

PROGRAMA CONSORCIOS REGIONALES DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA
CRIA NORTE
CADENA DE CACAO

PERFILES DE FERMENTACIÓN PARA CONTRIBUIR CON EL MEJORAMIENTO DE
LA CALIDAD DEL CACAO (*Theobroma cacao*) DE LA ECORREGIÓN DE LACHUÁ,
COBÁN, ALTA VERAPAZ.

Edgar Armando Ruiz Cruz¹
Marlon Fernando Ac Pangan²

COBÁN, ALTA VERAPAZ, GUATEMALA 20 DE NOVIEMBRE DE 2018

¹ Investigador principal: Ingeniero Agrónomo, coordinador de la maestría en desarrollo rural del Centro Universitario del Norte CUNOR.

² Investigador Asociado: Ingeniero en Agroindustria Alimentaria, candidato al título de maestro en ciencias del desarrollo rural de la maestría en desarrollo rural del Centro Universitario de Norte CUNOR.

Este proyecto fue ejecutado gracias al apoyo financiero del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés). El contenido de esta publicación es responsabilidad de su(s) autor(es) y de la institución(es) a las que pertenecen. La mención de empresas o productos comerciales no implica la aprobación o preferencia sobre otros de naturaleza similar que no se mencionan.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	14
2.	MARCO TEÓRICO	16
3.	OBJETIVOS	19
3.1	General	19
3.2	Específicos	19
4.	HIPÓTESIS	19
5.	METODOLOGÍA	20
5.1	Localidad y época	20
5.2	Diseño experimental	20
5.3	Tratamientos con sus factores y niveles	20
5.4	Tamaño de la unidad experimental	20
5.5	Modelo estadístico	20
5.6	Variables respuesta	20
5.7	Análisis de la información	21
5.8	Manejo del experimento	21
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
6.1	Establecimiento de las características socioeconómicas, de producción y procesamiento de los productores de cacao en la ecorregión de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz.	22
6.1.1	Características socioeconómicas	22
6.1.2	Aspectos de producción y procesamiento	25
6.1.3	Conclusiones	36
6.1.4	Recomendaciones	37
6.2	Determinación del procedimiento óptimo de fermentación del cacao en la ecorregión de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz.	38
6.2.1	Resultados de las condiciones ambientales durante el proceso de fermentación	38
6.2.2	Resultados de los parámetros de fermentación por cada tratamiento.	44
6.2.3	Conclusiones	50
6.2.4	Recomendaciones	53
6.3	Análisis de los estándares de control de calidad de cacao a nivel internacional y el potencial de Guatemala como país productor de cacao fino de aroma.	54
6.3.1	Propuesta de estándares internacionales por el grupo de trabajo coordinado por el programa <i>Cocoa of Excellence</i> (CoEx).	54

6.3.1.1	Almacenamiento y añejado de granos de cacao	54
6.3.1.2	Evaluación de la calidad física	55
6.3.1.3	Preparación de licor de cacao y chocolate para evaluación de calidad	58
6.3.2	Índice de Calidad de Cacao (CQI)	60
6.3.3	Características bioquímicas de los granos de cacao a nivel internacional.	62
6.3.3.1	pH y acidez total en granos de cacao.	62
6.3.3.2	Ácidos orgánicos	63
6.3.3.3	Carbohidratos simples	64
6.3.3.4	Componentes aromáticos volátiles en granos de cacao	65
6.3.3.5	Propuesta para la elaboración del mapa de sabor y caracterización bioquímica del cacao por región de producción en Guatemala.	67
6.3.4	Conclusiones	69
6.3.5	Recomendaciones	70
7.	CONCLUSIONES	74
8.	RECOMENDACIONES	79
9.	REFERENCIAS	81
10.	ANEXOS	84
10.1	Carta de compromiso de la Fundación Laguna Lachuá (FUNDALACHUÁ) para la cooperación en la implementación del proyecto de investigación.	86
10.2	Carta de compromiso de la Asociación KATBLAPOM para la cooperación en la implementación del proyecto de investigación.	87
10.3	Carta de compromiso de la Asociación ASOSELNOR para la cooperación en la implementación del proyecto de investigación.	88
10.4	Convocatoria para la contratación del equipo de campo	89
10.5	Guía de observación en campo	90
10.6	Guía de encuestas individuales	91
10.7	Hoja de registro para el control del proceso de fermentación de cacao	92
10.8	Hoja de registro para el control del proceso de secado de cacao	93



ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Diseño experimental.	20
Cuadro 2. Edad, ingresos mensuales y tamaño de familia promedio de productores de cacao por asociación en la ecorregión de Lachuá.	24
Cuadro 3. Edad e ingresos mensuales promedio de productores de cacao por género en la ecorregión de Lachuá.	24
Cuadro 4. Nivel de estudios de productores de cacao por asociación en la ecorregión de Lachuá.	24
Cuadro 5. Productores de cacao por grupo étnico en cada asociación en la ecorregión de Lachuá.	25
Cuadro 6. Promedio de tenencia de terreno, área de producción de cacao y rendimiento de cacao en baba por productores de cacao en cada asociación en la ecorregión de Lachuá.	26
Cuadro 7. Promedio de producción de cultivos (diferentes al cacao) y especies animales por productores de cacao en cada asociación en la ecorregión de Lachuá.	28
Cuadro 8. Porcentaje de productores que posee plantaciones de cacao sembradas por semilla (híbridos).	28
Cuadro 9. Porcentaje de productores que posee plantaciones de cacao injertadas.	29
Cuadro 10. Conocimiento del material genético de las plantaciones de cacao de los productores por asociación.	29
Cuadro 11. Híbridos seleccionados de la FHIA y propagados en la ecorregión de Lachuá durante el inicio del proyecto de cacao (2006 - 2007).	30
Cuadro 12. Porcentaje de productores que fertilizan sus plantaciones de cacao por asociación.	32
Cuadro 13. Preferencia del método de comercialización de cacao en baba por los productores de cacao en las asociaciones.	33
Cuadro 14. Conformidad de los productores de cacao sobre el precio actual de la compra de cacao en baba en las asociaciones.	34
Cuadro 15. Razones expresadas por los productores sobre la necesidad de buscar nuevas opciones de mercado para la comercialización de cacao en la ecorregión de Lachuá.	35
Cuadro 16. Interés de los productores de cacao en la siembra de nuevas plantaciones de cacao.	35
Cuadro 17. Condiciones ambientales del área de beneficiado de cacao durante la fermentación en la comunidad KATBALPOM.	39
Cuadro 18. Condiciones ambientales del área de beneficiado de cacao durante la fermentación en la comunidad ASODIRP.	39
Cuadro 19. Condiciones ambientales del área de beneficiado de cacao durante la fermentación en la comunidad ASOSELNOR.	39
Cuadro 20. Temperatura ambiente del área de beneficiado de cacao durante la fermentación de 5 quintales de cacao en cada comunidad.	40
Cuadro 21. Temperatura ambiente del área de beneficiado de cacao durante la fermentación de 8 quintales de cacao en cada comunidad.	40
Cuadro 22. Temperatura ambiente del área de beneficiado de cacao durante la fermentación de 11 quintales de cacao en cada comunidad.	41



Cuadro 23. Resumen del comportamiento del pH de la testa y cotiledón de cacao en función de la localidad de procesamiento (valor inicial, final y óptimo).	46
Cuadro 24. Resumen del comportamiento del pH de la testa y cotiledón de cacao en función de la masa de procesamiento (valor inicial, final y óptimo).	47
Cuadro 25. Clasificación de la calidad de cacao de acuerdo con el tamaño de granos.	55
Cuadro 26. Formulación de chocolate para evaluación de aroma y sabor, expresada en porcentaje (%) (Sukha, 2017).	59
Cuadro 27. Funciones e indicadores con su valor porcentual seleccionados para el cálculo del Índice de calidad del cacao (Araujo, et al., 2014, p. 51).	60
Cuadro 28. Límites y comportamiento deseado de los indicadores propuestos para el cálculo del Índice de Calidad del Cacao (CIQ) (Araujo, et al., 2014, p. 52).	61
Cuadro 29. Resumen de pH y acidez total en granos de cacao seco (Loureiro, y otros, 2017).	63
Cuadro 30. Resumen del contenido de ácido acético y ácido láctico en granos de cacao seco (Loureiro, et al., 2017).	63
Cuadro 31. Resumen del contenido de carbohidratos simples (glucosa, fructosa y sacarosa) en granos de cacao seco.	64
Cuadro 32. Principales competentes volátiles identificados en aroma de cacao (Aprotosoai, Luca y Miron, 2016, p. 81).	65
Cuadro 33. Total de productores y porcentaje de producción nacional por cada región de producción (MINECO, 2015; MAGA, 2016)	69
Cuadro 34. Temperatura ambiente por días de fermentación de cacao en cada localidad.	71
Cuadro 35. Temperatura ambiente por días de fermentación de cacao por cada volumen.	71
Cuadro 36. Humedad ambiente por días de fermentación de cacao en cada localidad.	71
Cuadro 37. Humedad ambiente por días de fermentación de cacao en cada volumen.	72
Cuadro 38. Temperatura de fermentación por días de fermentación de cacao en cada localidad.	72
Cuadro 39. Temperatura de fermentación por días de fermentación de cacao en cada volumen.	72
Cuadro 40. pH de la testa de los granos de cacao por días de fermentación en cada localidad.	73
Cuadro 41. pH de la testa de los granos de cacao por días de fermentación en cada volumen.	73
Cuadro 42. pH del cotiledón de los granos de cacao por días de fermentación en cada localidad.	73
Cuadro 43. pH del cotiledón de los granos de cacao por días de fermentación en cada localidad.	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Anatomía y composición del grano de cacao (Afoakwa, 2014).	18
Figura 2. Histograma de frecuencias de edad de los productores de cacao de la ecorregión de Lachuá.	23
Figura 3. Histograma de la primera siembra de cacao de los productores en la ecorregión de Lachuá.	27
Figura 4. Localización del origen de los materiales analizados; los colores indican el clúster o grupo genético al cual pertenecen (Motamayor, et al., 2008, p. 3).	31
Figura 5. Temperatura ambiente durante la fermentación de cacao por localidad.	42
Figura 6. Temperatura ambiente durante la fermentación de diferentes masas de cacao	42
Figura 7. Correlación de la temperatura ambiental y la temperatura de fermentación de 11 quintales de cacao	43
Figura 8. Importancia del diseño del área de fermentación. a) Pérdida de calor por falta de aislamiento. b) Conservación de calor generado durante el proceso.	43
Figura 9. Perfil de temperatura durante la fermentación de cacao en tres diferentes localidades.	44
Figura 10. Temperatura de fermentación de tres diferentes masas de cacao.	45
Figura 11. Análisis del comportamiento del pH de la testa y pH del cotiledón en las tres asociaciones (KATBALPOM, ASODIRP Y ASOSELNOR).	48
Figura 12. Correlación del pH de la testa y pH del cotiledón durante la fermentación de cacao para la ecorregión de Lachuá.	48
Figura 13. Correlación de la temperatura de fermentación y pH de la testa durante el procesamiento de cacao en la ecorregión Lachuá.	49
Figura 14. Comportamiento del pH de la testa y del cotiledón del grano de cacao antes y después del proceso de fermentación. a) Grano de cacao antes de la fermentación. b) Grano de cacao después del proceso de fermentación.	50
Figura 15. Grafica de categorías de prueba de corte desarrollada por el Cocoa Research Centre	56
Figura 16. Gráfico de escala de fisuras en granos de cacao (United States of America Patent No. US6582747B2, 2003).	57
Figura 17. Propuesta para el desarrollo del mapa de aroma y sabor de cacao para Guatemala. Principales regiones de producción. Región 1: Sur de Petén, región 2: Ecorregión Lachuá; región 3: Cahabón; región 4: Valle del Polochic; región 5: San Marcos y Quetzaltenango; y región 6: Suchitepéquez (MINECO, 2015; MAGA, 2016).	68

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ANDEVA: Análisis de Varianza
ASODIRP: Asociación de Desarrollo Integral Rocjá Pomtilá
ASOSELNOR: Asociación Selva del Norte
CAOBISCO: *Association of Chocolate, Biscuits and Confectionery*
CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
DBA: Diseño de Bloques al Azar
ECA: *European Cocoa Association*
FCC: *Federation of Cocoa Commerce*
FDA: *Food and Drug Administration of the United States*
FEDECOVERA: Federación de Cooperativas de las Verapaces
FUNDALACHUÁ: Fundación Laguna Lachuá
ICCO: *The International Cocoa Organization*
ICS: *Imperial College Selection*
KATBALPOM: Asociación de desarrollo Integral de la Ecorregión de Lachuá
LSD: *Least Significance Difference*
MAGA: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
MINECO: Ministerio de Economía
pH: Potencial de Hidrógeno
PNDRI: Política Nacional de Desarrollo Rural Integral
SAS: *Statistical Analysis System*
SPSS: *Statistical Package for the Social Sciences*
VECOMA: VECO Mesoamérica

RESUMEN

La comercialización de cacao a nivel global representa la segunda actividad comercial de la industria del cacao que genera mayor valor solo después de la comercialización del chocolate y sus derivados. La experiencia guatemalteca de exportación ha tenido buena aceptación a nivel internacional, sin embargo, pocos avances se han realizado en el proceso de fermentación para el mejoramiento de la calidad. Las características socioeconómicas y de producción de cacao fueron investigadas; además, se realizó una caracterización de la fermentación y propuesta de un nuevo método monitoreo del proceso. Los resultados mostraron que el promedio de edad de los productores es de 44 años, el ingreso mensual es Q1,452.38, donde las mujeres tienen ingresos menores (Q 659.09) en comparación con los hombres (Q 1,733.87). El 42.9% no posee educación formal y el 90.5% pertenece a la etnia maya Q'eqchi'. En promedio los productores poseen 2.17 hectáreas de cacao con rendimiento de 231.04 kg/Ha de cacao seco. Los principales cultivos producidos por los agricultores de la región, además de cacao, son: cardamomo y maíz; las principales especies animales producidas por las familias son aves de corral y ganado porcino. El 71.4% de los productores no tiene conocimiento del material genético de las plantaciones de cacao, el 88.1% dijo no utilizar algún tipo de fertilizante. Con relación a la comercialización, el 74.4% prefiere comercializar cacao en baba no drenado, el 63.9% dijo no estar conforme con los precios actuales de comercialización de cacao, el 100% de los productores expuso la necesidad de tener más opciones de mercado para crear competencia y mejorar el precio para los productores, el 55% dijo no estar interesado en continuar expandiendo el área de siembra de cacao, el 97% de los productores expuso su interés la producción de productos y subproductos derivados del cacao y mejorar los ingresos económicos de las familias. La temperatura ambiente promedio para la ecorregión durante la fermentación de cacao fue de 35.74°C y humedad relativa de 59.36%. La temperatura ambiente tuvo mayor variación al ser analizada por localidad en comparación al análisis por masa de fermentación. La temperatura final de fermentación no tuvo diferencias significativas entre KATBALPOM (49.08°C) y ASOSELNOR (48.93°C); sin embargo, ASODIRP presentó diferencias, obteniendo los valores más bajos de temperatura al finalizar el proceso (46.72°C). Al analizar los valores de pH de la testa y cotiledón en función de la localidad se determinó que en el día 6 de procesamiento se obtuvieron los valores óptimos, debido a que fue el día en la diferencia entre ambos valores fue menor. De acuerdo con la localidad, el valor de pH óptimo para la finalización de la fermentación en KATBALPOM fue en el rango de 4.65-4.64, en el caso de ASOSELNOR fue de 4.42, y para la asociación ASODIRP el valor de pH se encuentra entre 4.56-4.58. En general, para la ecorregión, los resultados mostraron que el valor óptimo para la finalización del proceso de fermentación fue en el rango de 4.54-4.55, el cual se obtuvo al 5 día de procesamiento. Los resultados mostraron que los valores óptimos de pH para la finalización de la fermentación de 5 quintales de cacao se encuentran entre 4.60-4.63; para 8 quintales se encuentra entre 4.55-4.61 y para el procesamiento de 11 quintales los valores están en el rango de 4.44-4.46. Lo anterior muestra que la masa de procesamiento afecta los valores óptimos de pH durante la fermentación. El comportamiento del pH de la testa y del cotiledón para la ecorregión de Lachua puede ser explicados por una correlación polinomial ($R^2=0.97$) por medio de la ecuación $y = 4.4032x^2 - 44.141x + 96.01$. Los resultados de temperatura de fermentación y pH del cotiledón mostraron una correlación lineal ($R^2=0.98$) la cual es representada por la siguiente ecuación $y = -0.0888x + 8.8602$. Existe una propuesta de estándares internacionales para la evaluación de calidad física y de aroma y sabor de los granos de cacao, la cual ha sido impulsada por el programa *Cocoa of Excellence* (CoEx). Además de

estos estándares internacionales, existen otros Índices de Calidad de cacao (CQI) basados en la medición de las características bioquímicas. Los parámetros propuestos para esta caracterización son: contenido de cafeína, metales pesados (Ba, Cd, Cu, Pb), macronutrientes (Ca, K, Mg, P), micronutrientes (Fe, Mn, Si, Zn), ácidos orgánicos (acético y láctico), pH, sustancias fenólicas (catequina, epicatequina), azúcares (fructosa, glucosa, sacarosa), teobromina, acidez total, aminoácidos totales y fenoles totales. Es posible identificar los componentes volátiles de aroma y sabor característicos de cada región de producción o material genético a través del uso de la cromatografía de gases (GC por sus siglas en inglés). En la actualidad, se han identificado cerca de 600 compuestos volátiles relacionados al aroma de cacao y chocolate, los cuales pueden ser utilizados de referencia para la caracterización de la calidad por cada región. Basado en los avances en temas de control de calidad y de aroma y sabor de cacao, se presentó la propuesta de las regiones priorizadas para la caracterización bioquímica de los granos de cacao y el desarrollo del mapa de aroma y sabor para Guatemala.

Palabras claves: Cacao, Calidad, Fermentación, Desarrollo Rural, Cadena de Valor.

ABSTRACT

The commercialization of cocoa at the global level represents the second commercial activity of the cocoa industry that generates greater value only after the commercialization of chocolate and its derivatives. The Guatemalan export experience has been well accepted internationally; however, few advances have been made in the fermentation process related quality improvement. Therefore, the socioeconomic and cocoa production characteristics were investigated in the present study, in addition, a characterization of the fermentation and proposal of a new process monitoring method was carried out. The results showed that the average age of the producers is 44 years, the monthly income is Q1,452.38, where women have lower income (Q 659.09) compared to men (Q 1,733.87). The 42.9% farmers do not have formal education and 90.5% belong to the Maya Q'eqchi' ethnic group. On average, the producers own 2.17 hectares of cocoa with yield of 231.04 kg / Ha of dry cocoa. The main crops produced by farmers in the region, besides cocoa, are: cardamom and corn; the main animal species produced by families are poultry and pigs. 71.4% of the producers do not have knowledge of the genetic material of the cocoa plantations, 88.1% said not to use some type of fertilizer. Regarding commercialization, 74.4% prefer to trade cocoa in non-drained way, 63.9% said they do not agree with the current trade prices of cocoa, 100% of producers expressed the need to have more market options to create competition and improve the price for producers, 55% said they are not interested in continuing to expand the cocoa planting area, 97% of producers expressed interest in the production of products and by-products derived from cocoa, thus improving the economic income of the families. The average ambient temperature of the processing area, for the ecoregion, during the cocoa fermentation was 35.74°C and relative humidity of 59.36%. The ambient temperature had greater variation when analyzed by location compared to the analysis by mass of fermentation. The final fermentation temperature did not have significant differences between KATBALPOM (49.08°C) and ASOSELNOR (48.93°C); however, ASODIRP presented differences, obtaining the lowest temperature values at the end of the process (46.72°C). When analyzing the pH values of the testa and cotyledon as a function of the location, it was determined that on the 6th day of processing, the optimal values were obtained, because it was the day when the difference between both values was lower. According to the location, the optimum pH value for the completion of the fermentation in KATBALPOM was in the range of 4.65-4.64, in the case of ASOSELNOR it was 4.42, and for the ASODIRP association the pH value is between 4.56 -4.58. In general, for the ecoregion, the results showed that the optimum value for the completion of the fermentation process was in the range of 4.54-4.55, which was obtained on the 5th day of processing. The results showed that the optimal pH values for the completion of the fermentation of 5 quintales of cocoa are between 4.60-4.63; for 8 quintales it is between 4.55-4.61 and for the processing of 11 quintales the values are in the range of 4.44-4.46. These results showed that the processing mass affects the optimum pH values during fermentation. The behavior of the pH of the testa and the cotyledon for the Lachua ecoregion can be explained by a polynomial correlation ($R^2 = 0.97$) by means of the equation $y = 4.4032x^2 - 44.141x + 96.01$. The results of fermentation temperature and pH of the cotyledon showed a linear correlation ($R^2 = 0.98$) which is represented by the following equation $y = -0.0888x + 8.8602$. Currently, there is a proposal of international standards for the evaluation of physical quality and aroma and flavor of cocoa beans, which has been driven by the Cocoa of Excellence (CoEx) program. In addition to these international standards, there are other Cocoa Quality Indices (CQI) based on the measurement of biochemical characteristics.

The parameters proposed the CIQ are: caffeine content, heavy metals (Ba, Cd, Cu, Pb), macronutrients (Ca, K, Mg, P), micronutrients (Fe, Mn, Si, Zn), organic acids (acetic) and lactic acid), pH, phenolic substances (catechin, epicatechin), sugars (fructose, glucose, sucrose), theobromine, total acidity, total amino acids and total phenols. It is possible to identify the volatile flavor and taste components characteristic of each production region or genetic material using gas chromatography (GC). Currently, about 600 volatile compounds related to the aroma of cocoa and chocolate have been identified, which can be used as reference for the characterization of quality by each region. Based on advances in issues of quality control and aroma and taste of cocoa, the proposal of prioritized regions for the biochemical characterization of cocoa beans and the development of the aroma and flavor map for Guatemala was presented.

Key words: Cocoa, quality, fermentation, rural development, value chain.

1. INTRODUCCIÓN

La principal forma de comercializar cacao es a través del grano seco en sus distintas presentaciones. Este flujo comercial a nivel global representa la segunda actividad comercial que genera mayor valor solo después de la comercialización del chocolate y sus derivados (MINECO, 2015, p. 27). Respecto al grano de cacao, la experiencia guatemalteca de exportación es relativamente reciente, accedió primero en el año 2002 a El Salvador y a partir del año 2008 al mercado de Estados Unidos, con un incremento marcado en el año 2013 cuando grupos de productores iniciaron sus exportaciones principalmente a Estados Unidos, siendo estos la Fundación Laguna Lachuá (FUNDALACHUÁ) y la Federación de Cooperativas de las Verapaces (FEDECOVERA), las cuales proyectan aumentar anualmente el flujo de capital por exportación a mercados diferenciados de Estados Unidos (MAGA, 2016, p. 24)

Según MAGA (2016), el precio por tonelada métrica (22.04 quintales) a nivel nacional oscila entre \$ 2,800.00 a \$ 3,500.00 y para exportación entre \$ 3,500.00 a \$ 4,300.00. Si se considera que cada familia puede producir media tonelada al año, sus ingresos reportados serían en promedio \$ 1,400.00 anuales tomando el precio inferior reportado. Esto mejoraría significativamente los ingresos de las familias productoras en el área rural en estricto apego a la Política Nacional de Desarrollo Rural Integral (PNDR) (p. 26).

El cacao es parte de los planes de desarrollo de la mayoría de los países centroamericanos y a partir del año 2006, se instauraron algunos espacios de concertación del sector cacaotero (mesas, foros, clústeres). No obstante, en todos los países se encontró un sector pequeño, con pocos actores y con iniciativas gubernamentales débiles para enfrentar los retos del mercado (Somarriva, y otros, 2013, p. 113).

Según lo establecido por Somarriva, y otros (2013) “durante un estudio de línea base del Proyecto Cacao Centroamérica en el año 2007 se determinó que el tema cacao no parecía tener relevancia en la educación agraria, empresarial o industrial y no se trataba a profundidad en las universidades y otros centros de estudio, por lo que la mayoría de los profesionales que proveían servicios técnicos al sector cacao no disponían de la formación académica ni las habilidades necesarias para hacer un trabajo efectivo y de calidad” (p. 113). Lo cual pudo contribuir a la poca visión o seguimiento a los proyectos de producción de cacao con enfoque de calidad y consistencia en la producción y el procesamiento del cacao, provocando un estancamiento en el desarrollo y la innovación del procesamiento.

Durante varios años se han tenido escasos avances en temas relacionados al mejoramiento del manejo postcosecha del cacao, lo cual ha provocado que el producto presente inestabilidad en el precio debido a la inconsistencia en calidad por falta de procesos estandarizados y el escaso trabajo asociativo en las comunidades. Según Say & Villalobos (2012) “los precios de cacao (fermentado o lavado) variaron de Q750.00 a Q1, 000.00 por quintal en el año 2,007 y de Q650.00 a Q1, 400.00 por quintal para el año 2,012” (p. 2). Esta variabilidad en el precio del producto en el mercado fue confirmada posteriormente por MINECO (2015) “el precio de cacao se encuentra en un rango de Q700.00 a Q 1,350.00 por quintal de cacao dependiendo del área de producción y la calidad de los granos de cacao” (p. 28).

Por otro lado, según Ruiz (2015) “en la región Norte de Guatemala, principalmente en los departamentos de Alta Verapaz, Quiché y Petén se han identificado tres modelos de procesamiento, los cuales varían en calidad del producto y requerimiento de infraestructura”. Los tres modelos o tipos de procesamiento que se realizan actualmente conducen a la producción de cacao de diferentes calidades; el producto con mayor oferta en la región es el cacao lavado, el cual posee un ligero secado del grano y ningún tipo de fermentación. Esta práctica de procesamiento de cacao es la más ampliamente utilizada por los productores de cacao de la región, debido a que requiere poca o ninguna infraestructura o equipo y también debido a que la mayoría de los productores no cuenta con conocimiento sobre el proceso adecuado de fermentación (p. 29).

Esta práctica poco recomendada que ha sido ampliamente utilizada por la mayor parte de los productores de cacao es lo que no ha permitido que se pueda acceder a mercados de alto valor. A pesar de que algunas asociaciones cuentan con infraestructura básica para la fermentación y el secado del cacao y cuentan con equipo para la medición de parámetros como temperatura y humedad del grano, no ha sido posible desarrollar un procedimiento estandarizado de fermentación y secado adecuado debido al desconocimiento sobre los parámetros y factores que son necesarios para lograr un procesamiento adecuado.

Otro aspecto importante es que no se cuenta con investigaciones relacionadas al desarrollo de procesos de fermentación basados en la mezcla genética, condiciones micro climáticas y características de los centros de procesamiento de la región. No se tienen investigaciones sobre perfiles de fermentación ni perfiles de sabor en ninguna región del país, una práctica que ya se ha realizado en países como Ecuador, Colombia, Honduras y en Trinidad y Tobago.

Guatemala no fue reconocido como productor 100% fino de aroma, lo cual pone a Guatemala en desventaja competitiva junto con países como Honduras y Panamá que también tienen la misma clasificación, en comparación con otros países que han sido catalogados como 100% productores de cacao fino de aroma tales como Bolivia, Costa Rica, República Dominicana, Madagascar, etc., (Hawkins & Chen, 2016, p. 34).

Esta desventaja competitiva, en cierta manera, podría afectar principalmente a la región Norte de Guatemala. La mayor parte de la producción de cacao es realizada por comunidades indígenas maya Q’eqchi’, en cuyas plantaciones se ha preservado la mezcla genética y han sido producidos de forma orgánica o tradicional. Características que hacen atractivo el producto en el mercado internacional, principalmente con empresas procesadoras de granos de cacao que buscan realizar convenios de comercialización con productores a largo plazo, ya que este modelo de comercialización ha cobrado importancia en los consumidores de chocolate en el mercado internacional, especialmente en Estados Unidos y Europa.

El cacao de Guatemala ha cobrado importancia en los últimos años debido a los pequeños modelos de producción privada y comunitaria que actualmente se encuentran exportando producto hacia Estados Unidos y Europa, con gran aceptación por sus características organolépticas diferenciadas de otros cacaos del mundo y ha sido clasificado por algunas

empresas extranjeras como un potencial cacao fino. Desde una visión globalizada, el precio del cacao fino de aroma referido al comercio de grano seco está incrementando o se mantiene constante en relación con otros productos agrícolas que son estacionales. De forma complementaria y con un panorama más favorable, se espera un desabastecimiento de cacao para el año 2020 según la Organización Mundial del Cacao (ICCO), producido por un desbalance de oferta y demanda globalizada (MAGA, 2016, p. 35).

Se ha exportado cacao al mercado de Estados Unidos y Europa, pero la calidad no ha sido consistente entre los lotes de diferentes años de cosecha, inclusive entre las partidas o lotes de procesamiento del mismo año y en la misma región. A pesar de la inconsistencia en la calidad, el mercado continúa interesado en el cacao guatemalteco por el potencial de calidad que poseen.

Dentro de las líneas de acción contenidas en el plan estratégico de la cadena de valor de cacao se encuentra la de investigación y desarrollo tecnológico, la cual se enfoca en investigar las tendencias de procesamiento, tecnologías de agregación de valor y transformación de cacao, con el objetivo de desarrollar nuevas técnicas de procesamiento o mejorar las existentes para mejorar la calidad del producto final (MAGA, 2016, p. 38).

En Guatemala, muchas empresas del sector privado han comenzado a establecer plantaciones a gran escala y con tecnología agrícola de alto nivel, lo cual representa un reto para los pequeños productores que no busquen diferenciarse. Es importante proteger la mezcla genética de las plantaciones de los pequeños productores y mejorar aspectos de procesamiento para aprovechar al máximo las características únicas de cada una de estas regiones de producción en términos de riqueza cultural y genética.

Actualmente no existen estudios de investigación relacionados al manejo postcosecha de cacao en Guatemala, específicamente relacionadas al proceso de fermentación, un aspecto que puede cambiar, debido al potencial del país para la producción y abastecimiento del mercado y a una reestructuración de la demanda y oferta del cacao en el mercado internacional. Debido a este poco incentivo en el mejoramiento de la calidad, han sido escasos los esfuerzos enfocados en el mejoramiento y el entendimiento de las condiciones actuales de fermentación de cacao, además no se han considerado los estándares de calidad y consistencia requeridos por el mercado internacional.

2. MARCO TEÓRICO

El sabor y el aroma son características claves de calidad para los fabricantes de productos derivados del cacao. El criterio de sabor incluye la intensidad del sabor a cacao o chocolate, junto con otras notas aromáticas secundarias, así como la ausencia de sabores indeseados. Entre los defectos destacan la falta de fermentación, la fermentación excesiva y la contaminación (CAOBISCO/ECA/FCC, 2016, p. 11).

Según Camu, y otros (2008) “en los últimos diez años la microbiología y bioquímica de la fermentación de cacao en Gana han sido ampliamente investigadas” (p. 86). De esta manera el conocimiento y comportamiento de la fermentación espontánea del cacao ha sido estudiada y ha contribuido al entendimiento del proceso de fermentación desde el punto de vista

bioquímico y microbiológico y su impacto en la calidad del cacao. Estas investigaciones han contribuido a determinar que: “El conjunto de microorganismos presentes durante el proceso de fermentación son el reflejo de los factores medioambientales (temperatura, pH y oxigenación) y el metabolismo de los sustratos de los granos de cacao” (Camu, y otros, 2008, p. 86), lo cual está relacionado a la mezcla genética de las plantaciones de cacao presentes en la región de estudio.

