



**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
ESCUELA DE POSGRADO**

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN

ESCUELA DE POSGRADO

Mapeo de la calidad del cacao en las diferentes regiones agroecológicas de Nicaragua

**Tesis sometida a consideración de la División de Educación y la Escuela de Posgrado
como requisito para optar al grado de**

MAGISTER SCIENTIAE

en Agroforestería y Agricultura Sostenible

Regina Lucía López Martínez

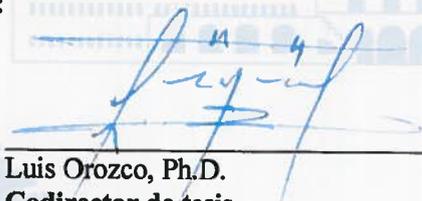
Turrialba – Costa Rica

Agosto, 2020

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero de la estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de

**MAGISTER SCIENTIAE EN AGROFORESTERÍA
Y AGRICULTURA SOSTENIBLE**

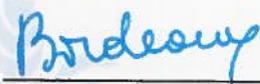
FIRMANTES:



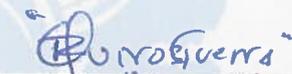
Luis Orozco, Ph.D.
Codirector de tesis



Fernando Casanoves, Ph.D.
Codirector de tesis



Melanie Boreaux, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Roberto Quiroz Guerra, Ph.D.
Decano, Escuela de Posgrado



Regina Lucía López Martínez
Candidata

ESTRUCTURA DE TESIS

El presente trabajo de investigación consta de tres secciones principales:

La primera, consiste en una introducción general que permite contextualizar la relevancia de la investigación para la comunidad científica, educativa y productores, en especial del sector cacaotero de Nicaragua y de la región. Esta investigación tiene como eje principal la agroforestería y agricultura sostenible, ligada a la visión estratégica del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) para generar conocimiento novedoso y pertinente ante las necesidades actuales.

La segunda sección se presenta en formato de artículo científico según lo establecido en la Guía y normas para el proyecto de tesis y para la tesis de maestría del CATIE. Esta sección está dividida por ocho acápites, (i) Resumen, (ii) Introducción, (iii) Revisión de literatura, (iv) Materiales y métodos, (v) Resultados, (vi) Discusión, (vii) Conclusiones, (viii) Literatura citada.

La tercera sección corresponde a anexos, donde se encuentran datos complementarios a los análisis expresados en la segunda sección. De igual modo, formatos e instrumentos utilizados para recopilar la información.

1	Contenido	
1.1	Introducción	1
1.2	Justificación	1
1.3	Importancia	2
2	Objetivos y preguntas de investigación	3
2.1	<i>Objetivo general</i>	3
2.2	<i>Objetivos específicos</i>	3
2.3	Preguntas de investigación	3
3.	Manuscrito científico	4
1.1	Resumen	4
1.2	Abstract	5
2	Introducción	6
3	Revisión de literatura	7
4	Materiales y métodos	12
4.1	Ubicación del área de estudio	12
4.2	Descripción del área de estudio	12
4.3	Procedimiento metodológico	13
4.4	Análisis de datos	16
5	Resultados	17
5.1	Manejo Agronómico	19
5.2	Riqueza dentro del Sistema Agroforestal con cacao	21
5.3	Proceso de Fermentación	22
5.4	Proceso de secado	24
5.5	Tipo de fermentador	26
5.6	Volumen de cacao y proceso de fermentación	26
5.7	Presecado y secado	26
5.8	Procesos e instrumentos	26
5.9	Calidad sensorial	27
5.10	Resultados morfométricos de los granos de cacao	36
5.11	Comparaciones morfométricas dentro de cada una de las Regiones	37
5.12	Porcentaje de humedad	37
5.13	Pruebas de corte de granos de cacao	37

5.14	Espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS)	38
5.15	Congruencia entre grupos de variables	38
6	Discusión	40
7	Conclusiones	45
8	Recomendaciones	46
9	Literatura citada	47
10	Anexos	54

Índice de Figuras

Figura 1.	Mapa de Nicaragua con la distribución de los puntos de muestreo.....	12
Figura 2.	Biplot de componentes principales donde se vinculan las regiones evaluadas y los atributos sensoriales de catación.....	29
Figura 3.	Biplot que representa la relación entre las variables y las evaluaciones de cada una de las muestras con distintivos por regiones.....	30
Figura 4.	Perfil sensorial muestra RSJ_4.....	31
Figura 5.	Perfil sensorial de la muestra TMinas_5	32
Figura 6.	Perfil sensorial de la muestra Segov_1.....	32
Figura 7.	Árbol de recorrido mínimo proveniente de análisis de las percepciones identificadas en las muestras de cacao por región.....	34
Figura 8.	Proporciones medias de pruebas de corte y errores estándar	38
Figura 9.	Biplot que representa la relación entre los componentes principales del NIRS, las puntuaciones obtenidas por la catación y las regiones evaluadas	39

Índice de cuadros

Cuadro 1. Descripción general de las regiones de estudio.....	18
Cuadro 2. Descripción general del manejo agronómico y caracterización de las áreas de estudio. Los datos expresados corresponden a la media por región y el error estandar con un 95% de significancia, tablas de frecuencia donde se indica el porcentaje de ocurrencia de cada variable categorica.....	19
Cuadro 3. Continuación de la descripción general del manejo agronómico y caracterización de las áreas de estudio. Los datos expresados corresponden a la media por región y el error estándar con un 95% de significancia y tablas de frecuencia donde se indica el porcentaje de ocurrencia de cada variable categórica.....	20
Cuadro 4. Descripción general el proceso de fermentación de las regiones de estudio	22
Cuadro 5. Descripción general del proceso de presecado y secado de las áreas de estudio y corresponden a las muestras obtenidas.....	24
Cuadro 6. Número de muestras disponibles por cada una de las regiones evaluadas.....	27
Cuadro 7. Puntuaciones medias de los atributos sensoriales por regiones a partir de las muestras evaluadas por el panel de catadores.....	28
Cuadro 8. Media de las proporciones de ocurrencia por regiones de las percepciones identificadas por el panel de catadores	33
Cuadro 9. Matriz de distancia del análisis de coordenadas principales provenientes de percepciones de la catación. Se tomaron las 120 evaluaciones del panel de catadores.....	34
Cuadro 10. Análisis de varianza de medias a partir de datos morfométricos de los granos de cacao por regiones.....	36

Índice de Anexos

Anexos A Instrumento para recopilar datos para análisis sensorial por el panel de catadores.....	54
Anexos B. Instrumento para la recolección de la información sobre manejo agronómico y agroforestal.....	55
Anexos C. Instrumento para la recolección de la información del proceso de beneficiado	56
Anexos D. Instrumento para la recolección de datos morfométricos.....	57
Anexos E. Instrumento para la recolección de información de las pruebas de corte de los granos de cacao.....	58
Anexos F. Distribución de muestras sensoriales por región.....	59
Anexos G. Consolidado de las percepciones de los catadores en la evaluación sensorial de las muestras	59
Anexos H. Análisis de varianza de datos morfo métricos de la región Costa Caribe .	60
Anexos I. Análisis de varianza de datos morfometricos de Matagalpa Sur	60
Anexos J. Análisis de varianza de datos morfometricos de Jinotega	61
Anexos K. Análisis de varianza de datos morfometricos de Las Segovias	61
Anexos L. Análisis de varianza de datos morfometricos de Matagalpa norte	62
Anexos M. Análisis de varianza de datos morfometricos de Río San Juan	62
Anexos N. Análisis de varianza de datos morofometricos de Triángulo Minero.....	63
Anexos O. Análisis de varianza de datos morfometricos de Waslala	63
Anexos P. Medias de pruebas de corte expresados por regiones	65
Anexos Q. Análisis de varianza para el porcentaje de humedad del grano.....	66
Anexos R. Análisis de varianza para peso del grano de todas las muestras.....	66
Anexos S. Análisis de varianza de largo para todas las muestras	68
Anexos T. Análisis de varianza de ancho para todas las muestras.....	69
Anexos U. Análisis de varianza de espesor para todas las muestras.....	70
Anexos V. Resultado de análisis de componentes principales de Espectroscopia de Infrarrojo Cercano (NIRS)	72

Dedicatoria

De manera especial este trabajo de investigación está dedicado a mi familia, como pilar fundamental de mi vida, que me han apoyado con mucho amor y paciencia. Por ayudarme a soñar que no hay imposibles cuando se hacen las cosas con pasión.

A mi país, Nicaragua, y en especial a los productores cacaoteros por ser la inspiración para generar herramientas que les permita desarrollarse de manera integral, acercando la investigación a quien más lo necesita.

Agradecimientos

De manera sincera, expreso mis muestras de estima y agradecimiento a:

DAAD, por otórgame la beca que me permitió desarrollar mi proceso de formación en la Maestría en Agroforestería y Agricultura Sostenible.

CATIE, quien más allá de una institución, se hace una segunda familia por la calidad humana de compañeros de clases, amigos, docentes, investigadores y personal administrativo, que me compartió sus conocimientos y experiencias, siempre con una sonrisa.

De manera muy especial, al maestro Fernando Casanoves Ph.D, por sus valiosas lecciones que quedan atesoradas como lecciones de vida, su dedicación y estima durante mi proceso de aprendizaje; Luis Orozco Aguilar Ph.D, por su apoyo, tiempo y dedicación, ambos Co-Directores de esta investigación quienes confiaron en mí y que hicieron que este proceso fuese muy ameno y divertido. Donde convertimos retos en metas concluidas el día de hoy.

NICAFRANCE, ECOM –Atlantic, por facilitarme las condiciones, laboratorios y equipos para desarrollar etapas de la fase de campo, en especial a Melanie Bordeaux Ph.D como asesora de la investigación, Jorge Rivera por sus valiosos aportes, Melissa Sobalvarro y demás miembros del equipo. Al proyecto MOCCA por compartir insumos de información para la tesis.

Al Gobierno de Nicaragua principalmente al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, (INTA), por su colaboración durante el proceso de investigación, en especial al Compañero Miguel Obando, Co-Director General, como mi mentor en este proceso de formación académica.

Mi mayor agradecimiento al panel de catadores conformado por María José Tejero, Cristóbal Herrera y Eliezer López. Finalmente, todas las cooperativas, organizaciones de productores y personas que se vinculan a la cacaocultura en Nicaragua que dispusieron de su tiempo, experiencia y conocimientos para compartirlos conmigo y poder desarrollar esta investigación, sin ellos esto no sería posible.

1.1 Introducción

Los cacaotales en Nicaragua se caracterizan por ser sistemas agroforestales, en asocio con árboles frutales, maderables y de servicio (Matey *et al.* 2013). Su base genética es una mezcla del grupo trinitario y se conoce de la existencia de materiales con genotipos locales especiales (Trognitz *et al.* 2013); esto puede estar relacionado con el origen del cacao criollo antiguo y la cercanía con la principal zona cacaotera del país. La evidencia indica que el cacao criollo antiguo fue domesticado al noreste de Nicaragua, actual Región Autónoma de la Costa Caribe Norte y del territorio Hondureño (Cornejo *et al.* 2018), por lo cual puede existir descendencia actualmente. De igual modo, se conoce que el cacao ha sufrido un proceso importante de segregación genética, principalmente por utilizarse las semillas como material de siembra y esto influye en la calidad sensorial (Orozco *et al.* 2016). Adicionalmente, se ha identificado que Nicaragua posee cacaotales en edad avanzada, a los cuales se les da escaso manejo y están en densidades bajas de siembra (Ayestas *et al.* 2013), que pueden influir en su calidad.

La RAE (2019) define calidad como una “*propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor*”. Particularmente, la calidad del cacao se relaciona con aspectos físicos, químicos, nutricionales y sensoriales de sus granos y, por lo tanto, de los productos finales, los cuales, en muchos casos, son barras de chocolate (De Cock 2019). Los factores determinantes de la calidad son: el material de siembra o base genética, las prácticas de manejo agronómico (que dependen de las condiciones del ambiente y los suelos), el manejo fitosanitario, la maduración de los frutos y la cosecha, un apropiado manejo poscosecha que incluye la apertura de las mazorcas, la fermentación, el secado y el almacenamiento (Lima *et al.* 2011). Los cacaos finos o de aroma son aquellos que poseen su propio sabor característico y un perfil aromático distintivo, los cuales normalmente se emplean en la fabricación de chocolates especiales (CAOBISCO/AEC/FCC 2015). Con este estudio se realiza una exploración de la calidad del cacao nicaragüense en las principales regiones productoras del país, valorada desde aspectos físicos y bioquímicos del grano, sensorial a la pasta o licor de cacao, manejo del cacaotal, proceso del beneficiado y aspectos agroclimáticos que puedan influir en la calidad final del producto.

