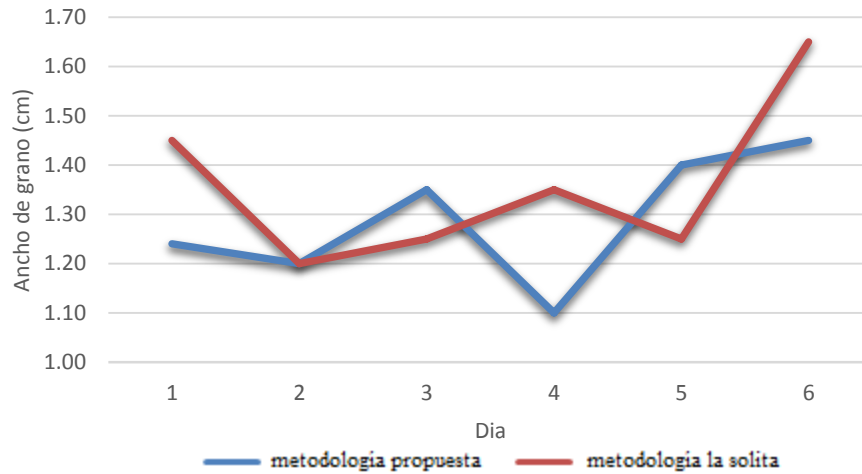


Figura 44. *Graficas Comparativas del Ancho de Grano. Metodología La Solita Vs Metodología Propuesta. Fuente: Elaboración propia*

Peso de Grano Metodología La Solita Vs. Metodología propuesta

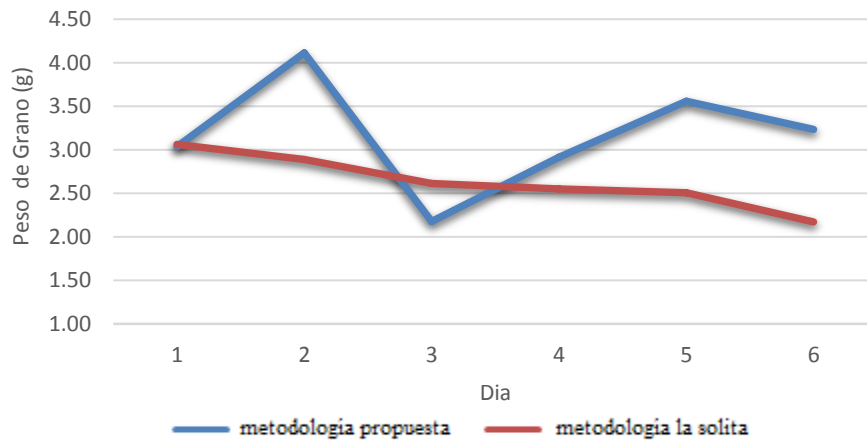


Figura 45. *Graficas Comparativas del peso de Grano. Metodología La Solita Vs Metodología Propuesta. Fuente: Elaboración propia*

Específicamente para los parámetros Fisicoquímicos comparando las metodologías de fermentación aplicadas, la primera corresponde a la finca la Solita y la segunda la propuesta por la Investigadora se puede observar:

- La Humedad del grano (Figura 39) tiene una tendencia descendente en ambos métodos de fermentación hasta un valor aproximado de 46% al sexto día, evidenciándose un pico al tercer día con un valor de 53%.
- Cenizas (Figura 40) se puede observar que se tiene una tendencia levemente ascendente similar en las dos metodologías de fermentación. las cuales están en un rango de 1.5% p-b.s. a 2% p-b.s.
- El pH (Figura 41) aunque las metodologías presentan un comportamiento similar con un punto mínimo al segundo día, cuyo valor fue de 3.65, se presentó una tendencia diferente entre el tercer y cuarto día pues para la metodología de la asociación al tercer día se obtuvo un valor de 3.75 incrementándose hasta 4.84 al cuarto día y llegando a un máximo de 5.61 al sexto día, mientras que para la metodología propuesta al tercer día se obtuvo un valor de 4.49 que descendió hasta 3.97 para luego alcanzar un máximo al sexto día de 5.45.
- Para la acidez (Figura 42) entre el día uno y dos ambas tienen un comportamiento decreciente pero para la metodología de fermentación de la finca la solita esta continua hasta el día tres para luego presentar una tendencia creciente que tiende a estabilizarse entre los días cuatro y seis. Mientras que para la metodología propuesta se presenta un pico al tercer día para luego tener una tendencia decreciente hasta el sexto día.
- Respecto al largo, ancho y peso de grano (Figura 43, 44 y 45) aunque ambas metodologías de fermentación fueron llevadas a cabo con mazorcas de la finca la solita, presenta variabilidad, para el caso de largo están en un rango de 2.8 cm. a 2.0 cm, ancho un rango de 1.65 cm. a 1.10 cm y para el peso de 4.0 g. a 2.2 g. valores promedio para las variedades en producción de la finca.