Por otro lado, en México se han realizado investigaciones relacionadas al efecto de diferentes condiciones de fermentación en la calidad de los granos de cacao. En una investigación realizada por Hernandez, López, Ramírez, Guerra, & Caballero (2016), se determinó que la fermentación de cacao puede desarrollarse adecuadamente en volúmenes inferiores a 22 quintales, siendo siete quintales el volumen óptimo para la fermentación de cacao en esa región (p. 694). Durante dicha investigación se realizaron muestreos para el monitoreo de temperatura de la masa de fermentación en diferentes partes de las cajas, acidez titulable del cotiledón de los granos de cacao previamente secados y medición de la fermentación a través de pruebas de corte, lo que contribuyó a la determinación de las condiciones óptimas de fermentación del cacao en la región de estudio.

Rodríguez, y otros (2012) indican que el proceso de fermentación tiene mayores efectos que el proceso de secado en el perfil de componentes volátiles de los granos de cacao (...). La concentración de algunos compuestos no deseados, aparecen después de ocho días de fermentación, lo que indica que ha iniciado la sobre fermentación y que no es necesario extender la fermentación del cacao por largos periodos (p. 287).

La fermentación de cacao es el proceso bioquímico al cual son sometidos los granos de cacao con la finalidad de provocar la muerte del embrión, eliminar el mucílago y desarrollar las características organolépticas de aroma, sabor y color (Dubón, 2011, p. 155). Según Dubón, (2011), la fermentación el cacao pasa por diferentes transformaciones bioquímicas, con cambios tanto en la parte interior como en la parte exterior de la almendra como consecuencia de la presencia o ausencia de oxígeno y como consecuencia del crecimiento y metabolismo de levaduras y bacterias, responsables de los diferentes procesos bioquímicos.

La pulpa de cacao es el sustrato utilizado por los organismos durante la fermentación, por lo tanto, la composición de la pulpa o mucílago es un factor crítico en el resultado de la fermentación. La pulpa o mucílago está compuesta por 82-87% de agua, 10-15% azúcar, 2-3% de pentosanos, 1-3% ácido cítrico y de 1-1.5% pectina (Figura 1), haciendo un medio adecuado para el crecimiento de microorganismos. Proteínas, aminoácidos, vitaminas (principalmente vitamina C) y minerales están presentes en pequeñas cantidades. Los principales tipos de azúcar identificados son glucosa (5.4-6.6%) y fructosa (6.3-7.4%) y pequeñas cantidades de sacarosa (menos de 0.3%). La proporción de glucosa y fructosa (monosacáridos), en comparación con sacarosa, es un indicador del estado de maduración de los frutos de cacao. Es decir que la proporción cambia de acuerdo con el nivel de madurez, los frutos verdes o en proceso de maduración poseen mayor contenido de sacarosa y los frutos maduros poseen más cantidades de fructosa y glucosa (Afoakwa, 2014).

Las principales transformaciones que ocurren durante el proceso de fermentación están relacionadas a la permeabilidad de la membrana celular a lo interno del grano, permeabilidad que es provocada principalmente por la producción de ácidos orgánicos. Se producen transformaciones responsables de la formación de los precursores del aroma y sabor característicos del chocolate. Durante el proceso de fermentación ocurren varias etapas que se conocen como: fermentación alcohólica, acética, láctica y butírica (Dubón, 2011, p. 158). La fermentación alcohólica se inicia con la apertura de mazorcas o frutos de cacao. La fermentación alcohólica finaliza cuando incrementa la concentración de alcohol (alrededor del 12%) en la masa, esto ocurre cuando todos los azúcares presentes en el mucílago (Figura 1) son consumidos y convertidos en ácidos, lo que provoca el decrecimiento del pH y la consecuente muerte de las levaduras. Después de finalizada la fermentación alcohólica inicia la fermentación acética, para lo cual se necesita la presencia de oxígeno en la masa de cacao, por esta razón es recomendable que se realice la primera remoción o volteo en este lapso, este proceso se conoce como fermentación aeróbica. El ácido acético es muy volátil por lo que se elimina fácilmente durante el secado y no representa inconvenientes en la calidad final del cacao.

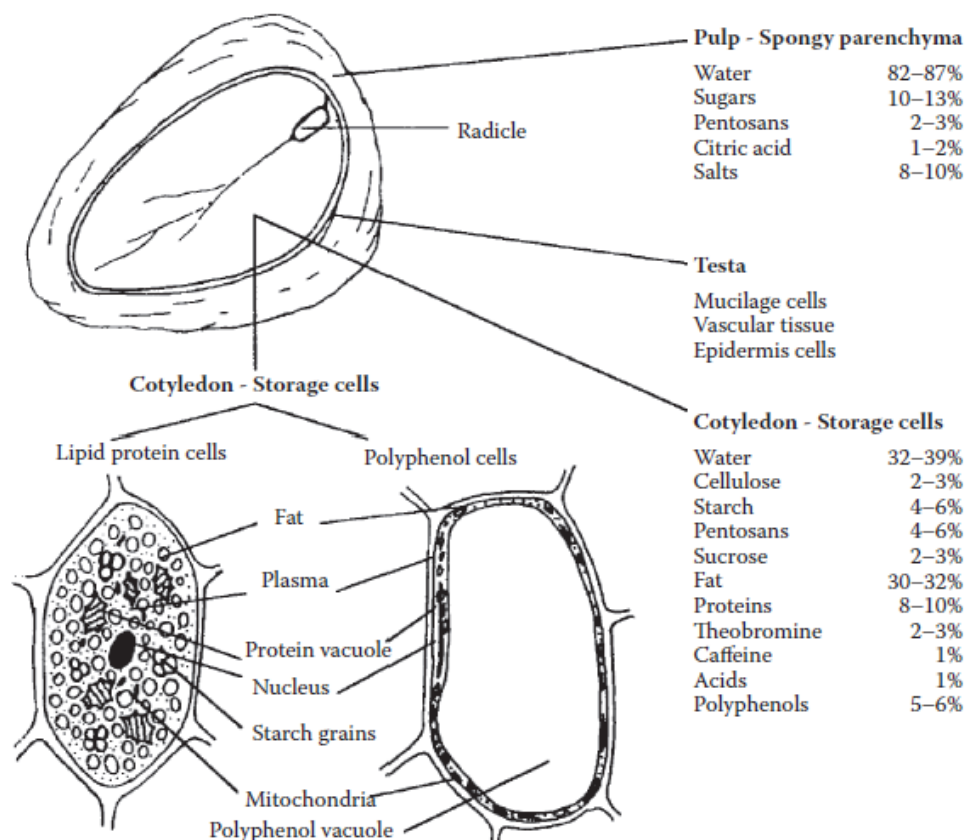


Figura 1. Anatomía y composición del grano de cacao (Afoakwa, 2014).

La fermentación láctica ocurre cuando el cacao es colocado en el área de fermentación y no se realiza la primera remoción o volteo entre las primeras 24 – 48 horas del proceso, como consecuencia de la falta de oxígeno en la masa, los azúcares que deberían ser transformados en alcohol son transformados en ácido láctico por acción de la bacteria *Bacterium lactis acidii*, entre

otras. Cuando se desarrolla la fermentación láctica el cacao desarrolla sabores característicos a productos lácteos, principalmente sabores o aromas característicos en quesos, aspecto que es considerado un defecto comercial. Las fermentaciones láctica y butírica no son deseadas en una buena fermentación.

Las remociones o volteos son muy importantes durante el proceso de fermentación de cacao, especialmente entre las primeras 24 – 48 horas de iniciada la fermentación. Durante este proceso se observan dos tipos de fermentación, aeróbica y anaeróbica. Con la remoción o volteo se facilita la penetración de oxígeno a la masa, dando lugar a la fermentación aeróbica (acética). Después de cada remoción o movimiento se observa un aumento de temperatura de la masa, lo cual es favorable para lograr una buena fermentación.

La temperatura durante el proceso de fermentación es un factor muy importante para el proceso de fermentación del cacao. Después de cada remoción se observará un aumento significativo de temperatura en la masa debido a que en cada movimiento se ha incorporado oxígeno, el cual permite que continúen otras reacciones aeróbicas en el desarrollo de la fermentación, dependiendo del método utilizado en la fermentación la temperatura en la masa de cacao puede presentar un comportamiento desde 25°C en el primer día hasta 50°C en los últimos días de proceso.

3. OBJETIVOS

3.1 General

Establecer perfiles de fermentación de cacao para la producción de cacao fino de aroma en la ecorregión de Lachuá, como mecanismo para contribuir con el desarrollo rural del municipio de Cobán, Alta Verapaz.

3.2 Específicos

- Establecer las características socioeconómicas, de producción y procesamiento de cacao en la ecorregión de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz.
- Determinar el procedimiento óptimo de fermentación del cacao en la ecorregión de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz.
- Analizar de los estándares de control de calidad de cacao a nivel internacional y el potencial de Guatemala como país productor de cacao fino de aroma.

4. HIPÓTESIS

El establecimiento de perfiles de fermentación para la producción de cacao fino de aroma en la ecorregión de Lachuá mejorará la calidad y consistencia del cacao ofertado por los productores, y se incrementarán los ingresos por concepto de venta a mercados especializados con el consecuente aporte a la economía familiar del sector rural del municipio de Cobán, Alta Verapaz.

5. METODOLOGÍA

5.1 Localidad y época

La investigación se desarrolló con las organizaciones: KATBALPOM que abarca las comunidades de Xalache, Rocja Purribal, Salacuim, Bempec, y Saholom; ASOSELNOR que comprende las comunidades de Faisán I, Faisán II y Pataté; ASODIRP en la comunidad Rocjá Pomtilá. Estas asociaciones a su vez forman parte de la Fundación Laguna Lachuá (FUNDALACHUÁ). La investigación se realizó de enero a Julio de 2018, con el objetivo de abarcar las condiciones completas de cosecha, procesamiento y las diferentes condiciones micro climáticas que caracterizan a cada comunidad durante la época de cosecha y procesamiento de cacao.

5.2 Diseño experimental

El diseño experimental para el cumplimiento del segundo objetivo específico fue Bifactorial (3*3) en Bloques al Azar y medidas repetidas en tiempo.

5.3 Tratamientos con sus factores y niveles

El modelo experimental contó con dos factores: a) Factor uno, volumen de fermentación: 5, 8, y 11 quintales de cacao en baba (tres niveles) y b) Factor dos, localidad: KATBALPOM, ASODIRP y ASOSELNOR (tres niveles). Los tratamientos se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Diseño experimental.

Volumen (quintales)	Localidad		
	KATBALPOM	ASODIRP	ASOSELNOR
5	T1	T4	T7
8	T2	T5	T8
11	T3	T6	T9

5.4 Tamaño de la unidad experimental

Para el cumplimiento del primer objetivo, la unidad experimental fueron personas productoras de cacao socias de las asociaciones pertenecientes a FUNDALACHUÁ, el total de unidades experimentales para este objetivo fue de 42 personas. Para el cumplimiento del objetivo específico dos, las unidades experimentales fueron cajas de madera para fermentación de cacao de 80*100*100 cm, el total de unidades experimentales para esta fase fue de 36.

5.5 Modelo estadístico

Para el análisis estadístico del primer objetivo específico se utilizó el programa SPSS para las variables del objetivo específico uno, en el cual se realizaron los análisis One-way ANOVA, T-Test y Chi cuadrado, y separación de medias (LSD) con un nivel de significancia de 0.05.

5.6 Variables respuesta

VARIABLES DESCRIPTIVAS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO UNO FUERON: edad, ingresos mensuales, tamaño de familia, género, nivel de educación, grupo étnico, extensión de terreno, extensión de cacao, rendimiento de cacao por hectárea, número de cultivos producidos, especies animales producidas, porcentaje de plantación de cacao híbrida e injertada, conocimiento sobre el material genético de las plantaciones de cacao, uso de fertilizante, preferencia del método de

comercialización de cacao (drenado o no drenado), conformidad con el precio de compra de cacao en baba, interés en nuevas opciones de mercado, interés en incrementar el área de siembra. Las variables respuesta del objetivo específico número dos fueron: Temperatura del ambiente (°C), Humedad relativa del ambiente (%), Temperatura de la masa de fermentación (°C), pH de la testa y cotiledón de los granos de cacao.

5.7 Análisis de la información

Para el análisis de la información se utilizó el programa SPSS 24 para las variables del objetivo específico uno, en el cual se realizaron los análisis *One-way ANOVA*, *T-Test*, Chi cuadrado, y separación de medias (LSD por sus siglas en inglés) con un nivel de significancia de 0.05. Para el análisis de los resultados del segundo objetivo se utilizó el programa SAS 9.4 en el cual se utilizó el análisis de modelos mixtos con medidas repetidas en tiempo, y separación de medias (LSD) con un nivel de significancia de 0.05.

5.8 Manejo del experimento

Fase metodológica 1. Establecimiento de las características socioeconómicas, de producción y procesamiento de cacao en la ecorregión de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz.

Para el cumplimiento del primer objetivo específico se utilizaron las siguientes técnicas: entrevistas estructurales dirigidas, encuestas mixtas (forma escrita y/o verbal) dirigidas de forma individual y observación participativa en campo, para la caracterización socioeconómica, y de las características de procesamiento y producción de las familias productoras de cacao. Las actividades desarrolladas durante la presente fase metodológica se describen en el cronograma.

Fase metodológica 2. Determinación del procedimiento óptimo de fermentación del cacao en la ecorregión de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz.

Para el cumplimiento del segundo objetivo se utilizó la técnica de experimentación confirmatoria, debido a que se busca comprobar procedimientos de fermentación descritos anteriormente por otros autores en otros países.

La fermentación se desarrolló en las instalaciones de cada una de las asociaciones presentes en la región de estudio. Para el diseño del experimento se consideró el método utilizado por Hernandez, López, Ramírez, Guerra, & Caballero (2016), es decir utilizar tres diferentes masas de fermentación (p. 691). En el caso de la presente investigación la masa de cacao a fermentar fue de: 227.27, 363.64 y 500 kg (5, 8 y 11 quintales) de cacao fresco, conocido comúnmente en la región como cacao en baba, el experimento se realizó con cuatro repeticiones.

La medición de las variables relacionadas al proceso de fermentación se realizó mediante el proceso de muestreo no probabilístico. Se utilizó el método recomendado por Ali, Baccus, Sukha, & Umaharan (2016) para la medición de la temperatura general de la masa de fermentación, grados brix y pH de la testa y del cotiledón de los granos de cacao.

Con los datos obtenidos, se desarrolló un protocolo para fermentación de cacao, específica para las asociaciones productoras de cacao de la ecorregión de Lachuá. El protocolo incluye el rango de masa de fermentación adecuado, frecuencia de volteo basado en el comportamiento de la

temperatura de cada una de las comunidades y los días necesarios para expresar al máximo el sabor de las mezclas genéticas de cacao presente en las comunidades de estudio.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Establecimiento de las características socioeconómicas, de producción y procesamiento de los productores de cacao en la ecorregión de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz.

6.1.1 Características socioeconómicas

Edad e ingresos económicos

La edad promedio de los productores de cacao fue estadísticamente diferente ($P < 0.05$) entre las asociaciones KATBALPOM y ASOSELNOR (Cuadro 2). En general, las edades de los productores mostraron una distribución casi normal (Figura 2), con un promedio de 44.38, mediana de 41 y moda de 40 años. El rango de edad de los productores de cacao entrevistados fue de 21 a 74 años. La edad promedio de la ecorregión es 15 años menor que el promedio de los principales productores de cacao en África del Oeste, Gana (55), Costa de Marfil (51), Camerún (63-70) y Nigeria (más de 60 años de promedio) (Hawkins & Chen, 2016, p. 11). La edad avanzada de los productores ha sido identificada como una de las causas de bajo rendimiento en las plantaciones de cacao de África, en conjunto con otros factores como: bajo nivel de uso de insumos agrícolas, manejo inadecuado de plagas y enfermedades, pobre manejo de sombra, poco o ningún método de fertilización. (Wessel & Quist-Wessel, 2015, p. 2; Hawkins & Chen, 2016, p. 12).

El desarrollo de las condiciones adecuadas para la inclusión de la juventud dentro de la cadena de valor de cacao es un aspecto importante para contribuir con la sostenibilidad de la producción en la región. Mediante la inclusión de nuevas tecnologías agrícolas, diversificación, creación de nuevas oportunidades de empleo, emprendimiento, acceso a financiamiento y educación de jóvenes, se crearán las condiciones para motivar a las nuevas generaciones a ser parte de la cadena de valor de cacao con otras perspectivas e ideas de innovación para la generación de ingresos y mejora de la calidad de vida. De esta manera se podrá contribuir a la reducción de la migración interna (de las comunidades a las ciudades medianas y grandes dentro del país) o reducir a la migración externa, de las comunidades hacia otros países de la región.

El ingreso económico mensual (Cuadro 2) fue estadísticamente diferente entre las asociaciones KATBALPOM y ASOSELNOR ($P < 0.05$). Para la asociación KATBALPOM los salarios variaron desde Q1, 500.00 hasta Q 5,000.00 por mes (rango de Q3, 500), para ASOSELNOR fueron desde Q200.00 hasta Q5, 000.00 (rango de Q2, 800.00) y para ASODIRP variaron desde Q200.00 hasta Q5, 000.00 (rango de Q4, 800.00), lo cual se ve reflejado en los valores de desviación estándar. De acuerdo con MINECO (2015), las actividades agrícolas representan el 90% de los ingresos económicos de la población rural, en la cual el 90% de los ingresos mensuales se encuentran por debajo de Q 2,500.00 (p. 16). Entre las actividades económicas reportadas por los productores se encuentran: encargado de beneficio de

procesamiento de cacao, profesor de educación primaria, comerciante, ama de casa, facilitador comunitario, jornalero y enfermero. De acuerdo con la Organización Mundial del cacao (ICCO por sus siglas en inglés), muchos productores de cacao todavía viven en condiciones de pobreza, el cual sigue siendo un reto diario en diferentes partes del mundo (ICCO, 2018). En general, el ingreso promedio de la muestra de las familias productoras de cacao fue de Q1,452.38, lo cual no cubre el costo de la canasta básica de alimentos (CBA) que fue estimada en Q3,552.32 para enero de 2018; lo cual indica que, de acuerdo con la muestra, las familias productoras de cacao no logran cubrir sus necesidades energéticas y de proteína (INE, 2018, p. 2). Sin embargo, los presentes resultados no reflejan el consumo de alimentos producidos y destinados para autoconsumo o los alimentos recolectados de bosques o áreas cercanas. Con relación al tamaño promedio de familia (Cuadro 2), se observó que el promedio de integrantes por familia no presentó diferencias estadísticas en las tres asociaciones ($P=0.942$), siendo 5.24 el promedio general de personas por familia.

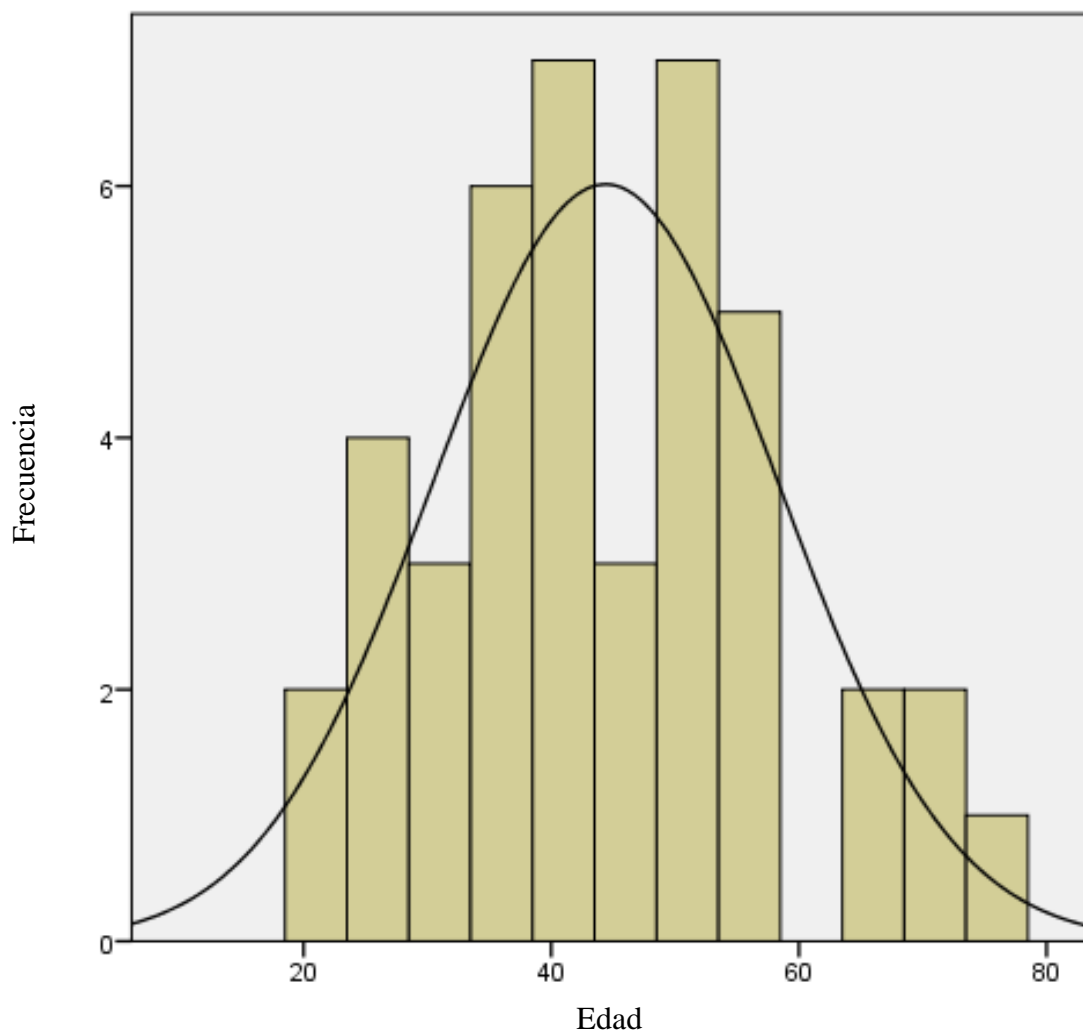


Figura 2. Histograma de frecuencias de edad de los productores de cacao de la ecorregión de Lachuá.

Cuadro 2. Edad, ingresos mensuales y tamaño de familia promedio de productores de cacao por asociación en la ecorregión de Lachuá.

Asociación	Edad promedio \pm DE*	Ingresos por mes \pm DE*	Tamaño de familia \pm DE*
KATBALPOM	51.29 \pm 13.7 ^a	Q 2,021.43 \pm 1,010.85 ^a	5.07 \pm 2.05 ^a
ASODIRP	44.67 \pm 14.38 ^{ab}	Q 1,326.67 \pm 1270.81 ^{ab}	5.27 \pm 2.86 ^a
ASOSELNOR	36.62 \pm 9.87 ^b	Q 984.62 \pm 970.04 ^b	5.38 \pm 2.06 ^a
Promedio general	44.38 \pm 14.36	Q1,452.38 \pm Q1,152.38	5.24 \pm 2.32

*DE: Desviación Estándar. **Medias seguidas con igual letra no son significativamente diferentes (P>0.05).

Análisis de ingreso económico por género

De acuerdo con ICCO (2018) la inequidad de género sigue siendo uno de los desafíos en la cadena de valor de cacao a nivel mundial. Al analizar los resultados de ingresos económicos por género (Cuadro 3), se observó que existe diferencia estadística significativa (P=0.006) entre el ingreso mensual entre hombres y mujeres productores de cacao. Las mujeres reportaron un ingreso mensual de Q659.09, en comparación con Q1,733.87 reportados por hombres.

Cuadro 3. Edad e ingresos mensuales promedio de productores de cacao por género en la ecorregión de Lachuá.

Género	Promedio edad \pm DE*	Ingresos por mes \pm DE*
Masculino	46.26 \pm 14.34 ^a	Q 1,733.87 \pm Q 1,193.55 ^a
Femenino	39.09 \pm 11.71 ^a	Q 659.09 \pm Q 518.08 ^b

*DE: Desviación Estándar **Medias seguidas con igual letra no son significativamente diferentes (P>0.05).

Nivel de educación

No existió diferencia estadística significativa de los diferentes niveles de educación entre los productores de cacao (P=0.344). Se observó que el porcentaje de personas sin educación fue similar para las asociaciones KATBALPOM y ASOSELNOR y ligeramente menor para ASODIRP (Cuadro 4). El 42.9% de los productores respondió no haber tenido educación formal, el 35.7% dijo tener nivel primario, el 19% dijo poseer un título a nivel de bachillerato o diversificado y únicamente el 2.4% dijo tener un nivel académico universitario.

Cuadro 4. Nivel de estudios de productores de cacao por asociación en la ecorregión de Lachuá.

	Asociación			Total	
	KATBALPOM	ASODIRP	ASOSELNOR		
Nivel de estudios	No estudió	50% (7)	26.7% (4)	53.8% (7)	42.9% (18)
	Primaria	21.4% (3)	46.7% (7)	38.5% (5)	35.7% (15)
	Diversificado	21.4% (3)	26.7% (4)	7.7% (1)	19.0% (8)
	Universitario	7.1% (1)	0.0% (0)	0.0% (0)	2.40% (1)
Total	14	15	13	42	

Grupo étnico

Se observó que existe diferencia estadística significativa ($P=0.046$) entre los grupos étnicos representados en la asociación KATBALPOM en comparación con las otras dos asociaciones (Cuadro 5). En KATBALPOM el 71.4% de los productores de cacao entrevistados se identificaron como Maya Q'eqchi', el 14.3 % como no indígena y el 14.3% como Rabinal Achí. En las asociaciones ASODIRP y ASOSELNOR el 100% de los productores entrevistados se identificaron como Maya Q'eqchi'. En general, el 90.5% se autoidentificó como maya Q'eqchi', el 4.8 como Rabinal Achí y el 4.8% como no indígena.

Cuadro 5. Productores de cacao por grupo étnico en cada asociación en la ecorregión de Lachuá.

	Asociación			Total	
	KATBALPOM	ASODIRP	ASOSELNOR		
Grupo étnico	No indígena	14.3% (2)	0.0% (0)	0.0% (0)	4.8% (2)
	Maya Q'eqchi'	71.4% (10)	100 % (15)	100% (13)	90.5% (38)
	Rabinal Achí	14.3% (2)	0.0% (0)	0.0% (0)	4.8% (2)
Total	14	15	13	42	

6.1.2 Aspectos de producción y procesamiento

Tenencia de terreno, área de producción y rendimiento de cacao

Existe diferencia estadística significativa en el total de terreno por productor en las tres asociaciones ($P=0.007$) (Cuadro 6). La asociación que presentó el promedio de terreno más alto fue ASODIRP (38.73mz/productor), seguido de ASOSELNOR (17.03mz/productor) y KATBALPOM (8.63mz/productor). El número de hectáreas de cacao producidas en cada comunidad presentaron diferencias significativas ($P=0.029$) entre las asociaciones ASODIRP (2.91 Ha/productor) y ASOSELNOR (1.44 Ha/productor); el promedio general de producción de cacao fue de 2.17 Ha/persona (Cuadro 6), del total de hectáreas se reportó que el 12.21% son plantaciones establecidas desde el año 2015 a 2018, las cuales se encuentran en ensayo o en crecimiento. De acuerdo con MINECO (2015) la mayoría de los productores de cacao en Guatemala poseen un promedio menor a una hectárea de cacao en producción (MINECO, 2015, p. 9). Por otro lado, de acuerdo con VECO Mesoamérica (2016) el área promedio oscila entre 0.25 a 0.74 hectáreas por productor (p. 15).

La producción promedio de cacao en baba no presentó diferencias estadísticas significativas entre las asociaciones ($P=0.665$). El promedio para de producción de cacao en baba (de las plantaciones en edad de producción formal) fue de 15.31 quintales de cacao en baba por hectárea (Cuadro 6), lo cual equivale a 5.10 quintales de cacao seco y fermentado por hectárea, asumiendo un rendimiento promedio de 3:1 (tres quintales de cacao en baba necesarios para producir 1 quintal de cacao seco y fermentado), el cual es un rendimiento promedio estimado bajo condiciones adecuadas de procesamiento. En kilogramos, el rendimiento es equivalente a 231.81 kg/ha, el cual es similar al rendimiento promedio de 229.5 kg/Ha para

Guatemala, reportado durante el estudio de la situación actual de la cadena de valor de cacao en Centroamérica (VECO Mesoamérica, 2016, p. 28). En un estudio sobre el análisis de la situación actual y diagnóstico de la cadena de valor de cacao se determinó que el rendimiento de los productores ha incrementado de 260.78 kg/Ha reportado en el año 2007 a 303.03 kg/Ha en el año 2014 (MINECO, 2015, p. 37). En un estudio independiente sobre el levantamiento de la línea base de la cadena de valor de cacao, el rendimiento promedio reportado fue de 9.78 quintales/Ha de cacao en baba (148.2 kg de cacao seco/ Ha), encontrando los rendimientos de producción más altos en la Ecorregión de Lachuá en comparación con las regiones de Cahabon, Polochic y Sur de Petén (MINECO, 2015, p. 28).

El incremento de la productividad en las parcelas de cacao ha sido impulsado por diversos proyectos y actores a través de capacitaciones en diferentes temas, tales como: poda de árboles de cacao, control de plagas y enfermedades, siembra de plantas injertadas y materiales genéticos seleccionado, repoblación de plantaciones establecidas, renovación de árboles, optimización de distanciamientos de siembra, injertos en campo, fertilización orgánica y no orgánica; sin embargo, a pesar de que se han logrado avances importantes en manejo de las plantaciones de cacao en la región, el rendimiento por parcela sigue siendo bajo.

Cuadro 6. Promedio de tenencia de terreno, área de producción de cacao y rendimiento de cacao en baba por productores de cacao en cada asociación en la ecorregión de Lachuá.

Asociación	Total terreno (mz) ± DE*	Extensión de cacao (Ha) ± DE*	Producción (qq baba/Ha) ± DE*
KATBALPOM	8.63 ± 5.92 ^b	2.04 ± 1.58 ^{ab}	16.08 ± 9.42 ^a
ASODIRP	38.73 ± 37.48 ^a	2.91 ± 2.00 ^a	16.33 ± 12.84 ^a
ASOSELNOR	17.03 ± 27.69 ^{ab}	1.44 ± 1.48 ^b	11.25 ± 15.37 ^a
Promedio	21.98 ± 27.69	2.17 ± 1.78	15.31 ± 11.87

*DE: Desviación Estándar **Medias seguidas con igual letra no son significativamente diferentes (P>0.05).

En la Figura 3 se puede observar que el 62% de los productores entrevistados realizó la siembra de cacao por primera vez entre los años 2006 y 2008, el cual fue siembra directa por semilla (híbridos). Además, se observó que durante los años 2013 a 2018, el 38% de las personas entrevistadas sembraron cacao por primera vez. Durante este segundo periodo de siembra todas las plantaciones de cacao fueron injertadas previo a la siembra.