1.2 Justificación

Los nicaragüenses han utilizado el cacao como base para bebidas típicas y alimentos (Negaresh y Marín 2013), destacándose por tener un sabor pronunciado, con notas especiales tales como floral, frutal, miel y cítricas (Orozco *et al.* 2016). Se han realizado esfuerzos por determinar aspectos relacionados con la cadena del cacao nicaragüense, por medio de investigaciones en las principales zonas cacaoteras, pero aún existe la necesidad de conocer la calidad por regiones (Matey *et al.* 2013, Trognitz *et al.* 2013, Negaresh y Marín 2013, Ayestas *et al.* 2016, Martorell 2019, Papalexandratou *et al.* 2019). Este estudio

pretende dar una continuidad al esfuerzo del mapa de sabores de cacao, el cual es una herramienta que muestra los orígenes y características organolépticas del cacao en ciertas zonas de Honduras, El Salvador y Nicaragua (<https://cocoaflovormap.cacaomovil.com/>), de igual forma, se tomará como referencia el mapa de sabores de Ecuador. Este trabajo de investigación se desarrolla en estrecha articulación con la academia, el sector público, el sector privado y los organismos de colaboración.

1.3 Importancia

Este trabajo de investigación es relevante porque le permitirá al sector cacaotero conocer acerca de la calidad del cacao a partir de parámetros físicos, bioquímicos y sensoriales de los granos, así como su relación con el manejo agronómico, el beneficiado (fermentación/secado) y la condición agroclimática. Debido a que la muestra es de todo el país, la información obtenida será más completa y representativa en comparación con los esfuerzos desarrollados previamente. Esta investigación está alineada a las estrategias y planes del sector, ya que incluye actores públicos y privados, los cuales en diversos espacios han planteado la necesidad de investigar acerca de los factores que afectan la calidad del cacao. Dentro de estos espacios se destaca que en el 2006 se desarrolló el Plan Estratégico de Cacao y se discutió sobre la calidad organoléptica del producto (Montagnon *et al.* 2006).

Actualmente, el sector cacaotero ha realizado importantes avances en cuanto al tema calidad de grano, partiendo de la Estrategia Nacional para el Desarrollo de la Cacaocultura en Nicaragua y su plan de implementación (INTA s/f), en la cual los actores de la cadena de cacao desarrollan acciones en conjunto para el desarrollo del sector; sin embargo, se requiere de información científica que aporte las acciones estratégicas que se están ejecutando.

2 Objetivos y preguntas de investigación

2.1 Objetivo general

Determinar el perfil de calidad del grano de cacao fermentado y seco procedente de las principales regiones de cultivo de Nicaragua.

2.2 Objetivos específicos

- Documentar el manejo agronómico de los cacaotales y los protocolos de beneficiado (fermentación y secado) de las principales regiones productoras en Nicaragua.
- Evaluar el perfil sensorial, físico y bioquímico de granos de cacao fermentados y secos procedentes de diferentes regiones del país.
- Determinar la relación entre el perfil sensorial, físico y bioquímico del grano y las condiciones agroecológicas y el manejo agronómico de los cacaotales.

2.3 Preguntas de investigación

- ¿Es posible percibir atributos organolépticos específicos por regiones?
- ¿Son los protocolos de beneficiado similar dentro de la misma región y similar entre regiones?
- ¿Los perfiles sensoriales, físicos y bioquímicos del grano son similares para una misma región?
- ¿Es posible correlacionar el manejo agronómico, las condiciones edafoclimáticas, el beneficiado del cacao con sus perfiles bioquímicos y sensoriales en las regiones?
- ¿Es posible categorizar de las regiones con base en sus perfiles sensoriales, físicos, bioquímicos, de manejo agroforestal, de manejo de beneficiado y condiciones ambientales?

3. Manuscrito científico

Mapeo de la calidad del cacao en las diferentes regiones agroecológicas de Nicaragua

Regina Lucía López Martínez
Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE),
regina.lopez@catie.ac.cr

1.1 Resumen

La calidad de cacao se logra a través de diversas condiciones y procesos que permiten expresar sus atributos de sabor y aroma. Actualmente, se requiere determinar el perfil de calidad de granos de cacao fermentado y seco procedentes de las principales regiones de Nicaragua. Esta investigación constituye un estudio comparativo entre aspectos físicos, químicos, sensoriales de granos cacao, complementando con manejo del cacaotal, manejo del beneficiado y aspectos agroclimáticos. Los datos provienen de 28 sitios de muestreo, distribuidos en nueve regiones del país, con un total de 36 muestras evaluadas. La investigación tiene un enfoque mixto que incluye estadística multivariada y descriptiva. Dentro de la descripción de las regiones se consideran aspectos edafoclimáticos, arreglo agroforestal y manejo del cacaotal por parte de las cooperativas y productores que forman parte del estudio. Por medio de análisis de componentes principales y coordenadas principales se determinó que las regiones de Caribe Sur, Triángulo Minero y Río San Juan registraron los mejores atributos sensoriales que derivan de una buena calidad de grano. El análisis de varianza de los datos morfométricos indica que existen diferencias significativas entre regiones con respecto a peso, largo, ancho y grosor de las semillas. Los protocolos de fermentado y secado responden a la demanda del comprador, principalmente de la empresa Ritter Sport, los procesos de presecado y secado varían principalmente por las condiciones climáticas. Por medio del análisis de procrustes generalizados, se determinó que los componentes principales generados a partir de los análisis de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) establecen mayor consenso con las percepciones obtenidas por el panel de catadores, esto atribuye una relación entre los compuestos bioquímicos y la percepción sensorial de olor y sabor del cacao. Finalmente, se confirma que la calidad del cacao está determinada por un conjunto de factores ambientales, genéticos, de manejo agroforestal y post cosecha del cacao y en el caso de Nicaragua es posible determinar diferentes perfiles de sabor y aroma entre regiones.

Palabras claves: análisis sensorial, características organolépticas, perfiles, aroma y sabor.

Mapping the quality of cocoa in the different agroecological regions of Nicaragua

1.2 Abstract

Cocoa quality is achieved through various conditions and processes that allow its flavor and aroma attributes to be expressed. Currently it is required to determine the quality profile of fermented and dry cocoa beans from the main regions of Nicaragua. This research constitutes a comparative study between physical, chemical and sensory aspects of cocoa beans, complementing with cocoa plantation management, beneficiary management and agroclimatic aspects. The data come from 28 sampling sites, distributed in nine regions of the country, with a total of 36 samples evaluated. The research has a mixed approach that includes multivariate and descriptive statistics. Within the description of the regions, edaphoclimatic aspects, agroforestry arrangement and cocoa plantation management by the cooperatives and producers that are part of the study are considered. Through analysis of principal components and principal coordinates, it was determined that the regions of the Caribe Sur, Triángulo Minero, and Río San Juan registered the best sensory attributes derived from good grain quality. The analysis of variance of the morphometric data indicates that there are significant differences between regions with respect to weight, length, width and thickness of the seeds. The fermentation and drying protocols respond to buyer demand, mainly from Ritter Sport, the pre-drying and drying processes vary mainly due to weather conditions. Through the analysis of generalized procrustes, it was determined that the main components generated from the near infrared spectroscopy (NIRS) analysis establish greater consensus with the perceptions obtained by the panel of tasters, this attributes a relationship between the biochemical compounds and the sensory perception of the smell and taste of cocoa. Finally, it is confirmed that cocoa quality is determined by a set of environmental, genetic, agroforestry and post-harvest cocoa management factors and in the case of Nicaragua, it is possible to determine different flavor and aroma profiles between regions

Keywords: sensory analysis, organoleptic characteristics, profiles, aroma and flavor.

2 Introducción

La calidad del cacao se relaciona con aspectos físicos, químicos, sensoriales y nutricionales (De Cock, 2019) los cuales pueden estar influenciados por el manejo del cacaotal, el material de siembra, las condiciones ambientales y los procesos de cosecha y poscosecha (Lima et al. 2011). Nicaragua se reconoce como un país productor de cacao fino y de aroma ante la ICCO desde el año 2015 (ICCO 2019). Se ha identificado que el cacao nicaragüense se destaca por presentar notas florales, frutales, miel y cítricas (Orozco *et al.* 2016) y que existen diversos perfiles de acuerdo con el mapa de sabores de cacao que se desarrolló en 2017. Se han realizado esfuerzos por determinar aspectos relacionados con la cadena del cacao nicaragüense, por medio de investigaciones en las principales zonas cacaoteras, centrados en algunos casos en Waslala, identificada como la zona de mayor producción (Matey *et al.* 2013, Trognitz *et al.* 2013, Negareh y Marín 2013, Ayestas *et al.* 2016, Martorell 2019, Papalexandratou *et al.* 2019). Sin embargo, es necesario conocer la calidad en las demás regiones y establecer una comparación entre ellas. Este estudio pretende dar continuidad y fortalecer la información disponible, ya que agrega una descripción del manejo agronómico de los cacaotales y protocolos de beneficiado (fermentación y secado). Además, se realiza una evaluación del perfil sensorial, análisis físicos y una relación con aspectos bioquímicos. Para esta investigación se tomaron 28 puntos de muestreo y un total de 36 muestras; representa así un primer esfuerzo nacional por alcanzar una mayor comprensión de la calidad analizada desde diversos aspectos.

3 Revisión de literatura

Producción de cacao en Nicaragua

Los cacaotales en Centroamérica están establecidos en sistemas agroforestales con la finalidad de proveer las frutas, madera y leña y sombra al cacao, brindando así ingresos adicionales a los productores (Orozco-Aguilar, 2010, Guharay *et al.* 2006, Cerda *et al.* 2014). Actualmente, el país se posiciona como el mayor productor de cacao en Centroamérica con un estimado para el ciclo 2017/2018 de 6,600 t , le siguen Honduras y Panamá (ICCO 2019). Se estima que en Nicaragua existen aproximadamente 15,878 ha establecidas con cacao (22.6 mil manzanas) (Gobierno de Nicaragua 2019), donde participan cerca de 11,000 productores, distribuidos principalmente en Waslala, Región Autónoma Costa Caribe Sur, Región Autónoma Costa Caribe Norte, Matagalpa, Jinotega y Río San Juan. A nivel nacional, el 57% de los productores están organizados en 56 cooperativas/asociaciones (Martorell 2019).

Desde septiembre de 2015 a inicios del 2019, Nicaragua tuvo ante la Organización Internacional del Cacao (ICCO), el estatus de país productor 100% de cacao fino o de aroma; sin embargo, en la última evaluación de abril 2019 dicho porcentaje se ha reducido a un 80%; esto debido a limitantes en el proceso de trazabilidad y control de calidad del cacao exportado (ICCO 2019b). Por otro lado, el cacao nicaragüense ha sido reconocido por su calidad, dando origen a diversas barras de chocolate que han obtenido múltiples distinciones. Durante la competencia *America's Bean-to-bar and Chocolatier* se obtuvieron reconocimientos a chocolates elaborados en Nicaragua (International Chocolate Award 2019). De igual modo, en competencias regionales como la Competencia Centroamérica del *International Chocolate Awards* en 2017, Nicaragua obtuvo 13 reconocimientos y el más importante de ellos fue el galardón de oro para la categoría de Barras de Chocolate de Origen negro sin sabor (International Chocolate Award 2017).

En la zona de Waslala, la cual es el municipio con mayor producción de cacao (Martorell 2019) existe una importante diversidad genética entre las fincas (Trognitz *et al.* 2011). Esto puede aportar diversas notas que determinan combinaciones de sabores únicos, notas deseables por los catadores profesionales, incluso se considera que exhibe aromas floral y frutal similar al Nacional Arriba de Ecuador (Trognitz *et al.* 2013). Evaluaciones de la calidad organoléptica del grano de Waslala mediante ejercicio de microfermentación destacan varias notas especiales como floral, miel, críticas y frutales, con escasas de notas maderables (Orozco *et al.* 2016).