Con la prueba de fermentación a cada uno de los tratamientos propuestos y en cada uno de los sitios donde se realizó la fermentación, se obtuvieron los resultados presentados en la tabla 16 que muestran que al quinto y sexto día del proceso de fermentación en todos los casos ya se cumplía con los requisitos de los clientes de la Asociación respecto a la prueba de flotación o fermentación, determinante para los compradores al obtener un valor superior al 75% de porcentaje de fermentación exigido por los compradores.



(a)



(b)

Figura 46. Prueba de fermentación (a) Vista lateral de probeta (b) vista superior de probeta Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Prueba de Fermentación.

Modelo de Fermentación	Finca la solita		Universidad Tecnológica de Pereira	
	5	6	5	6
Asociación	78+-4	80+-2	77+-3	78+-3
Propuesto	82+-4	84+-5	81+-1	82+-2

Fuente: Elaboración propia

En general podemos decir que comparando los resultados obtenidos con los requisitos de los compradores del *Theobroma cacao L* de la Asociación de Cacaoteros de Belén de Umbría (ASOCACAO BU) en Risaralda. El *Theobroma cacao L* resultado del proceso de Fermentación Propuesto cumple con las exigencias de estos:

Color/aspecto: Granos color Marrón Claro

Calibre: 1,1g el calibre de los granos fermentados estuvo acorde con este requisito desde el día 1.

Fermentación: 75% para el día cinco ya se contaba con un porcentaje de fermentación superior al 75%

Granos Marrón claro-blanco min: 60% se obtuvieron en todos los tratamientos propuestos.

7. Conclusiones

- Se identificó que en la Asociación de Cacaoteros de Belén de Umbría, Risaralda ASOCACAO BU solo la Finca la Solita está realizando fermentación del *Theobroma cacao L* y lo hace bajo las recomendaciones de FEDECACAO.
- La Fermentación del *Theobroma cacao L*. bajo la metodología de la Finca La Solita y bajo la metodología propuesta no presentan diferencias estadísticamente significativas, respecto al sitio donde se realice ya sea en la Finca la Solita o en la Universidad Tecnológica de Pereira.
- De acuerdo a los parámetros fisicoquímicos evaluados bajo la metodología de la finca la solita se puede establecer que cuando el grano de *Theobroma cacao L* tenga un color café, un peso mayor a 1.5 gramos, una acidez menor a 2.5 g ácido acético/100mL, un pH inferior a 5.60 se ha terminado la fermentación y puede ser pasado a secado.
- Respecto a los parámetros fisicoquímicos analizados, Largo de Grano, Ancho de grano y peso del mismo, este no se ve afectado por la metodología de fermentación aplicada, pues son variables que dependen de las variedades de las mazorcas presentes en la finca la solita.
- Según las experimentaciones realizadas al escurrir los granos en la metodología propuesta, tanto en el caso de la Fermentación en la Finca la Solita como en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira, hay una variación a color café desde el día cinco, lo que permitiría optimizar el tiempo de fermentación respecto a este parámetro físico, debido a que este parámetro es la principal evaluación para determinar la compra del *Theobroma cacao L* por parte de los comercializadores y transformadores.
- De acuerdo a los parámetros fisicoquímicos evaluados bajo la metodología propuesta se puede establecer que cuando el grano de *Theobroma cacao L* tenga un color café, un peso de $3,56 \pm 0,56$ gramos, una acidez de $2,79 \pm 0,45$ (g ácido acético/100mL), un pH de $5,61 \pm 0,10$ y una humedad de $41,96 \pm 1,39\%$ se ha terminado la fermentación y puede ser pasado a secado.
- Respecto a las demás variables físico químicas para la metodología propuesta desde el día cinco se empieza a observar una tendencia comportamental similar, por lo que desde ese día en horas de la tarde se pasaría el *Theobroma cacao L* a secado, y no tendría una variación significativa respecto a los requisitos de los compradores, lo que favorecería a los productores al disminuir el tiempo de fermentación y obtener un coproducto con posibles usos agroindustriales.