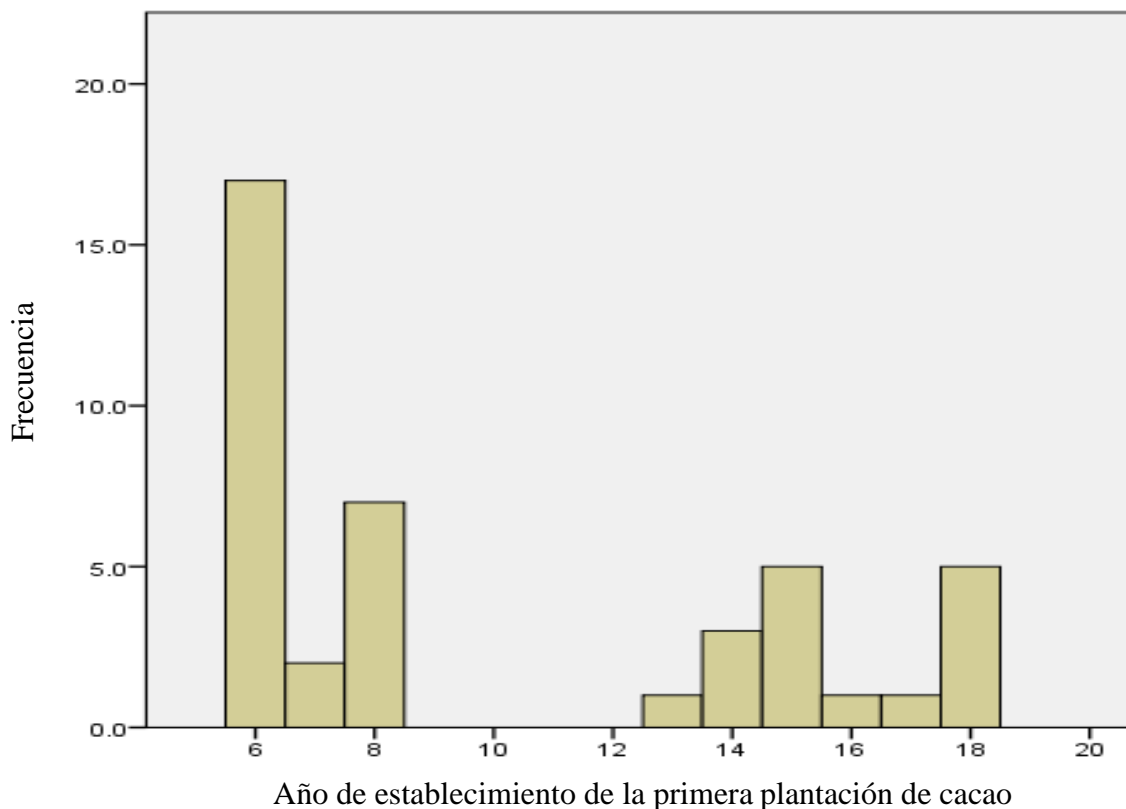


Figura 3. Histograma de la primera siembra de cacao de los productores en la ecorregión de Lachuá.

Diversificación de las familias productores de cacao

El promedio de otros cultivos producidos por agricultor mostró diferencias estadísticas significativas entre las asociaciones ($P=0.022$). La asociación ASOSELNOR presentó la mayor diversificación en producción de cultivos (2.69 cultivos diferentes al cacao), seguida de KATBALPOM (2.64) y ASODIRP (2) (Cuadro 7).

El porcentaje otros cultivos (diferentes al cacao) producidos por los agricultores, en orden de importancia son: cardamomo (59.5%), maíz (45.2%), potreros para ganado bovino (11.9%), frijol (7.1%), forestales (7.1%) naranja (2.4%), pimienta (2.4%), pina (2.4%), plátano (2.4%), y chile (2.4%). Las asociaciones, que más reportaron producir cardamomo fueron ASOSELNOR (69.2%), seguida por ASODIRP (66.7%) y KATBALPOM (42.9%). Por otro lado, la asociación que más reporto producción de maíz fue KATBALPOM (57.1%), seguida de ASOSELNOR (53.8%) y ASODIRP (26.7%).

Además, se analizó el número de especies de animales producidas por los productores de cacao, los cuales reportaron la producción de las siguientes especies animales: pollos (81%), cerdos (21.4%), patos (11.9%), bovinos (9.5%), pavos (7.1%), y peces (2.4%). La asociación que reporto mayor producción de pollos fue ASOSELNOR (92.3%), seguida de ASODIRP (80%) y KATBALPOM (71.4%), la cual no presento diferencias estadísticas significativas ($P=0.352$). La producción de cerdos presentó diferencias significativas entre las ASOCIACIONES ($P=0.09$), siendo mayor en ASODIRP (40%), seguida de ASOSELNOR

(23.1%) y KATBALPOM (0%). La producción de pavos también presentó diferencias entre las asociaciones ($P=0.037$), ya que únicamente se reportó producción en la asociación ASODIRP (20%). La producción de patos también presentó diferencias entre las asociaciones ($P=0.026$), con un reporte de producción en ASOSELNOR (30.8%), ASODIRP (6.7%) y KATBALPOM (0%).

Cuadro 7. Promedio de producción de cultivos (diferentes al cacao) y especies animales por productores de cacao en cada asociación en la ecorregión de Lachuá.

Asociación	Numero de cultivos \pm DE*	Promedio de especies animales \pm DE*
KATBALPOM	2.64 \pm 0.84 ^{ab}	0.86 \pm 0.54 ^c
ASODIRP	2.00 \pm 0.54 ^c	1.53 \pm 0.64 ^{ab}
ASOSELNOR	2.69 \pm 0.75 ^a	1.62 \pm 0.65 ^a
Promedio	2.43 \pm 0.77	1.33 \pm 0.69

*DE: Desviación Estándar **Medias seguidas con igual letra no son significativamente diferentes ($P>0.05$).

Características de las plantaciones de cacao

El 59.5% dijo poseer plantaciones híbridas (no injertadas) (Cuadro 8). Las cuales fueron establecidas principalmente durante los primeros proyectos que impulsaron el cultivo de cacao entre los años 2005 y 2007, en el marco del Proyecto Laguna Lachuá, implementado por UICN-INAB y apoyado por la cooperación de Holanda (UICN, 2013, p. 1). Los resultados mostraron que no existió diferencia estadística significativa ($P=0.156$) en el porcentaje de productores que cuenta con plantaciones híbridas en las diferentes asociaciones, lo cual se explica debido a que el proyecto fue impulsado a nivel de ecorregión bajo los mismos lineamientos en las diferentes comunidades.

Por otro lado, el 83.3% de productores dijo poseer plantaciones de cacao injertadas (Cuadro 9), las cuales fueron promovidas inicialmente por el proyecto “Desarrollo de la cadena productiva de cacao para el mejoramiento de los medios de vida y la conservación de los corredores biológicos de la ecorregión Lachuá” ejecutado por UICN, en el cual se impulsó la identificación y registro de materiales genéticos y establecimiento de un jardín clonal para la producción de material genético para clonación y producción de más de 130,000 pantas injertadas durante los años 2013 y 2015 (UICN, 2013, p. 3).

Cuadro 8. Porcentaje de productores que posee plantaciones de cacao sembradas por semilla (híbridos).

	Asociación			Total	
	KATBALPOM	ASODIRP	ASOSELNOR		
¿Tiene plantaciones de cacao sembradas por semilla (híbridos)?	Sí	64.3% (9)	73.3% (11)	38.5% (5)	59.5%
	No	35.7% (5)	26.7% (4)	61.5% (8)	40.5%
Total	14	15	13	42	

Cuadro 9. Porcentaje de productores que posee plantaciones de cacao injertadas.

		Asociación			Total
		KATBALPOM	ASODIRP	ASOSELNOR	
¿Tiene plantaciones de cacao injertadas?	Sí	78.6% (11)	80.0% (12)	92.3% (12)	83.3%
	No	21.4% (3)	20.0% (3)	7.7% (1)	16.7%
Total		14	15	13	42

Si existe diferencia estadística significativa ($P=0.000$) entre el nivel de conocimiento sobre el material genético de las plantaciones de cacao en cada asociación. El 71.4% de los productores entrevistados dijo no saber sobre la genética sembrada en sus plantaciones (Cuadro 10), el 16.7% identificó sus materiales genéticos como criollos, forasteros o trinitarios, el 7.1% dijo tener CATIE's, ICS o árboles superiores, y el 4.8% dijo tener CATIE's. En general, los resultados muestran que los productores no tienen conocimiento sobre cuál es el material genético propagado y sembrado en sus plantaciones. Durante el proyecto "Desarrollo de la cadena productiva de cacao para el mejoramiento de los medios de vida y la conservación de los corredores biológicos de la ecorregión Lachuá" ejecutado por UICN, se identificaron y marcaron más de 180 árboles superiores en las diferentes comunidades productoras de cacao y además se estableció un jardín clonal con materiales genéticos identificados del CATIE y otros materiales regionales, los cuales fueron utilizados para la propagación de las nuevas plantaciones de cacao injertadas a partir del año 2013 (UICN, 2013, p. 5).

Las razones por las cuales los productores no poseen conocimiento del material genético propagado pueden ser diversas, entre las cuales se puede mencionar: bajo nivel de educación de los productores, falta de registros en parcelas, baja o nula planificación, rotulación y diseño durante el establecimiento de las plantaciones, diversidad en los materiales genéticos utilizados durante la propagación, falta de comunicación entre las organizaciones productoras de plantas y los productores, bajo acceso a la información y bajo nivel de información disponible.

Cuadro 10. Conocimiento del material genético de las plantaciones de cacao de los productores por asociación.

		Asociación			Total
		KATBALPOM	ASODIRP	ASOSELNOR	
Genética	No sabe	71.4% (10)	100% (15)	38.5% (5)	71.4% (30)
	Criollos, Forasteros y Trinitarios	0.0% (0)	0.0% (0)	53.8% (7)	16.7% (7)
	CATIE's, ICS, Árboles superiores	21.4% (3)	0.0% (0)	0.0% (0)	7.1% (3)
	CATIE's	7.1% (1)	0.0% (0)	7.7% (1)	4.8% (2)
	Total	14	15	13	42

El proyecto inicial de establecimiento de plantaciones de cacao entre los años 2005 y 2007 se realizó mediante la propagación de plantas en vivero, durante esta fase inicial las plantas fueron propagadas por semilla (no injertadas). Los cruces de materiales genéticos se realizaron

debido a sus características de comportamiento productivo, adaptabilidad al medio y tolerancia a algunas enfermedades y plagas, los materiales utilizados en la mezcla fueron 12: CATONGO, CC-18, IMC-67, UF-12, UF-613, UF-296, UF-654, UF-677, UF-668, POUND -7, POUND 12, y SPA-9, las mezclas realizadas se describen en el Cuadro 11. El cual refleja la diversidad de la mezcla inicial de material genético introducido inicialmente a la ecorregión de Lachúa (UICN, 2011, p. 1).

Cuadro 11. Híbridos seleccionados de la FHIA y propagados en la ecorregión de Lachúa durante el inicio del proyecto de cacao (2006 - 2007).

UF-613 X POUND 12	UF-613 X POUND-7	SPA-9 X UF-613
POUND -7 X CC-18	IMC-67 X UF-654	POUND-12 X UF-12
UF- 296 X CC-18	POUND-7 X UF-613	POUND-12 X UF-667
UF-668 X POUND-7	POUND-12 X CATONGO	UF-668 X IMC-67
IMC-67 X UF-613	UF-677 X IMC-67	UF-654 X POUND-7

El 16.7% identificó sus plantaciones como criollos, forasteros o trinitarios (Cuadro 10), lo cual refleja un nivel de conocimiento general sobre la clasificación de material genético de cacao, el cual ha sido adquirido a través de las diferentes capacitaciones recibidas por los productores durante varios años, y que muestra el interés y el potencial de aprendizaje de los productores en temas de genética de las plantaciones de cacao. Lo anterior refleja la necesidad de generación de conocimiento local sobre de identificación de materiales genéticos por medio de análisis fenotípicos y genotipos de los principales materiales de la región, así como la actualización y capacitación constante de los promotores y técnicos de campo sobre información actual sobre temas de genética de cacao, para que ellos puedan transmitir a los productores información precisa y de actualidad.

Tradicionalmente, dos grupos genéticos principales, “Criollo y “Forastero” han sido definidos basados en análisis morfológicos y origen geográfico. Un tercer grupo, “Trinitario” ha sido definido como el híbrido de “Criollo X Forastero”. Sin embargo, una nueva reclasificación de los materiales genéticos de cacao ha sido propuesta por Motamayor et al (2008), la cual consiste en la agrupación del germoplasma en 10 clúster o grupos genéticos incluyendo: Amelonado, Contamana, Criollo, Curaray, Guiana, Iquitos, Marañón, Nacional, Nanay y Purús (Figura 4); esta calificación refleja con más precisión la clasificación del germoplasma de cacao permitiendo un mejor manejo de la propagación y cruce de materiales (p. 3).

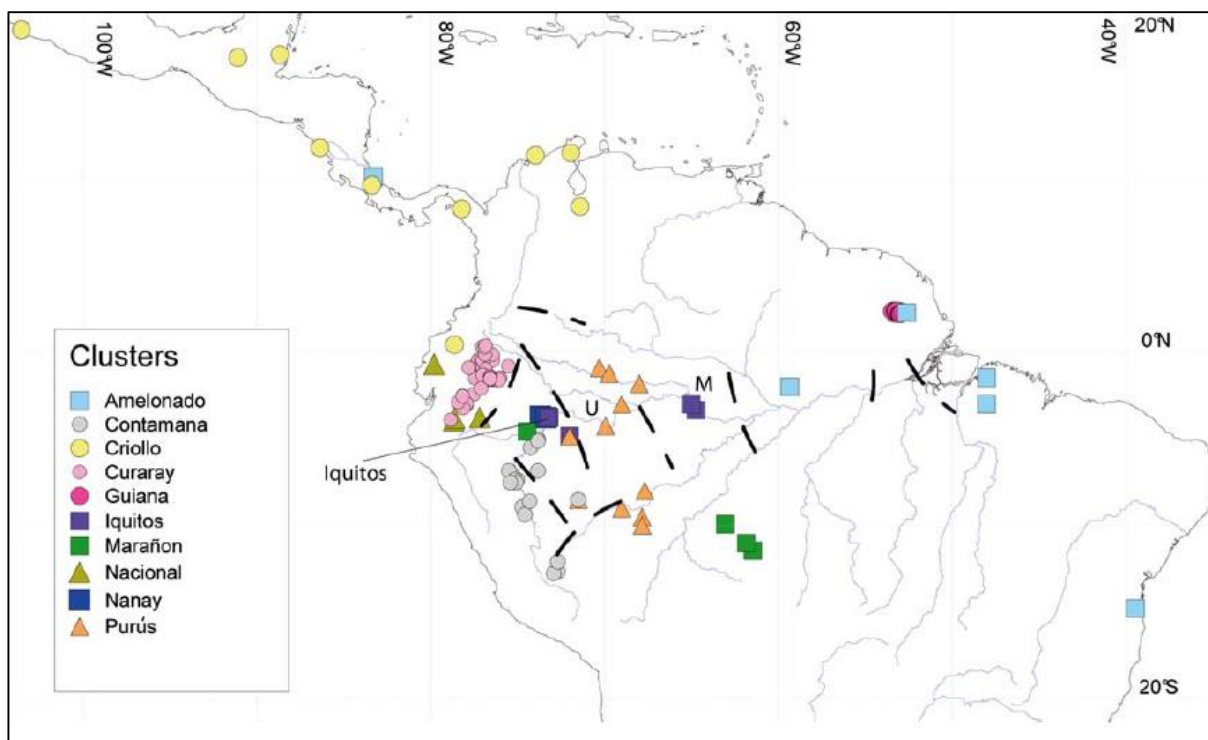


Figura 4. Localización del origen de los materiales analizados; los colores indican el clúster o grupo genético al cual pertenecen (Motamayor, et al., 2008, p. 3).

Con relación al uso de fertilizantes (orgánicos o inorgánicos) en las plantaciones de cacao, los resultados mostraron que existe diferencia estadística significativa ($P=0.025$) entre el porcentaje de personas que fertilizan y no fertilizan en las asociaciones. El 88.1% dijo no fertilizar el cacao y el 11.9% dijo utilizar algún tipo de fertilizante en las plantaciones (Cuadro 12). El incremento de la productividad de cacao por hectárea, a través de diferentes actividades, como la fertilización orgánica o no orgánica, ha sido parte importante en los diferentes proyectos de impulso del cultivo de cacao. Sin embargo, el uso de fertilizantes de cualquier tipo sigue siendo un reto para los productores. El bajo nivel del uso de insumos agrícolas puede ser una de las causas, junto a otros aspectos agronómicos, de los bajos rendimientos de cacao por parcela.

El impulso de la producción de cacao orgánico certificado fue impulsado por primera vez por UICN (UICN, 2013, p. 3), a través de la certificación de 35 parcelas o fincas de cacao durante el año 2013, esta primera experiencia en certificación permitió sentar las bases y mostrar el potencial de acceso a mercados de alto valor de la ecorregión de Lachuá. Durante el año 2016 se realizó la segunda certificación orgánica de la región apoyada por el socio comercial de FUNDALACHUA, la cual permitió que el cacao de la región fuera el primero y único cacao certificado orgánico de Guatemala comercializado en el mercado internacional. La certificación orgánica permite que el cacao se cotee a precios especiales, superiores al cacao convencional, creando una ventaja competitiva para la región. Sin embargo, a pesar de este éxito regional en la incursión de mercados de alto valor, todavía existen retos en el incremento de la productividad de las parcelas de cacao certificadas orgánicas, los rendimientos de cacao siguen estando por debajo de los rendimientos mínimos requeridos para un modelo de negocios sostenible. De acuerdo con VECO Mesoamérica (2016) no existen distribuidores especializados para la

producción orgánica de cacao, en función de las distintas etapas de desarrollo; en general la producción de abonos y fertilizantes de tipo orgánico es limitada (p. 24), se requiere de la certificación y registro de otros insumos agropecuarios que se necesitan para la producción orgánica (VECO Mesoamérica, 2016, p. 37). La falta de diseños de planes de nutrición y fertilización para plantaciones orgánicas y no orgánicas (convencionales) ha sido una de las limitantes priorizadas en el eslabón de producción de la cadena de valor de cacao en Guatemala (VECO Mesoamérica, 2016, p. 44).

Es importante impulsar la certificación orgánica de plantaciones de cacao, complementada con paquetes tecnológicos para producción de cacao orgánico, que incluya el uso de fertilizantes, así como otros insumos agrícolas que cumplan con las regulaciones establecidas en los sistemas de control interno y reglamentos de la certificación orgánica. Por otro lado, en la ecorregión existen productores que poseen dos tipos de plantación, certificado orgánico y no certificado, o productores que han decidido no certificar sus plantaciones por razones personales. Para estos productores también debe existir un paquete tecnológico establecido para la producción de cacao y de esta manera mejorar la productividad por parcela.

Cuadro 12. Porcentaje de productores que fertilizan sus plantaciones de cacao por asociación.

		Asociación			Total
		KATBALPOM	ASODIRP	ASOSELNOR	
¿Fertiliza?	Sí	7.1% (1)	0.0% (0)	30.8% (4)	11.9% (5)
	No	92.9% (13)	100% (15)	69.2% (9)	88.1% (37)
Total		14	15	13	42

La ecorregión de Lachuá cuenta con un centro de acopio para el procesamiento centralizado de cacao en baba en cada una de las asociaciones de estudio (KATBALPOM, ASODIRP y ASOSELNOR), las cuales fueron construidas en el año 2012 con apoyo financiero de Ministerio de Economía-FUNDASITEMAS y CATIE (UICN, 2013, p. 3) y han recibido remodelaciones y contribuciones de diferentes actores directos e indirectos de la cadena para el fortalecimiento de la capacidad de procesamiento de cacao. El sistema de procesamiento es centralizado, el cual consiste en la fermentación y secado del cacao de los socios en el centro de fermentación de caca asociación, lo cual permite tener mejor control de la calidad y consistencia del producto durante la cosecha. La cosecha principal de cacao en la región es de noviembre a junio, sin embargo, hay plantaciones que han presentado floración y producción dos veces al año y algunos árboles han mostrado en los últimos años producción casi durante todos los meses del año.

Durante la cosecha, las organizaciones establecen un calendario de compra, el cual consiste, en general, en la compra de cacao cada dos semanas (15 días) durante los primeros y los últimos meses de la época de cosecha (época de baja producción) y cada semana (7 días) durante los meses de alta producción. Dependiendo de la asociación, los productores transportan el producto y llegan a los centros de procesamiento para la venta del cacao y en otros casos, las asociaciones utilizan vehículos para la compra y visitan diferentes zonas de las comunidades durante las fechas de compra. Los sistemas de comercialización de cacao son diferentes en las comunidades, principalmente en KATBALPOM en comparación con las otras dos asociaciones

(ASODIRP y ASOSELNOR), principalmente debido a que la asociación cubre una región geográfica mayor en comparación con las otras comunidades, debido a que los productores de cacao se encuentran dispersos en diferentes comunidades, pero son atendidas por la asociación KATBALPOM, cuya sede se encuentra en la comunidad Salacum. La estructura de costos de cada comunidad requiere de sistemas de precios y de comercialización diferentes, que se ajusten a las necesidades de cada organización.

En la comercialización de cacao en baba en la ecorregión se han implementado dos sistemas: compra de cacao drenado (sin liquido o baba) y cacao no drenado (con liquido o baba), la cual influye considerablemente en el peso de cacao pagado a cada productor, esto debido a que el contenido de baba o liquido en el producto depende del tiempo entre la cosecha de las mazorcas de cacao, apertura y pesado del producto al momento de la compra. Este periodo de tiempo entre la cosecha y la venta se ve afectada por diversos factores, entre los que se pueden mencionar: distancia (ubicación) de la parcela o finca de cacao de cada productor, disponibilidad de mano de obra durante la cosecha, área a cosechar, ubicación en la ruta de compra de cacao de la asociación (al inicio o al final del día de compra). Todos los factores mencionados anteriormente impactan en el nivel de conformidad de los productores en el tipo de comercialización de cacao en baba (drenado o no drenado).

Los resultados mostraron que existe diferencia estadística significativa ($P=0.002$) entre la preferencia de comercialización de cacao en baba entre las tres asociaciones. Las asociaciones que prefieren la comercialización de cacao en baba “no drenado” fueron KATBALPOM (85.7%) y ASOSELNOR (100%), sin embargo, en la asociación ASODIRP la mayoría de los productores entrevistados prefiere que la comercialización de cacao sea “drenado” (53.3%). En general, el 74.4% de los productores prefiere la comercialización de cacao no drenado y únicamente el 25.6% dijo preferir comercializar cacao drenado (Cuadro 13).

Cuadro 13. Preferencia del método de comercialización de cacao en baba por los productores de cacao en las asociaciones.

	Asociación			Total	
	KATBALPOM	ASODIRP	ASOSELNOR		
¿Qué método de comercialización de cacao en baba prefiere?	Drenado	14.3% (2)	53.3% (8)	0% (0)	25.6%
	No drenado	85.7% (12)	46.7% (7)	100% (10)	74.4%
Total	14	15	10	39	

Según Say & Villalobos (2012) “los precios de cacao (fermentado o lavado) variaron de Q750.00 a Q1, 000.00 por quintal en el año 2,007 y de Q650.00 a Q1, 400.00 por quintal para el año 2,012” (p. 2). Esta variabilidad en el precio del producto en el mercado fue confirmada posteriormente por MINECO (2015) “el precio de cacao se encuentra en un rango de Q700.00 a Q 1,350.00 por quintal de cacao dependiendo del área de producción y la calidad de los granos de cacao” (p. 28). Por esta razón, el mejoramiento de calidad y consistencia del cacao para la búsqueda de mercados diferenciados ha sido impulsado con éxito como alternativa sostenible para la comercialización de cacao en la región.

El primer contrato de exportación de cacao de Lachuá, y en general la primera exportación de cacao por asociaciones de pequeños productores de cacao en la historia reciente, se realizó en el año 2013 en un contrato establecido entre FUNDALACHUA y la empresa *Lake Champlain Chocolates* de Estados Unidos, con lo cual se logró exportar 6.07 toneladas métricas (22.04 quintales) con un ingreso líquido para la región de \$ 19,445.81 (UICN, 2013, p. 9).

Sin embargo, luego de seis años exportando cacao al mercado internacional, de acuerdo con los resultados del presente estudio, el 63.9% de los productores encuestados respondió no estar conforme con el precio actual de compra de cacao (Cuadro 14). Además, se observó que no existe diferencia estadística significativa ($P=0.361$) en la respuesta relacionada a la conformidad de los productores sobre el precio actual que reciben por venta de cacao en baba. Lo cual indica la no conformidad generalizada entre los productores con relación al precio actual de cacao.

Según MAGA (2016) de acuerdo con los ingresos reportados de productores que están exportando o vendiendo su producto, semilla de cacao, el precio por tonelada métrica a nivel nacional oscila entre \$ 2,800.00 a \$ 3,500.00. Con relación a la venta de producto para exportación, el precio por tonelada oscila entre \$ 3,500.00 a \$ 4,300.00 (p. 26).

La no conformidad de los productores de cacao aparentemente es causada por el bajo ingreso económico que representa la venta de cacao en comparación con otros cultivos o con los ingresos no agrícolas. Sin embargo, el ingreso generado por venta de cacao no está relacionado únicamente con el precio de venta, el ingreso total es una combinación de precio y volumen de producción, donde el volumen de producción depende del área cosechada y de la productividad por área de cada agricultor. De acuerdo con MAGA (2016) si se considera que cada familia pueda producir por lo menos media tonelada al año, sus ingresos reportados serían en promedio \$ 1,400.00 anuales tomando el precio inferior reportado o su equivalente en moneda nacional de Q 11,200.00 anuales. Esto mejoraría significativamente los ingresos económicos de las familias productoras, convirtiéndose en un medio principal para mejorar la calidad de vida de las personas en el área rural en estricto apego a la Política Nacional de Desarrollo Rural Integral (PNDRI) (p. 26). Sin embargo, el rendimiento actual por parcela es de 231.04 kg/ha, lo que representa 0.23 toneladas métricas.

Otro de los factores que contribuye con la no conformidad de los productores, es la volatilidad de los precios del mercado local de Guatemala, los cuales puede llegar a competitivos e incluso superiores a los precios de exportación, especialmente en épocas de baja oferta de cacao en el país.

Cuadro 14. Conformidad de los productores de cacao sobre el precio actual de la compra de cacao en baba en las asociaciones.

		Asociación			Total
		KATBALPOM	ASODIRP	ASOSELNOR	
¿Está conforme con el precio de	SI	42.9% (6)	40% (6)	14.3% (1)	36.1%
	NO	57.1% (8)	60% (9)	85.7% (6)	63.9%

cacao en baba que recibe?

Total	14	15	7	36
--------------	-----------	-----------	----------	-----------

Además, los resultados mostraron que el 100% de los productores entrevistados expresó su interés en tener mejores opciones de mercado. Los resultados mostraron que si existe diferencia estadística significativa ($P=0.00$) entre las razones por las cuales los productores de cacao creen necesario tener más opciones de mercado. Las principales razones expresadas por los agricultores fueron (Cuadro 15): mejorar el precio de cacao en baba (69.0%), incrementar la competencia de mercado para mejorar las capacidades de negociación de los productores (28.6%) y más opciones de comercialización debido al exceso de oferta de cacao (2.4%). Según los resultados obtenidos, los productores no están conformes con la forma de comercialización actual.

Cuadro 15. Razones expresadas por los productores sobre la necesidad de buscar nuevas opciones de mercado para la comercialización de cacao en la ecorregión de Lachuá.

		Asociación			Total
		KATBALPOM	ASOIRP	ASOSELNOR	
¿Por qué cree necesario tener más opciones de mercado?	Mejorar el precio	92.9% (13)	86.7% (13)	23.1% (3)	69.0%
	Competencia de mercado	0.0% (0)	13.3% (2)	76.9% (10)	28.6%
	Exceso de oferta	7.1% (1)	0.0% (0)	0.0% (0)	2.4%
Total		14	15	13	42

Con relación al interés en incrementar el área destinada a la producción de cacao por parte de los productores, el 55% de los productores dijo estar interesado en incrementar el área de producción de cacao y el 45% dijo no estar interesado (Cuadro 16). La asociación que mostró menos interés en incrementar el área de producción de cacao fue KATBALPOM (64.3%). El interés en el incremento del área de producción se encuentra dividido entre los socios de las organizaciones ASODIRP y ASOSELNOR.

Cuadro 16. Interés de los productores de cacao en la siembra de nuevas plantaciones de cacao.

		Asociación			Total
		KATBALPOM	ASOIRP	ASOSELNOR	
¿Está considerando sembrar más cacao?	Sí	35.7% (5)	53.3% (8)	45.5% (5)	45.0%
	No	64.3% (9)	46.7% (7)	54.5% (6)	55.0%
Total		14	15	11	40

Relacionado a interés de los productores en explorar nuevas oportunidades de valor agregado a los granos de cacao, el 97.6% de los entrevistados expresaron su interés en la producción de chocolate o productos derivados. Entre las principales razones expresadas por los productores están: mejorar el ingreso económico de las familias, mejorar el precio de cacao en grano, dar valor agregado a la materia prima producida en la región, mejores oportunidades para el futuro.

6.1.3 Conclusiones

En cuando a los aspectos socioeconómicos de las familias productoras de cacao de la ecorregión de Lachuá, se determinó que la edad promedio de los productores de cacao fue estadísticamente diferente entre las tres asociaciones de estudio ($P < 0.05$), el promedio para la ecorregión fue de 44.38 años, con un rango de (21 a 74 años). El ingreso económico mensual en promedio reportado por las familias fue estadísticamente diferente entre las tres asociaciones. El ingreso promedio más alto reportado fue en la asociación KATBALPOM y el promedio más bajo reportado fue en ASOSELNOR, ingreso promedio para la ecorregión fue de Q1,452.38, el cual no cubre el costo de la canasta básica de alimentos (CBA) que fue estimada en Q3,552.32 para enero de 2018. El análisis de ingresos económicos por género mostró que existe diferencias estadísticas significativa en los ingresos de mujeres y hombres ($P = 0.006$). El ingreso mensual promedio reportado por las mujeres fue de Q659.09, en comparación con Q1,733.87 reportado por los hombres. En cuando al nivel de educación, no se encontró diferencia estadística significativa ($P = 0.344$) en el nivel de educación entre los productores de cacao de las diferentes asociaciones. El 42.9% de los productores respondió no haber tenido educación formal, el 35.7% dijo tener nivel primario, el 19% dijo poseer un título a nivel de bachillerato o diversificado y únicamente el 2.4% dijo tener un nivel académico universitario. Relacionado al grupo étnico, se observó que si existe diferencia estadística significativa ($P = 0.046$) entre los grupos étnicos representados en la asociación KATBALPOM en comparación con las otras dos asociaciones. En KATBALPOM se encontró mayor diversidad de grupos étnicos representados.

Relacionado a los aspectos de producción y procesamiento, se observó que existe diferencia significativa en el total de terreno que posee cada productor ($P = 0.007$), la asociación que presento el promedio de terreno más alto por productor fue ASODIRP y la asociación con el menor promedio fue KATBALPOM. El área destinada para la producción de cacao también presento diferencias estadísticas ($P = 0.029$), el promedio de terreno destinado para la producción de cacao por productor en la ecorregión fue 2.17 Ha/persona. La producción de cacao en baba por hectárea reportado por los productores fue similar en las tres asociaciones ($P = 0.665$), el promedio de producción de cacao en baba (considerando únicamente plantaciones en edad de producción formal) fue de 231.04 Kg de cacao seco/Ha (15.31 quintales de cacao en baba). El 62% de los productores entrevistados estableció las plantaciones durante los años 2006 a 2008, mientras el 38% inicio con el cultivo de cacao entre los años 2012 y 2018. Los resultados también mostraron que los productores de cacao se dedican a otros cultivos para generar ingresos económicos y para producción de alimentos para consumo propio, en promedio se observó que los agricultores producen 2.43 especies de cultivos adicionales al cacao. Los cultivos más comúnmente producidos, además del cacao, son: cardamomo, maíz, frijol, arboles forestales, naranja, pimienta, pina plátano y chile. Además de la diversificación en la producción agrícola, las familias también se dedican a la producción de especies animales, en promedio las familias poseen 1.33 especies animales para consumo propio y comercialización. Los animales comúnmente producidos son: pollos, cerdos, patos, bovinos, pavos y peces.