Calidad del cacao

El cacao de calidad fina o de aroma se produce principalmente en América Latina, y representa cerca del 3% del cacao producido a nivel mundial. Se vende a precios superiores que el restante 97% de cacao conocido como corriente o *bulk*, el cual se produce principalmente en África y Asia (Cevallos-Cevallos et al. 2018). Para competir en mercados diferenciados es importante la presencia en el cacao de atributos de calidad química y organolépticas deseables (Ventura *et al.* 2014, CAOBISCO/AEC/FCC 2015).

La calidad del cacao se expresa a través de las características físicas y organolépticas de las semillas, tales como el material genético, el manejo poscosecha, las condiciones agroclimáticas, tipo de suelos, el manejo de la finca y los procesos de transformación (Ventura et al. 2014). La genética influye en el tipo y la cantidad de proteínas almacenadas en las almendras y los polifenoles, los cuales se degradan durante la fermentación y el secado con el fin de formar precursores de sabor (Kongor *et al.* 2016), asimismo implican una fuerte influencia en cuanto a la calidad física del grano (Pérez *et al.* 2016).

Calidad de acuerdo con aspectos físicos

La calidad del cacao se expresa por medio de características físicas tales como el tamaño, el grosor de la cáscara y el color (Ventura *et al.* 2014). Los genotipos que poseen índices de semillas superiores a 1,0 g son aceptables desde el punto de vista de los estudios fitogenéticos e industriales (Arciniegas 2005). Dentro de los aspectos físicos que afectan la calidad del cacao se consideran la madurez del fruto, el tiempo de cosecha, el tiempo de almacenamiento y las condiciones ambientales (Oracz *et al.* 2015).

Calidad de acuerdo con el material genético

La variedad el cacao juega un papel fundamental en la concentración de compuestos fenólicos y sus propiedades, por lo tanto en el comportamiento durante la fermentación y el secado (Oracz *et al.* 2015). Esto fortalece la premisa indicadora de que el material genético es determinante en cuanto a las características sensoriales del cacao (Ventura *et al.* 2014). Autores como (Cevallos-Cevallos *et al.* 2018) han evaluado el comportamiento de diferentes días de fermentación de acuerdo al tipo de cacao (forastero, criollo, nacional) y los cambios en los compuestos químicos y la posibilidad de expresar sus atributos organolépticos. Los autores destacan que los cacaos criollos se caracterizan por manifestar aromas florales, frutales y maderables. La fermentación de los cacaos forasteros dio origen a aromas florales y dulces, en tanto el cacao tipo Nacional proporcionó aromas frutales, a hierbas verdes y a madera. Se puede concluir que los clones de cacao, influyen sobre las propiedades de los granos creando variaciones en las características físicas y químicas, aunque se desarrollen bajo similares condiciones de fermentado y secado (Pérez *et al.* 2016).

Calidad de acuerdo con el manejo de beneficiado

El beneficiado del cacao es un conjunto de técnicas que incluye la apertura de las mazorcas, fermentación, secado y almacenamiento (Lima *et al.* 2011). La poscosecha o beneficiado inicia con la fermentación, donde las semillas se fermentan con el mucílago que las rodea (Carr *et al.* 2012) y da inicio a un proceso complejo, en el que se producen sucesiones microbianas, a partir de los azúcares y polisacáridos de la pulpa o mucílago del grano, el cual es fermentado por microorganismos que desarrollan cambios de temperatura, pH y disponibilidad de oxígeno en el microambiente. Los microorganismos desarrollados son levaduras, bacterias de ácido láctico, bacterias de ácido acético y hongos, originando una serie de reacciones bioquímicas y condiciones que causan la muerte del embrión (Ho *et al.* 2014). Las levaduras y bacterias pueden encontrarse en diferentes proporciones incluso en la misma región, y desarrollan diferentes papeles en el proceso de fermentación. Por ejemplo, *Tatumella spp.* contribuye con la aparición de notas de sabor fino según estudios recientes (Papalexandratou *et al.* 2019). De igual modo, el proceso de fermentación, provoca que la coloración en el interior de las semillas de cacao cambie progresivamente de violeta a marrón (Vera Chang y Goya Baquerizo 2015). Estas reacciones bioquímicas reducen el amargor y la astringencia de los granos (Kongor *et al.* 2016).

Como parte de las técnicas de poscosecha se considera el presecado, este no beneficia a todos los clones de la misma manera. En el caso del CCN-51, se ha demostrado la posibilidad de desarrollar una mayor intensidad aromática en sabores a cacao, floral, frutal y nuez; no obstante, en otros clones como EET-95 y las mezclas de cacaos nacionales, ambos fermentados en sacos de yute, desarrollan un pronunciado sabor amargo, ácido y astringente (Jimenez *et al.* 2018).

Posterior a la fermentación se procede con el secado que consiste en la reducción de la humedad contenida en los granos de cacao, liberando así los ácidos volátiles y ácido acético, el cual conduce a una menor acidez en los granos. La oxidación y la polimerización de polifenoles dan como resultado la reducción de su concentración (Kongor *et al.* 2016). Una vez obtenidos los granos secos se procede a tostarlos, dando lugar a una segunda evaporación de ácidos volátiles, aumentando los compuestos de sabor deseables que reducen el amargor y la astringencia del grano final (Kongor *et al.* 2016) y se desarrolla el aroma típico del cacao (Frauendorfer y Schieberle 2006). El tostado, también permite aflojar la cáscara, facilitando la transformación posterior (Afoakwa *et al.* 2008). Cabe destacar que el sabor final se obtendrá hasta después del proceso de fermentado, secado, tostado y molido de los granos de cacao (Ho *et al.* 2014).

A pesar de la cantidad de información relacionada con el proceso poscosecha, los productores de Waslala, han identificado ciertas dificultades en el proceso de fermentado y secado. Por esto, se propone desarrollar acopios eficientes con una gestión empresarial más organizada, incluyendo fermentación controlada, monitoreo de temperatura, secado al sol o

con horno y sistematizar el proceso para maximizar los beneficios a las familias productoras (Ayestas *et al.* 2016).

Calidad de cacao de acuerdo con aspectos bioquímicos

Con respecto al contenido de cafeína, se ha encontrado que valores superiores a 3 mg/g del peso seco libre de grasa, producen cacaos de alta calidad. El contenido de aminoácidos libres está asociado con un buen potencial del aroma, y los polifenoles totales tienen influencia en el sabor, ya que están relacionados con el amargor y la astringencia del cacao (Phillips *et al.* 2012). Se ha identificado una correlación entre los niveles de cafeína y teobromina, con atributos sensoriales de aroma a nuez, floral y frutal percibidos por un panel de catadores en Huila, Colombia (Machado *et al.* 2018).

Calidad de acuerdo con el análisis sensorial

La calidad sensorial u organoléptica, corresponde a la valoración por catadores que evalúan las percepciones de sabor y aromas del cacao. Cuando los procesos de poscosecha no se desarrollan apropiadamente, se pueden presentar ciertos sabores desagradables que disminuyen o comprometen la calidad. La astringencia se percibe con mayor intensidad cuando se da una inadecuada fermentación y provoca contracciones en las mucosas de la lengua. El amargor se origina cuando se da una fermentación deficiente (Vera Chang *et al.* 2012, Vera Chang y Goya Baquerizo 2015). La incorrecta fermentación produce un grado importante de granos violetas y esto se puede identificar en el análisis físico (Vera Chang y Goya Baquerizo 2015). De igual modo, es posible percibir olores moho relacionados con un secado deficiente. La percepción a humo de madera puede estar relacionado con un secado de manera artificial. Puede ocurrir que los granos de cacao se contaminen con otros olores y sabores desagradables durante el transporte (Aguilar 2016).

Utilización de espectroscopia de infrarrojo cercano en cacao

La evaluación de la composición química de los granos de cacao permite conocer los efectos fisiológicos en sus consumidores y brinda información valiosa tanto a nivel nutricional como para determinar su uso en la industria. Esta composición puede variar de acuerdo al material genético y a factores ambientales (Caprioli *et al.* 2016). Por lo complejo de la composición del cacao y sus numerosos compuestos que determinan la calidad, es necesario realizar análisis que permitan evaluar múltiples parámetros de forma rápida. Por este motivo, la técnica de espectroscopia de infrarrojo cercana (NIRS, por sus siglas en inglés) se transforma en una herramienta valiosa para determinar la calidad bioquímica del cacao (Krähmer *et al.* 2015).

La técnica NIRS, junto con métodos de análisis estadísticos multivariados, ha permitido discriminar muestras de cacao en siete regiones de Ghana, según su origen geográfico. Esta

técnica permite la evaluación de manera efectiva, en menor tiempo y genera información clave para determinar la trazabilidad de los granos de cacao en una región. El uso de NIRS resulta exitoso por su practicidad y constituye una alternativa a otros métodos como cromatografía, los cuales son más costosos y tediosos (Teye *et al.* 2013). Puede aplicarse a diversas sustancias, inclusive a productos elaborados como el chocolate, para determinar su valor nutricional (Moros, 2007). Asimismo, de manera no destructiva identificar la composición bioquímica dentro de los granos de cacao (Águilar *et al.* 2012) y permite definir estándares de calidad (Gunaratne *et al.* 2019)

El estudio de Barbin *et al.* (2018) ha identificado que la información espectral de los granos de cacao cambia de acuerdo con las variedades, esto puede atribuirse a la absorción de agua y los cambios de proteínas. Por lo tanto, los autores proponen el uso del NIRS para facilitar la clasificación y predecir la composición química de las muestras de licor de cacao y posibles adulteraciones. De igual modo, explican que se requiere primero un análisis bioquímico de las muestras, para luego comparar los datos con modelos predictivos. Estas metodologías deben acompañarse con análisis estadísticos multivariados.

4 Materiales y métodos

4.1 Ubicación del área de estudio.

El estudio se desarrolló en las principales regiones productoras de cacao en Nicaragua. Se consideró las características geográficas, climáticas y de manejo agronómico, las muestras se obtuvieron de las siguientes regiones:

1. Región Pacífico: Isla de Ometepe.
2. Caribe Norte: Región Autónoma de la Costa Caribe Norte (RACCN): Bonanza, Rosita, Siuna y Finca Cacao Oro.
3. Waslala: algunas cooperativas de Waslala.
4. Matagalpa Norte: La Dalia, El Tuma.
5. Matagalpa Sur: Río Blanco, Matiguás, Muy Muy.
6. Las Segovias: Ocotal y Nueva Segovia.
7. Jinotega: Plan de Grama, San José de Bocay y El Cuá.
8. Caribe Sur: Región Autónoma de la Costa Caribe Sur (RACCS), El Rama.
9. Río San Juan: El Castillo, Boca de Sábalos y Los Chiles.

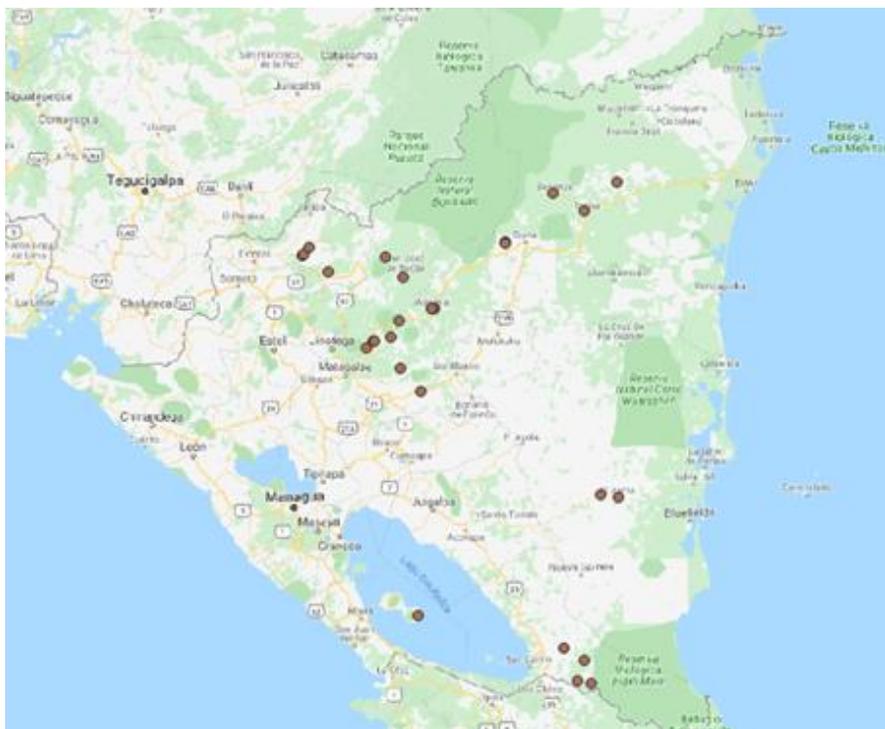


Figura 1. Mapa de Nicaragua con la distribución de los puntos de muestreo. Fuente: Elaboración propia.