8. Recomendaciones

- Aplicar la metodología propuesta en la fermentación del *Theobroma cacao L.*, anexando que antes de vaciar al cajón se escurra una (1) hora y luego seguir con el proceso de fermentación ya establecido por la Asociación. Lo cual favorece las condiciones del proceso mismo.
- Implementar la metodología planteada en este proyecto, realizando previo ajuste de acuerdo a las necesidades de cada finca.
- Iniciar un proceso de caracterización del coproducto obtenido al escurrir los granos de *Theobroma cacao L.*
- Continuar con el proceso investigativo en el prototipo ubicado en las Instalaciones de la Universidad tecnológica de Pereira, ya que estadísticamente se obtuvo que hay relación entre los resultados obtenidos y la Finca la Solita, unidad de investigación de presente trabajo
- Continuar el trabajo investigativo con la Asociación de Cacaoteros del Municipio de Belén de Umbría ASOCACAO BU, especialmente con la Finca la solita como modelo para los demás integrantes de la Asociación.
- Continuar con el acompañamiento a la Asociación de Cacaoteros del Municipio de Belén de Umbría ASOCACAO BU en los diferentes procesos desde la Maestría en Desarrollo Agroindustrial y la Universidad Tecnológica de Pereira.

9. Bibliografía

- Agroproteinas.com. (2016). Colombia sembraría un millón de has de cacao. Retrieved December 5, 2017, from <http://agroproteinas-contenidosglobales.com/colombia-aspira-a-sembrar-un-millon-de-has-de-cacao/>
- Alvarez, F., & Sánchez, J. (1989). *Situación del cacao y problemática nacional [Honduras]*. (S. J. (Costa R. R. R. de G. y T. de T. en C.-P. IICA & S. R. sobre T. P. y C. M. del Cacao, Eds.). San José (Costa Rica).
- Barragan, A. A., & Rey Forero, L. C. (2004). *Establecimiento de Nucleos productivos de establecimiento de nucleos productivos de Cacao (Theobroma Cacao) en torno a Cacao (Theobroma Cacao) En Torno a microcentrales de beneficio para mejorar la calidad del grano en la región del distrito agroindustrial. Trabajo de grado*. Nacional de Colombia, Manizales.
- CAOBISCO/ECA/FCC Cocoa Beans and Cocoa Industry Quality Requirements. (2015). *Cacao en Grano: Requisitos de Calidad de la Industria del Chocolate y del Cacao*. (E. R. D. M.J., Ed.).
- CARDER. Corporación Autónoma Regional de Risaralda. (2008). *Diagnóstico de Riesgos Ambientales Municipio de Belén de Umbría Risaralda*. Pereira: CARDER.
- Club del Chocolate.com. (2017). Los productores de cacao, los consumidores del chocolate. Retrieved December 5, 2017, from <http://www.clubdelchocolate.com/84-los-productores-de-cacao-los-consumidores-de-chocolate.html>
- Colombia. Ministerio de Salud y Protección Social. INVIMA. (2015). Resolución No. 2015030129 de 3 de agosto de 2015. *INVIMA*. Retrieved from http://web.sivicos.gov.co/registros/pdf/1334384_2015030129.pdf
- Corporación Autónoma Regional de Risaralda-CARDER. (n.d.). *Diagnóstico de riesgos ambientales municipio de Belén de Umbría Risaralda*. Pereira.
- Cubillos, G., Merizalde, G., & Correa, E. (2008). Manual de beneficio del cacao 2008 ~, 17.
- Enriquez, G. (1995). *Beneficio del cacao*. Guayaquil, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Boliche.
- FEDECACAO. Federación Nacional de Cacaoteros. (2012). *Caracterización Físicoquímica del Grano de Cacao (Theobroma cacao L.) en Colombia. Federación Nacional de Cacaoteros, Fedecacao*. Bogotá: FEDECACAO.
- FEDECACAO. Federación Nacional de Cacaoteros. (2013). *Guía ambiental para el cultivo del cacao*.
- FEDECACAO. Federación Nacional de Cacaoteros. (2014). Beneficio y calidad del grano. *Cacaocultura Renovada*, 9–12.
- Fundación Socya. (2016). *Siembra, sostenimiento y transformación del cultivo de Cacao en Belén de Umbría, Risaralda. Producto : Cacao*.
- ICONTEC. (2010). Norma Técnica Colombiana NTC 5811. Buenas prácticas agrícolas para Cacao. Recolección y beneficio. Requisitos generales.
- ICONTEC. (2012). Norma Técnica Colombiana 1252. Cacao en grano, (571).
- Lambert, S. (2010). Fermentación del cacao - aspecto generales.
- Melgarejo, M. L., Hernández, M. S., Barrera, J. A., & Carrillo, M. (2006). *Oferta y potencialidades de un banco de germoplasma del género Theobroma en el enriquecimiento de los sistemas productivos de la región amazónica*.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2005). Resolución 3434 por la cual se establecen