Por otro lado, el 59.5% de los agricultores posee plantaciones híbridas (no injertadas), el 83% dijo poseer plantaciones injertadas, lo cual significa que existen productores que poseen ambos tipos de plantaciones y productores que poseen únicamente plantaciones injertadas. El 71.4% de los productores dijo no tener conocimiento sobre el material genético sembrado en

sus plantaciones, por otro lado, el 28.6% mostró tener un conocimiento muy general sobre el material genético sobrado en sus plantaciones. El 88.1% dijo no utilizar ningún tipo de fertilizante (orgánico o no orgánico) en sus plantaciones de cacao. El 74.4% de los productores prefiere que la comercialización de cacao en baba (cacao fresco) se realice “no drenado” y el 25.6% prefiere vender cacao “drenado”. El 63.9% dijo no estar conforme con el precio actual de compra de cacao, el 100% expuso la necesidad de buscar mejores opciones de mercado para los productores de la región. Entre las principales razones por las que los productores consideran necesario explorar nuevas opciones de mercado se encuentran: mejorar el precio, incrementar la competencia de mercado para mejorar las capacidades de negociación de los productores, y buscar más opciones debido a la alta producción de cacao en la región. El 55% dijo estar interesado en seguir incrementando el área destinada a la producción de cacao, mientras que el 45% dijo no estar interesado. El 97.6% de los productores entrevistados dijo estar interesado que las asociaciones en conjunto exploren nuevas oportunidades de valor agregado a los granos de cacao para mejorar el ingreso económico de las familias a través del procesamiento y adición de valor a la materia prima producida en la región.

6.1.4 Recomendaciones

Aspectos socioeconómicos

El desarrollo de las condiciones adecuadas para la inclusión de la juventud dentro de la cadena de valor de cacao es un aspecto importante para contribuir con la sostenibilidad de la producción en la región. Mediante la inclusión de nuevas tecnologías agrícolas, diversificación, creación de nuevas oportunidades de empleo, emprendimiento, acceso a financiamiento y educación de jóvenes, se crearán las condiciones para motivar a las nuevas generaciones a ser parte de la cadena de valor de cacao con otras perspectivas e ideas de innovación para la generación de ingresos y mejora de la calidad de vida

Se han realizado grandes avances en la inclusión de la mujer en actividades la cadena de valor de cacao; sin embargo, los resultados mostraron grandes diferencias en ingresos y niveles de educación entre hombres y mujeres productores de cacao de la región. Se recomienda continuar con el empoderamiento de mujeres jóvenes a través de capacitaciones, promoción de la educación formal, emprendimiento y oportunidades en espacios de incidencia para mejorar las oportunidades de las mujeres cacaoteras de la región.

Aspectos de producción y procesamiento

Se han logrado avances importantes en el manejo agronómico de las plantaciones de cacao en la región, sin embargo, los resultados mostraron que la productividad de cacao por hectárea de la muestra analizada sigue siendo baja (0.23 TM/Ha) a pesar de los diferentes esfuerzos y capacitaciones en manejo agronómico de las plantaciones de cacao. Los resultados mostraron bajos rendimientos y bajo nivel en el uso de insumos agrícolas para el mejoramiento de la productividad. Se recomienda el diseño de paquetes tecnológicos para la producción de cacao certificado orgánico y no orgánico para mejorar los rendimientos de producción.

Realizar una evaluación genética del material de propagación de la ecorregión para determinar a qué grupo o clúster genético pertenecen, principalmente a los árboles identificados y marcados como “árboles superiores”.

Evaluar el sistema de comercialización de cacao implementado actualmente, ya que los resultados en general mostraron cierto nivel de inconformidad de los productores en relación con los métodos de comercialización y precio del cacao. Además, se recomienda continuar en la búsqueda de otras opciones de mercado de alto valor para mejorar las capacidades de negociación y oportunidades de negocio de los productores de la región.

Se recomienda explorar la posibilidad de incrementar la participación de FUNDALACHUÁ y sus asociaciones en más eslabones de la cadena de valor para obtener mejores beneficios económicos y ofrecer mejores precios a los productores de la región. Durante los últimos años FUNDALACHUÁ ha presentado liderazgo en el tema de producción de cacao de alta calidad y enfoque en el mercado internacional. Actualmente cuenta con volúmenes y experiencia en comercialización que le permiten explorar la posibilidad de exportar directamente bajo los términos FOB (*Free on Board*). Para esto, deben realizar los trámites para la inscripción en la Asociación Guatemalteca de Exportadores (AGEXPORT) y obtener la licencia y el código de exportador, y de esta manera poder firmar contratos de exportación directamente con su importador en Estados Unidos. AGEXPORT cuenta con manuales y talleres de capacitación sobre diferentes temas de exportación, además cuentan con servicios de agentes aduaneros y servicios de acompañamiento para el trámite de contenedores en puerto. En caso de que FUNDALACHUÁ no actualmente con el personal capacitado para realizar las exportaciones, se puede subcontratar empresas de logística de exportación (existen varias en Guatemala) que se pueden encargar de toda la papelería de exportación, de esta manera la Fundación y sus asociaciones podrán negociar precios FOB directamente con sus importadores en Estados Unidos y obtener mejores beneficios económicos.

6.2 Determinación del procedimiento óptimo de fermentación del cacao en la ecorregión de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz.

6.2.1 Resultados de las condiciones ambientales durante el proceso de fermentación

a) Análisis en función de localidad de fermentación.

La temperatura ambiente, en el área de fermentación, no mostró variación significativa ($P>0.05$) durante el procesamiento de los diferentes tratamientos en las asociaciones KATBALPOM (Cuadro 17), ASODIRP (Cuadro 18) y ASOSELNOR (Cuadro 19). Sin embargo, si se observó diferencia en el porcentaje de humedad relativa en las tres localidades. Durante la fermentación de 5 quintales se observó el mayor porcentaje de humedad en la comunidad KATBALPOM, seguido de 8 y 11 quintales ($P>0.05$). En ASODIRP, el mayor porcentaje de humedad se observó durante la fermentación de 8 quintales ($P>0.05$) y en ASOSELNOR los valores más altos de humedad relativa se observaron durante la fermentación de 5 quintales de cacao.

Los resultados mostraron que la fermentación de los diferentes tratamientos se desarrolló bajo las mismas condiciones de temperatura ambiental en cada comunidad, en algunos casos

mayores niveles de humedad relativa para algunos tratamientos. Es decir, que independientemente de la masa de fermentación (5, 8 ó 11 quintales), la temperatura ambiente fue igual durante el procesamiento de cacao en esa misma asociación. Por otro lado, al analizar los valores por cada localidad, se observó que en KATBALPOM se obtuvo un promedio de temperatura ambiente más alto (39.94°C), seguido de ASOSELNOR (34.11°C) y ASODIRP (33.17°C) (Figura 4). Las altas temperaturas ambientales contribuyen a mejorar el proceso de fermentación de cacao, lo cual indica que la asociación KATBALPOM mostró tener mejores condiciones ambientales de temperatura, dentro del área de fermentación, para el procesamiento de cacao. La temperatura ambiente promedio para la ecorregión durante la fermentación de cacao fue de 35.74°C y humedad relativa de 59.36%.

Cuadro 17. Condiciones ambientales del área de beneficiado de cacao durante la fermentación en la comunidad KATBALPOM.

Tratamiento	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
	Media*	Media
(T1) KATBALPOM 5 qq	41.58 ^a	50.36 ^a
(T2) KATBALPOM 8 qq	38.06 ^a	47.25 ^{ab}
(T3) KATBALPOM 11 qq	40.17 ^a	42.80 ^b
Promedio	39.94	46.80

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

Cuadro 18. Condiciones ambientales del área de beneficiado de cacao durante la fermentación en la comunidad ASODIRP.

Tratamiento	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
	Media	Media
(T4) ASODIRP 5 qq	32.03 ^a	64.30 ^b
(T5) ASODIRP 8 qq	34.92 ^a	70.97 ^a
(T6) ASODIRP 11 qq	32.56 ^a	63.86 ^b
Promedio	33.17	66.38

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

Cuadro 19. Condiciones ambientales del área de beneficiado de cacao durante la fermentación en la comunidad ASOSELNOR.

Tratamiento	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)
	Media*	Media
(T7) ASOSELNOR 5 qq	33.42 ^a	70.13 ^a
(T8) ASOSELNOR 8 qq	34.75 ^a	59.80 ^b
(T9) ASOSELNOR 11 qq	34.15 ^a	64.75 ^{ab}
Promedio	34.11	64.89

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

a) *Análisis en función de las diferentes masas de fermentación.*

Los resultados mostraron que KATBALPOM presentó la temperatura ambiente promedio más alta (41.58°C) durante la fermentación de 5 quintales de cacao, siendo estadísticamente diferente en comparación a las asociaciones ASOSELNOR y ASODIRP (Cuadro 20). Por el contrario, se observó que KATBALPOM presentó los valores de humedad relativa más bajos (50.36%) en comparación con las otras asociaciones, esto se explica debido a que a medida que la temperatura incrementa, la capacidad del aire para retener humedad incrementa y el porcentaje de humedad relativa disminuye.

Cuadro 20. Temperatura ambiente del área de beneficiado de cacao durante la fermentación de 5 quintales de cacao en cada comunidad.

Tratamiento	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
	Media*	Media
(T1) KATBALPOM 5 qq	41.58 ^a	50.36 ^b
(T4) ASOSELNOR 5 qq	33.42 ^b	70.13 ^a
(T7) ASODIRP 5 qq	32.03 ^b	64.30 ^a
Promedio	35.68	61.59

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

El análisis durante la fermentación de 8 quintales de cacao en baba (Cuadro 21), mostró que no hubo diferencia estadística significativa (P>0.05) entre los tratamientos en las diferentes localidades para la variable de temperatura ambiente. Sin embargo, el porcentaje de humedad relativa fue diferente para todas las asociaciones, siendo la asociación ASODIRP la que presentó los valores más altos (70.97%), seguida de ASOSELNOR (59.80%) y KATBALPOM (47.25%).

Cuadro 21. Temperatura ambiente del área de beneficiado de cacao durante la fermentación de 8 quintales de cacao en cada comunidad.

Tratamiento	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
	Media*	Media
(T2) KATBALPOM 8 qq	38.06 ^a	47.25 ^c
(T5) ASOSELNOR 8 qq	34.75 ^a	59.80 ^b
(T8) ASODIRP 8 qq	34.92 ^a	70.97 ^a
Promedio	35.91	59.34

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

Durante la fermentación de 11 quintales de cacao en baba, KATBALPOM presentó la temperatura ambiente más alta (40.17°C) y el porcentaje de humedad relativa más bajo (42.81%) (P>0.05) en comparación con ASOSELNOR Y ASODIRP (Cuadro 22).

Cuadro 22. Temperatura ambiente del área de beneficiado de cacao durante la fermentación de 11 quintales de cacao en cada comunidad.

Tratamiento	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
	Media*	Media
(T3) KATBALPOM 11 qq	40.17 ^a	42.80 ^b
(T6) ASOSELNOR 11 qq	34.15 ^b	64.75 ^a
(T9) ASODIRP 11 qq	32.56 ^b	63.86 ^a
Promedio	35.62	57.13

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes ($P>0.05$).

b) Medidas repetidas en tiempo para las variables ambientales

La temperatura ambiente del área de procesamiento fue superior en la asociación KATBALPOM durante los 8 días de fermentación ($P>0.05$) en comparación con la asociación ASODIRP y ASOSELNOR (Figura 5). Al analizar la temperatura ambiente promedio por cada volumen de fermentación durante cada día (Figura 6), se observó que no existió diferencia estadística significativa entre los tres volúmenes de procesamiento (5, 8 y 11 quintales) ($P>0.05$). Sin embargo, se observó una tendencia general de incremento de la temperatura del ambiental del área de fermentación durante el procesamiento de 8 y 11 quintales de cacao (Figura 6), mientras que el procesamiento de 5 quintales presentó un valor más constante durante el procesamiento. Se realizó un análisis correlación entre la temperatura del área de procesamiento y la temperatura de la masa de fermentación para determinar si existe una relación entre ambas variables. Durante la fermentación de 5 quintales las variables tuvieron una correlación de $R^2=0.15$, para 8 quintales fue $R^2=0.43$ y para 11 quintales fue de $R^2=0.55$ (Figura 7). Los resultados muestran que a medida que incrementa el volumen de procesamiento, incrementa la correlación entre ambas variables, lo que significa que es posible incrementar y mantener la temperatura del área de fermentación y de la masa de fermentación si se cuenta con un área cerrada y aislada para retener el calor generado durante el proceso. De esta manera se podrá obtener mejores temperaturas, especialmente durante el procesamiento de pequeñas masas de cacao y durante épocas lluviosas o de baja temperatura en la región. En relación con la humedad relativa, La asociación KATBALPOM tuvo los valores menores ($P>0.05$) de porcentaje de humedad relativa durante todos los días de fermentación al comprar los valores con las otras asociaciones. Al analizar la variable de porcentaje de humedad relativa en función del volumen de procesamiento, se observó que únicamente tuvieron diferencias significativas en los días 2 y 6 de fermentación, en los cuales el valor más alto fue para 5 quintales, seguido de 8 y 11 quintales respectivamente.

En general, los resultados mostraron que la temperatura ambiente tuvo mayor variación al ser analizada por localidad en comparación al análisis por masa de fermentación. La temperatura del ambiente del área de fermentación tiene una correlación positiva, la cual incrementa significativamente al incrementar el volumen de fermentación, estos resultados reflejan la importancia del diseño adecuado de las áreas de fermentación para retener el calor generado durante el proceso (Figura 8), especialmente durante el procesamiento de pequeños volúmenes y durante la época lluviosa y de bajas temperaturas.

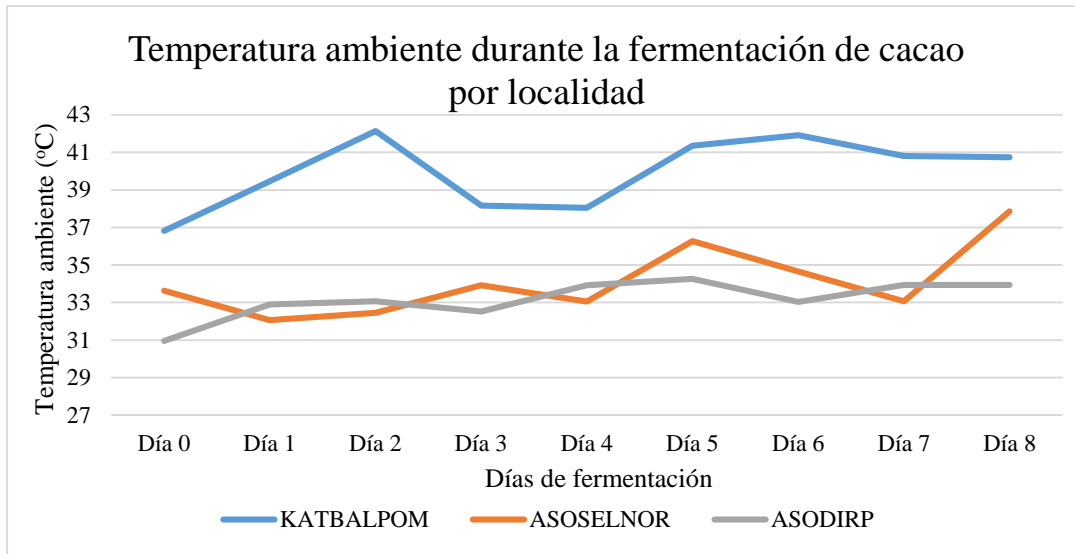


Figura 5. Temperatura ambiente durante la fermentación de cacao por localidad.

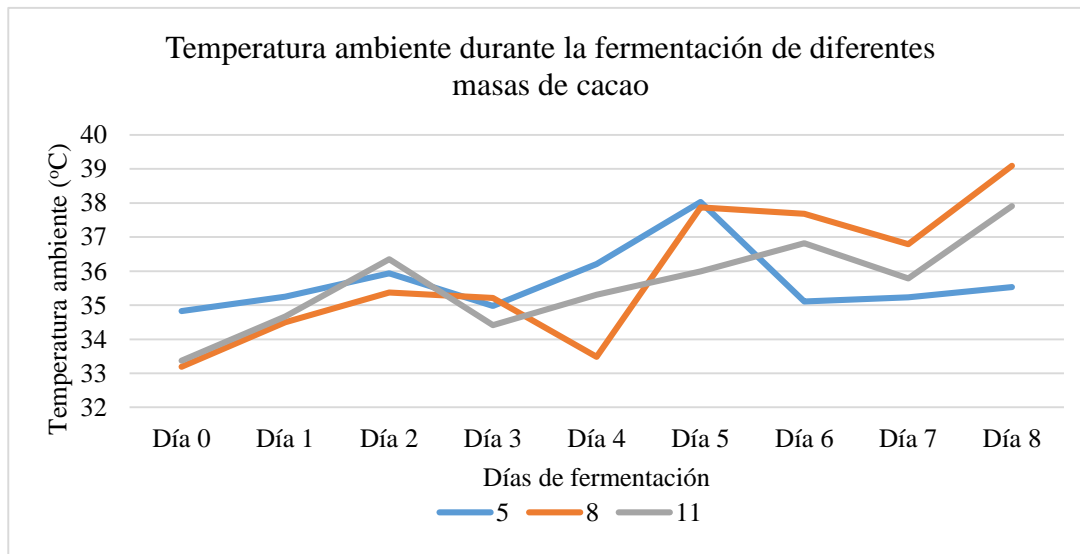


Figura 6. Temperatura ambiente durante la fermentación de diferentes masas de cacao

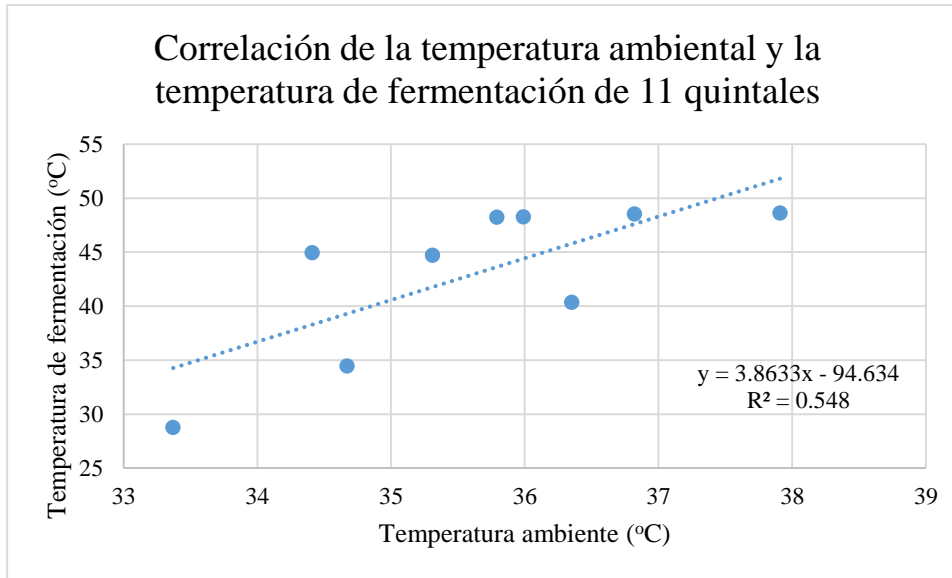


Figura 7. Correlación de la temperatura ambiental y la temperatura de fermentación de 11 quintales de cacao

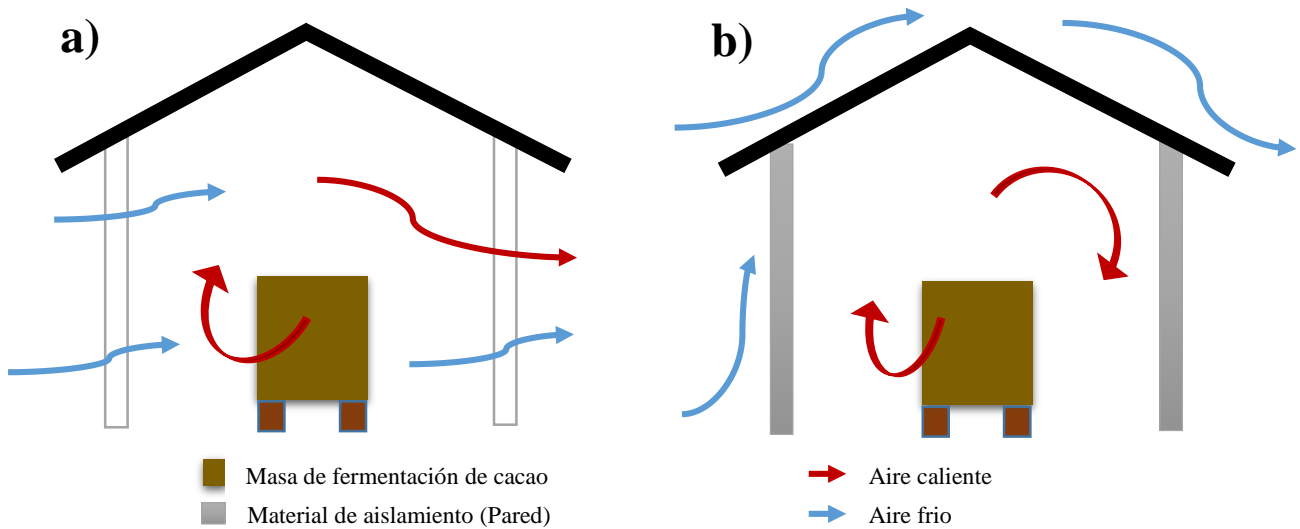


Figura 8. Importancia del diseño del área de fermentación. a) Pérdida de calor por falta de aislamiento. b) Conservación de calor generado durante el proceso.

6.2.2 Resultados de los parámetros de fermentación por cada tratamiento.

c) Medidas repetidas en tiempo para las variables de fermentación.

La temperatura de fermentación inicial (día 0) no presentó diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$) en las tres localidades; sin embargo, durante los días 1 y 2, la temperatura de ASOSELNOR presentó valores menores en comparación a las otras dos asociaciones (Cuadro 38), la temperatura de fermentación en ASOSELNOR al día 2 fue de 37.9°C , lo cual indica que durante los primeros días se tuvo dificultad de alcanzar temperaturas recomendadas durante la fermentación en comparación con las otras dos asociaciones. La temperatura de fermentación de KATBALPOM al segundo día fue de 45.99°C y para ASODIRP fue de 43.49°C . Durante los últimos tres días de la fermentación (día 6, 7 y 8) fue la asociación ASODIRP la que presentó los valores más bajos en las tres asociaciones. En las asociaciones KATBALPOM y ASOSELNOR se observó un incremento diario significativo ($P < 0.05$) en la temperatura de fermentación desde el día 0 hasta el día 4, con temperaturas desde 28.18 hasta 47.49°C , luego no hubo una diferencia significativa en temperatura de fermentación, es decir la temperatura fue constante desde el día 5 hasta el día 8 del proceso, con valores entre 48.85°C y 49.29°C . La asociación ASODIRP presentó un incremento significativo ($P < 0.05$) desde el día 0 hasta el día 3, de 28.18 hasta 43.30°C (Cuadro 42), y luego presentó un comportamiento inconsistente (incremento y disminución) en la temperatura en los siguientes días (Figura 9). La temperatura final de fermentación no tuvo diferencias significativas ($P > 0.05$) entre KATBALPOM (49.08°C) y ASOSELNOR (48.93°C); sin embargo, ASODIRP presentó diferencias significativas ($P < 0.05$), obteniendo los valores más bajos de temperatura al finalizar el proceso (46.72°C).

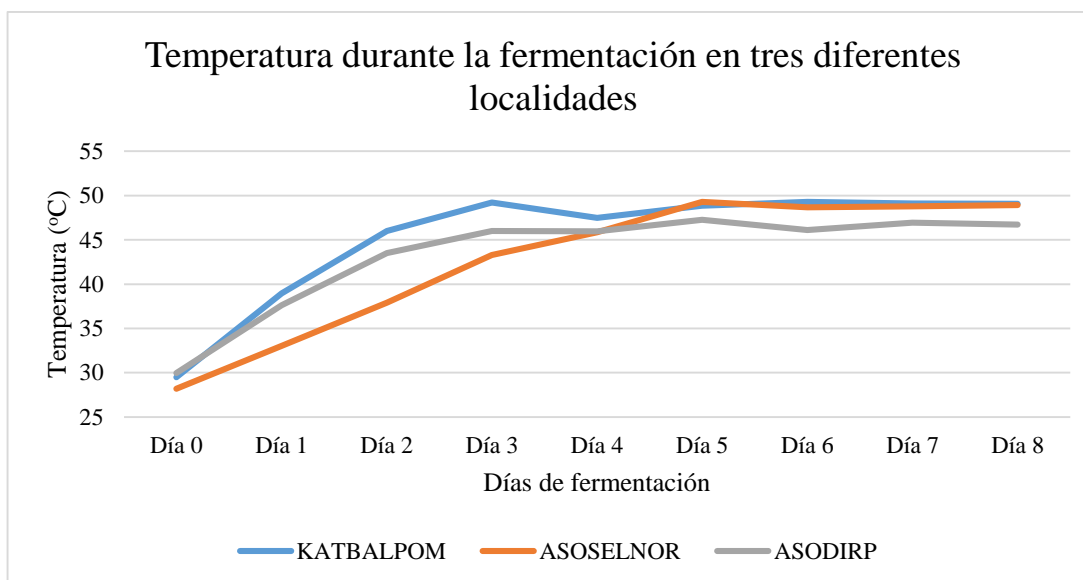


Figura 9. Perfil de temperatura durante la fermentación de cacao en tres diferentes localidades.

Al comparar la temperatura en cada día de fermentación en función de la masa de procesamiento, se observó que el valor inicial en el día cero fue igual para los tres volúmenes, así como en los días 3, 5, 7 y 8 de fermentación. La temperatura fue diferente durante los días intermedios; sin embargo, en el último día de fermentación, las tres masas no presentaron diferencia estadística significativa ($P > 0.05$). Al analizar la tendencia de temperatura de fermentación en cada masa, durante los ocho días de proceso (medidas repetidas en tiempo) se observó que las tres masas (5, 8 y 11 quintales) presentaron un incremento significativo ($P < 0.05$) de la temperatura de fermentación durante los primeros tres días de proceso (Figura 10), con valores iniciales promedio de 28.87°C y temperaturas promedio de 46.16°C al tercer día. Posteriormente, la masa de 11 quintales presentó una temperatura constante hasta finalizar la fermentación, con valores desde 44.73°C en el cuarto día, hasta 48.62°C al finalizar el proceso. Por el contrario, los volúmenes de 5 y 8 quintales mostraron incremento y disminución en la temperatura, con valores entre 46.65°C y 48.63°C (Cuadro 39).

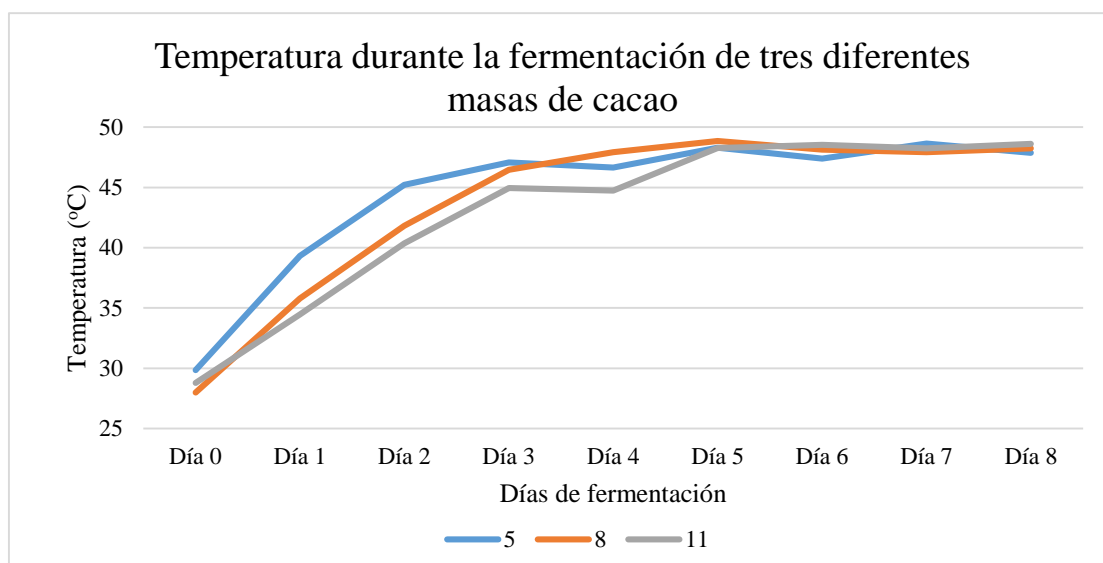


Figura 10. Temperatura de fermentación de tres diferentes masas de cacao.

El pH de la testa en general presentó un incremento durante el proceso de fermentación al ser analizado en función de la localidad (Figura 11) y masa de procesamiento. El análisis por localidad mostró que el pH de la testa fue diferente entre las asociaciones durante todos los días de procesamiento, principalmente debido a la inconsistencia del procesamiento en ASOSELNOR. El valor inicial de pH de la testa fue mayor para ASOSELNOR (Cuadro 23), sin embargo, durante la mayor parte del procesamiento presentó valores menores en comparación con las otras asociaciones (Cuadro 40). Fue la única asociación que presentó reducción en el valor de pH durante los primeros cinco días; sin embargo, en los últimos días los valores incrementaron levemente, finalizando con valores de pH similares a la asociación ASODIRP ($P > 0.05$). Al finalizar el proceso, KATBALPOM presentó los valores más altos de pH de la testa de los granos de cacao (Cuadro 23).

El pH del cotiledón analizado en función de la localidad presentó una tendencia decreciente durante los primeros días de procesamiento. En KATBALPOM los cambios más importantes se presentaron durante los primeros tres días y en las asociaciones ASOSELNOR

y ASODIRP, durante los primeros cinco días de fermentación (Cuadro 42). Se observó que KATBALPOM tuvo un decrecimiento acelerado ($P < 0.05$) durante los primeros tres días comparado con las otras asociaciones (Cuadro 42), seguido por un incremento significativo en los últimos días de procesamiento, finalizando con el valor más alto de pH (4.64) (Cuadro 23). Por el contrario, las asociaciones ASOSELNOR y ASODIRP presentaron una reducción de pH más lenta durante los primeros días (Figura 11), seguido por un periodo constante, sin cambios significativos en pH hasta finalizar el procesamiento; ASOSELNOR presentó un ligero incremento en el último día.

Al analizar los valores de pH de la testa y cotiledón en función de la localidad se determinó que en el día 6 de procesamiento se obtuvieron los valores óptimos, debido a que fue el día en la diferencia entre ambos valores fue menor. Esto indica que los compuestos producidos durante la fermentación penetraron a través de la testa, logrando la formación de precursores de sabor y aroma mediante la degradación de compuestos presentes en los cotiledones. De acuerdo con la localidad, el valor de pH óptimo para la finalización de la fermentación en KATBALPOM fue en el rango de 4.65-4.64, en el caso de ASOSELNOR fue de 4.42, y para la asociación ASODIRP el valor de pH se encuentra entre 4.56-4.58. En general, para la ecorregión, los resultados mostraron que el valor óptimo para la finalización del proceso de fermentación fue en el rango de 4.54-4.55, el cual se obtuvo al 5 día de procesamiento.