Escala 1:35000000

4.2 Descripción del área de estudio

Cada zona productora de cacao representa un área de estudio y está conformada por sitios de muestreo, los cuales incluyen organizaciones de productores (cooperativas y/o asociaciones) o bien fincas de productores independientes (tanto a escala media como escala comercial). Se considera que dentro de cada zona las condiciones climáticas, el manejo de los cacaotales y beneficiado del grano son similares; por lo tanto, se asume que son homogéneas internamente y heterogéneas con las otras zonas. Este estudio consiste en una adaptación de la investigación del Mapa de la Calidad del Café en Nicaragua de acuerdo con las regiones, condiciones ecológicas y manejo de la finca (Vaast *et al.* 2005). Para la caracterización de las zonas se consideró el trabajo realizado por Martorell (2019).

4.3 Procedimiento metodológico

La colecta de los datos en campo se realizó entre los meses de diciembre 2019 y marzo 2020. Para la selección de la muestra, se consideró previamente la base de datos de cooperativas cacaoteras, la cual cuenta con el registro del Ministerio de Economía Familiar Comunitaria, Cooperativa y Asociativa (MEFCCA), el directorio de operadores de la cadena de cacao de Nicaragua elaborado por Rikolto en el marco del SICACAO (<http://sicacao.info>) y recomendaciones del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) e informantes claves en el sector para identificar los puntos de muestreo que fuesen representativos en su región.

Los criterios para la selección de los productores que proveyeron la muestra fueron: 1) la cooperativa, empresa o productor independiente que realiza el proceso de fermentado y secado de los granos de cacao de forma independiente, 2) disposición a formar parte del estudio, 3) disponibilidad de facilitar al menos 2 kg de cacao fermentado y seco, 4) disposición de compartir el protocolo de fermentado, secado y datos de manejo del cacaotal, 5) ubicación en una de las regiones donde se realizó la investigación y 6) que la finca y/o cooperativa fuese fácil acceder para realizar la visita de campo.

Una vez coordinadas las visitas al territorio se procedió a llevar una ruta lógica, de tal manera que permitiera realizar una visita a la región de manera eficiente, integral y recolectar los datos de los sitios previamente coordinados. Se visitaron 28 cooperativas y fincas de productores pertenecientes a las nueve regiones previamente seleccionadas. Durante las visitas se aplicaron 30 encuestas a productores y responsables de cooperativas, las cuales permitieron obtener información acerca del manejo agronómico y de beneficiado (Anexos B y C). Se recolectaron 36 muestras de granos de cacao fermentado y seco, los cuales posteriormente fueron sometidos a los análisis de calidad física, sensorial y bioquímica. La información agroclimática (precipitación, altitud, pendiente y ordenes de suelos) se obtuvo a partir de mapas disponibles en el sitio web <http://cci.alianza-cac.net/> visitado durante el mes de noviembre 2019.

Procesamiento de las muestras de grano y pasta o licor

Para el análisis sensorial se adaptó la metodología propuesta por Ventura *et al.* (2014), Vera Chang *et al.* (2012) y FCCI (2016) y con el complemento de la metodología aplicada por el INIAP (Jiménez *et al.* s.f.). A partir de las muestras de granos de cacao se procede a la torrefacción, descascarado, molienda y refinado para producir el licor de cacao. El proceso se llevó a cabo en el Laboratorio de Agroalimentos del INTA, Managua, bajo los protocolos de higiene y seguridad establecidos. Se tomaron submuestras de 300 gr de semillas de cacao, las cuales se procesaron en un tostador de acero inoxidable, marca Carmomaq y con una temperatura de 300 °C. El tostador se precalentó a 115°C, se activó el rotor en el que se colocó la submuestra de tal manera que esta se movía constantemente, a los siete minutos de transcurrido el proceso se verificó el producto extrayendo un par de granos y a los 13 minutos se extrajo la muestra a la bandeja de enfriamiento y se dejó reposar por un lapso de cinco a diez minutos, posteriormente se realizó el descascarillado manual. Para la molienda, se utilizó un molino marca Waring, con un recipiente y cuchillas de acero inoxidable y potencia de motor de 1 hp y 20000 rpm. A continuación, las muestras se colocaron en bolsas de polipropileno y se cerraron en cuanto estuvieran a temperatura ambiente. Una vez terminadas de procesar cada muestra, se lavó y secó todo el equipo y se procesó la siguiente. Con el mismo procedimiento antes descrito, se realizaron duplicados por cada muestra con el objetivo de limitar el error de procesamiento. El orden del procesamiento fue aleatorio y todas las submuestras se codificaron y etiquetaron para su correcta trazabilidad. Al final se obtuvieron 33 muestras.

Evaluación sensorial de las muestras

Las evaluaciones sensoriales se llevaron a cabo por un panel de catadores expertos, conformado por tres integrantes quienes evaluaron las muestras de manera independiente, aleatorizada y sin información sobre su origen o procesos de torrefacción. El panel de catadores estuvo distribuido en dos localidades, Matagalpa y Managua. Cada catador evaluó 33 muestras diferentes y siete repeticiones de las muestras, las cuales se seleccionaron de manera aleatorias para ser aplicadas en los diferentes días de catación, dando un total de 40 evaluaciones por catador. Las repeticiones consistían en muestras de siete orígenes de grano con el mismo proceso de torrefacción, pero realizado de manera independiente. Se aplicaron dos maneras de evaluar, la primera consistía en emitir una puntuación numérica en la escala del 1 al 10 (1 el mínimo y 10 el máximo), para determinar su percepción ante los sabores previamente descritos: cacao, acidez, amargor, astringencia, dulzura, frutas frescas, frutas maduras, nuez, floral, frutal, madera, especies, sabores malos y puntuación final. La segunda consistió en describir sus percepciones respecto a la muestra de la pasta de cacao (Anexo A). Esta metodología corresponde a una adaptación del Mapa de Sabores de Ecuador (ANECACAO, 2013-www.anecacao.com) y consultas con expertos en catación.

La codificación de las muestras y entrevistas contempló las siglas de la región donde fue tomada y un código numérico único. Las muestras de granos de cacao se almacenaron en recipientes de plástico cerrados y bajo condiciones inocuas con el fin de garantizar la calidad del producto.

Evaluaciones morfológicas y prueba de corte de los granos

Se tomaron al azar 100 granos de cada muestra de cacao fermentado y seco, los cuales fueron pesados individualmente en una balanza digital. Con un calibrador digital (vernier/pie de rey) marca Truper, modelo CALDI-6MP. Con un rango de medida de 0 - 152.4 mm y una resolución de 0,01 mm, se midió el largo, ancho y grosor de las semillas. Las medidas fueron expresadas en gramos para el caso del peso y en milímetros para las medidas morfológicas (Anexo D).

Para obtener los datos de las pruebas de corte, se seleccionaron al azar 100 granos de cacao de cada muestra y se cortaron de manera longitudinal con una guillotina de acero inoxidable marca MAGRA 12, con capacidad para 50 granos de cacao. Posteriormente, los granos fueron ordenados según las características de color y forma interna de los cotiledones, utilizando como referencia los parámetros de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (Aguilar 2016). Las categorías de clasificación fueron: bien fermentados, ligeramente violetas, violetas, sobrefermentados, moho interno, pizarrosos, gemelos, planos, germinados, quebrados, daños por insectos. Esta información fue recopilada para las 36 muestras disponibles (Anexo E).

Como parte de la recopilación de los datos físicos de los granos de cacao, se realizó la medición de humedad de las muestras con un medidor de humedad Mini GAC moisture tester Dickey –John. La cantidad de granos utilizada fue la requerida para llenar la cámara de medición. Se realizaron tres mediciones tomando muestras al azar de grupos de granos de una misma muestra y se registró el dato promedio de humedad de las 33 muestras evaluadas.

Evaluación química con NIRS

Para el análisis de composición química se utilizó la espectroscopia de infrarrojo cercano, NIRS modelo DS 2500, Marca FOSS, ubicado en los laboratorios de la empresa AgriTech en Sébaco, Matagalpa. Aplicando el protocolo del grupo ECOM-Atlantic, NICA-FRANCE se seleccionaron al azar entre 25 y 30 granos de cacao. Se separó la cáscara del grano manualmente con ayuda de un bisturí quirúrgico, luego se molieron y tamizaron para homogenizar la muestra. Posteriormente, se ubicaron 15 gr del polvo de cacao en la copa de lectura y se taparon. Se colocó la muestra en el equipo y este generó una matriz de datos, y de manera gráfica el equipo NIRS indicó en el rango del espectro donde se encontraba la composición de la muestra. Una vez finalizada la toma de datos de una muestra, se procedió

a limpiar y desinfectar todas las superficies del instrumento con alcohol hisopropílico al 95% y toallas desechables con el fin de evitar contaminación de las muestras posteriores.

4.4 Análisis de datos

Los análisis estadísticos para todas las variables se realizaron en el software InfoStat (Di Rienzo *et al.* 2019). Para el análisis sensorial, se subdividieron las variables en dos fases, la primera consistió en las evaluaciones numéricas, para ello se tomó el valor promedio de las puntuaciones asignadas por los catadores, y de manera independiente, a cada una de las variables por cada muestra. Con la base de datos que contiene las 120 evaluaciones sensoriales de las 33 muestras, se realizó un análisis multivariado de componentes principales. Se utilizó como medida resumen la media, estandarizando los datos y representándolos en el plano mediante un gráfico Biplot, identificando como criterios de clasificación la región y el código de las muestras. Se realizaron tablas resumen de las medias de las evaluaciones por muestra y región para obtener el promedio de las puntuaciones asignadas por los catadores. Finalmente, se realizó un análisis de varianza multivariado entre regiones y aplicando la técnica de comparación de medias de Hotelling con un nivel de significancia de 0.05.

Al momento de procesar los datos de las percepciones obtenidas por los catadores, se identificaron 74 características de sabor/aroma o variables categóricas, estas a su vez fueron agrupadas en 20 categorías (Anexo G). Dicha agrupación se realizó con el apoyo del equipo de catadores. Estas variables categóricas fueron transformadas utilizando variables auxiliares (*dummy*) y fueron analizadas usando coordenadas principales con árbol de recorrido mínimo (ARM). Se realizaron tablas de frecuencia, por cada una de las variables categóricas, con el fin de conocer la cantidad de veces que el panel de catadores percibió estas características de sabor/aroma en las muestras.

Los datos morfométricos (peso y dimensiones) y de humedad del grano, provenientes de las pruebas de corte y medición de humedad, se resumieron mediante estadísticas descriptivas. Para las variables de manejo agronómico provenientes de 30 encuestas, se analizaron la densidad de plantas, edad de la plantación, última producción estimada, clones/variedades utilizadas, injertación, fertilización, frecuencia de podas del cacao y especies de sombra.

Para el análisis de datos de beneficiado (proveniente de 30 encuestas al personal responsable del beneficiado del grano en las cooperativas/fincas) se obtuvieron estadísticas descriptivas y tablas de frecuencia para las principales variables cualitativas evaluadas: tipo de fermentador, volumen de fermentado, tiempo de fermentado, número de volteos, frecuencia de medición de temperatura, frecuencia de remoción y días de secado.

A partir de los datos obtenidos de la lectura con el NIRS, correspondientes a los análisis de espectroscopia de infrarrojo cercano de las 36 muestras, se realizó un análisis de componentes principales. Para determinar la congruencia entre los grupos de variables (sensorial cualitativo y cuantitativo, morfométricos, NIRS) se realizó un análisis de procrustes generalizados con el objetivo de identificar la congruencia entre grupos de variables.

5 Resultados

Se cuenta con un total de 36 muestras de granos de cacao, provenientes de 28 sitios diferentes, distribuidos en las nueve regiones evaluadas en todo el país. La información general se presenta a continuación (Cuadro 1), la cual es información recopilada a partir de <http://cci.alianza-cac.net/> e información obtenida de la base de datos y mapas del CATIE.