- normas para producción, distribución y comercialización de material de propagación de cacao, 1–15.
- Murgich, V. (2015). Los 10 países cuyos habitantes consumen más chocolate en el mundo. Retrieved December 5, 2017, from <https://www.merca20.com/los-10-paises-cuyos-habitantes-consumen-mas-chocolate-en-el-mundo/>
- NASA. (2017). NASA Prediction of Worldwide Energy Resource (POWER). Climatology Resource for Agroclimatology.
- Reyes, H., & Capriles de Reyes, L. (2000). Cacao fermentación del grano. In *El Cacao en Venezuela* (pp. 228–231). Venezuela: Choculares El Rey S.A. Retrieved from <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3822>
- Robayo, Z. (2010). Caracterización del proceso de fermentación del grano de copoazú (*Theobroma grandiflorum* Willd. ex spreng). In *Situación del cacao y problemática nacional [Honduras]: Memoria* (p. 47). San José (Costa Rica): Red Regional de Generación y Transferencia de Tecnología en Cacao - PROCACAO.
- Stevenson, C., Corven, J., & Villanueva, G. (1993). Manual para análisis de cacao en laboratorio. *Ica-Procacao*.
- The Luker Way. (2016). Produciomos Cacao Fino de Aroma. Retrieved December 5, 2017, from <http://www.cacaofinodearoma.com/es/cacao-fino-de-aroma/>
- United Cacao Limited. (2015). Mercado Mundial del Cacao. Información general sobre el Mercado Global. Retrieved December 5, 2017, from <http://unitedcacao.com/index.php/es/corporate-profile-es/global-cocoa-market-es>

Anexo. Instrumento de Diagnóstico

No.	PREGUNTA	RESPUESTA
1	Nombre completo de la Finca.	
2	Dueño de la Finca	
3	Área de la Finca	
4	Cuál fue su motivación para iniciar con el cultivo de cacao	
5	Área sembrada en cacao	
6	Distancia de siembra	
7	Número de plantas en el terreno	
8	Edad del cultivo	
9	Cuántas personas trabajan en el cultivo	
10	Variedades presentes en el cultivo	
11	Cada cuanto recolecta las mazorcas	
12	Cuál es el procedimiento general de la fermentación	
13	Que fuente uso para este método	
14	Como corta las mazorcas y por que	
15	El cajón de fermentación fue construido por usted o fue patrocinado por alguna entidad	
16	Por qué inicio en la asociación de cacaoteros de Belén de Umbría	
17	Cada cuanto fertiliza el cacao	
18	Se considera un cacaocultor por vocación	
19	Conoce las condiciones de producción	
20	En promedio cuántas mazorcas le está dando un árbol	