Cuadro 23. Resumen del comportamiento del pH de la testa y cotiledón de cacao en función de la localidad de procesamiento (valor inicial, final y óptimo).

Localidad	pH de la Testa		pH del cotiledón		pH óptimo	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Testa	Cotiledón
KATBALPOM	3.82 ^b	4.81 ^a	5.99 ^b	4.72 ^a	4.65 ^a	4.64 ^a
ASOSELNOR	4.17 ^a	4.51 ^b	6.01 ^b	4.44 ^b	4.42 ^b	4.42 ^b
ASODIRP	3.88 ^b	4.58 ^b	6.50 ^a	4.54 ^b	4.58 ^a	4.56 ^{ab}
Promedio	3.96	4.63	6.17	4.57	4.55	4.54

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

Por otro lado, los resultados del pH de la testa en función de la masa de procesamiento presentaron valores más homogéneos, se observó que los valores fueron similares ($P > 0.05$) para los días 0, 2, 4, 5 y 8 (Cuadro 41). El procesamiento de 11 quintales de cacao fue el que presentó un incremento más lento del pH de la testa, seguido de 8 y 5 quintales. Sin embargo, la masa de 11 quintales presentó un incremento consistente desde el inicio hasta el final del procesamiento, mientras que la masa de 8 quintales presentó incrementos consistentes hasta el día 6, seguido de valores constantes durante los últimos tres días de procesamiento. El procesamiento de 5 quintales presentó incrementos consistentes desde el día 0 al día 4, seguido de una reducción significativa al día 5 de procesamiento, e incremento constante durante los días 6 y 7, finalizando con una reducción del pH en el último día de procesamiento. El procesamiento de 5 quintales fue el que presentó mayor inconsistencia en los valores de pH de la testa. Al finalizar el procesamiento, los tres valores de pH no presentaron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$).

Los valores de pH del cotiledón en función de la masa de procesamiento no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en los días 0, 1, 3, 4 y 5 de fermentación. La variabilidad se observó en el segundo día y durante los últimos tres días de proceso. La variación en el segundo día fue principalmente debido a la poca permeabilidad e ingreso de ácidos orgánicos hacia el interior de los granos de cacao durante el procesamiento de 5 quintales, lo cual se puede observar en los valores altos de pH de cotiledón al segundo día de fermentación. La variación en los últimos días fue debido a diferencias en comportamiento de las tres masas durante el proceso. La fermentación de 11 quintales presentó una reducción leve en los últimos tres días de proceso, reduciendo de 4.46 en el día 6, hasta 4.44 al finalizar el proceso (Cuadro 43). El procesamiento de 8 quintales presentó un incremento leve en los últimos días, de 4.55 en el día 6, hasta 4.60 en el día 8; por otro lado, el procesamiento de 5 quintales presentó incremento de 4.63 hasta 4.66 durante los últimos tres días. Las tres masas de procesamiento presentaron reducciones importantes de pH desde el día 0 hasta el día 5, seguidas de un periodo más constante (Cuadro 43). Al finalizar el proceso, los tres volúmenes no mostraron diferencia estadística en los valores de pH de la testa; sin embargo, el pH del cotiledón fue igual ($P < 0.005$) para el procesamiento de 5 y 8 quintales, y fue menor para el procesamiento de 11 quintales (4.44). En general, los resultados mostraron que los valores óptimos de pH para la finalización de la fermentación de 5 quintales de cacao se encuentran entre 4.60-4.63; para 8 quintales se encuentra entre 4.55-4.61 y para el procesamiento de 11 quintales los valores están en el rango de 4.44-4.46 (Cuadro 24). Lo anterior muestra que la masa de procesamiento afecta los valores óptimos de pH durante la fermentación.

Cuadro 24. Resumen del comportamiento del pH de la testa y cotiledón de cacao en función de la masa de procesamiento (valor inicial, final y óptimo).

Localidad	pH de la Testa		pH del cotiledón		pH óptimo	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Testa	Cotiledón
5	4.06 ^a	4.67 ^a	6.26 ^a	4.66 ^a	4.60 ^a	4.63 ^a
8	3.89 ^a	4.60 ^a	6.12 ^a	4.60 ^a	4.61 ^a	4.55 ^{ab}
11	3.92 ^a	4.63 ^a	6.12 ^a	4.44 ^b	4.44 ^b	4.46 ^b
Promedio	3.96	4.63	6.17	4.57	4.55	4.54

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

La testa actúa como una barrera semipermeable para la circulación de sustancias entre los cotiledones y la pulpa. Previa investigación han demostrado que la testa es permeable al agua, etanol, ácido acético y láctico y algunos componentes orgánicos volátiles (Afoakwa, 2014; Wood & Lass, 2001). La testa también actúa como barrera para contener las sustancias (precursores de sabor) que son liberadas y formadas en los cotiledones (parte interna del grano) durante la fermentación. Además, la testa posee un rol importante en la tasa transferencia de masas o sustancias durante el secado.

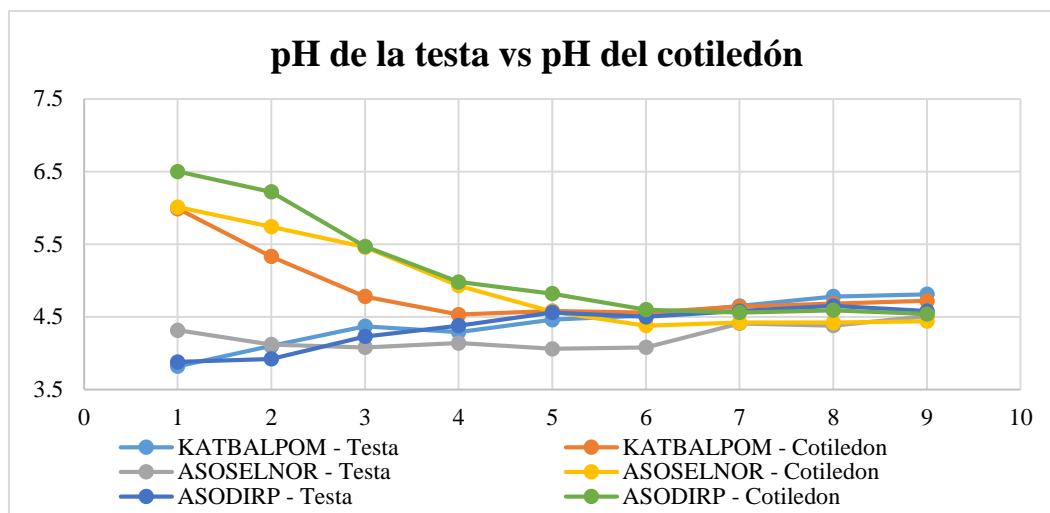


Figura 11. Análisis del comportamiento del pH de la testa y pH del cotiledón en las tres asociaciones (KATBALPOM, ASODIRP Y ASOSELNOR).

El comportamiento del pH de la testa y del cotiledón para la ecorregión de Lachua puede ser explicados por una correlación polinomial ($R^2=0.97$) por medio de la ecuación $y = 4.4032x^2 - 44.141x + 96.01$ (Figura 12). Con la ecuación se puede determinar el valor del pH del cotiledón cuando el valor del pH de la testa es conocido, lo cual puede permitir un análisis más rápido del punto óptimo de fermentación de cacao, midiendo únicamente uno de los dos parámetros y verificando el valor del otro utilizando la fórmula propuesta. Además, según el modelo generado, se determinó que el valor de pH del cotiledón será igual al valor de pH de la testa cuando el valor de este último sea 4.53. Para determinar el final de la fermentación se deberá medir el pH de la testa y si este es 4.53 el valor del pH del cotiledón será igual, por lo que se puede proceder a retirar el cacao de las cajas de fermentación e iniciar el proceso de secado. Este valor generado por el modelo polinomial es discutido anteriormente con los resultados del procesamiento de cacao en función de la localidad y masa de fermentación (Cuadro 23 y 24).

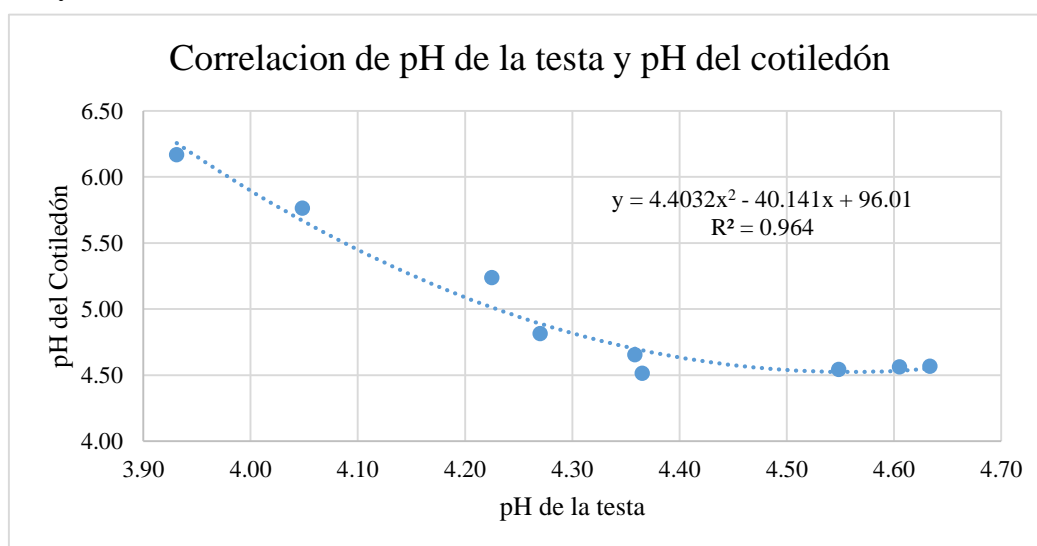


Figura 12. Correlación del pH de la testa y pH del cotiledón durante la fermentación de cacao para la ecorregión de Lachuá.

Los resultados de temperatura de fermentación y pH del cotiledón mostraron una correlación lineal ($R^2=0.98$) la cual es representada por la siguiente ecuación $y = -0.0888x + 8.8602$ (Figura 13). El presente modelo lineal permitirá predecir la temperatura optima o cercana para obtener el pH del cotiledón ideal para la finalización de la fermentación o viceversa, determinar el valor del pH del cotiledón mediante el monitoreo de la temperatura del proceso. Utilizando el presente modelo lineal, se determinó que la temperatura correlacionada con el pH óptimo para la finalización de la fermentación (Cuadros 23 y 24) y el valor proyectado mediante el modelo polinomial entre la testa y el cotiledón (Figura 12), es de 48.76°C . Lo cual indica que, al alcanzar esta temperatura de fermentación, el pH se encuentra cercano al valor óptimo

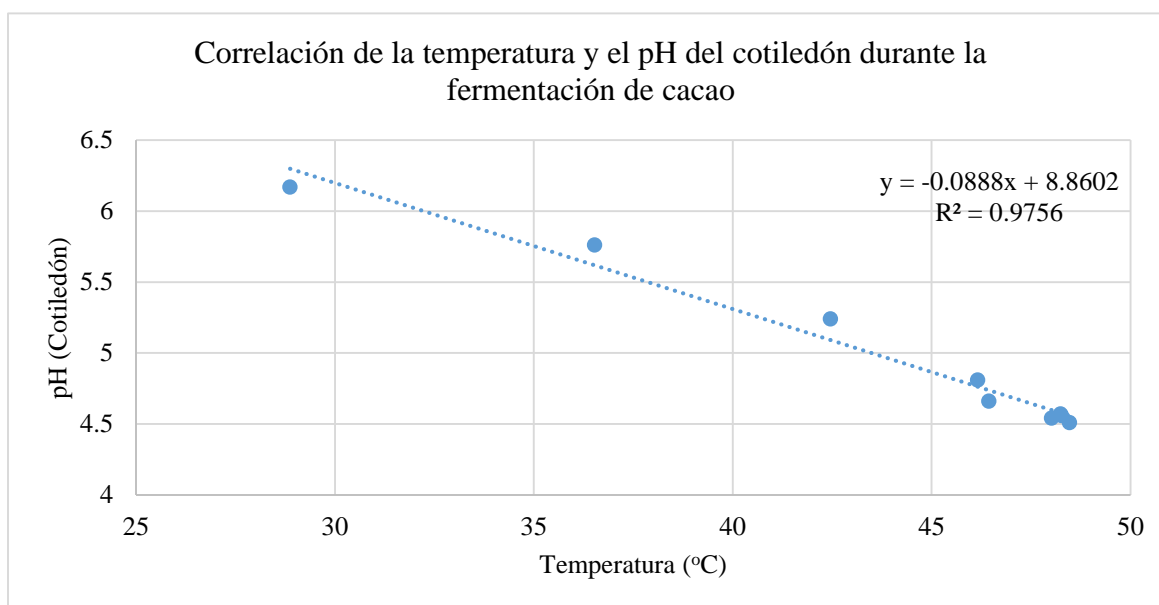


Figura 13. Correlación de la temperatura de fermentación y pH de la testa durante el procesamiento de cacao en la ecorregión Lachuá.

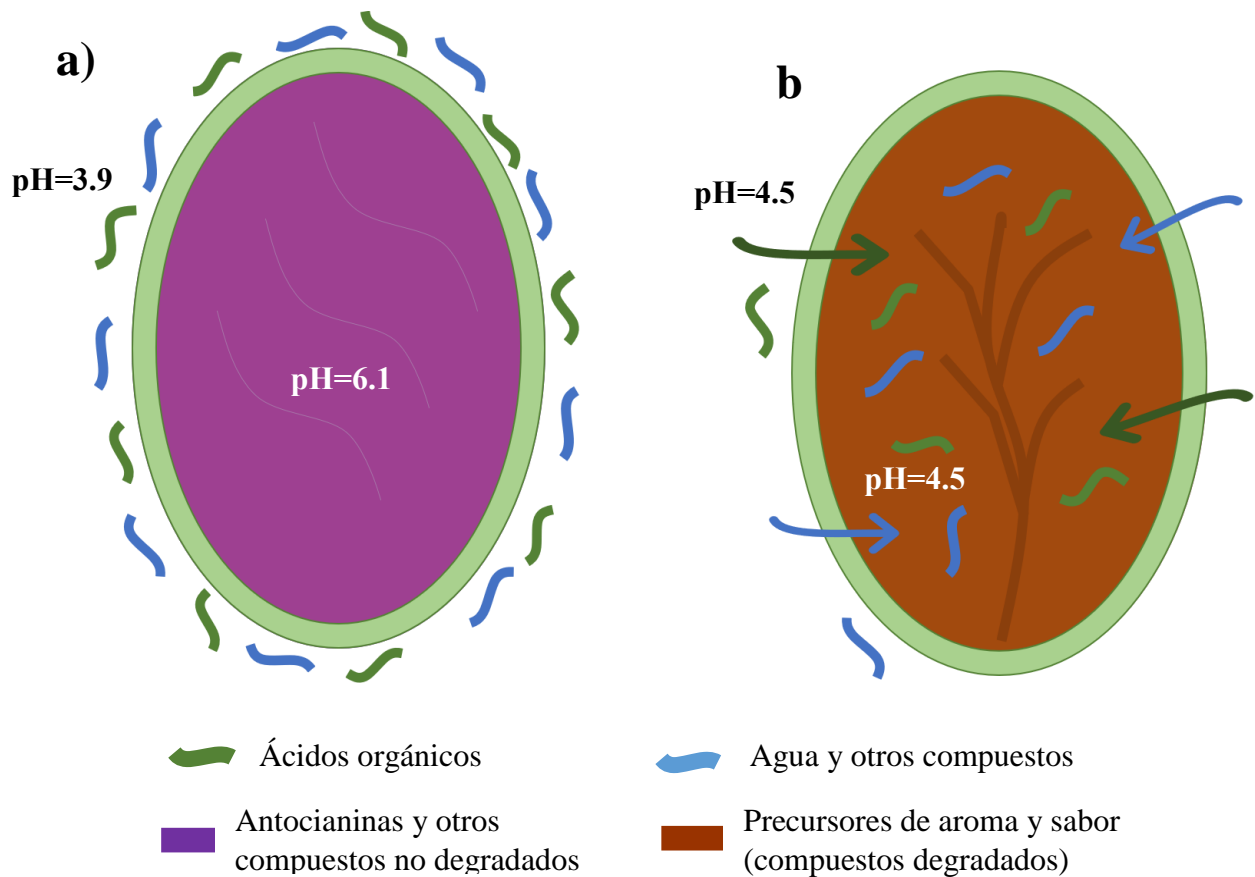


Figura 14. Comportamiento del pH de la testa y del cotiledón del grano de cacao antes y después del proceso de fermentación. a) Grano de cacao antes de la fermentación. b) Grano de cacao después del proceso de fermentación.

6.2.3 Conclusiones

El análisis de las condiciones ambientales, en función de la localidad de procesamiento mostraron que, la temperatura ambiente en el área de fermentación no mostró variación significativa ($P>0.05$) durante el procesamiento de los diferentes tratamientos en las asociaciones. Sin embargo, si se observó diferencia en el porcentaje de humedad relativa en las tres localidades. La fermentación de los diferentes tratamientos se desarrolló bajo las mismas condiciones de temperatura ambiental dentro de cada comunidad, en algunos casos mayores niveles de humedad relativa para algunos tratamientos. Es decir, que independientemente de la masa de fermentación (5, 8 ó 11 quintales), la temperatura ambiente fue igual durante el procesamiento de cacao en esa misma asociación. Al analizar los valores por cada localidad, se observó que en KATBALPOM se obtuvo un promedio de temperatura ambiente más alto (39.94°C), seguido de ABOSELNOR (34.11°C) y ASODIRP (33.17°C). Esto indica que la asociación KATBALPOM mostró tener mejores condiciones ambientales de temperatura, dentro del área de fermentación, para el procesamiento de cacao. La temperatura ambiente promedio para la ecorregión durante la fermentación de cacao fue de 35.74°C y humedad relativa de 59.36%.

El análisis en función de las diferentes masas de fermentación mostró que KATBALPOM presentó la temperatura ambiente promedio más alta (41.58°C) durante la fermentación de 5 quintales de cacao, siendo estadísticamente diferente en comparación a las asociaciones ASOSELNOR y ASODIRP. El análisis durante la fermentación de 8 quintales de cacao mostró que no hubo diferencia estadística significativa ($P>0.05$) entre los tratamientos en las diferentes localidades para la variable de temperatura ambiente. Sin embargo, el porcentaje de humedad relativa fue diferente para todas las asociaciones. Durante la fermentación de 11 quintales de cacao en baba, KATBALPOM presentó la temperatura ambiente más alta (40.17°C) y el porcentaje de humedad relativa más bajo (42.81%) ($P>0.05$) en comparación con ASOSELNOR Y ASODIRP.

Se observó una tendencia general de incremento de la temperatura del ambiental del área de fermentación durante el procesamiento de 8 y 11 quintales de cacao, mientras que el procesamiento de 5 quintales presentó un valor más constante durante el procesamiento. Se realizó un análisis correlación entre la temperatura del área de procesamiento y la temperatura de la masa de fermentación para determinar si existe una relación entre ambas variables. Los resultados muestran que a medida que incrementa el volumen de procesamiento, incrementa la correlación entre ambas variables, lo que significa que es posible incrementar y mantener la temperatura del área de fermentación y de la masa de fermentación si se cuenta con un área cerrada y aislada para retener el calor generado durante el proceso. De esta manera se podrá obtener mejores temperaturas, especialmente durante el procesamiento de pequeñas masas de cacao y durante épocas lluviosas o de baja temperatura en la región.

En general, los resultados mostraron que la temperatura ambiente tuvo mayor variación al ser analizada por localidad en comparación al análisis por masa de fermentación. La temperatura del ambiente del área de fermentación tiene una correlación positiva, la cual incrementa significativamente al incrementar el volumen de fermentación, estos resultados reflejan la importancia del diseño adecuado de las áreas de fermentación para retener el calor generado durante el proceso (Figura 8), especialmente durante el procesamiento de pequeños volúmenes y durante la época lluviosa y de bajas temperaturas.

Los resultados de los parámetros de fermentación en función de la localidad mostraron que la temperatura de fermentación inicial no presentó diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$) en las tres asociaciones. En KATBALPOM y ASOSELNOR se observó un incremento diario significativo ($P<0.05$) en la temperatura de fermentación desde el día 0 hasta el día 4, con temperaturas desde 28.18 hasta 47.49°C, luego no hubo una diferencia significativa en temperatura de fermentación, es decir la temperatura fue constante desde el día 5 hasta el día 8 del proceso, con valores entre 48.85°C y 49.29°C. La asociación ASODIRP presentó un incremento significativo ($P<0.05$) desde el día 0 hasta el día 3, de 28.18 hasta 43.30°C, y luego presentó un comportamiento inconsistente (incremento y disminución) en la temperatura en los siguientes días. La temperatura final de fermentación no tuvo diferencias significativas ($P>0.05$) entre KATBALPOM (49.08°C) y ASOSELNOR (48.93°C); sin embargo, ASODIRP presentó diferencias significativas ($P<0.05$), obteniendo los valores más bajos de temperatura al finalizar el proceso (46.72°C).

Al comparar la temperatura en cada día de fermentación en función de la masa de procesamiento, se observó que el valor inicial en el día cero fue igual para los tres volúmenes, así como en los días 3, 5, 7 y 8 de fermentación. La temperatura fue diferente durante los días intermedios; sin embargo, en el último día de fermentación, los tres volúmenes no presentaron diferencia estadística significativa ($P>0.05$). Las tres masas (5, 8 y 11 quintales) presentaron un incremento significativo ($P<0.05$) de la temperatura de fermentación durante los primeros tres días de proceso, con valores iniciales promedio de 28.87°C y temperaturas promedio de 46.16°C al tercer día. Posteriormente, la masa de 11 quintales presentó una temperatura constante hasta finalizar la fermentación, con valores desde 44.73°C en el cuarto día, hasta 48.62°C al finalizar el proceso. Por el contrario, las masas de 5 y 8 quintales mostraron incremento y disminución en la temperatura, con valores entre 46.65°C y 48.63°C .

El pH de la testa en general presentó un incremento durante el proceso de fermentación al ser analizado en función de la localidad y masa de procesamiento. El análisis por localidad mostró que el pH de la testa fue diferente entre las asociaciones durante todos los días de procesamiento, principalmente debido a la inconsistencia del procesamiento en ASOSELNOR. Al finalizar el proceso, KATBALPOM presentó los valores más altos de pH de la testa de los granos de cacao. El pH del cotiledón analizado en función de la localidad presentó una tendencia decreciente durante los primeros días de procesamiento. En KATBALPOM los cambios más importantes se presentaron durante los primeros tres días y en las asociaciones ASOSELNOR y ASODIRP, durante los primeros cinco días de fermentación.

Al analizar los valores de pH de la testa y cotiledón en función de la localidad se determinó que en el día 6 de procesamiento se obtuvieron los valores óptimos, debido a que fue el día en la diferencia entre ambos valores fue menor. Esto indica que los compuestos producidos durante la fermentación penetraron a través de la testa, logrando la formación de precursores de sabor y aroma mediante la degradación de compuestos presentes en los cotiledones. De acuerdo con la localidad, el valor de pH óptimo para la finalización de la fermentación en KATBALPOM fue en el rango de 4.65-4.64, en el caso de ASOSELNOR fue de 4.42, y para la asociación ASODIRP el valor de pH se encuentra entre 4.56-4.58. En general, para la ecorregión, los resultados mostraron que el valor óptimo para la finalización del proceso de fermentación fue en el rango de 4.54-4.55, el cual se obtuvo al 5 día de procesamiento.

Por otro lado, los resultados del pH de la testa en función de la masa de procesamiento presentaron valores más homogéneos, se observó que los valores fueron similares ($P>0.05$) para los días 0, 2, 4, 5 y 8. El procesamiento de 11 quintales de cacao fue el que presentó un incremento más lento del pH de la testa, seguido de 8 y 5 quintales. Sin embargo, la masa de 11 quintales presentó un incremento consistente desde el inicio hasta el final del procesamiento, mientras que la masa de 8 quintales presentó incrementos consistentes hasta el día 6, seguido de valores constantes durante los últimos tres días de procesamiento. El procesamiento de 5 quintales presentó incrementos consistentes desde el día 0 al día 4, seguido de una reducción significativa al día 5 de procesamiento, e incremento constante durante los días 6 y 7, finalizando con una reducción del pH en el último día de procesamiento. El procesamiento de 5 quintales fue el que presentó mayor inconsistencia en los valores de pH de la testa. Al finalizar el procesamiento, los tres valores de pH no presentaron diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$).

Los valores de pH del cotiledón en función de la masa de procesamiento no presentaron diferencias significativas ($P>0.05$) en los días 0, 1, 3,4 y 5 de fermentación. La variabilidad se observó en el segundo día y durante los últimos tres días de proceso. Las tres masas de procesamiento presentaron reducciones importantes de pH desde el día 0 hasta el día 5, seguidas de un periodo más constante. Al finalizar el proceso, los tres volúmenes no mostraron diferencia estadística en los valores de pH de la testa; sin embargo, el pH del cotiledón fue igual ($P<0.005$) para el procesamiento de 5 y 8 quintales, y fue menor para el procesamiento de 11 quintales (4.44). En general, los resultados mostraron que los valores óptimos de pH para la finalización de la fermentación de 5 quintales de cacao se encuentran entre 4.60-4.63; para 8 quintales se encuentra entre 4.55-4.61 y para el procesamiento de 11 quintales los valores están en el rango de 4.44-4.46. Lo anterior muestra que la masa de procesamiento afecta los valores óptimos de pH durante la fermentación.

El comportamiento del pH de la testa y del cotiledón para la ecorregión de Lachua puede ser explicados por una correlación polinomial ($R^2=0.97$) por medio de la ecuación $y = 4.4032x^2 - 44.141x + 96.01$. Se determinó, utilizando el presente modelo, que el valor de pH del cotiledón será igual al valor de pH de la testa cuando el valor de este último sea 4.53. Para determinar el final de la fermentación se deberá medir el pH de la testa y si este es 4.53 el valor del pH del cotiledón será igual, por lo que se puede proceder a retirar el cacao de las cajas de fermentación e iniciar el proceso de secado.

Los resultados de temperatura de fermentación y pH del cotiledón mostraron una correlación lineal ($R^2=0.98$) la cual es representada por la siguiente ecuación $y = -0.0888x + 8.8602$. Utilizando el presente modelo lineal, se determinó que la temperatura correlacionada con el pH óptimo para la finalización de la fermentación es de 48.76°C. Lo cual indica que, al alcanzar esta temperatura de fermentación, el pH se encuentra cercano al valor óptimo.

6.2.4 Recomendaciones

Se recomienda mejorar el nivel de aislamiento del área de fermentación con el objetivo de preservar el calor generado por el procesamiento, de esta manera crear condiciones más homogéneas durante la cosecha, reduciendo el impacto de las condiciones ambientales en el proceso de fermentación.

Se recomienda explorar el uso del pH para el monitoreo del proceso de fermentación, debido a que este método está basado en la medición objetiva de los procesos que ocurren durante la fermentación y permitirá tomar decisiones en función de la información del proceso de fermentación y no en información arbitraria o a criterio de la persona encargada del proceso. Actualmente la finalización de la fermentación depende el criterio y nivel de conocimiento de la persona en cargada, la cual muchas veces es temporal, lo que dificulta la estandarización del criterio de procesamiento. El establecimiento de mediciones objetivas, basadas en mediciones numéricas, permitirá contribuir a la reducción de la inconsistencia en el procesamiento de cacao.

Se recomienda continuar explorando el efecto de diferentes volúmenes, materiales genéticos, y diferentes regiones en el comportamiento del pH de la testa y cotiledón durante el

procesamiento. Existe el potencial de generar valores óptimos de pH específicos para cada región, volumen, tipo de procesamiento y material genético.

A las organizaciones acompañantes se recomienda considerar el apoyo a las asociaciones en el equipamiento y capacitación necesaria para la implementación de la presente metodología de fermentación, ya que tiene el potencial de contribuir con el mejoramiento de la calidad del producto final.

6.3 Análisis de los estándares de control de calidad de cacao a nivel internacional y el potencial de Guatemala como país productor de cacao fino de aroma.

6.3.1 Propuesta de estándares internacionales por el grupo de trabajo coordinado por el programa *Cocoa of Excellence* (CoEx).

Como parte de la agenda global del cacao acordada durante la primera Conferencia Mundial del Cacao en el año 2012, se estableció la necesidad de mejorar la calidad de cacao a través de mejorar la comunicación de las necesidades de la industria, procesamiento postcosecha, y control de calidad (ICCO, 2012, p. 19). Durante el seminario anual de cacao en las Américas de la Fundación Mundial del Cacao en el año 2015, se estableció un grupo de trabajo para el desarrollo de estándares internacionales para la evaluación de la calidad y aroma de cacao, coordinado por el programa *Cocoa of Excellence* (CoEX).

Existe una necesidad urgente de desarrollar procedimientos y lenguaje estandarizado acerca del control de calidad de los granos de cacao y su relación directa con alta calidad de chocolate, para mejorar el entendimiento de los compradores de granos de cacao y consumidores de chocolate. Mientras los compradores buscan diferentes calidades y perfiles de aroma en los lotes de cacao; es urgente y necesario contar con protocolos que sean aceptables, con credibilidad y verificables para evaluar y comunicar sobre los atributos de calidad, para facilitar la comparación entre muestras de lotes de diferentes orígenes, de manera que se pueda proporcionar una retroalimentación a los productores para mejorar procesos de fermentación y secado en función del país de origen y del material genético (Sukha, 2017, p.1). De acuerdo con CAOBISCO/ECA/FCC (2016) la calidad del cacao incluye aspectos de aroma, calidad e inocuidad alimentaria. Características que poseen un impacto directo en el proceso de manufactura, así como trazabilidad, indicadores geográficos y certificaciones (p.10). A continuación, se presenta una consolidación de los estándares de calidad a nivel internacional propuestos por el grupo de trabajo del programa *Cocoa of Excellence* (CoEx) para estandarización a nivel internacional (Sukha, 2017):

6.3.1.1 Almacenamiento y añejado de granos de cacao

Los granos de cacao recién fermentados y secados usualmente poseen un aroma fuerte a notas frutales, escasas notas de sabor a cocoa, notas acidas (especialmente ácido acético) y posibilidad de presencia de aromas no deseados, por esta razón es recomendado que las muestras de cacao sean almacenadas por un periodo de tiempo llamado "añejamiento" antes de la transformación a licor de cacao o chocolate, el periodo de añejamiento usualmente es de 6 a 12 semanas a 20°C.

6.3.1.2 Evaluación de la calidad física

La evaluación física de la calidad del cacao está bien definida y documentada y ha sido desarrollada para asegurar que las muestras enviadas puedan ser analizadas y clasificadas utilizando terminología y metodología estandarizada.

a) Contenido de humedad

El rango de contenido aceptable depende de diferentes factores, pero en general el valor mínimo debe ser 6.5% y no exceder el 8.5%, el rango deseable es entre 6.5 y 7.5%. Los granos de cacao se vuelven quebradizos debajo de 6% de humedad y son susceptibles a crecimiento de hongos arriba de 8%.

b) Conteo y peso individual de granos

El conteo de granos se refiere al número de granos de cacao requeridos para alcanzar un peso de 100 gramos. El peso individual de cada grano de cacao se obtiene dividiendo la cantidad de granos entre el peso (Ejemplo, 100g/total de granos de cacao). Usualmente, granos de cacao con un peso superior a 1 gramos por grano es considerado aceptable; además, una muestra de cacao con tamaño estándar es importante para la industria de procesamiento. Los tamaños estándares importantes para procesamiento son:

Cuadro 25. Clasificación de la calidad de cacao de acuerdo con el tamaño de granos.