Cuadro 1. Descripción general de las regiones de estudio

Regiones	Elevación (msnm)	Precipitación media anual (mm)	Pendiente (%)	Orden de suelo	Aptitud para cacao
Caribe Sur	78.8	2661	7.96 – 15.9	Ultisoles y alfisoles	Apto con clima templado – muy húmedo.
Jinotega	224 - 897.5	1414 – 1711			Apto con clima no definido y apto con clima templado – muy seco.
Las Segovias	547.6	1092	7 - 8.52	Inceptisoles y molisoles	No apto o idóneo, y apto con limitaciones.
Matagalpa Norte	434 - 652	1528 – 1735	7.85	Alfisoles	Apto con clima templado- muy seco, apto con clima no definido, apto con limitaciones.
Matagalpa Sur					Apto con limitaciones, apto con clima caliente-seco y apto con clima no definido.
Pacífico	211	1534	8 – 26	Molisoles	Apto con limitaciones, apto con clima muy caliente-seco y apto con clima no definido.
Río San Juan	0 - 85	1802 -3043	7.53 – 30.1	Inceptisoles y ultisoles	Apto con clima templado- muy húmedo y apto con clima no definido.
Triángulo Minero	124 -248	2842 – 2062	8.5 – 16.1	Inceptisoles y ultisoles	Apto con clima templado- húmedo, apto con clima no definido y apto con clima frío-húmedo.
Waslala	148-446.2	2127	8.76 – 17.5		Apto con clima no definido, apto con clima templado- muy seco y apto con clima frío-húmedo.

5.1 Manejo Agronómico

Cuadro 2. Descripción general del manejo agronómico y caracterización de las áreas de estudio. Los datos expresados corresponden a la media por región y el error estándar de tablas de frecuencia donde se indica el porcentaje de ocurrencia de cada variable categórica.

Regiones	N	Densidad de plantas por ha	Edad de la plantación (años)	Producción kg/ha/seco	No. de podas al cacao (anual)	Eventos de regulación de sombra	Tipo de material*	Grupos genéticos **
Caribe Sur	2	605 ±35	16±9	613.5±122.7	1.5±0.5	0	0/50/50	T:100%
Jinotega	4	854. ±82	12±1.2	670.7±65.4	2±0.6	0.5±0.3	0/50/50	C: 25% CT: 25% T:50%
Las Segovias	4	612 ±193	25.5±16.6	302.7±161.1	0.75±0.25	0.3±0.3	25/25/50	C.33% CT:33% T:33%
Matagalpa Norte	5	757 ±93	12.8±3.9	411.04±105.7	2±0.6	0.8±0.2	40/60/0	CT:40% T:60%
Matagalpa Sur	2	591±21	15.5±4.5	343.5±98.2	1	0.5±0.5	0/100/0	CT:50% TF:50%
Pacífico	1	427	5	220.85	3	1	0/100/0	CT:100%
Río San Juan	4	776±30	9.75±1.7	503.1±136.1	1.3±0.3	0.3±0.3	0/50/50	CT:50% CTF:50%
Triángulo Minero	5	747 ±59	11.2±1.5	628.2±126.0	2±0.3	1±0.5	0/100/0	C:40% CT:40% T:20%
Waslala	3	861±221	22.3±1.3	564.4±0	2	2	0/100/0	CT:100%
Promedio	30	730±28	14.8±2.4	499.3±46.2	1.67	0.7±0.1	10/67/23	C:14% CT:45% CTF:7% T:31% TF:3%
Mín/Máx		43-1302.6	4-75	73.6 -981.6	0-4	0-2		

Desviación estándar	221.13	12.94	235.27	0.92	0.92
---------------------	--------	-------	--------	------	------

*Proporción del tipo de material que conforman las parcelas de cacao: clones (se refiere a árboles de cacao con una conoce procedencia genética conocida y provienen de una clonación del árbol madre, reproducidos de manera asexual), híbridos (materiales establecidos por semillas, de los que no se conoce la procedencia genética, provienen de una reproducción sexual) y clones + híbridos.

** Se utilizan 5 categorías: C: criollo, CT: criollo y trinitario, CTF: criollo, trinitario y forastero, T: trinitario, TF: trinitario y forastero; surgen a través de la percepción expresada por los productores, no se realizó análisis genético a las mazorcas para confirmar.

Cuadro 3. Continuación de la descripción general del manejo agronómico y caracterización de las áreas de estudio. Los datos expresados corresponden a la media por región y tablas de frecuencia donde se indica el porcentaje de ocurrencia de cada variable categórica.

Regiones	N	Fertilización al cacao (respuesta positiva)	Tipo de fertilizante	No. de fertilizaciones anuales	Uso de plantas injertadas*	Obtención del material**	Riqueza del SAF***	Promedio de sp de sombra
Caribe Sur	2	100 %:	50% convencional;50% orgánico	1.75±0.25	N:50% SV:50%	DP:50% NI:50%	1.79±0.29	6 ab
Jinotega	4	50%	100% orgánico	1	N:50% SC:50%	DP:50% INTA:50%	1.10±0.29	3 bc
Las Segovias	4	0%	-	-	N:25% SV:75%	DP:25% INTA:25% D:50%	1.5±0.24	4.5 abc
Matagalpa Norte	5	60%	67% convencional 33% orgánico	1.5	N:20% SC:60% SV:20%	FC:40% NI:60%	1.44±0.22	4.20 abc
Matagalpa Sur	2	100%	50% convencional; 50% orgánico	1	N:100%	VL:100%	1.95 ±0.27	7 a

Pacífico	1	0%	-	-	N:100%	DP:100%		
						DP:25%	1.91±0.19	6.75 a
Río San Juan	4	75%	33% convencional, 67% orgánico	1.67±0.33	N:25% SC:50% SV:25%	INTA:25% MOC:25% VL:25%		
Triángulo Minero	5	100%	60% convencional, 30% orgánico	3	SC:100%	DP:33% MOC:17% NI:17% VL:33%	0.88±0.29	2.4 c
Waslala	3	100%	33% convencional; 67% orgánico	6	SC:100%	DP:67% MOC:33%	1.79±0.24	6 ab
Media total	30	67%	45% convencional; 55% orgánico	2.21±0.36	N:30% SC:50% SV:20%	FC: 6% DP:32% INTA:13% MOC:10% NI:16% VL:16% D:6%		

- * N: no realiza injertación, SC: si realiza injertación en campo, SV: si realiza injertación desde el vivero.
- ** Obtención del material de siembra: FC: Banco de germoplasma finca La Cumplida, DP: Donación de un proyecto, INTA: Banco de germoplasma de INTA, MOC: múltiples orígenes conocidos, NI: No lo indica, VL: Viveros locales, D: desconocido.
- ***Riqueza del Sistema Agroforestal con cacao, surge a partir de las especies de frutales, maderables y de servicio que indicaron poseer dentro del arreglo agroforestal con cacao. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$)

5.2 Riqueza dentro del Sistema Agroforestal con cacao

Se calcularon los índices de riqueza para determinar la diversidad de árboles presentes en las áreas de cultivo con cacao, se hicieron análisis independientes de varianza por cada grupo preestablecido (frutales, maderables y servicio/otros usos) y se determinó que

únicamente existen diferencias entre las regiones respecto a la riqueza de frutales. Este factor es el que determina las diferencias en la prueba de LSD Fisher (Alfa=0.05), cuando se integran los tres tipos de sombra y se obtiene como resultado que las regiones de Río San Juan y Matagalpa Sur presentaron los mayores índices de riqueza (1.39 ± 0.25 y 1.39 ± 0.35) respectivamente. No fue posible identificar diferencias significativas en las demás regiones.

5.3 Proceso de Fermentación

Cuadro 4. Descripción general del proceso de fermentación de las regiones de estudio.

Regiones	Estructura de fermentador*	Temperatura máxima	Días de fermentación	Horas de la 1er remoción	Protocolo de fermentación
Caribe Sur	CR: 100%	45°C:50% 47°C:50%	6.25 ± 0.25	36±12	RS:100%
Jinotega	S:50% CRCH:50%	48°C:50% Desconocida:50%	3.5 ± 0.96	24±13.86	NU:25%, PC:50%, RS:25%
Las Segovias	S:25% CH:75%	37.5°C: 25% Desconocida:75%	6.25 ± 0.48	48	INTA:75%, PC:25%
Matagalpa Norte	CR:40% CH:60%	48°C: 40% 50°C: 20% Desconocida: 40%	6.30 ± 0.54	42±4.72	Zoe: 20%, PC:40%, RS:40%
Matagalpa Sur	CR:50% E:50%	48.5°C:50% 55°C:50%	6	24	PC: 50%, RS:50%
Pacífico	CH:100%	Desconocida: 100%	3	24	PC:100%

Río San Juan	E:75% ECR:25%	45.5°C: 25% 47.5°C: 5% Desconocida: 50%	5.88±0.52	51±3	Zoe: 25%, RS:75%
Triángulo Minero	CR:50% CRCH:17% CH:33%	28°C:17% 47.5°C: 17% 60°C:17% Desconocida: 50%	6.17±0.51	36±8.2	INTA: 17%, PC:33%, RS:50%
Waslala	CR:50% E:50%	50°C:100%	5.33±0.33	32±8	PC:33%, RS:67%
Media total	S:10% CR:30% CRCH:10% CH:30% E:17% ECR:3%	28-37.5°C: 9% 45- 45.5°C:6% 47- 50°C: 38% 55- 60°C:6% Desconocido: 42%	5.63±2.98	37.48±2.98	NU:3%, INTA: 13%, Zoe: 6%, PC:32%, RS:45%

- * Estructuras de fermentado: CR: cajillas tipo rohan, S: sacos, CRCH: cajillas tipo rohan y cajones horizontales, CH: cajones horizontales, E: tipo Escalera vertical, ECR: tipo escalera y cajillas rohan.
- **Protocolos de fermentación: RS: recomendado por la empresa Ritter Sport, INTA: recomendado por INTA, Zoe: protocolo recomendado por la Ph.D Zoi Papalexandratou, PC: protocolo propio ajustado a compradores específicos, NU: no utiliza ningún protocolo de fermentación.

5.4 Proceso de secado

Cuadro 5. Descripción general del proceso de presecado y secado de las áreas de estudio y corresponden a las muestras obtenidas.

Regiones	Presecado	Estructura de presecado*	Días de presecado	Promedio de Remociones diarias presecado	Estructura de secado**	Días de secado	Promedio de remociones diarias secado
Caribe Sur	Si:100%	M:50% PSY:50%	2	8	M:50%, MM:50%	9±2	4
Jinotega	Si:50%	M:100%	3	-	P:100%	7.63±2.01	23±4
Las Segovias	Si:50%	P:100%	1.5±0.5	10	M:25%, MM:25%, P:50%	5.5±0.65	21±11
Matagalpa Norte	Si:80%	M:25%, MM:50%, P:25%	1.7±0.54	24±12	M:60%, MM:20%, PS:20%	6.33±1.2	21±7
Matagalpa Sur	Si:100%	M:100%	2.75±0.25	43±29	M:100%	8±1	31±17
Pacífico	Si: 0%	-			P:100%	4	9
Río San Juan	Si:100%	M:50%, MM:25%, P:25%	2.38±0.38	16.67±6.77	M:50%, MM: 50%	9.38±1.14	18±5
Triángulo Minero	Si: 83%	M:50%, MM:33%, PS:17%	2.70±0.20	11.25±3.57	Mt:17%, M:17%, MM:50%, PS:17%	9.25±1.81	21±6
Waslala	Si:100%	M:100%	4.17±0.83	-	M:33%, MM:67%	8.67±0.33	11

Media total	Si:77% No:23%	M:56% MM:20%, PS:4%, PSY:4%, P:16%	2.5±0.22	19±5.1	Mt: 3%, M:38%, MM: 34%, PS: 7%, P: 17%	7.88±0.56	20.24±3.26
-------------	------------------	--	----------	--------	--	-----------	------------

- *Estructura de presecado, corresponde a la estructura en la cual se colocan los granos de cacao para realizar el presecado. M: madera, PSY: plástico y sacos de yute, MM: madera y malla, PS: patio de secado (concreto), P: plástico.
- **Estructuras de secado: Mt: metálica, M: madera, MM: madera y malla, PS: patio de secado (concreto), P: plástico.

5.5 Tipo de fermentador

La proporción de tipos de fermentadores utilizados para beneficiar el grano fue: cajones horizontales 30%, cajas Rohan 30%, tipo escalera 17%, sacos 10% y un 10% combinaron cajas Rohan y cajones horizontales. Los cajones horizontales son usados en las regiones de Las Segovias, Matagalpa Norte, Pacífico y Triangulo Minero. Las cajas Rohan son utilizadas en el Caribe Sur, Matagalpa Sur, Matagalpa Norte, Triangulo Minero y Waslala. Fermentadores tipo escalera se utilizan en Matagalpa Sur, Waslala, Río San Juan y los sacos se utilizan en las regiones de Jinotega y Las Segovias.

5.6 Volumen de cacao y proceso de fermentación

El volumen de grano de cacao a fermentar varió desde los 15.7 a 900 kg. El tiempo total de fermentación presentó variaciones desde dos hasta ocho días en todas las muestras, teniendo como promedio 5.63 ± 2.98 . Existen dos muestras que no realizaron remociones y el proceso duró únicamente dos días. Se identificaron 18 procesos diferentes de fermentación, el 45% utiliza el protocolo recomendado por la empresa Ritter Sport, el 32% utiliza un protocolo propio ajustado a la demanda del comprador, 13% utiliza protocolo recomendado por INTA, 6% protocolo recomendado por Z. Papalexandratou. Asimismo, todas las muestras experimentan dos remociones, 25 de ellas reciben hasta tres remociones, 13 muestran sufren hasta la cuarta y únicamente dos realizan una quinta remoción. La primera remoción se realiza en promedio a las 37.48 ± 2.98 horas. La segunda, tercera y cuarta remoción se realiza en promedio a las 75, 102 y 119 horas, respectivamente. La quinta remoción ocurre a las 120 horas en las muestras.

5.7 Presecado y secado

Más de la mitad de las muestras evaluadas (77%) son sometidas a un presecado cuya duración ronda los 2.5 ± 0.22 días. Durante el proceso de presecado, se realizan en promedio 19 ± 5.10 remociones diarias. Los granos de cacao se secan sobre madera (56%), madera+malla (20%), plástico (16%) y otras superficies como sacos de yute y patios de secado (8%). El secado tiene como objetivo reducir la humedad contenida en el grano de cacao; este proceso dura entre 4 y 17 días, con un promedio 7.8 ± 0.56 días. Durante el proceso de secado es preciso realizar continuos movimientos a la masa de cacao, y se reportó un promedio de 20.24 ± 3.26 remociones diarias. El cacao se seca frecuentemente sobre madera (38%), Madera + malla (34%), plástico (17%) y sobre otras superficies como patios de secado y estructuras metálicas (10%).

5.8 Procesos e instrumentos

Los protocolos de fermentación y secado a los cuales fueron sometidos las muestras evaluadas provienen en un 45% a partir de la metodología recomendada por la empresa Ritter Sport, 32% utiliza el protocolo ajustado de acuerdo al comprador, 13% protocolo recomendado

por INTA, el 3% no utiliza ningún protocolo específico, 6% el protocolo conocido coloquialmente como Zoe, el cual indican fue recomendado por la PhD. Zoi Papalexandratou, durante la elaboración del mapa de sabores de cacao con la contribución de *Lutheran World Relief* en 2017. Más de la mitad de las organizaciones/fincas (58%) que proporcionaron muestras de grano dispone de termómetros para medir la temperatura durante el proceso, el 55% reportó poseer guillotinas, 65% indicó tener medidores de humedad y el 81% lleva libros de registros.

5.9 Calidad sensorial

De las 36 muestras de grano, se prepararon 33 para la evaluación sensorial, ya que tres se descartaron por presencia de moho al momento de la prueba de corte. De las 33 muestras, se realizaron duplicados en todas las muestras del proceso de torrefacción, para disminuir el error por procesamiento, por lo tanto, al momento de la evaluación sensorial, los catadores evaluaron 40 muestras de manera individual, las cuales consistieron en 33 diferentes y 7 repeticiones seleccionadas al azar. Se obtuvo una matriz con 120 evaluaciones por los tres catadores, donde el número promedio de evaluaciones por cada muestra fue de 3.64, cada muestra tuvo entre dos y siete evaluaciones. A continuación, se presenta el número de muestras disponibles por cada una de las regiones y el número de evaluaciones realizadas por los catadores de estas muestras (Cuadro 6).

Cuadro 6. *Número de muestras disponibles por cada una de las regiones evaluadas.*

Regiones	No. de muestras	No. de evaluaciones
Caribe sur	2	9
Jinotega	4	12
Las Segovias	4	12
Matagalpa norte	6	19
Matagalpa sur	2	9
Pacífico	1	6
Río San Juan	4	12
Triángulo Minero	5	23
Waslala	5	18
Total	33	120

Cuadro 7. Análisis univariado de los atributos sensoriales por regiones a partir de las muestras evaluadas por el panel de catadores.

Atributos	Regiones*									N	P-valor	F-valor	Error
	Carib	Jinot	Segov	Mat-N	Mat-S	Pacíf	RSJ	Minas	Wasl				
Cacao	4.4a	3.4a	4.1a	3.4a	3.8a	2.8a	4.7a	4.2a	3.9a	33	0.6019	0.8	1.1042
Acidez	2.8ab	2.1ab	2.3	2.9a	1.9a	2.1a	1.7ab	1.9a	1.5a	33	0.5561	0.9	1.1013
Amargor	2.9ab	3.3ab	3.1ab	3.8b	3.6ab	3.5ab	2.5a	2.5a	3.1ab	33	0.2941	1.3	0.6701
Astringencia	3.1a	3.6a	3.3a	3.4a	3.1a	4.3a	2.7a	2.4a	3.2a	33	0.5703	0.8	0.8620
Dulzura	2.2a	1.5a	1.6a	1.7a	1.0a	0.5a	2.3a	2.7a	1.4a	33	0.3210	1.2	0.9517
Frut fresca	1.7a	0.8a	1.3a	1.8a	0.4a	0.2a	1.6a	1.5a	1.0a	33	0.2738	1.3	0.6388
Frut madura	2.9a	1.8a	1.8a	1.4a	1.3a	1.7a	2.6a	2.3a	1.5a	33	0.4906	1.0	0.9899
Nuez	2.1a	2.0a	2.4a	1.8a	2.2a	1.0a	2.5a	2.7a	2.1a	33	0.6584	0.7	0.7306
Floral	2.3a	1.6a	1.3a	1.3a	0.6a	0.2a	1.5a	0.8a	0.7a	33	0.7161	0.7	1.3337
Madera	1.8ab	1.8ab	2.0b	1.9b	1.7ab	0.8ab	0.8a	1.9b	1.5ab	33	0.1336	1.8	0.3905
Especies	2.3a	1.6a	1.2a	1.5a	1.0a	0.7a	1.9a	1.6a	0.8a	33	0.1974	1.5	0.4594
Sabores malos	1.5a	2.4a	2.0a	2.3a	1.5a	3.1a	1.6a	1.3a	1.9a	33	0.8112	0.5	1.4063
Puntuación final	5.7ab	5.0ab	4.5ab	4.3ab	4.9ab	3.0a	5.8b	5.3ab	4.5ab	33	0.3705	1.1	1.3198

* Carib: Caribe_Sur, Jinot: Jinotega, Segov: Las Segovias, Mat-N: Matagalpa Norte, Mat-S: Matagalpa Sur, Pacif: Pacifico, RSJ: Río San Juan, Minas: Triángulo Minero, Wasl: Waslala.

** Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Evaluaciones sensoriales de las muestras

Se calcularon los valores promedio por región asignados por los catadores (Cuadro 7). Se han indicado (en gris y negrita) las puntuaciones más altas para cada una de las variables, lo cual muestra las diferencias entre regiones. Río San Juan destacó por obtener las puntuaciones más altas en cacao y puntuación final. Caribe Sur presentó puntuaciones altas con respecto a notas: frutas maduras, floral, y especias. La región del Triángulo Minero tuvo las mayores puntuaciones en dulzura, nuez y madera. Matagalpa norte destacó por sus notas de acidez, amargor y fruta fresca. El Pacífico se destacó por alcanzar valores superiores en astringencia y sabores malos.

El análisis de componentes principales (los dos primeros ejes explican el 79% de la variabilidad de los datos) de las evaluaciones sensoriales confirma la relación de algunas variables con ciertas regiones (Figura 2). Igualmente, se puede observar la cercanía entre las regiones, de tal manera que Triángulo Minero, Río San Juan y, en menor proporción, Caribe Sur tienen valoraciones similares y asociadas con atributos positivos. Las Segovias y Waslala al estar ubicadas en el centro, poseen valoraciones similares entre ellas y no destacan con puntuaciones superiores medias en ninguna variable. Matagalpa norte, Jinotega, Matagalpa Sur y Pacífico, al ubicarse al margen izquierdo indican que están vinculadas con atributos poco deseables en cacao. La región del Pacífico es la que presenta mayor diferencia con respecto al resto de las regiones, esto se debe a que la puntuación obtenida en amargor, astringencia y sabores malos es superior y las puntuaciones en atributos positivos es baja en comparación con las otras regiones.

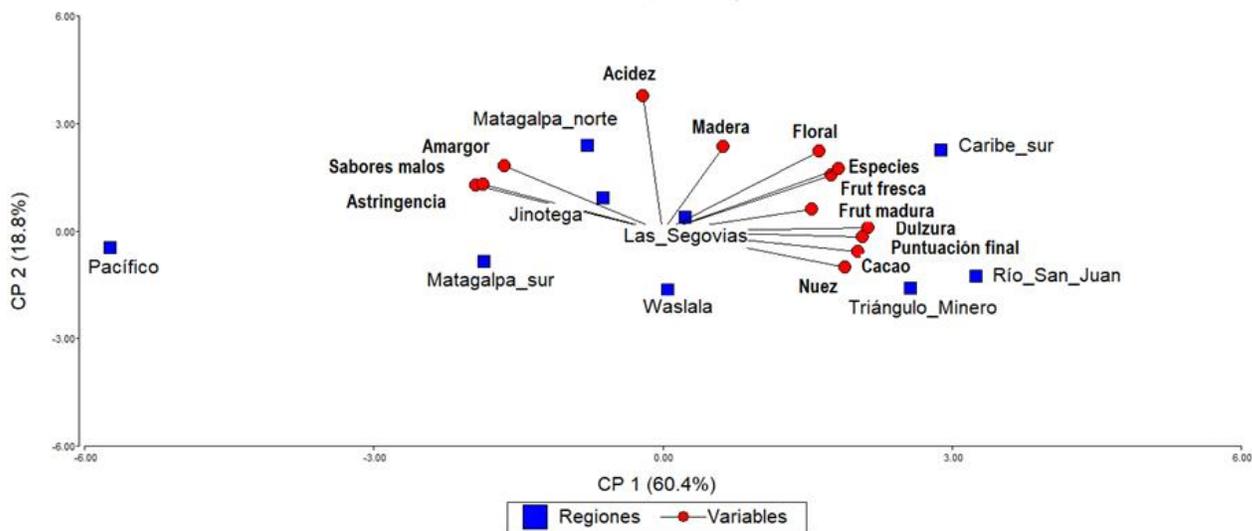


Figura 2. Biplot de componentes principales donde se vinculan las regiones evaluadas y los atributos sensoriales de catación. Fuente: creación propia.

Los resultados del análisis de componentes principales de las muestras (n = 33), utilizando como variable clasificatoria el código de la muestra, se presentan de manera gráfica por medio de Biplot (Figura 3). Los dos primeros ejes lograron explicar el 60% de la variabilidad de los datos evaluados.

En este sentido, se aprecia una distribución distinta a lo expresado previamente, debido a que algunas regiones presentan muestras con valores relacionados con atributos positivos y negativos en los ejes (Figura 3), como el caso de Las Segovias (triángulos verdes invertidos), las cuales poseen un comportamiento similar las muestras de Waslala (hexágonos lilas), Jinotega (triángulos amarillos). De manera particular, Jinotega tiene la muestra Jinot_1 destacada por alcanzar la mayor puntuación en amargor, astringencia y sabores malos, en contraposición la muestra Jinot_3 que presenta la mayor puntuación en notas florales. Matagalpa norte (rombo gris) sigue destacando por tener valores altos en acidez y frutas frescas con la muestra Mat_norte_4. Adicionalmente, la mayor puntuación para nueces corresponde a Segov_2, especies a RACCS_2 y madera a Wasl_4, TMinas_5, Mat_norte_3 y RCCS_1 (tienen la misma puntuación en esta nota).