Calidad de granos de cacao	Numero de granos de cacao en 100 gramos de peso
Granos estándar	Conteo menor o igual a 100
Granos medianos	Conteo de 101 a 110
Granos pequeños	Conteo de 111 a 120
Granos muy pequeños	Conteo mayor a 120

c) Prueba de corte

La prueba de corte es realizada en granos de cacao fermentados y secos, esta prueba es la más utilizada comúnmente para la evaluación de la calidad de cacao; sin embargo, es importante tener en cuenta que este método no es totalmente cuantitativo y la evaluación de color, nivel de fermentación y aroma es subjetiva (León, León, Abderrahim, Nuñez, & Arribas, 2016) y está condicionada por el nivel de conocimiento y los intereses comerciales de la persona que realiza la evaluación, por esta razón la comprensión y la capacitación a los productores de cacao es importante para realizar una autoevaluación de la calidad previo a la comercialización. De acuerdo con la norma ISO 2451:2017, la prueba de corte se debe realizar en una muestra representativa de 300 granos de cacao (puede variar dependiendo del tamaño del lote). Los granos se deben cortar de forma longitudinal para exponer ambos lados del cotiledón, luego se examinan en un ambiente con luz adecuada y de forma rápida, antes de que inicie la oxidación de la muestra. Durante la prueba de corte también se hace la evaluación del aroma de cacao de los granos recién cortados, con el objetivo de detectar aromas especiales o defectos.

Las categorías de la prueba de corte son (Figura 15): granos bien fermentados (color café, café claro y oscuro), poco fermentados (color violeta, parcialmente morado y café), pizarrosos, sobre fermentados, granos mohosos, granos germinados, mohosos, planos, dañados por insectos, y granos ahumados. Existen diferentes niveles permitidos dependiendo de la

región, sin embargo, los niveles permitidos por la norma ISO 2451:2017 son: máximo 3% de granos mohosos, y 3% máximo para granos infestados.



Figura 15. Grafica de categorías de prueba de corte desarrollada por el *Cocoa Research Centre*

Otro aspecto por evaluar durante la prueba de corte es el nivel de fisuras de los granos, este parámetro está relacionado con el nivel de fermentación, pero puede variar de acuerdo con el material genético de los granos, proceso de fermentación y secado. Las fisuras de los granos ocurren como resultado de los cambios físico químicos provocados por la temperatura y cambio de pH de los granos de cacao; los granos con fisuras más pronunciadas poseen generalmente mejor nivel de fermentación en comparación con granos pizarrosos (superficie lisa). Para la evacuación de este aspecto existe una patente (United States of America Patent No. US6582747B2, 2003) que contiene un gráfico para el cálculo del nivel de fisuras.

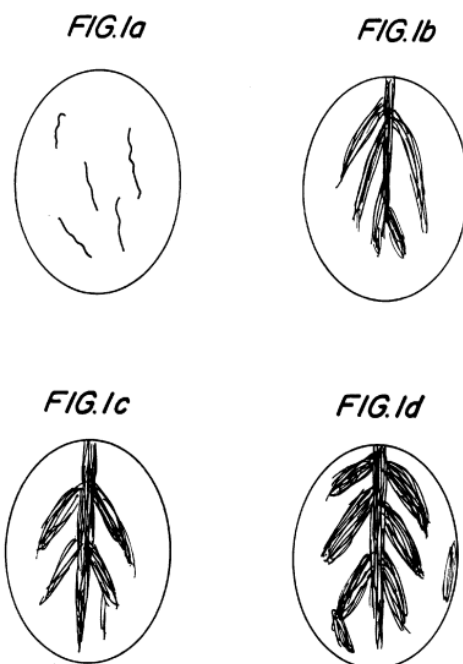


Figura 16. Gráfico de escala de fisuras en granos de cacao (United States of America Patent No. US6582747B2, 2003).

La el nivel de fermentación se puede calcular basado en el nivel de fisuras, utilizando el siguiente procedimiento:

1. Categoría 1^a: se cuenta el número de granos en esta categoría y se multiplica por 1
2. Categoría 2^b: se cuenta el número de granos en esta categoría y se multiplica por 2
3. Categoría 1^c: se cuenta el número de granos en esta categoría y se multiplica por 3
4. Categoría 1^d: se cuenta el número de granos en esta categoría y se multiplica por 4

Para obtener el punteo total se suman los valores de cada categoría y se multiplica por dos, lo cual ca un número entre 100 y 400, lo cual se conoce como punteo de fisuras. El punteo de fisuras que se encuentre entre 350-400 se consideran bien fermentados y generalmente es similar a la evaluación del nivel de fermentación basada en color, el punteo de fisuras que se encuentra entre 275-300 se consideran menos fermentados y con mayor contenido de flavanoles.

Los aspectos de calidad mencionados con anterioridad son utilizados ampliamente a nivel internacional para la evaluación física de muestras de cacao para competiciones o a nivel comercial. Además de la evaluación física, también existen parámetros generales a nivel internacional para la evaluación de aroma y sabor de cacao, a través de la elaboración y citación de chocolate.

6.3.1.3 Preparación de licor de cacao y chocolate para evaluación de calidad

a) Tueste

Luego del control de calidad físico de los granos de cacao se recomienda procesar los granos para la producción de licor de cacao y elaboración de chocolate para evaluación del sabor y aroma. En el documento “Elementos de normas internacionales armonizadas para la evaluación de la calidad y el sabor del cacao” se detallan los pasos para la selección del tipo de tostador, realización del mapeo de tueste y selección de las condiciones de Tostaduría. En general, de acuerdo con Sukha (2017), las siguientes condiciones de tueste pueden ser utilizadas inicialmente para realizar el mapeo de tueste de los granos de cacao: Trinitarios, 120°C por 25 minutos; Forastero, 130°C por 25 minutos; Criollo ancestral, 112°C por 25 minutos; Criollo moderno 120°C por 25 minutos. Las combinaciones de temperatura y tiempo propuestas anteriormente han sido utilizadas y propuestas por diferentes entidades a nivel internacional. La tostaria es seguida por un periodo de enfriamiento de los granos de cacao.

b) Descascarillado

El descascarillado se debe realizar inmediatamente después del enfriamiento de los granos, idealmente 20 a 60 minutos después y no más de 3-4 horas después para obtener mejor rendimiento. Los nibs de cacao deben ser convertidos en cocoa o licor de cacao en las siguientes 48 horas después del descascarillado para evitar re-humidificación o contaminación de aromas extraños. Es importante realizar el análisis de aroma y sabor de los nibs de cacao en un periodo no mayor a 7 días después de iniciado el tueste para evitar datos erróneos en el perfil de aroma y sabor.

c) Elaboración de licor

Si no se puede tener acceso a equipo para elaboración de licor o chocolate, se puede realizar una evaluación de aroma en polvo grueso de cacao (500 μm). Para realizar este procedimiento se necesita un molino de café con cuchillas de acero inoxidable, en el cual se deben colocar 50 gramos de nibs de cacao, luego se debe almacenar el polvo de cacao en contenedores de plástico o vidrio a temperatura ambiente (20°C) por máximo de 2 a 3 horas antes de la evaluación.

Existe una variedad de equipo de laboratorio de pequeña escala para la transformación de nibs de cacao en licor con una capacidad de procesamiento de 0.5 a 2 libras. Previo a la molienda, los nibs de cacao deben ser calentados ligeramente, a una temperatura no mayor a 40°C, para asegurar que la manteca de cacao presente en los nibs sea liberada y facilite la molienda. Durante la molienda se recomienda medir la temperatura, la cual debe estar por debajo de 55°C. El tiempo de molienda no se puede especificar debido a que depende de diversos factores, tales como: nivel de fermentación de los granos de cacao, contenido de grasa, tipo de molino, etc. El objetivo es producir licor con un tamaño de partícula de 14 a 25 micrones para una evaluación sensorial óptima. Al finalizar la producción de licor de cacao, se debe colocar en recipientes de plástico y dejar a temperatura ambiente hasta solidificación, luego se puede congelar a -20°C si el proceso termina aquí o si únicamente se evaluara el aroma y sabor del licor de cacao.

d) Elaboración de chocolate

Dependiendo de la experiencia y habilidad de los catadores, es mejor elaborar chocolate para la catación de aroma y sabor de los granos de cacao. Sin embargo, es importante considerar que otros ingredientes, como el azúcar, pueden alterar el perfil de aroma y sabor del licor de cacao y afectar los resultados si el proceso de elaboración no es realizado adecuadamente. Por otro lado, la catación de licor requiere más nivel de experiencia debido a la alta acidez y astringencia de las muestras; además, en algunos casos el licor de cacao requiere de otros ingredientes para expresar su perfil de aroma y sabor.

Por esta razón, la formulación seleccionada para la catación de chocolates elaborados con licor o pasta de cacao de diferentes variedades y orígenes es importante. Las formulaciones comúnmente utilizadas están en un rango de 65-70% de licor de cacao, con 2-10% de manteca de cacao desodorizada (refinada), lecitina también es agregada para mejorar la textura. Algunas de las formulaciones que han sido utilizadas exitosamente para la evaluación de chocolate semi-dulce en diferentes organizaciones a nivel internacional se presentan a continuación (Sukha, 2017):

Cuadro 26. Formulación de chocolate para evaluación de aroma y sabor, expresada en porcentaje (%) (Sukha, 2017).

Ingredientes	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
Licor de cacao	65.1	61	55
Manteca de cacao desodorizada	3	5	10
Azúcar	31.55	33.65	35
Lecitina de soya	0.35	0.35	0.35

El conchado de la formulación de chocolate debe ser mínima para el caso de preparación de chocolate para evaluación de aroma y sabor, también debe ser a baja temperatura 40°C. El tiempo de conchado debe ser suficiente para remover fuertes aromas volátiles y al mismo tiempo preservar aromas y sabores intrínsecos del licor de cacao.

Luego del conchado se realiza el temperado, los dos métodos más comunes del temperado son: manual, utilizando una tabla de mármol y utilizando una maquina temperadora. El objetivo del temperado es formar los cristales número cinco (polimorfismo V). Para el desarrollo de dichos cristales, el chocolate debe ser calentado a 45°C para derretir todas las formas de cristales presentes en la mezcla de chocolate, luego la mezcla debe ser enfriada hasta 27°C para permitir la formación de los cristales con polimorfismo IV y V, luego la mezcla es calentada hasta 31°C para eliminar los cristales polimorfismo IV y dejar únicamente el polimorfismo V, el cual es el cristal deseado en chocolates de alta calidad. Luego el chocolate debe ser colocado en moldes de policarbonato en pequeñas barras y se dejan enfriar a temperatura ambiente, posteriormente deben ser empacados y estarán listos para la evaluación sensorial. El tiempo entre la elaboración y la evolución sensorial es importante debido a que el chocolate puede cambiar sus características organolépticas durante el tiempo de almacenamiento, por esta razón se recomienda realizar en análisis lo más pronto posible, hasta un máximo dos meses después de elaboración (Sukha, 2017, p. 22).

Los estándares de calidad propuestos por el *Cocoa of Excellence* (CoEX) son una referencia a nivel internacional para la evaluación de la calidad física y sensorial del cacao, con el objetivo de establecer procedimientos para el análisis de muestras de cacao de diferentes orígenes, de materiales genéticos y procesos postcosecha diferentes. Para más información sobre esta propuesta de estándares internacionales y sobre información actualizada se recomienda consultar la página de programa *Cocoa of Excellence* (CoEX) (www.cocoaofexcellence.org).

Además de los estándares de calidad internacionales propuestos por el grupo de trabajo del proyecto *Cocoa of Excellence* (CoEx), existen otras propuestas de estándares de calidad independientes, los cuales están basados en características bioquímicas de los granos de cacao. Uno de ellos es el Índice de Calidad de Cacao (CQI por sus siglas en inglés) el cual establece los parámetros de calidad y los niveles óptimos en granos de cacao, así como una fórmula matemática para el cálculo del índice de calidad. El CQI no es utilizado ampliamente para el control de calidad; sin embargo, es un índice de calidad importante debido a que considera aspectos importantes para la industria, el desarrollo de aroma y sabor y la importancia en la salud de los consumidores.

6.3.2 Índice de Calidad de Cacao (CQI)

El índice de calidad de cacao está basado en las características deseadas en granos de cacao, tales como: grasa total, acidez total, fenoles totales, ácidos orgánicos, metales pesados, aminoácidos, cafeína, teobromina, pH, azúcares, micro y macronutrientes (Araujo, et al., 2014, p. 49). Se han establecido las funciones e indicadores con sus respectivos pesos porcentuales basados en la importancia de dichos indicadores para la industria, para el desarrollo de aroma y sabor de productos derivados de chocolate y su importancia en la salud de los consumidores (Cuadro 27). Estos indicadores y sus porcentajes y pesos relativos fueron propuestos por diferentes actores de la cadena de valor de cacao en Brasil, donde participaron, científicos, empresas, técnicos, y otros actores directos de la cadena (Araujo, et al., 2014, p. 51).

Cuadro 27. Funciones e indicadores con su valor porcentual seleccionados para el cálculo del Índice de calidad del cacao (Araujo, et al., 2014, p. 51).

Función	Peso	Primer Indicador	Peso	Segundo Indicador	Peso			
Para el interés de la industria de cacao y chocolate (IND)	40	Grasa total	20					
		pH	15					
		Acidez total	20					
		Fenoles totales	10					
		Sustancias fenólicas	10			Catequina	50	
						Epicatequina	50	
				Ácidos orgánicos	10		Ácido Acético	40
							Ácido láctico	60
		Metales pesados	15			Ba	25	
						Cd	25	
				Pb	25			
				Cu	25			
Para el interés del aroma de chocolate (ARO)	35	Aminoácidos totales	20					
		Cafeína	15					

		Teobromina	15		
		pH	10		
		Fenoles totales	20		
		Ácidos orgánicos	10	Ácido acético	40
				Ácido láctico	60
				Sacarosa	20
		Azucares	20	Fructosa	40
				Glucosa	40
				Catequina	50
		Sustancias fenólicas	20	Epicatequina	50
		Teobromina	15		
		Cafeína	15		
		Aminoácidos totales	10		
		Metales pesados	10	Ba	25
				Cd	25
				Pb	25
				Cu	25
Para el interés de salud del consumidor (medicina)	25	Ácidos orgánicos	10	Ácido acético	40
				Ácido láctico	60
		Macronutrientes	10	P	20
				K	30
				Ca	30
				Mg	20
		Micronutrientes	10	Si	20
				Fe	30
				Mn	20
				Zn	30

Además, existen rangos y límites propuestos para los diferentes indicadores de calidad (Cuadro 28), la mayoría de estos valores fueron calculados basados en los resultados obtenidos del análisis de diferentes muestras de cacao en Brasil, debido a la falta de información adecuada sobre límites permitidos a nivel internacional (Araujo, et al., 2014, p. 51).

Cuadro 28. Límites y comportamiento deseado de los indicadores propuestos para el cálculo del Índice de Calidad del Cacao (CIQ) (Araujo, et al., 2014, p. 52).

Origen	Unidades	Contenido deseado	Límites críticos		
			Inferior	Medio (Óptimo)	Superior
Cafeína (aroma)	%	Menos	0.32		
Cafeína (Salud)	%	Óptimo	0.32	0.58	0.96
Metales pesados - Ba	mg kg ⁻¹	Menos	1.90		
Metales pesados - Cd	mg kg ⁻¹	Menos	0.20		
Metales pesados - Cu	mg kg ⁻¹	Menos	0.68		
Metales pesados - Pb	mg kg ⁻¹	Menos	<4.3		
Macronutriente - Ca	g kg ⁻¹	Óptimo	2.21	2.65	3.09
Macronutriente - K	g kg ⁻¹	Óptimo	0.58	1.89	7.48
Macronutriente - Mg	g kg ⁻¹	Óptimo	0.16	0.20	0.24
Macronutriente - P	g kg ⁻¹	Óptimo	0.20	0.26	0.31
Micronutriente - Fe	mg kg ⁻¹	Óptimo	0.55	2.80	9.20
Micronutriente - Mn	mg kg ⁻¹	Óptimo	1.11	2.04	3.29
Micronutriente - Si	mg kg ⁻¹	Óptimo	0.04	0.16	0.47
Micronutriente - Zn	mg kg ⁻¹	Óptimo	2.19	2.94	4.24

Acido orgánico – Acético	mg kg ⁻¹	Óptimo	0.93	2.15	3.60
Acido orgánico - Láctico	mg kg ⁻¹	Menos	0.47		
pH		Óptimo	5.60	6.01	6.57
Sustancias fenólicas - Catequina	ppm	Mas	82.79		
Sustancias fenólicas - Epicatequina	ppm	Mas	2223.44		
Azúcar – Fructosa	mg kg ⁻¹	Mas	2.59		
Azúcar – Glucosa	mg kg ⁻¹	Mas	0.85		
Azúcar – Sacarosa	mg kg ⁻¹	Menos	0.76		
Teobromina (aroma)	%	Menos	2.47		
Teobromina (Salud)	%	Óptimo	2.47	3.04	3.78
Acidez total	g 100 g ⁻¹	Óptimo	10.53	14.95	19.37
Aminoácidos totales	Ppm	Óptimo	8504.35	14230.78	20033.81
Grasa total	g 100 g ⁻¹	Mas	30.77		
Fenoles totales	ppm	Menos	45990.50		

Los valores de cada uno de los indicadores observados o medidos en las muestras de cacao fueron convertidos a punteos en el rango de 0 a 1 para estandarizar todos los valores, y de esta manera obtener tres resultados basados en el punteo de calidad:

$$f(s) = \frac{\log\left(\frac{1}{x}\right) - 1}{\log\left(\frac{B-L}{x-L}\right) * 2(B+x+2L)}$$

$$v = \frac{1}{1 + \left(\frac{B-L}{x-L}\right)^{2s(B+x-2L)}}$$

Donde v es el punteo estandarizado, B es el valor crítico del indicador (cuyo punteo estandarizado es 0.5), L es el valor más bajo permitido, S es la pendiente de la tangente sobre el punto de la línea base (B), x es el valor observado o medido del indicador de calidad.

6.3.3 Características bioquímicas de los granos de cacao a nivel internacional.

6.3.3.1 pH y acidez total en granos de cacao.

La acidez de los granos de cacao es un parámetro de calidad importante, debido a que el exceso de acidez impacta negativamente los atributos sensoriales. Las muestras con excesiva acidez se caracterizan por tener un pH de 4.0 a 4.5, las cuales presentan una reducción en el potencial de aroma y sabor, así como exceso de ácido láctico y cítrico, los cuales son compuestos no deseados. En algunos estudios se ha demostrado que el pH de los granos de cacao en un rango de 5.0 – 5.5 se ha correlacionado con un alto potencial de aroma y sabor adecuado. Un valor de pH por debajo de 5.0 indica la presencia de ácidos no deseados y que afectan la calidad del cacao. La acidez total del cacao incrementa durante los días de fermentación, el rango adecuado del producto final es de 12-15 mEq por 100 g de cacao seco y fermentado. La acidez del cacao puede incrementar antes, durante y después del proceso de fermentación y después del secado (Loureiro, y otros, 2017). En el Cuadro 29 se observan valores de pH u acidez total en muestras comerciales de cacao de diferentes países.

Cuadro 29. Resumen de pH y acidez total en granos de cacao seco (Loureiro, y otros, 2017).

Origen	Material genético	Parámetro	Atributos de acidez	
			pH	Acidez total (mEq NaOH 100 ⁻¹)
Brasil	No informado	Promedio ± DE	4.70 ± 0.13	19.8 ± 0.06
Ecuador	No informado	Promedio ± DE	5.59 ± 0.01	10.9 ± 0.1
Venezuela	No informado	Promedio ± DE	5.49 ± 0.07	12.8 ± 4
Guatemala	No informado	Promedio ± DE	5.74 ± <0.01	8.3 ± <0.1
República Dominicana	No informado	Promedio ± DE	5.46 ± 0.65	13.6 ± 5.5
Gabón	No informado	Promedio ± DE	5.48 ± <0.01	12.8 ± 0.8
Nigeria	No informado	Promedio ± DE	5.45 ± <0.01	13.4 ± 0.1
Camerún	No informado	Promedio ± DE	5.22 ± 0.15	14.8 ± 9.3
Ghana	No informado	Promedio ± DE	5.26 ± 0.13	12.5 ± 1.4
Costa de Marfil	No informado	Promedio ± DE	5.32 ± 0.15	13.5 ± 2
Malasia	No informado	Promedio ± DE	4.89 ± 0.36	19.8 ± 5.2
Indonesia	No informado	Promedio ± DE	5.36 ± 0.69	13 ± 6.4
Islas Salomón	No informado	Promedio ± DE	4.99 ± 0.01	16.5 ± 0.1
Amazonas, Brasil	Forastero	Promedio	5.26	12.9
Pará, Brasil	Forastero	Promedio	5.08	14.1
Rondônia, Brasil	Forastero	Promedio	4.94	16.2
Teixeira de Freitas, Bahía, Brasil	Forastero	Promedio	5.20	11.9
Teixeira de Freitas, Bahía, Brasil	Forastero	Promedio ± DE	5.84 ± 0.02	12 ± 0.6
Ilhéus, Bahía, Brasil	Forastero (Cacao común)	Mínimo	5.6	13.1
		Promedio ± DE	6.0 ± 0.3	16.7 ± 2.4
		Máximo	6.3	19.4
Región de cacao de Bahía, Brasil (zona húmeda)	PH-16	Mínimo	5.77	10.5
		Promedio ± DE	6.01 ± 0.18	14.5 ± 2.15
		Máximo	6.57	19.2

6.3.3.2 Ácidos orgánicos

La alta presencia de ácidos orgánicos esta correlacionada con alta acidez del cacao, la variación en el contenido depende del material genético y a las diferentes condiciones de fermentación. La presencia de ácidos orgánicos en el cacao es consecuencia de los procesos físicos y químicos que ocurren durante la fermentación. En la fermentación aeróbica, la pulpa es degradada por microorganismos (levaduras, bacterias ácido lácticas y ácido acéticas), en este proceso la temperatura incrementa hasta 50°C con la producción de metabolitos incluyendo etanol, y ácido acético, cítrico, láctico y oxálico (Loureiro, et al., 2017). A continuación, se presentan los valores presentes en granos de cacao de diferentes orígenes (Cuadro 30).

Cuadro 30. Resumen del contenido de ácido acético y ácido láctico en granos de cacao seco (Loureiro, et al., 2017).

Origen	Material genético	Parámetro	Tipos de ácidos (g Kg ⁻¹)	
			Ácido acético	Ácido Láctico

Brasil	No informado	Promedio ± DE	8.09 ± 0.46	2.7 ± 0.2
Ecuador	No informado	Promedio ± DE	5.07 ± 0.73	2.9 ± 0.5
Venezuela	No informado	Promedio ± DE	6.23 ± 0.47	2.1 ± 0.1
Guatemala	No informado	Promedio ± DE	4.45 ± 0.24	2.1 ± 0.1
República Dominicana	No informado	Promedio ± DE	5.54 ± 2.24	3 ± 0.5
Gabón	No informado	Promedio ± DE	5.11 ± 0.13	2.9 ± 0.1
Nigeria	No informado	Promedio ± DE	4.19 ± 0.11	2.6 ± <0.1
Camerún	No informado	Promedio ± DE	5.13 ± 0.49	2.7 ± 0.3
Ghana	No informado	Promedio ± DE	5.15 ± 0.73	2.2 ± 0.2
Costa de Marfil	No informado	Promedio ± DE	5.62 ± 0.64	2.9 ± 0.1
Malasia	No informado	Promedio ± DE	7.57 ± 2.18	5 ± 1.6
Indonesia	No informado	Promedio ± DE	5.22 ± 3.77	2.7 ± 0.1
Islas Salomón	No informado	Promedio ± DE	5.86 ± 0.51	3.7 ± 0.1
Teixeira de Freitas, Bahía, Brasil	Forastero	Promedio	1	1.4
		Mínimo	1.1	4.7
Ilhéus, Bahía, Brasil	Forastero (cacao común)	Promedio ± DE	1.7 ± 5	5.4 ± 6
		Máximo	2.3	6.2
		Promedio	4.5	5.1
Ibirataia, Bahía, Brasil	Forastero	Promedio	3.8	5.5
		Mínimo	0.93	0.48
Región de cacao de Bahía, Brasil (zona húmeda)	PH-16	Promedio ± DE	2.24 ± 0.60	0.89 ± 0.28
		Máximo	3.60	1.85

6.3.3.3 Carbohidratos simples

Los granos frescos de cacao poseen de 5-9% (base seca) de almidón, y de 2 a 4% de azúcares libres. En el inicio de la fermentación, el azúcar presente en mayor cantidad es sacarosa; sin embargo, es hidrolizada en glucosa y fructosa conforme avanza el proceso de fermentación (Beckett, Fowler, & Ziegler, 2017; Reineccius, Andersen, Kavanagh, & Keeney, 1972). En cacao Sanchez o cacao Arriba, los cuales son fermentados ligeramente por tradición, se encuentra hasta 1% de sacarosa. El contenido de sacarosa en granos de cacao bien fermentados es cercano a cero, pero los niveles de fructosa y glucosa incrementan hasta 0.6% (peso seco). Debido a que la formación de fructosa y glucosa formada es considerablemente más baja que el contenido de sacarosa, al parecer, una cantidad sustancial es perdida durante el drenado.

Cuadro 31. Resumen del contenido de carbohidratos simples (glucosa, fructosa y sacarosa) en granos de cacao seco.

Origen	Material genético	Estadística	Carbohidratos simples (g Kg ⁻¹)		
			Sacarosa	Fructosa	Glucosa
Costa de Marfil	No informado	Promedio	1.58	4.18	0.62
Ecuador	No informado	Promedio	1.55	2.8	0.79
Ghana	No informado	Promedio	1.72	4.83	0.80
Ilhéus, Bahía, Brasil	Forastero	Mínimo	0.82	5.02	1.20
		Promedio ± DE	1.12 ± 0.30	5.94 ± 1.18	1.93 ± 0.53
		Máximo	1.56	8.24	2.58

Región de Bahía, Brasil (Zona húmeda)	PH-16	Mínimo	0.76	2.59	0.85
		Promedio ± DE	1.59 ± 0.45	6.11 ± 1.59	2.98 ± 0.95
		Máximo	2.73	9.82	5.21

6.3.3.4 Componentes aromáticos volátiles en granos de cacao

Las investigaciones sobre identificación de compuestos aromáticos presentes en la vida diaria comenzaron con la introducción de la cromatografía de gases (GC por sus siglas en inglés) durante los años sesenta. Durante varios años de investigación se han identificado alrededor de 8,000 componentes volátiles en alimentos (Dunkel, et al., 2014, p. 4), y cerca de 600 compuestos volátiles (alcoholes, ácidos carboxílicos, aldehídos, cetonas, ésteres, y pirazinas) han sido identificados en granos de cacao (Cuadro 32) (Aprotosoai, Luca, & Miron, 2016, p. 79). Los componentes volátiles que contribuyen al aroma característico de chocolate son derivados de los precursores de aroma generados durante la fermentación y secado. El típico aroma a chocolate es obtenido durante la tostadura a través de las reacciones de Maillard y degradación Strecker de los precursores y los productos intermedios. Los principales componentes que contribuyen al característico aroma de cocoa y chocolate se describen a continuación (Cuadro 32).

Cuadro 32. Principales compuestos volátiles identificados en aroma de cacao (Aprotosoai, Luca y Miron, 2016, p. 81).

Compuesto	Cualidad aromática	Percepción sensorial
Alcoholes y Fenoles		
1-Propanol	Dulce	Chocolate dulce
2-Metil-1-butanol	Afrutado, uva	Sabor afrutado
2,3-Butanediol	Olor natural a manteca de cacao	Chocolate dulce
2-Pentanol	Verde, verde suave	Vegetal
1-Hexanol	Afrutado, verde	Afrutado, herbal
2-Hexanol	Afrutado, verde	Afrutado, herbal
Trans-3-hexen-1-ol	Grasoso, verde	Vegetal
2-Heptanol	Cítricos	Frutal
1-Feniletanol	Miel, floral	Floral
2-Feniletanol	Miel, floral	Floral
Alcohol bencílico	Dulce, floral	Floral
Aldehídos y Cetonas		
2-Fenilacetaldehído	Miel, floral	Floral
2-Metilpropanal	Chocolate	Chocolate dulce
2-Fenilpropanal	Floral	Floral
2-Metilbutanal	Chocolate	Chocolate dulce
3-Metilbutanal	Chocolate	Chocolate dulce
2-Fenil-2-butenal	Dulce	Chocolate dulce
4-Metil-2-fenil-2-pentenal	Cocoa	Chocolate dulce
n-Hexanal	Verde	Herbal
5-Metil-2-fenil-2-hexenal	Cocoa	Chocolate dulce
2-Nonenal	Verde	Herbal
Vanilina	Chocolate, dulce, vainilla	Chocolate dulce
2-Pentanona	Frutal	Frutal

2-Heptanona	Frutal, Floral	Frutal, Floral
Acetofenona	Floral	Floral
2-Hidroxyacetofenona	Floral fuerte, herbáceo	Floral, herbal
4-Metilacetofenona	Frutal, floral	Frutal, floral
Ácidos		
Acido 2-metilpropionico	Floral	Floral
Acido 3-Fenilpropionico	Dulce, rosa	Floral
Acido cinámico	Miel, floral	Floral
Esteres		
Etilacetato	Pina	Frutal
Acetato de isobutilo	Frutal	Frutal
Acetato de isoamilo	Frutal, banana	Frutal
Acetato de bencilo	Floral, jazmín	Floral
Fenil acetato de metilo	Dulce, miel, jazmín	Floral
Fenil acetato de etilo	Frutal, dulce	Floral
Butirato de etilo	Piña	Frutal
Lactato de etilo	Frutal	Frutal
Succinato de dietilo	Aroma agradable	Floral
2-metilbutanoato de etilo	Frutal	Frutal
3-metilbutanoato de etilo	Frutal	Frutal
Pentanoato de etilo	Frutal, manzana	Frutal
Hexanoato de etilo	Frutal	Frutal
Octanoato de etilo	Frutal, Floral	Frutal
Decanoato de etilo	Pera, uvas	Frutal
Laurato de etilo	Frutal, floral	Frutal, floral
Benzoato de isoamilo	Bálsamo, dulce	Floral
Salicilato de metilo	Almendra amarga	Nueces
Cinamato de metilo	Balsámico, fresa	Frutal
Cinamato de etilo	Dulce, canela	Chocolate dulce
Aminas, amidas nitrilos y purinas		
Benzonitrilo	Almendra	Nueces
N-(2-feniletíl) formamida	Esencias	Floral
Lactones		
δ -Octalactone	Coco	Nueces
γ -Decalactone	Durazno	Frutal
Terpenoides		
Geraniol	Floral, rosa, frutal	Floral, frutal
Acetado de geraniol	Rosa, lavanda	Floral
α -Terfenil formate	Herbaceo, cítrico	Herbal, frutal
Linalool (cis-pyranoid)	Floral, verde	Floral, herbal
Linalool (trans-pyranoid)	Floral	Floral
Oxido de Linalool (cis-furanoid)	Nueces	Nueces
Oxido de Linalool (trans-furanoid)	Flora, cítrico	Frutal, floral
Furanos, furanonas, piranos pirones		
2-furfural	Almendra	Nueces
4-Metil-2-furfural	Dulce, caramelo	Chocolate dulce
2-Furfuril acetato	Frutal, banana	Frutal
2-acetilfurano	Dulce, balsámico, café ligero	Chocolate dulce
2-Acetil-5-metilfurano	Fuerte a nueces	Nueces
2-Furfuril propionato	Picante, floral	Floral
5-(1-Hidrometil)-2-furanona	Frutas rojas, mermelada, notas verdes	Frutal, herbal
Dihidro-3-hidroxi-4,4-dimetil-2-furanona	Coco	Nueces
4-hidroxi-2,5-dimetil-3-furanona (furaneol)	Frutal, fresa, y azúcar caliente	Frutal, nueces

3-Hidroxi-2-metil-4-pirone (maltol)	Nueces tostadas	Nueces
5,6-Dihidro-6-pentil-2-pirone	Coco	Nueces
Pirroles		
Pirrol	Nueces	Nueces
2-Acetilpirrol	Chocolate, avellana	Chocolate dulce
Pirrol-2-carboxaldehido	Nueces	Nueces
Pirazinas		
2-Metilpirazinas	Nueces, chocolate, cocoa, nueces tostadas	Chocolate dulce, nueces
2-Etilpirazina	Mantequilla de mani, mantequilla de cacauate	Nueces
2,5-Dimetilpirazina	Cocoa, nueces tostadas	Chocolate dulce, nueces
2,6-Dimetilpirazina	Nueces, café, verde	Nueces, herbal
2-Etil-5-metilpirazina	Nueces, papa cruda	Nueces, herbal
2,3-Dietilpirazina	Nueces, avellana, cereal	Nueces
2,3-Dimetilpirazina	Caramelo, cocoa	Chocolate dulce
2,3,5-Trimetilpirazina	Cocoa, nueces tostadas, maní	Chocolate dulce, nueces
2,3,5,6-Tetrametilpirazina	Chocolate, cocoa, café	Chocolate dulce
2,3,5-Trimetil-6-ethylpirazina	Caramelo, dulce	Chocolate dulce

6.3.3.5 Propuesta para la elaboración del mapa de sabor y caracterización bioquímica del cacao por región de producción en Guatemala.

El proceso de fermentación y secado son importantes para el desarrollo de precursores de aroma y sabor, los cuales también se ven influenciados por la mezcla genética de las plantaciones y las condiciones micro climáticas. Guatemala cuenta con diferentes regiones de producción de cacao caracterizadas por sus condiciones climáticas, prácticas de procesamiento y mezclas genéticas, lo cual ha permitido la producción de micro lotes con características específicas de aroma y sabor. Sin embargo, en la actualidad no existe una caracterización de los parámetros bioquímicos de los granos de cacao de las diferentes regiones de producción. Tampoco existe un mapa de aroma y sabor a nivel de país. Estos aspectos son importantes para comprender las diferencias en calidad a nivel nacional y establecer parámetros de procesamiento para expresar el aroma y sabor de los materiales de cada región.

Es importante que en Guatemala se realice una caracterización de la calidad del cacao utilizando parámetros que se puedan cuantificar y comparar con los valores de calidad de otros países. Durante los últimos años se ha avanzado en aspectos de calidad de la fermentación y secado; sin embargo, todavía existe margen para el mejoramiento de la calidad a través de un análisis más detallado de la calidad. En la actualidad existe información sobre la caracterización bioquímica de los granos de cacao de diferentes países, la cual puede servir para comparar la calidad de cacao con relación a estos países. Los parámetros propuestos para esta caracterización son: contenido de cafeína, metales pesados (Ba, Cd, Cu, Pb), macronutrientes (Ca, K, Mg, P), micronutrientes (Fe, Mn, Si, Zn), ácidos orgánicos (acético y láctico), pH, sustancias fenólicas (catequina, epicatequina), azúcares (fructosa, glucosa, sacarosa), teobromina, acidez total, aminoácidos totales y fenoles totales. La determinación del contenido de estos compuestos permitirá contar con información precisa sobre la calidad del cacao, de esta manera se podrá proponer rutas de mejoramiento de los procesos de fermentación y secado de manera más precisa.

Además, es posible identificar los componentes volátiles de aroma y sabor característicos de cada región de producción o material genético a través del uso de la cromatografía de gases (GC por sus siglas en inglés). En la actualidad, se han identificado cerca de 600 compuestos volátiles relacionados al aroma de cacao y chocolate, los cuales pueden ser utilizados de referencia para la caracterización de la calidad por cada región. Esta caracterización también puede ser complementada por la evaluación sensorial de aroma y sabor de chocolate producido con cacao de cada región. La caracterización química y sensorial del cacao producido por cada región permitirá generar información para la creación del mapa de sabor de cacao para Guatemala.

A continuación, se presentan las principales regiones de producción que pueden ser priorizadas para el inicio del desarrollo del mapa de aroma y sabor del cacao de Guatemala, así como también la caracterización bioquímica de los granos de cacao (Figura 17).

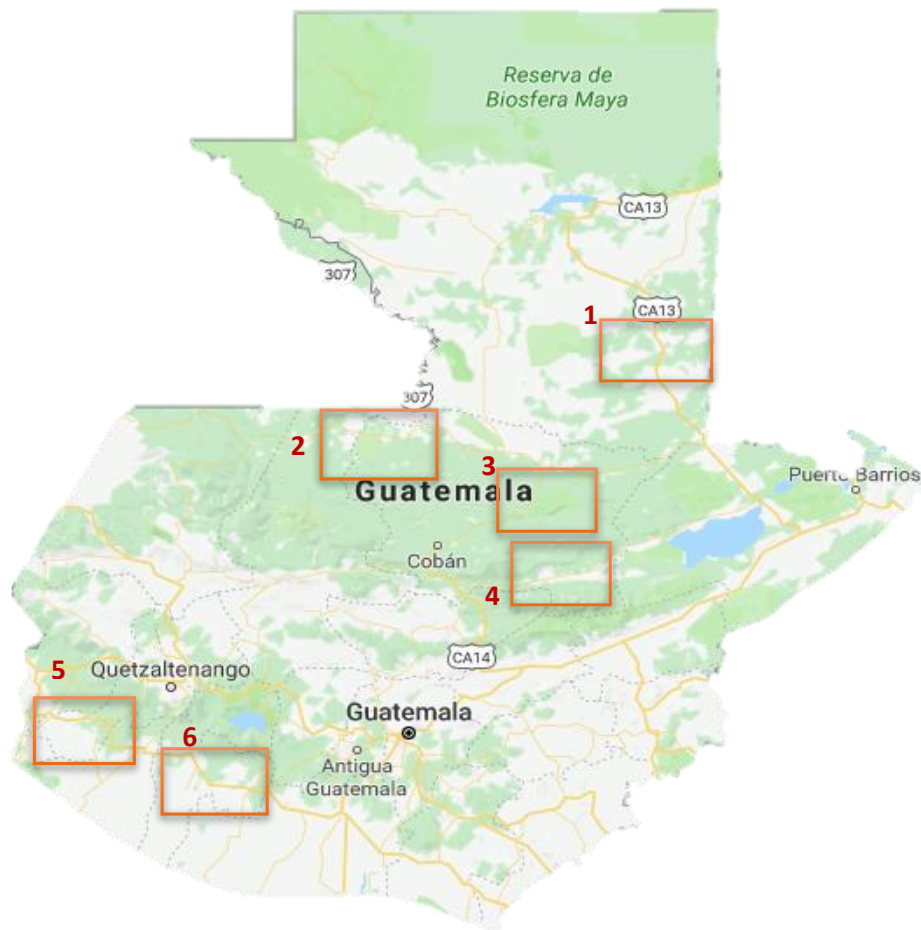


Figura 17. Propuesta para el desarrollo del mapa de aroma y sabor de cacao para Guatemala. Principales regiones de producción. Región 1: Sur de Petén, región 2: Ecorregión Lachúa; región 3: Cahabón; región 4: Valle del Polochic; región 5: San Marcos y Quetzaltenango; y región 6: Suchitepéquez (MINECO, 2015; MAGA, 2016).

Cuadro 33. Total de productores y porcentaje de producción nacional por cada región de producción (MINECO, 2015; MAGA, 2016)

No	Región	Total de productores	% Producción Nacional
1	Sur de Petén	332 productores (193 hombres, 139 mujeres)	5
2	Ecorregión Lachuá	394 productores (301 hombres, 93 mujeres)	
3	Cahabón	1,666 productores (944 hombres, 722 mujeres)	31
4	Valle del Polochic	1,020 productores (545 hombres, 475 mujeres)	
5	San Marcos y Quetzaltenango	No disponible	25
6	Suchitepéquez	No disponible	31
7	Otras regiones	No disponible	8

6.3.4 Conclusiones

Existe una propuesta de estándares internacionales para la evaluación de calidad física de los granos de cacao, la cual ha sido impulsada por el programa *Cocoa of Excellence* (CoEx) debido a variabilidad en la evaluación de calidad de cacao en diferentes regiones. La calidad del cacao incluye aspectos de aroma, calidad e inocuidad alimentaria; características que poseen un impacto directo en el proceso de manufactura, así como trazabilidad, indicadores geográficos y certificaciones. La propuesta de estándares internacionales de calidad incluye aspectos de almacenamiento y añejado de cacao; evaluación física, en la cual se miden parámetros de contenido de humedad, conteo y peso individual de granos, prueba de corte donde se evalúa el nivel de fermentación y fisuras. Además, los estándares incluyen el procedimiento para la elaboración de chocolate para la evaluación de aroma y sabor de los granos de cacao. En esta sección se describe el procedimiento de tueste, descascarillado, elaboración de licor y elaboración de chocolate para catación.

Además de los estándares de calidad física de los granos de cacao y del procedimiento para la catación de chocolates, existen otros Índices de Calidad de cacao (CQI) basados en la medición de las características bioquímicas de los granos de cacao. Los parámetros propuestos para esta caracterización son: contenido de cafeína, metales pesados (Ba, Cd, Cu, Pb), macronutrientes (Ca, K, Mg, P), micronutrientes (Fe, Mn, Si, Zn), ácidos orgánicos (acético y láctico), pH, sustancias fenólicas (catequina, epicatequina), azúcares (fructosa, glucosa, sacarosa), teobromina, acidez total, aminoácidos totales y fenoles totales. La determinación del contenido de estos compuestos permitirá contar con información precisa sobre la calidad del cacao, de esta manera se podrá proponer rutas de mejoramiento de los procesos de fermentación y secado de manera más precisa.

Además, es posible identificar los componentes volátiles de aroma y sabor característicos de cada región de producción o material genético a través del uso de la cromatografía de gases (GC por sus siglas en inglés). En la actualidad, se han identificado cerca de 600 compuestos volátiles relacionados al aroma de cacao y chocolate, los cuales pueden ser utilizados de referencia para la caracterización de la calidad por cada región. Esta caracterización también puede ser complementada por la evaluación sensorial de aroma y sabor de chocolate producido con cacao

de cada región. La caracterización química y sensorial del cacao producido por cada región permitirá generar información para la creación del mapa de sabor de cacao para Guatemala.

Se presentó la propuesta de las regiones para la caracterización bioquímica de los granos de cacao y el desarrollo del mapa de aroma y sabor, las cuales pueden ser priorizadas para el inicio del desarrollo del mapa de aroma y sabor de Guatemala, así como también la caracterización bioquímica de los granos de cacao

6.3.5 Recomendaciones

Implementar nuevas metodologías y nuevos parámetros para la evaluación de la calidad de cacao en Guatemala. El control de calidad a través de parámetros cuantificables, permitirán tener mejor consistencia en calidad, además permitirá el establecimiento rutas de mejoramiento de la calidad basados en criterios bien establecidos. La caracterización bioquímica y la identificación de los principales componentes volátiles de aroma del cacao son un ejemplo de control de calidad que pueden ser implementados en Guatemala.

Realizar un mapeo de aroma y sabor del cacao de Guatemala, así como una caracterización bioquímica de los granos de caca de cada región de producción. Este mapeo permitirá tener una línea base sobre la calidad de cacao a nivel de país y el establecimiento de planes para el mejoramiento de los procesos de fermentación, secado y selección de material genético.

Cuadro 34. Temperatura ambiente por días de fermentación de cacao en cada localidad.

Tratamiento	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Promedio
KATBALPOM	36.82 ^{aZ}	39.46 ^{aY}	42.14 ^{aX}	38.17 ^{aYZ}	38.04 ^{aYZ}	41.35 ^{aXY}	41.92 ^{aXY}	40.81 ^{aX}	40.74 ^{aXY}	39.94
ASOSELNOR	33.62 ^{abYZ}	32.06 ^{bZ}	32.46 ^{bZ}	33.91 ^{abYZ}	33.05 ^{aZ}	36.28 ^{bY}	34.66 ^{bYZ}	33.07 ^{bZ}	37.86 ^{abY}	34.11
ASODIRP	30.95 ^{bZ}	32.90 ^{bZ}	33.06 ^{bZ}	32.52 ^{bZ}	33.92 ^{aZ}	34.26 ^{bZ}	33.03 ^{bZ}	33.93 ^{bZ}	33.93 ^{bZ}	33.17
Promedio	33.80	34.81	35.89	34.87	35.00	37.30	36.54	35.94	37.51	35.74

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

Cuadro 35. Temperatura ambiente por días de fermentación de cacao por cada volumen.

Volumen (Quintales)	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Promedio
5	34.83 ^a	35.25 ^a	35.94 ^a	34.98 ^a	36.21 ^a	38.03 ^a	35.11 ^a	35.23 ^a	35.53 ^a	35.68
8	33.19 ^{aZ}	34.50 ^{aZ}	35.37 ^{aYZ}	35.21 ^{aYZ}	33.48 ^{aZ}	37.87 ^{aY}	37.68 ^{aY}	36.79 ^{aYZ}	39.09 ^Y	35.91
11	33.37 ^{aZ}	34.67 ^{aYZ}	36.35 ^{aYZ}	34.41 ^{aYZ}	35.31 ^{aYZ}	35.99 ^{aYZ}	36.82 ^{aY}	35.79 ^{aYZ}	37.91 ^{aY}	35.62
Promedio	33.80	34.81	35.89	34.87	35.00	37.30	36.54	35.94	37.51	35.74

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

Cuadro 36. Humedad ambiente por días de fermentación de cacao en cada localidad.

Localidad	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Promedio
KATBALPOM	49.50 ^b	48.58 ^b	44.33 ^b	56.58 ^b	50.25 ^c	42.33 ^b	38.67 ^b	44.50 ^b	46.50 ^b	46.80
ASOSELNOR	66.58 ^a	68.75 ^a	62.08 ^a	65.92 ^{ab}	63.67 ^b	60.33 ^a	62.08 ^a	70.25 ^a	64.42 ^a	64.89
ASODIRP	64.83 ^{aZ}	63.42 ^{aZ}	66.75 ^{aZ}	70.08 ^{aY}	75.92 ^{aY}	63.75 ^{aZ}	64.42 ^{aZ}	62.50 ^{aZ}	65.75 ^{aZ}	66.38
Promedio	60.00	60.33	57.67	64.00	63.33	55.33	55.00	58.67	58.67	59.36

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

Cuadro 37. Humedad ambiente por días de fermentación de cacao en cada volumen.

Masa (Quintales)	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Promedio
5	58.42 ^{aYZ}	62.92 ^{aY}	62.08 ^{aYZ}	65.67 ^{aY}	66.00 ^{aY}	55.42 ^{aZ}	59.67 ^{aYZ}	60.00 ^{aYZ}	64.25 ^{aY}	61.60
8	62.25 ^{aY}	59.42 ^{aYZ}	59.00 ^{abYZ}	65.75 ^{aY}	62.00 ^{aY}	54.58 ^{aZ}	54.50 ^{abZ}	59.00 ^{aYZ}	57.58 ^{aYZ}	59.34
11	60.25 ^{aY}	58.42 ^{aY}	52.08 ^{bZ}	61.17 ^{aY}	61.83 ^{aY}	56.42 ^{aYZ}	51.00 ^{bZ}	58.25 ^{aY}	54.83 ^{aYZ}	57.14
Promedio	60.7	60.0	57.7	64.3	63.3	55.0	55.0	59.0	59.0	59.36

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

Cuadro 38. Temperatura de fermentación por días de fermentación de cacao en cada localidad.

Tratamiento	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Promedio
KATBALPOM	29.49 ^{aZ}	38.94 ^{aY}	45.99 ^{aX}	49.20 ^{aW}	47.49 ^{aWX}	48.85 ^{bW}	49.27 ^{aW}	49.09 ^{aW}	49.08 ^{aW}	45.26
ASOSELNOR	28.18 ^{aZ}	33.04 ^{bY}	37.90 ^{bX}	43.30 ^{bW}	45.84 ^{aV}	49.29 ^{aU}	48.66 ^{aU}	48.78 ^{aU}	48.93 ^{aU}	42.66
ASODIRP	28.94 ^{aZ}	37.62 ^{aY}	43.49 ^{aX}	45.99 ^{bW}	45.98 ^{aX}	47.27 ^{bV}	46.12 ^{bW}	46.93 ^{bV}	46.72 ^{bVW}	43.23
Promedio	28.87	36.53	42.46	46.16	46.44	48.47	48.02	48.27	48.24	43.72

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

Cuadro 39. Temperatura de fermentación por días de fermentación de cacao en cada volumen.

Masa (Quintales)	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Promedio
5	29.85 ^{aZ}	39.33 ^{aY}	45.21 ^{aX}	47.07 ^{aWX}	46.65 ^{abX}	48.29 ^{aVW}	47.39 ^{bWX}	48.63 ^{aV}	47.86 ^{aWX}	44.47
8	27.97 ^{aZ}	35.8 ^{bY}	41.83 ^{abX}	46.47 ^{aW}	47.93 ^{aVW}	48.85 ^{aV}	48.14 ^{abVW}	47.93 ^{aVW}	48.25 ^{aVW}	43.68
11	28.79 ^{aZ}	34.47 ^{bY}	40.35 ^{bX}	44.95 ^{aW}	44.73 ^{bW}	48.27 ^{aV}	48.53 ^{aV}	48.25 ^{aV}	48.62 ^{aV}	43.00
Promedio	28.87	36.53	42.46	46.16	46.44	48.47	48.02	48.27	48.24	43.72

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

Cuadro 40. pH de la testa de los granos de cacao por días de fermentación en cada localidad.

Tratamiento	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Promedio
KATBALPOM	3.82 ^{bZ}	4.10 ^{aY}	4.37 ^{aWX}	4.29 ^{aX}	4.46 ^{aW}	4.52 ^{aVW}	4.65 ^{aV}	4.78 ^{aU}	4.81 ^{aU}	4.42
ASOSELNOR	4.17 ^{aZ}	4.13 ^{aZ}	4.08 ^{bZ}	4.14 ^{bZ}	4.06 ^{bZ}	4.08 ^{bZ}	4.42 ^{bXY}	4.38 ^{cY}	4.51 ^{bX}	4.22
ASODIRP	3.88 ^{bZ}	3.92 ^{bZ}	4.23 ^{abY}	4.38 ^{aX}	4.56 ^{aW}	4.50 ^{aWX}	4.58 ^{aW}	4.65 ^{bW}	4.58 ^{bW}	4.36
Promedio	3.96	4.05	4.23	4.27	4.36	4.37	4.55	4.60	4.63	4.33

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

Cuadro 41. pH de la testa de los granos de cacao por días de fermentación en cada volumen.

Tratamiento	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Promedio
5	4.06 ^{aZ}	4.17 ^{aYZ}	4.25 ^{aXY}	4.31 ^{aX}	4.50 ^{aVW}	4.44 ^{aWX}	4.60 ^{abV}	4.74 ^{aU}	4.67 ^{aUV}	4.42
8	3.89 ^{aZ}	3.96 ^{bZ}	4.21 ^{aY}	4.33 ^{aX}	4.31 ^{aXY}	4.37 ^{aXY}	4.61 ^{aW}	4.58 ^{bW}	4.60 ^{aW}	4.32
11	3.92 ^{aZ}	4.02 ^{bZ}	4.21 ^{aY}	4.17 ^{bY}	4.26 ^{aY}	4.28 ^{aY}	4.44 ^{bX}	4.50 ^{bX}	4.63 ^{aW}	4.27
Promedio	3.96	4.05	4.22	4.27	4.36	4.36	4.55	4.61	4.63	4.33

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

Cuadro 42. pH del cotiledón de los granos de cacao por días de fermentación en cada localidad.

Tratamiento	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Promedio
KATBALPOM	5.99 ^{bW}	5.33 ^{cX}	4.78 ^{bY}	4.53 ^{bZ}	4.58 ^{bYZ}	4.56 ^{abZ}	4.64 ^{aYZ}	4.68 ^{aYZ}	4.72 ^{aY}	4.87
ASOSELNOR	6.01 ^{bU}	5.74 ^{bV}	5.46 ^{aW}	4.93 ^{aX}	4.57 ^{bY}	4.38 ^{bZ}	4.42 ^{bZ}	4.42 ^{bZ}	4.44 ^{bYZ}	4.93
ASODIRP	6.50 ^{aU}	6.22 ^{aV}	5.47 ^{aW}	4.98 ^{aX}	4.82 ^{aY}	4.60 ^{aZ}	4.56 ^{abZ}	4.59 ^{aZ}	4.54 ^{bZ}	5.14
Promedio	6.17	5.76	5.24	4.81	4.66	4.51	4.54	4.56	4.57	4.98

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

Cuadro 43. pH del cotiledón de los granos de cacao por días de fermentación en cada localidad.

Tratamiento	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Promedio
5	6.26 ^{aV}	5.64 ^{aW}	4.92 ^{bX}	4.78 ^{aXY}	4.72 ^{aXY}	4.54 ^{aZ}	4.63 ^{aYZ}	4.65 ^{aYZ}	4.66 ^{aYZ}	4.98
8	6.12 ^{aV}	5.90 ^{aW}	5.46 ^{aX}	4.75 ^{aY}	4.59 ^{aZ}	4.50 ^{aZ}	4.55 ^{abZ}	4.56 ^{abZ}	4.60 ^{aYZ}	5.00
11	6.12 ^{aU}	5.75 ^{aV}	5.33 ^{aW}	4.91 ^{aX}	4.65 ^{aY}	4.50 ^{aZ}	4.46 ^{bZ}	4.47 ^{bZ}	4.44 ^{bZ}	4.96
Promedio	6.17	5.76	5.24	4.81	4.65	4.51	4.55	4.56	4.57	4.98

*Medias seguidas con igual letra minúscula en la columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

7. CONCLUSIONES

En cuando a los aspectos socioeconómicos de las familias productoras de cacao de la ecorregión de Lachuá, se determinó que la edad promedio de los productores de cacao fue estadísticamente diferente entre las tres asociaciones de estudio, el promedio para la ecorregión fue de 44.38 años, con un rango de (21 a 74 años). El ingreso económico mensual en promedio reportado por las familias fue estadísticamente diferente entre las tres asociaciones. El ingreso promedio para la ecorregión fue de Q1,452.38, el cual no cubre el costo de la canasta básica de alimentos (CBA) que fue estimada en Q3,552.32 para enero de 2018. El análisis de ingresos económicos por género mostró que existe diferencias estadísticas significativa en los ingresos de mujeres y hombres. El ingreso mensual promedio reportado por las mujeres fue de Q659.09, en comparación con Q1,733.87 reportado por los hombres. En cuando al nivel de educación, no se encontró diferencia estadística significativa en el nivel de educación entre los productores de cacao de las diferentes asociaciones. El 42.9% de los productores respondió no haber tenido educación formal, el 35.7% dijo tener nivel primario, el 19% dijo poseer un título a nivel de bachillerato o diversificado y únicamente el 2.4% dijo tener un nivel académico universitario. Se observó que si existe diferencia estadística significativa entre los grupos étnicos representados en la asociación KATBALPOM en comparación con las otras dos asociaciones.

Relacionado a los aspectos de producción y procesamiento, se observó que existe diferencia significativa en el total de terreno que posee cada productor. El área destinada para la producción de cacao también presento diferencias estadísticas, el promedio de terreno destinado para la producción de cacao por productor en la ecorregión fue 2.17 Ha/persona. La producción de cacao en baba por hectárea reportado por los productores fue similar en las tres asociaciones, el promedio de producción de cacao en baba fue de 231.04 Kg de cacao seco/Ha (15.31 quintales de cacao en baba). El 62% de los productores entrevistados estableció las plantaciones durante los años 2006 a 2008, mientras el 38% inicio con el cultivo de cacao entre los años 2012 y 2018. Los resultados también mostraron que los productores de cacao se dedican a otros cultivos para generar ingresos económicos y para producción de alimentos para consumo propio. Los cultivos más comúnmente producidos, además del cacao, son: cardamomo, maíz, frijol, arboles forestales, naranja, pimienta, pina plátano y chile. Además de la diversificación en la producción agrícola, las familias también se dedican a la producción de especies animales.

El 59.5% de los agricultores posee plantaciones híbridas (no injertadas), el 83% dijo poseer plantaciones injertadas, lo cual significa que existen productores que poseen ambos tipos de plantaciones y productores que poseen únicamente plantaciones injertadas. El 71.4% de los productores dijo no tener conocimiento sobre el material genético sembrado en sus plantaciones, el 28.6% mostró tener un conocimiento muy general sobre el material genético sobrado en sus plantaciones. El 88.1% dijo no utilizar ningún tipo de fertilizante (orgánico o no orgánico) en sus plantaciones de cacao. El 74.4% de los productores prefiere que la comercialización de cacao en baba (cacao fresco) se realice “no drenado” y el 25.6% prefiere vender cacao “drenado”. El 63.9% dijo no estar conforme con el precio actual de compra de cacao, el 100% expreso la necesidad de buscar mejores opciones de mercado para los productores de la región. Entre las principales razones por las que los productores consideran necesario explorar nuevas opciones de mercado se encuentran: mejorar el precio, incrementar la competencia de mercado para mejorar las capacidades de negociación de los productores, y buscar más opciones debido

a la alta producción de cacao en la región. El 55% dijo estar interesado en seguir incrementando el área destinada a la producción de cacao, mientras que el 45% dijo no estar interesado. El 97.6% de los productores entrevistados dijo estar interesado que las asociaciones en conjunto exploren nuevas oportunidades de valor agregado a los granos de cacao para mejorar el ingreso económico de las familias a través del procesamiento y adición de valor a la materia prima producida en la región.

El análisis de las condiciones ambientales, en función de la localidad de procesamiento mostraron que, la temperatura ambiente en el área de fermentación no mostró variación significativa ($P>0.05$) durante el procesamiento de los diferentes tratamientos en las asociaciones. Sin embargo, si se observó diferencia en el porcentaje de humedad relativa en las tres localidades. Al analizar los valores por cada localidad, se observó que en KATBALPOM se obtuvo un promedio de temperatura ambiente más alto (39.94°C), seguido de ASOSELNOR (34.11°C) y ASODIRP (33.17°C). La temperatura ambiente promedio para la ecorregión durante la fermentación de cacao fue de 35.74°C y humedad relativa de 59.36%.

El análisis en función de las diferentes masas de fermentación mostró que KATBALPOM presentó la temperatura ambiente promedio más alta (41.58°C) durante la fermentación de 5 quintales de cacao. El análisis durante la fermentación de 8 quintales de cacao mostró que no hubo diferencia estadística significativa entre los tratamientos en las diferentes localidades para la variable de temperatura ambiente. Durante la fermentación de 11 quintales de cacao en baba, KATBALPOM presentó la temperatura ambiente más alta (40.17°C) y el porcentaje de humedad relativa más bajo (42.81%) ($P>0.05$) en comparación con ASOSELNOR Y ASODIRP.

Se observó una tendencia general de incremento de la temperatura del ambiental del área de fermentación durante el procesamiento de 8 y 11 quintales de cacao, mientras que el procesamiento de 5 quintales presentó un valor más constante durante el procesamiento. Se realizó un análisis correlación entre la temperatura del área de procesamiento y la temperatura de la masa de fermentación para determinar si existe una relación entre ambas variables. Los resultados muestran que a medida que incrementa el volumen de procesamiento, incrementa la correlación entre ambas variables, lo que significa que es posible incrementar y mantener la temperatura del área de fermentación y de la masa de fermentación si se cuenta con un área cerrada y aislada para retener el calor generado durante el proceso. De esta manera se podrá obtener mejores temperaturas, especialmente durante el procesamiento de pequeñas masas de cacao y durante épocas lluviosas o de baja temperatura en la región.

En general, los resultados mostraron que la temperatura ambiente tuvo mayor variación al ser analizada por localidad en comparación al análisis por masa de fermentación. La temperatura del ambiente del área de fermentación tiene una correlación positiva, la cual incrementa significativamente al incrementar el volumen de fermentación, estos resultados reflejan la importancia del diseño adecuado de las áreas de fermentación para retener el calor generado durante el proceso, especialmente durante el procesamiento de pequeños volúmenes y durante la época lluviosa y de bajas temperaturas.

Los resultados de los parámetros de fermentación en función de la localidad mostraron que la temperatura de fermentación inicial no presentó diferencias estadísticas significativas en las tres asociaciones. En KATBALPOM y ASOSELNOR se observó un incremento diario significativo en la temperatura de fermentación desde el día 0 hasta el día 4, con temperaturas desde 28.18 hasta 47.49°C, luego no hubo una diferencia significativa en temperatura de fermentación, es decir la temperatura fue constante desde el día 5 hasta el día 8 del proceso, con valores entre 48.85°C y 49.29°C. La asociación ASODIRP presentó un incremento significativo desde el día 0 hasta el día 3, de 28.18 hasta 43.30°C, y luego presentó un comportamiento inconsistente (incremento y disminución) en la temperatura en los siguientes días. La temperatura final de fermentación no tuvo diferencias significativas entre KATBALPOM (49.08°C) y ASOSELNOR (48.93°C); sin embargo, ASODIRP presentó diferencias significativas ($P < 0.05$), obteniendo los valores más bajos de temperatura al finalizar el proceso (46.72°C).

Al comparar la temperatura en cada día de fermentación en función de la masa de procesamiento, se observó que el valor inicial en el día cero fue igual para los tres volúmenes, así como en los días 3, 5, 7 y 8 de fermentación. La temperatura fue diferente durante los días intermedios; sin embargo, en el último día de fermentación, los tres volúmenes no presentaron diferencia. Las tres masas (5, 8 y 11 quintales) presentaron un incremento significativo de la temperatura de fermentación durante los primeros tres días de proceso, con valores iniciales promedio de 28.87°C y temperaturas promedio de 46.16°C al tercer día. Posteriormente, la masa de 11 quintales presentó una temperatura constante hasta finalizar la fermentación, con valores desde 44.73°C en el cuarto día, hasta 48.62°C al finalizar el proceso. Por el contrario, las masas de 5 y 8 quintales mostraron incremento y disminución en la temperatura, con valores entre 46.65°C y 48.63°C.

El pH de la testa en general presentó un incremento durante el proceso de fermentación al ser analizado en función de la localidad y masa de procesamiento. El análisis por localidad mostró que el pH de la testa fue diferente entre las asociaciones durante todos los días de procesamiento, principalmente debido a la inconsistencia del procesamiento en ASOSELNOR. Al finalizar el proceso, KATBALPOM presentó los valores más altos de pH de la testa de los granos de cacao. El pH del cotiledón analizado en función de la localidad presentó una tendencia decreciente durante los primeros días de procesamiento. En KATBALPOM los cambios más importantes se presentaron durante los primeros tres días y en las asociaciones ASOSELNOR y ASODIRP, durante los primeros cinco días de fermentación.