Las muestras de Caribe Sur (cuadros azules) y Río San Juan (reloj horizontal morado) se distribuyen en su totalidad con valores positivos. Específicamente, la muestra RSJ_4 posee las puntuaciones más altas para las notas de cacao, dulzura, frutas maduras y puntuación final, por lo tanto está ubicada en el extremo derecho; con valores positivos en menor proporción se encuentran Segov_1 (triángulo verde invertido) y TMinas_5 (pentágono celeste). Estas tres muestras se destacan por presentar los mejores atributos y se indican dentro de la circunferencia a la derecha dentro la Figura 3. De manera específica se pueden observar los perfiles posteriormente (Figuras 4, 5 y 6).

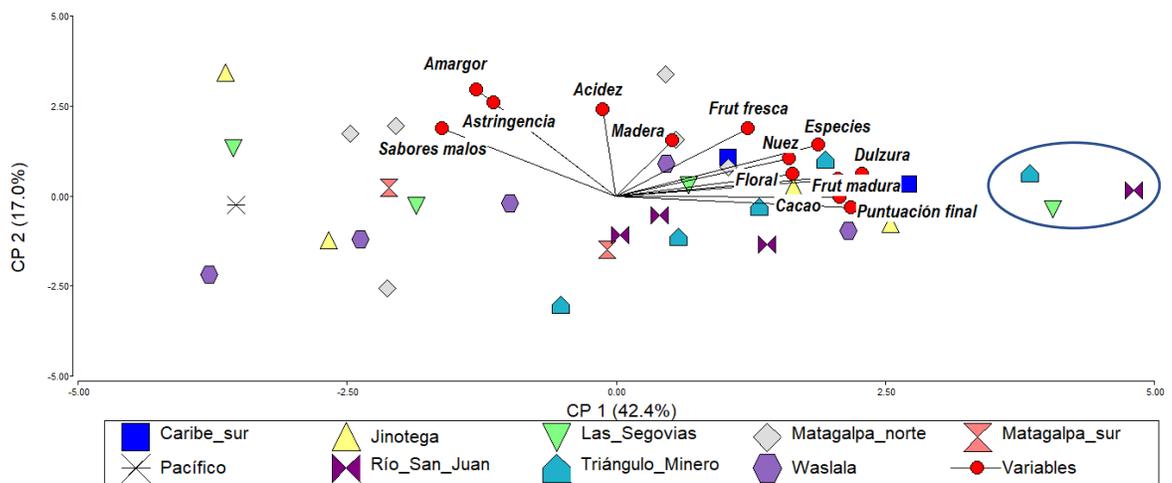


Figura 3. Biplot que representa la relación entre las variables y las evaluaciones de cada una de las muestras con distintivos por regiones. Fuente: creación propia.

Ambos análisis evidencian que las regiones de Río San Juan y Triángulo Minero poseen las notas y percepciones mejor valoradas por el panel de catadores. Sin embargo, es necesario analizar individualmente las muestras y apreciar aquellas sobresalientes dentro de la región, como es el caso de la muestra Segov_1, la cual al ser analizada, de manera regional, queda opacada y con la valoración individual se destacan mejor sus atributos sensoriales.

Perfiles de las muestras destacadas

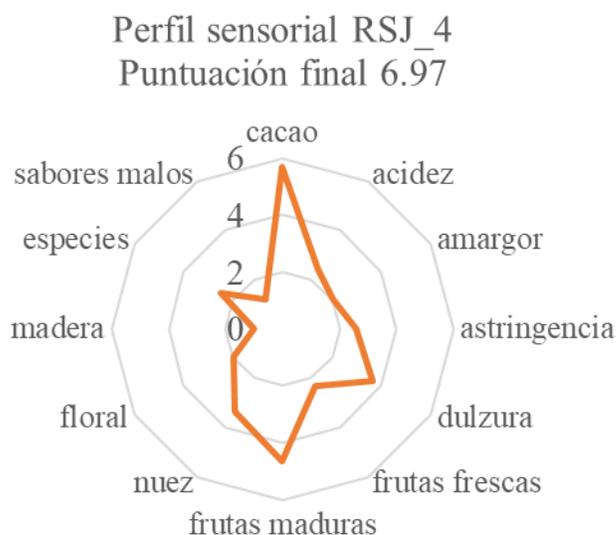


Figura 4. Perfil sensorial muestra RSJ_4. Fuente: Elaboración propia.

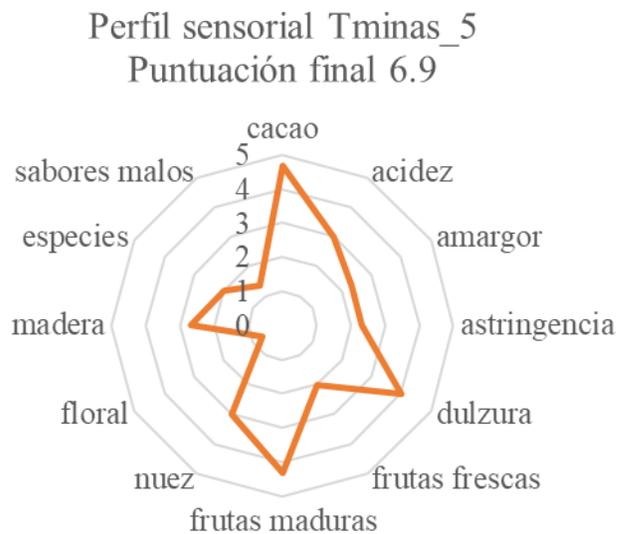


Figura 4. Perfil sensorial de la muestra TMinas_5. Fuente: Elaboración propia.

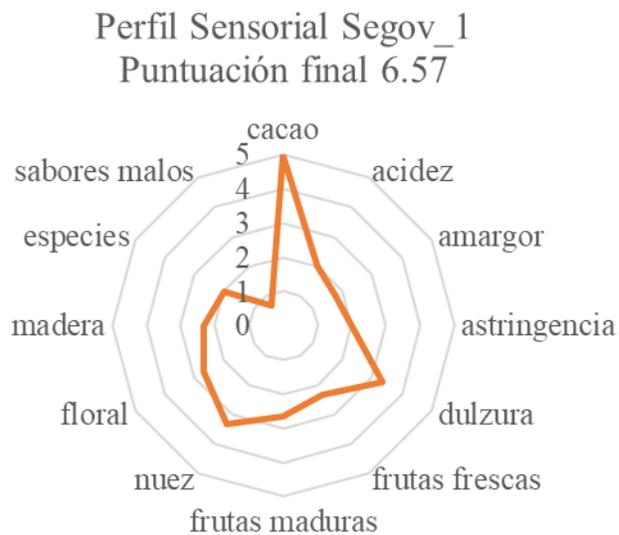


Figura 5. Perfil sensorial de la muestra Segov_1. Fuente: Elaboración propia.

Percepciones sensoriales de las muestras de cacao

La segunda fase de la evaluación sensorial corresponde a la percepción de sabores y aromas en las muestras, cuyos resultados se muestran en el Cuadro 8. Los valores superiores (sombreados) indican la proporción en que dichos sabores/notas fueron identificadas en cada región.

Cuadro 8. *Media de las proporciones de ocurrencia por regiones de las percepciones identificadas por el panel de catadores*

Percepciones	Regiones*								
	Carib	Jinot	Segov	Mat-N	Mat-S	Pacíf	RSJ	Minas	Wasl
Chocolate	0.50	0.58	0.67	0.68	0.50	0.50	0.67	0.73	0.73
Ahumado	0.58	0.25	0.25	0.42	0.58	0.50	0.58	0.54	0.22
Frutal	0.50	0.25	0.25	0.43	0.17	0.33	0.25	0.37	0.23
Aceite	0.42	0.42	0.5	0.25	0.58	0.33	0.33	0.51	0.23
Amaderado	0.75	0.67	0.42	0.49	0.58	0.50	0.42	0.42	0.47
Astringente	0.17	0.08	0.33	0.10	0.08	0.33	0	0.10	0.18
Especie	0.42	0.33	0.33	0.33	0.42	0.17	0.50	0.40	0.25
Dulce	0.17	0.17	0.08	0.31	0.33	0.17	0.25	0.31	0.08
Balanceada	0.17	0.17	0	0	0	0	0.08	0.13	0
Tierra	0	0.17	0	0.11	0	0.33	0.33	0.18	0.22
Herbal	0.33	0.5	0.33	0.26	0.58	0.83	0.42	0.38	0.03
Ácido	0.17	0.08	0.33	0.49	0.33	0	0.17	0.11	0.18
Tabaco	0.17	0.08	0	0	0	0	0	0	0
Desagradable	0.08	0	0.17	0.06	0.08	0	0.08	0	0
Cuero	0.08	0	0.08	0	0	0	0	0	0.03
Cereal	0	0	0.08	0	0.08	0	0.08	0.07	0.03
Amargo	0	0	0.25	0.15	0.08	0.17	0	0.03	0.42
Sobre fermentado	0	0	0.17	0.06	0.08	0.33	0	0.11	0.23
Láctico	0	0	0	0.04	0.08	0.17	0	0.05	0.12
Floral	0.50	0.17	0.08	0.21	0.25	0	0.08	0.15	0.05

* Carib: Caribe_ Sur, Jinot: Jinotega, Segov: Las Segovias, Mat-N: Matagalpa Norte, Mat-S: Matagalpa Sur, Pacif: Pacífico, RSJ: Río San Juan, Minas: Triángulo Minero, Wasl: Waslala.

El análisis de coordenadas principales, expresado por medio de un árbol de recorrido mínimo, sugiere que los dos ejes principales explican hasta un 49.7% de la variabilidad de los datos (Figura 7). En complementariedad con la matriz de distancia (Cuadro 9), el árbol de recorrido mínimo permite identificar las regiones más similares a partir de la percepción de los catadores, así que Río San Juan y Triángulo Minero son las más similares entre sí (valor de 3.25). Las regiones del Pacífico y Caribe Sur fueron las regiones más disímiles (valor 8.67). La región de Triángulo Minero se destaca por poseer la mayor ocurrencia de notas a chocolate, no presentar percepciones de notas a tabaco, desagradable, cuero. La Región de Río San Juan presenta notas ahumadas, especias, tierra y cereal. No tiene presencia de notas a tabaco, cuero, amargo, astringente, sobrefermentado y láctico. La mayor probabilidad de identificar notas florales es en Matagalpa norte y Matagalpa sur, en menor proporción en Jinotega, Triangulo Minero y de manera nula en el Pacífico.

Cuadro 9. Matriz de distancia del análisis de coordenadas principales provenientes de percepciones de la catación. Se tomaron las 120 evaluaciones del panel de catadores.