Al analizar los valores de pH de la testa y cotiledón en función de la localidad se determinó que en el día 6 de procesamiento se obtuvieron los valores óptimos, debido a que fue el día en la diferencia entre ambos valores fue menor. De acuerdo con la localidad, el valor de pH óptimo para la finalización de la fermentación en KATBALPOM fue en el rango de 4.65-4.64, en el caso de ASOSELNOR fue de 4.42, y para la asociación ASODIRP el valor de pH se encuentra entre 4.56-4.58. En general, para la ecorregión, los resultados mostraron que el valor óptimo para la finalización del proceso de fermentación fue en el rango de 4.54-4.55, el cual se obtuvo al 5 día de procesamiento.

Por otro lado, los resultados del pH de la testa en función de la masa de procesamiento presentaron valores más homogéneos, se observó que los valores fueron similares para los días 0, 2, 4, 5 y 8. El procesamiento de 11 quintales de cacao fue el que presentó un incremento más lento del pH de la testa, seguido de 8 y 5 quintales. Sin embargo, la masa de 11 quintales presentó un incremento consistente desde el inicio hasta el final del procesamiento, mientras que la masa de 8 quintales presentó incrementos consistentes hasta el día 6, seguido de valores constantes durante los últimos tres días de procesamiento. El procesamiento de 5 quintales presentó incrementos consistentes desde el día 0 al día 4, seguido de una reducción significativa al día 5 de procesamiento, e incremento constante durante los días 6 y 7, finalizando con una reducción del pH en el último día de procesamiento. El procesamiento de 5 quintales fue el que presentó mayor inconsistencia en los valores de pH de la testa. Al finalizar el procesamiento, los tres valores de pH no presentaron diferencias estadísticas significativas.

Los valores de pH del cotiledón en función de la masa de procesamiento no presentaron diferencias significativas en los días 0, 1, 3, 4 y 5 de fermentación. La variabilidad se observó en el segundo día y durante los últimos tres días de proceso. Las tres masas de procesamiento presentaron reducciones importantes de pH desde el día 0 hasta el día 5, seguidas de un periodo más constante. Al finalizar el proceso, los tres volúmenes no mostraron diferencia estadística en los valores de pH de la testa; sin embargo, el pH del cotiledón fue igual para el procesamiento de 5 y 8 quintales, y fue menor para el procesamiento de 11 quintales (4.44). En general, los resultados mostraron que los valores óptimos de pH para la finalización de la fermentación de 5 quintales de cacao se encuentran entre 4.60-4.63; para 8 quintales se encuentra entre 4.55-4.61 y para el procesamiento de 11 quintales los valores están en el rango de 4.44-4.46. Lo anterior muestra que la masa de procesamiento afecta los valores óptimos de pH durante la fermentación.

El comportamiento del pH de la testa y del cotiledón para la ecorregión de Lachua puede ser explicados por una correlación polinomial ($R^2=0.97$) por medio de la ecuación $y = 4.4032x^2 - 44.141x + 96.01$. Se determinó, utilizando el presente modelo, que el valor de pH del cotiledón será igual al valor de pH de la testa cuando el valor de este último sea 4.53. Para determinar el final de la fermentación se deberá medir el pH de la testa y si este es 4.53 el valor del pH del cotiledón será igual, por lo que se puede proceder a retirar el cacao de las cajas de fermentación e iniciar el proceso de secado.

Los resultados de temperatura de fermentación y pH del cotiledón mostraron una correlación lineal ($R^2=0.98$) la cual es representada por la siguiente ecuación $y = -0.0888x + 8.8602$. Utilizando el presente modelo lineal, se determinó que la temperatura correlacionada con el pH óptimo para la finalización de la fermentación es de 48.76°C. Lo cual indica que, al alcanzar esta temperatura de fermentación, el pH se encuentra cercano al valor óptimo.

Existe una propuesta de estándares internacionales para la evaluación de calidad física de los granos de cacao, la cual ha sido impulsada por el programa *Cocoa of Excellence* (CoEx) debido a variabilidad en la evaluación de calidad de cacao en diferentes regiones. La propuesta de estándares internacionales de calidad incluye aspectos de almacenamiento y añejado de cacao; evaluación física, en la cual se miden parámetros de contenido de humedad, conteo y peso individual de granos, prueba de corte donde se evalúa el nivel de fermentación y fisuras.

Además, los estándares incluyen el procedimiento para la elaboración de chocolate para la evaluación de aroma y sabor de los granos de cacao. En esta sección se describe el procedimiento de tueste, descascarillado, elaboración de licor y elaboración de chocolate para catación.

Además de los estándares de calidad física de los granos de cacao y del procedimiento para la catación de chocolates, existen otros Índices de Calidad de cacao (CQI) basados en la medición de las características bioquímicas de los granos de cacao. Los parámetros propuestos para esta caracterización son: contenido de cafeína, metales pesados (Ba, Cd, Cu, Pb), macronutrientes (Ca, K, Mg, P), micronutrientes (Fe, Mn, Si, Zn), ácidos orgánicos (acético y láctico), pH, sustancias fenólicas (catequina, epicatequina), azúcares (fructosa, glucosa, sacarosa), teobromina, acidez total, aminoácidos totales y fenoles totales. La determinación del contenido de estos compuestos permitirá contar con información precisa sobre la calidad del cacao, de esta manera se podrá proponer rutas de mejoramiento de los procesos de fermentación y secado de manera más precisa.

Es posible identificar los componentes volátiles de aroma y sabor característicos de cada región de producción o material genético a través del uso de la cromatografía de gases (GC por sus siglas en inglés). En la actualidad, se han identificado cerca de 600 compuestos volátiles relacionados al aroma de cacao y chocolate, los cuales pueden ser utilizados de referencia para la caracterización de la calidad por cada región. Esta caracterización también puede ser complementada por la evaluación sensorial de aroma y sabor de chocolate producido con cacao de cada región. La caracterización química y sensorial del cacao producido por cada región permitirá generar información para la creación del mapa de sabor de cacao para Guatemala.

Se presentó la propuesta de las regiones para la caracterización bioquímica de los granos de cacao y el desarrollo del mapa de aroma y sabor, las cuales pueden ser priorizadas para el inicio del desarrollo del mapa de aroma y sabor de Guatemala, así como también la caracterización bioquímica de los granos de cacao



8. RECOMENDACIONES

Continuar con el impulso en el desarrollo de condiciones adecuadas para la inclusión de la juventud dentro de la cadena de valor de cacao, debido a que es un aspecto importante para contribuir con la sostenibilidad de la producción en la región. Mediante la inclusión de nuevas tecnologías agrícolas, diversificación, creación de nuevas oportunidades de empleo, emprendimiento, acceso a financiamiento y educación de jóvenes, se crearán las condiciones para motivar a las nuevas generaciones a ser parte de la cadena de valor de cacao con otras perspectivas e ideas de innovación para la generación de ingresos y mejora de la calidad de vida

Continuar con el empoderamiento de mujeres jóvenes a través de capacitaciones, promoción de la educación formal, emprendimiento y oportunidades en espacios de incidencia para mejorar las oportunidades de las mujeres cacaoteras de la región.

La productividad de cacao por hectárea de la muestra analizada sigue siendo baja (0.23 TM/Ha) a pesar de los diferentes esfuerzos y capacitaciones en manejo agronómico de las plantaciones de cacao. Los resultados mostraron bajos rendimientos y bajo nivel en el uso de insumos agrícolas para el mejoramiento de la productividad. Se recomienda el diseño de paquetes tecnológicos para la producción de cacao certificado orgánico y no orgánico para mejorar los rendimientos de producción.

Realizar una evaluación genética del material de propagación de la ecorregión para determinar a qué grupo o clúster genético pertenecen, principalmente a los árboles identificados y marcados como “árboles superiores”.

Evaluar el sistema de comercialización de cacao implementado actualmente, ya que los resultados en general mostraron cierto nivel de inconformidad de los productores en relación con los métodos de comercialización y precio del cacao. Además, se recomienda continuar en la búsqueda de otras opciones de mercado de alto valor para mejorar las capacidades de negociación y oportunidades de negocio de los productores de la región.

Explorar la posibilidad de incrementar la participación de FUNDALACHUÁ y sus asociaciones en más eslabones de la cadena de valor para obtener mejores beneficios económicos y ofrecer mejores precios a los productores de la región. Explorar la posibilidad de exportar directamente bajo los términos FOB (*Free on Board*) a través de la contratación de una empresa de logística de exportaciones para facilitar el proceso. Existen empresas de logística de exportación que pueden ser contratadas por FUNDALACHUA para realizar todos los trámites de exportación. De esta manera, la fundación y sus asociaciones de base pueden negociar precios de cacao puesto en puerto listo para exportación.

Mejorar el nivel de aislamiento del área de fermentación con el objetivo de preservar el calor generado por el procesamiento, de esta manera crear condiciones más homogéneas durante la cosecha, reduciendo el impacto de las condiciones ambientales en el proceso de fermentación.

Explorar el uso del pH para el monitoreo del proceso de fermentación, debido a que este método está basado en la medición objetiva de los procesos que ocurren durante la fermentación y permitirá tomar decisiones en función de la información del proceso de fermentación y no en información arbitraria o a criterio de la persona encargada del proceso. Actualmente la finalización de la fermentación depende el criterio y nivel de conocimiento de la persona en cargada, la cual muchas veces es temporal, lo que dificulta la estandarización del criterio de procesamiento. El establecimiento de mediciones objetivas, basadas en mediciones numéricas, permitirá contribuir a la reducción de la inconsistencia en el procesamiento de cacao.

Continuar explorando el efecto de diferentes volúmenes, materiales genéticos, y diferentes regiones en el comportamiento del pH de la testa y cotiledón durante el procesamiento. Existe el potencial de generar valores óptimos de pH específicos para cada región, volumen, tipo de procesamiento y material genético.

A las organizaciones acompañantes se recomienda considerar el apoyo a las asociaciones en el equipamiento y capacitación necesaria para la implementación de la presente metodología de fermentación, ya que tiene el potencial de contribuir con el mejoramiento de la calidad del producto final.

Implementar nuevas metodologías y nuevos parámetros para la evaluación de la calidad de cacao en Guatemala. El control de calidad a través de parámetros cuantificables, permitirán tener mejor consistencia en calidad, además permitirá el establecimiento rutas de mejoramiento de la calidad basados en criterios bien establecidos. La caracterización bioquímica y la identificación de los principales componentes volátiles de aroma del cacao son un ejemplo de control de calidad que pueden ser implementados en Guatemala.

Realizar un mapeo de aroma y sabor del cacao de Guatemala, así como una caracterización bioquímica de los granos de caca de cada región de producción. Este mapeo permitirá tener una línea base sobre la calidad de cacao a nivel de país y el establecimiento de planes para el mejoramiento de los procesos de fermentación, secado y selección de material genético.

9. REFERENCIAS

- Afoakwa, E. O. (2014). *Cocoa Production and Processing Technology*. Boca Ratón: CRC Press.
- Ahn, Y. Y., Ahnert, S., Bagrow, J. P., & Barabasi, A. L. (2011). Flavor network and the principles of food pairing. *Scientific Reports*, 196.
- Ali, N. A., Baccus, G. S., Sukha, D. A., & Umaharan, P. (2016). *Exploring genetic diversity and post harvest processing management towards genetic branding*. Copan, Ruinas, Honduras: Cocoa Research Centre, The University of the West Indies, St. Augustine.
- Aprotosoiaie, A. C., Luca, S. V., & Miron, A. (2016). Flavor Chemistry of Cocoa and Cocoa Products - An Overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(1), 73-91.
- Araujo, Q. R., Fernandes, C. A., Ribeiro, D., Efraim, P., Steinmacher, D., Lieberei, R., . . . Araujo, T. (2014). Cocoa quality Index - A proposal. *Food Control*, 49-54.
- Beckett, S. T., Fowler, M. S., & Ziegler, G. (2017). *Beckett's industrial chocolate manufacture and use*. Oxford: Wiley & Sons.
- Camu, N., González, A., De Winter, T., Van Schoor, A., De Bruyne, K., Vandamme, P., . . . De Vuyst, L. (2008). Influence of Turning and Environmental Contamination on the Dynamics of Populations of Lactic Acid and Acetic Acid Bacteria Involved in Spontaneous Cocoa Bean Heap Fermentation in Ghana. *Applied and Environmental Microbiology*, 74(1), 86-98.
- CAOBISCO/ECA/FCC. (2016). *Cocoa beans: Chocolate and cocoa Industry Quality Requirements*. London: ECA-CAOBISCO-FCC Cocoa Research Found.
- Christy, M. (2018). *An overview of the developments since the 2016 Fine and Flavour Forum in origin cocoas and chocolate products*. Berlin, Germany : International Institute of Chocolate and Cacao Tasting .
- DeMaria, S., & Ngai, J. (2010). The cell biology of smell. *The Journal of cell biology*, 443-452.
- Dubón, A. (2011). *Beneficiado de cacao*. La Masica, Atlántida, Honduras: Fundación Hondureña de Investigación Agrícola FHIA.
- Dunkel, A., Steinhaus, M., Kotthoff, M., Nowak, B., Krautwurst, D., Schieberle, P., & Hofman, T. (2014). *Angewandte Chemie International Edition*, 53, 2-22.
- Hawkins, D., & Chen, Y. (2016). *Destruction by chocolate*. London: Hardman Agribusiness.
- Hernandez, C., López, P., Ramírez, M., Guerra, D., & Caballero, J. (2016). Evaluation of different fermentation processes for use by small cocoa growers in Mexico. *Food Science and Nutrition*, 690-695.

- ICCO. (2012). *Final Report of the World Cocoa Conference*. Abidjan, Ivory Coast: International Cocoa Organization ICCO.
- ICCO. (2018). *Berlin Declaration for the Fourth World Cocoa Conference*. Berlin, Germany: International Cocoa Organization.
- INE. (2018). *Canasta Basica Alimentaria (CBA) y Canasta Ampliada (CA) Enero de 2018*. Guatemala: Instituto Nacional de Estadística, Gobierno de Guatemala.
- León, León, N., Abderrahim, M., Nuñez, L., & Arribas, S. (2016). Prediction of fermentation index of cocoa beans (*Theobroma cacao* L.) based on color measurement and artificial neural networks. *Talanta*, 31-39.
- Loureiro, G., Araujo, Q., Sodré, G., Valle, R., Souza, J., Ramos, E., . . . Grierson, P. (2017). Cacao quality: Highlighting selected attributes. *Food Reviews International*, 382-405.
- MAGA. (2016). *Estrategia Nacional de la Agrocadena del Cacao: Plan estratégico de la agrocadena de cacao de Guatemala 2016-2025 PEDAC*. Guatemala: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Gobierno de Guatemala.
- MAGA. (2016). *Plan Estrategico de la Agrocadena de Cacao de Guatemala*. Guatemala: Ministerio de Agricultura, Ganaderia y Alimentacion, Gobierno de Guatemala.
- MINECO. (2015). *Analisis de la situación actual y diagnóstico de la cadena de valor de cacao. Proyecto de fortalecimiento de la productividad de la pequeña y mediana empresa*. Guatemala: Ministerio de Economía, Gobierno de Guatemala.
- MINECO. (2015). *Linea base del cultivo de cacao*. Guatemala: Ministerio de Economía.
- MINECO. (2015). *Linea base del cultivo de cacao. Proyecto de fortalecimiento de la productividad de la pequeña y mediana empresa*. Guatemala: Ministerio de Economía, Gobierno de Guatemala.
- Motamayor, J. C., Lachenaud, P., Da Silva e Mota, J. W., Loor, R., Kuhn, D. N., Brown, S., & Schnell, R. (2008). Geographic and Genetic Population Differentiation of the Amazonian Chocolate Tree (*Theobroma cacao* L.). *PLoS ONE*, 1-8.
- Myers, M., Nwosu, C., Whitacre, E., & Hammerstone, J. (2003). *United States of America Patent No. US6582747B2*.
- Reineccius, G., Andersen, D., Kavanagh, T., & Keeney, P. (1972). Identification and quantification of the free sugars in cocoa beans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 199-202.
- Rodríguez, J., Escalona, H. B., Contreras, S. M., Orozco, I., Jaramillo, E., & Lugo, E. (2012). Effect of fermentation time and drying temperature on volatile compounds in cocoa. *Food Chemistry*, 132(1), 277-288.

- Ruiz, E. A. (2015). *Mejoramiento del agroproceso de transformación primaria del grano de cacao: Proyecto de fortalecimiento de la micro, mediana y pequeña empresa*. Guatemala: Ministerio de Economía, Gobierno de Guatemala.
- Say, E., & Villalobos, M. (2012). *Sistemas agroforestales con cacao, competitividad, ambiente y cultura: una oportunidad para mejorar la cadena productiva y la calidad de vida de las familias productoras en el país, la visión del CATIE - MAP - Proyecto Cacao Centroamérica*. Guatemala: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE.
- Somarriba, E., Villalobos, M., Cerda, R., Astorga, C., Orozco, S., Esdobedo, A., . . . Salazar, J. (2013). ¿Como diseñamos y ejecutamos el Proyecto Cacao Centroamerica para estimular el sector cacaotero de Centroamérica? *Agroforestería en las Américas (CATIE)*(49), 111-126.
- Sukha, D. A. (2017). *Elements of harmonized international standards for cocoa quality and flavour assessment*. Cocoa of Excellence.
- UICN. (2011). *Ficha técnica del cultivo de cacao: información general de las plantaciones 2006-2007*. Guatemala: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
- UICN. (2013). *Desarrollo de la cadena productiva de cacao para el mejoramiento de los medios de vida y la conservación de los corredores biológicos de la ecorregión Lachuá*. Guatemala: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales.
- VECO Mesoamérica. (2016). *Proyecto "Gestión del Conocimiento de la Cadena de Valor del Cacao en Centroamérica" (Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua). Situación actual de la cadena de cacao en Guatemala*. Guatemala: VECO Mesoamérica.
- VECO Mesoamérica. (2016). *Situación actual de las cadenas de valor de cacao de Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua desde una perspectiva regional. Proyecto "Gestión de conocimiento de la cadena de valor de cacao en cuatro países en Centroamérica"*. Managua, Nicaragua: VECO Mesoamérica COSUDE.
- Wessel, M., & Quist-Wessel, P. F. (2015). Cocoa production in West Africa, a review and analysis of recent. *Wageningen Journal of Life Sciences*, 74, 1-7.
- Wood, G. R., & Lass, R. A. (2001). *Cocoa*. Oxford: Blackwell Science .

10. ANEXOS



Figura 1. Socialización de los objetivos del proyecto



Figura 2. Observación participativa de centros de fermentación y secado de cacao.



Figura 3. Validación de instrumentos e inicio de entrevistas individuales a productores de cacao.



Figura 4. Prueba de selección del equipo de trabajo.



Figura 5. Rotulación del proyecto de investigación en la asociación KATBALPOM.

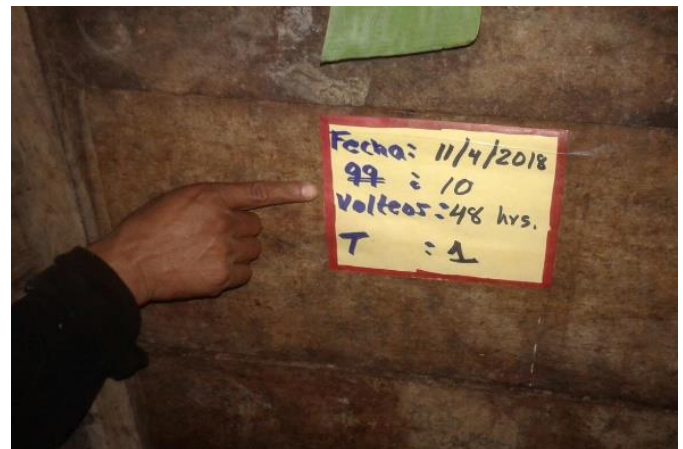


Figura 6. Identificación de los tratamientos durante el proceso de fermentación.



Figura 7. Medición de temperatura durante el proceso de fermentación.



Figura 8. Medición de temperatura y humedad durante el proceso de secado.



Figura 9. Medición de pH de la testa y cotiledón durante el proceso de fermentación.



Figura 10. Monitoreo y registro de datos durante el experimento de campo.



Figura 11. Muestras de granos de cacao seco por cada tratamiento



Figura 12. Catación de chocolates durante la conferencia mundial de cacao en Alemania.

10.1 Carta de compromiso de la Fundación Laguna Lachuá (FUNDALACHUÁ) para la cooperación en la implementación del proyecto de investigación.

A QUIEN CORRESPONDA

Por este medio, la **FUNDACION LAGUNA LACHUA –FUNDALACHUA–**, informa que luego de haber sido informada de los objetivos y la importancia del proyecto de investigación titulada: **Perfiles de fermentación para contribuir con el mejoramiento de la calidad del cacao (*Theobroma cacao*) de la ecorregión de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz**, un estudio propuesto en el marco del programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria –CRIIA– del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura –IICA–, y desarrollado por los investigadores: **Ing. Marlon Fernando Ac Pangan**, Ingeniero en Agroindustria Alimentaria, candidato al título de maestro en ciencias del desarrollo rural de la maestría en desarrollo rural del Centro Universitario de Norte CUNOR, Universidad de San Carlos de Guatemala; **Ing. Edgar Armando Ruiz Cruz**, Ingeniero Agrónomo, coordinador de la maestría en desarrollo rural del Centro Universitario del Norte CUNOR, Universidad de San Carlos de Guatemala. En consenso con nuestros socios, hemos llegado al acuerdo de dar nuestro consentimiento para el desarrollo del presente proyecto de investigación de manera participativa con nuestras organizaciones de base ASODIRP, ASOSELNOR Y KATBALPOM.

De la misma manera estamos de acuerdo para el que el documento final sea publicado con el objetivo de fortalecer los conocimientos relacionados al procesamiento de cacao en la ecorregión de Lachua, Coban, Alta Verapaz y sea una herramienta para futuras capacitaciones a productores de cacao de la región.

Cobán, Alta Verapaz, Enero de 2018.

Atentamente:



FIRMA REPRESENTANTE

SELLO:

PRESIDENTE Y REPRESENTANTE LEGAL
FUNDACION LAGUNA LACHUA
-FUNDALACHUA-
ALDEA SALACUIM
COBAN, ALTA VERAPAZ





10.2 Carta de compromiso de la Asociación KATBLAPOM para la cooperación en la implementación del proyecto de investigación.

A QUIEN CORRESPONDA

Por este medio, la **ASOCIACION KATBALPOM**, informa que luego de haber sido informada de los objetivos y la importancia del proyecto de investigación titulada: **Perfiles de fermentación para contribuir con el mejoramiento de la calidad del cacao (*Theobroma cacao*) de la ecorregión de Lachúa, Cobán, Alta Verapaz**, un estudio propuesto en el marco del programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria –CRIA– del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura –IICA–, y desarrollado por los investigadores: **Ing. Marlon Fernando Ac Pangan**, Ingeniero en Agroindustria Alimentaria, candidato al título de maestro en ciencias del desarrollo rural de la maestría en desarrollo rural del Centro Universitario de Norte CUNOR, Universidad de San Carlos de Guatemala; **Ing. Edgar Armando Ruiz Cruz**, Ingeniero Agrónomo, coordinador de la maestría en desarrollo rural del Centro Universitario del Norte CUNOR, Universidad de San Carlos de Guatemala. En consenso hemos llegado al acuerdo de dar nuestro consentimiento para el desarrollo del presente proyecto de investigación de manera participativa con los socios de nuestra organización.

De la misma manera estamos de acuerdo para el que el documento final sea publicado con el objetivo de fortalecer los conocimientos relacionados al procesamiento de cacao en la ecorregión de Lachua, Coban, Alta Verapaz y sea una herramienta para futuras capacitaciones a productores de cacao.

Cobán, Alta Verapaz, Enero de 2018.

Atentamente:

FIRMA PRESIDENTE

SELLO:



10.3 Carta de compromiso de la Asociación ASOSELNOR para la cooperación en la implementación del proyecto de investigación.

A QUIEN CORRESPONDA

Por este medio, la **ASOCIACION SELVA DEL NORTE –ASOSELNOR–**, informa que luego de haber sido informada de los objetivos y la importancia del proyecto de investigación titulada: **Perfiles de fermentación para contribuir con el mejoramiento de la calidad del cacao (*Theobroma cacao*) de la ecorregión de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz**, un estudio propuesto en el marco del programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria –CRIIA– del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura –IICA–, y desarrollado por los investigadores: **Ing. Marlon Fernando Ac Pangan**, Ingeniero en Agroindustria Alimentaria, candidato al título de maestro en ciencias del desarrollo rural de la maestría en desarrollo rural del Centro Universitario de Norte CUNOR, Universidad de San Carlos de Guatemala; **Ing. Edgar Armando Ruiz Cruz**, Ingeniero Agrónomo, coordinador de la maestría en desarrollo rural del Centro Universitario del Norte CUNOR, Universidad de San Carlos de Guatemala. En consenso hemos llegado al acuerdo de dar nuestro consentimiento para el desarrollo del presente proyecto de investigación de manera participativa con los socios de nuestra organización. -

De la misma manera estamos de acuerdo para el que el documento final sea publicado con el objetivo de fortalecer los conocimientos relacionados al procesamiento de cacao en la ecorregión de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz y sea una herramienta para futuras capacitaciones a productores de cacao.

Cobán, Alta Verapaz, Enero de 2018.

Atentamente:



FIRMA PRESIDENTE



SELLO:

10.4 Convocatoria para la contratación del equipo de campo

Terminos de Referencia

El proyecto de investigación de IICA-CRIIA "**Perfiles de fermentación para contribuir con el mejoramiento de la calidad del cacao (Theobroma Cacao) de la ecorregión de Lachuá, Cobán, Alta Verapaz**" requiere contratar los siguientes servicios:

Asistentes de investigación en campo para el establecimiento, monitoreo y recolección de datos del proyecto de investigación. Se contratará tres personas en total para la ecorregión, UNA persona para cada asociación: KATBALPOM, ASOSELNOR Y ASODIRP.

Principales responsabilidades:

1. Implementar las actividades establecidas por el coordinador de trabajo de campo durante el periodo de la investigación.
2. Atender las capacitaciones para la medición y recolección de datos del experimento establecidas por el coordinador de campo e investigador principal.
3. Medir las variables requeridas para el desarrollo de la investigación, las cuales incluyen:
 - Control de calidad cacao en baba (Pesado, medición de grados brix y drenado de cacao en baba)
 - Fermentación y secado de cacao (volteos de cacao en baba y remociones en patios de secado)
 - Medición de parámetros de fermentación (Temperatura, pH del grano y cotiledón, grados brix, humedad relativa y temperatura ambiente)
 - Llenado de boletas de registro de cada una de las variables y tratamiento del experimento y reportarlas al coordinador de trabajo de campo
 - Elaboración y etiquetado de las muestras de cacao por cada tratamiento

Requisitos

1. Haber completado mínimo tercero básico, sin embargo se prefiere personas graduadas de nivel medio de Maestros, Perito Contador, Técnico Agrícola o afines.
2. Hombres o Mujeres, de preferencia de 18 a 25 años de edad. (Se motiva a las mujeres a aplicar)
3. De preferencia haber participado en algunas capacitaciones relacionadas a temas de cacao implementadas por organizaciones acompañantes de FUNDALACHUÁ (Por ejemplo, capacitaciones del proyecto Cacao Móvil a través de FUNDASISTEMAS o similares).
4. De preferencia que los candidatos de cada asociación sean originarios de la misma comunidad sede de la asociación (Ej. Los candidatos de ASODIRP que vivan en Rocjá Pomtilá).
5. De preferencia con cuenta bancaria para poder recibir los pagos directamente de CRIA-IICA

Se ofrece

1. Contrato de 4 meses (De abril a Julio de 2018)
2. Salario en el rango de Q 1,500.00 a Q 2,000.00 de acuerdo con experiencia y formación académica.
3. Capacitación relacionada a manejo postcosecha de cacao y medición de variables de investigación.
4. Horario flexible, de acuerdo con las necesidades y requerimientos de la investigación.

Las personas interesadas deberán entregar su CV o expresar su interés al presidente de cacao asociación (KATBALPOM, ASOSELNOR Y ASODIRP), quienes seleccionarán a tres candidatos que posteriormente serán entrevistados por el investigador principal y coordinador de campo del proyecto de investigación. **Las entrevistas se realizarán el lunes 2 de abril de 2018 en las instalaciones de FUNDALACHUÁ de 8:00 am a 12:00 am.** Cualquier consulta sobre la convocatoria favor comunicarse con el Ing. Armando Ruiz al teléfono 5177-7649 o al correo electrónico earuizcruz@yahoo.es o marlonac23@hotmail.com



10.5 Guía de observación en campo

Fecha de observación ___/___/___

Nombre del observador _____ Lugar _____

Actividad	Escala de medición					Observaciones
	1	2	3	4	5	
Cuentan con un centro de procesamiento de cacao adecuado para la capacidad de producción						
Cuentan con instalaciones apropiadas para la fermentación						
La cosecha de cacao se realiza de forma programada y eficiente						
Los productores de cacao llevan registro de producción en cada parcela						
Existen controles de calidad del cacao fresco al momento de la compra						
Existe diferencia en pago por calidad de cacao entregado en las asociaciones						
Existe un volumen mínimo claramente establecido para realizar la fermentación de cacao en cada partida						
Existe un encargado designado para el proceso de fermentación de cacao						
El personal encargado de la fermentación tiene amplio conocimiento del proceso						
Existe medición de grados brix del cacao al iniciar la fermentación						
Existe control y registro de temperatura del cacao durante todos los días de fermentación						
Existe control y registro de temperatura y humedad relativa del ambiente en el área de fermentación						
Se realizan pruebas de corte durante la fermentación para evaluar el desarrollo del proceso						
Se realiza medición de pH de la testa y del cotiledón para determinar el final de la fermentación						
Se lleva un control claro sobre los precios pagados al productor de acuerdo a la calidad						

10.7 Hoja de registro para el control del proceso de fermentación de cacao

Fecha: _____ Tratamiento: _____ Repetición: _____ No. Partida _____

Peso baba (qq): _____ Peso cacao seco (qq): _____ Volteos cada (horas): _____

Observaciones: _____

Nombre de la asociación _____ Nombre del encargado: _____

Fecha	Día	Temperatura (°C) y Humedad (%) del ambiente	Temperatura fermentación (°C)	Grados brix	pH de la testa	pH del cotiledón	Comentarios
	Drenado		1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	
	0		1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	
	1		1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	
	2		1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	
	3		1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	
	4		1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	
	5		1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	
	6		1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	
	7		1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	
	8		1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	
	9		1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3	

10.8 Hoja de registro para el control del proceso de secado de cacao

Fecha: _____ Tratamiento: _____ Repetición: _____ Partida: _____

Peso en baba (qq): _____ Peso cacao seco (qq): _____

Observaciones: _____

Nombre de la asociación _____ Nombre del encargado: _____

Fecha	Día	Temperatura ambiente (°C)	Humedad (%) del ambiente	Humedad del grano (%)	Observaciones
	1			1 2 3	
	2			1 2 3	
	3			1 2 3	
	4			1 2 3	
	5			1 2 3	
	6			1 2 3	
	7			1 2 3	
	8			1 2 3	
	9			1 2 3	
	10			1 2 3	
	11			1 2 3	