Regiones	Carib	Jinot	Segov	Mat-N	Mat-S	Pacíf	RSJ	Minas	Wasl*
Caribe Sur	0								
Jinotega	5.43	0							
Las Segovias	7.21	6.74	0						
Matagalpa Norte	6.72	5.90	6.19	0					
Matagalpa Sur	6.71	5.92	5.36	5.70	0				
Pacífico	8.67	6.76	7.39	7.20	6.94	0			
Río San Juan	7.27	4.96	6.62	5.26	5.09	7.35	0		
Triángulo Minero	7.00	5.07	6.22	4.62	4.90	6.86	3.26	0	
Waslala	8.52	6.51	5.29	5.65	6.79	5.75	6.57	5.94	0

* Caribe_Sur, Jinot: Jinotega, Segov: Las Segovias, Mat-N: Matagalpa Norte, Mat-S: Matagalpa Sur, Pacif: Pacífico, RSJ: Río San Juan, Minas: Triángulo Minero, Wasl: Waslala

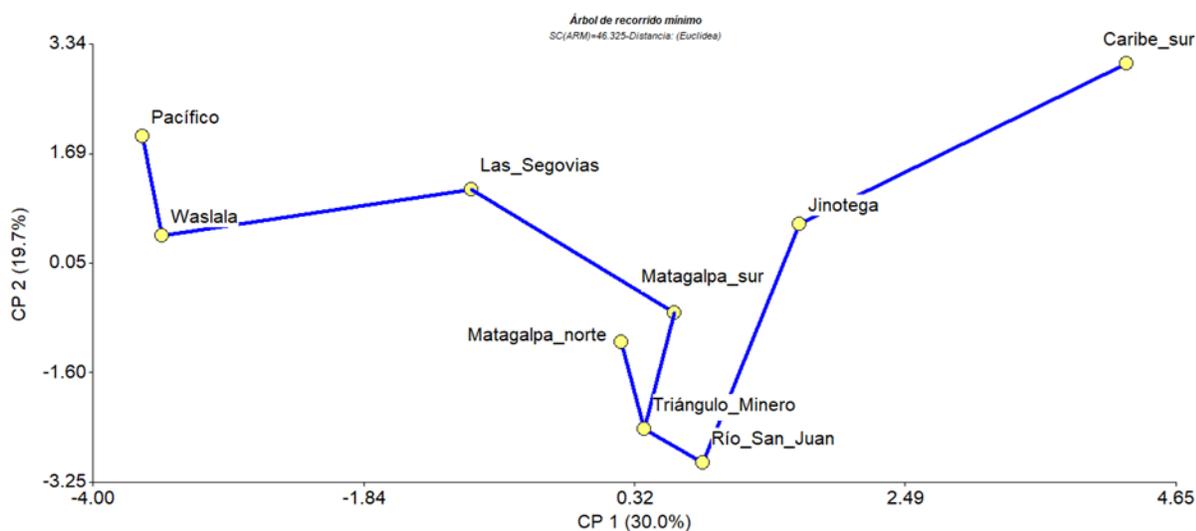


Figura 6. Árbol de recorrido mínimo proveniente de análisis de las percepciones identificadas en las muestras de cacao por región. Fuente: creación propia.

Es importante resaltar que en las regiones Caribe Sur, Jinotega, Río San Juan y Triángulo Minero se logran percibir notas balanceadas en la composición de la muestra, esto coincide con las regiones que poseen mayores puntuaciones finales en el análisis previo. Por lo antes expuesto, es posible determinar que estas regiones tienen las muestras mejor apreciadas por el panel de catadores.

5.10 Resultados morfométricos de los granos de cacao

Comparación entre regiones

Se encontraron diferencias significativas en el peso y dimensión (largo, ancho y espesor) de los granos de cacao entre las regiones ($p < 0.05$) (Cuadro 10). Las regiones con granos más pesados y largos fueron Caribe Sur (1.41 gr), Río San Juan (1.37 gr) y Las Segovias (1.36 gr). Las regiones con granos de cacao más largos y gruesos fueron Caribe Sur (23.97 mm), Río San Juan (23.72 mm) y Matagalpa Sur (23.83 mm). Los granos procedentes de la región del Pacífico se caracterizaron por ser los más pequeños, livianos y con menor grosor, claramente distintos al resto de las regiones del país (Cuadro 10).

Cuadro 10. *Análisis de varianza de medias a partir de datos morfométricos de los granos de cacao por regiones*

Regiones	Peso (gr)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
Caribe Sur	1.41 a	23.97 a	13.21 b	8.72 ab
Río San Juan	1.37 ab	23.72 a	13.02 bc	8.70 ab
Las Segovias	1.36 a	23.28 b	13.69 a	8.87 a
Matagalpa Norte	1.35 b	23.24 b	13.10 bc	8.51 b
Triángulo Minero	1.30 c	23.32 b	12.99 bc	8.50 b
Matagalpa Sur	1.28 cd	23.83 a	13.17 bc	8.47 bc
Waslala	1.25 d	23.20 b	12.94 c	8.25 c
Jinotega	1.24 d	23.12 b	12.97 c	8.04 d
Pacífico	1.03 e	21.38 c	11.78 d	7.50 e
N	3599	3600	3600	3599
Sigma	0.35	2.65	1.49	1.53
P-valor	< 0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
F-valor	18.88	10.85	19.53	17.09

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

5.11 Comparaciones morfométricas dentro de cada una de las Regiones

El peso y las dimensiones de los granos provenientes de varios sitios dentro de las regiones Jinotega, Las Segovias, Matagalpa Norte, Río San Juan, Triángulo Minero y Waslala son estadísticamente distintos ($p < 0.05$). De manera particular, se destaca la muestra Segov_1, la cual presenta mayores valores promedio en peso del grano (1.99 gr), largo (26.35 mm), ancho (16.13 mm) y espesor (11.5 mm) de los granos de cacao. En contraposición, la muestra Segov_2 presenta menor peso (0.9 gr) y largo (20.71 mm); Pacific_1 es la muestra con menor largo (11.78 mm) y Jinot_6 la que presenta menor espesor (6.78 mm). Los resultados de medidas morfométricas de los granos dentro de las regiones se muestran en los Anexos H, I, J, K, L, M, N, O, Q, R, S, T, U.

5.12 Porcentaje de humedad

La humedad es una variable clave y estándar en la determinación de la calidad física de los granos, al momento de la recepción del producto. La mayor parte de las muestras (88%) registra porcentajes de humedad entre 5 y 6.88%. Las restantes tienen valores entre 7.5 y 10% de humedad. En promedio, las muestras provenientes de la región del Triángulo Minero tuvieron el valor más alto de humedad (7.4 ± 0.6).

5.13 Pruebas de corte de granos de cacao

Las muestras evaluadas registraron una proporción de granos bien fermentados de entre 45-75%. Las regiones con valores superiores al 75% de granos bien fermentados fueron Caribe Sur (73.5 ± 2.5), Matagalpa Sur (72.5 ± 0.5), Las Segovias (71.7 ± 9.8) y Río San Juan (71.5 ± 2.2). La región con mayor proporción de granos ligeramente violetas es Matagalpa Norte (34.0 ± 4.14). La mayor proporción de granos violetas se registró en la región del Pacífico (27 ± 0) y la mayor proporción de granos sobrefermentados ocurrió en la región de Waslala (7.4 ± 6.2). Defectos como moho interno y granos pizarroso se registraron en muestras procedentes del Triángulo Minero, Jinotega y el Pacífico, todas en un rango de entre 5-15%. No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las pruebas de corte efectuadas según las regiones ($p > 0.05$). Se graficaron las proporciones de las diferentes categorías encontradas en la prueba de corte (Figura 5). Detalles de las pruebas de corte por cada muestra evaluada se presentan en el Anexo P.

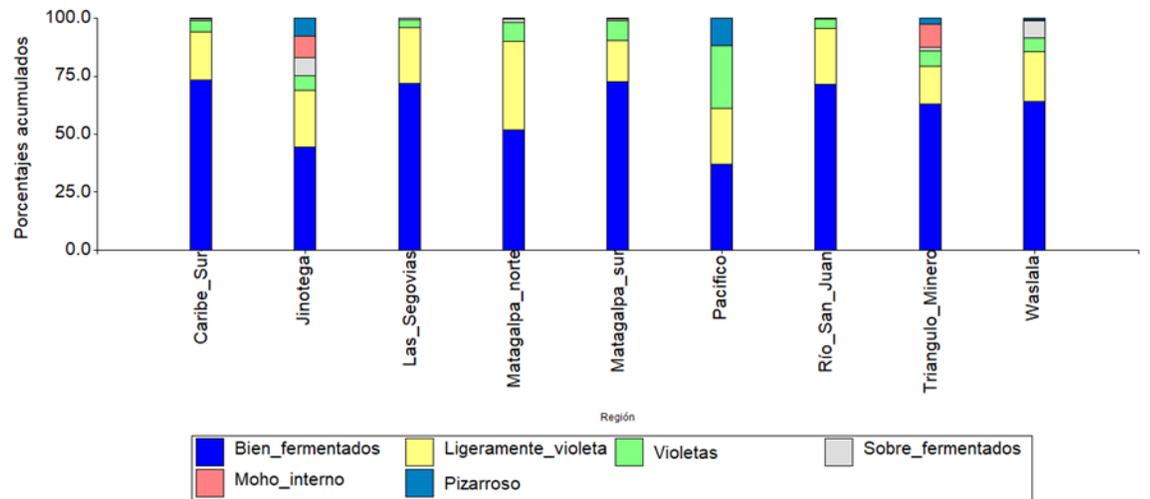


Figura 7. Proporciones acumuladas de las pruebas de corte de los granos de cacao, valores medios por regiones. Fuente: creación propia.

5.14 Espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS)

Una vez analizados los componentes principales de los datos proporcionados por el NIRS, se determina que con los primeros dos componentes se explica el 92% de la variabilidad de los datos (Figura 8). Al no contar con el estudio de laboratorio que permita identificar los compuestos químicos de las muestras la información obtenida es limitada a ser utilizada para el análisis de congruencia y tomarse como uno de los grupos de variables a evaluar.

5.15 Congruencia entre grupos de variables

Se realizó el análisis de componentes principales, el cual comprendió las evaluaciones sensoriales, las regiones y los componentes principales obtenidos de los datos del NIRS. Por la ubicación de los componentes principales del NIRS, se pudo determinar una existente relación con los atributos positivos de calidad sensorial (Figura 9).

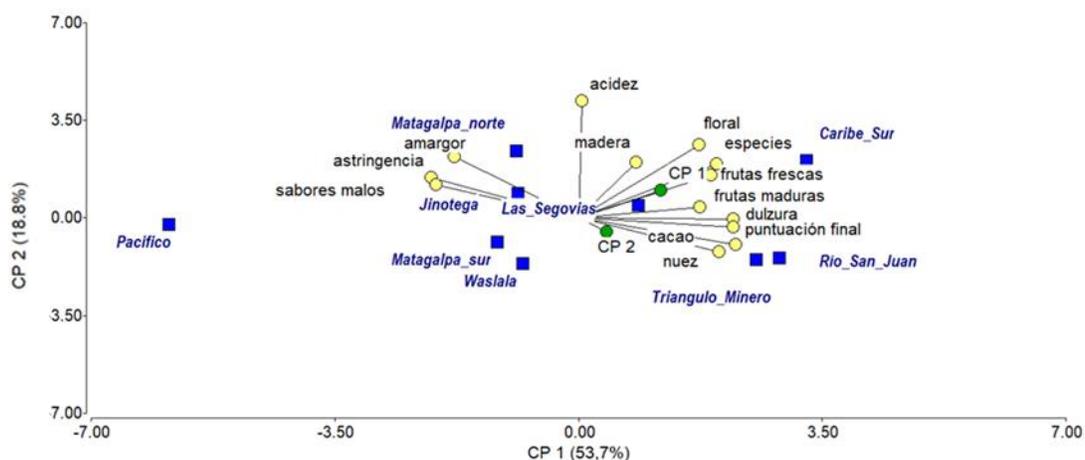


Figura 8. Biplot que representa la relación entre los componentes principales del NIRS, las puntuaciones obtenidas por la catación y las regiones evaluadas. Fuente: creación propia.

Relación entre los grupos de variables

Se determinaron cuatro grupos:

Grupo 1: Componentes principales obtenidos del NIRS.

Grupo 2: Puntuaciones de catación.

Grupo 3: Proporción de ocurrencia de las Percepciones de catación.

Grupo 4: Variables morfométricas (peso, largo, ancho, espesor).

Suma de cuadrados por grupo

Grupo	Consenso	Residuo	Total	Prop Cons
1	0.825	0.328	1.154	0.716
2	0.606	0.376	0.982	0.618
3	0.860	0.321	1.181	0.728
4	0.225	0.459	0.684	0.329
Total	2.517	1.483	4.000	0.629

Los grupos de variables con mayor relación es el grupo 1 y 3. Se ve reflejado en que los valores de consenso son los más altos, por lo tanto la composición bioquímica de las muestras está más relacionada con la percepción de los catadores de acuerdo con la presencia de notas de olores y sabores deseables. De igual modo, está vinculada con las regiones de Río San Juan, Triángulo Minero y Caribe Sur. Se determina que las variables morfométricas con la calidad sensorial no tienen una fuerte relación entre sí, por lo tanto no son un factor determinante en la percepción sensorial del grano cacao (Anexo V).

6 Discusión

Se considera que las zonas seleccionadas para este estudio representan en su mayoría zonas aptas para el cultivo de cacao, exceptuando la región de Las Segovias, la cual se considera no idónea apto con limitaciones. Cabe destacar que las zonas óptimas para el cultivo de cacao están sometidas en promedio a 1800 y 2200 mm de precipitación anualmente (Orozco *et al.* 2016). En este sentido, las regiones de Caribe Sur, Río San Juan, Triángulo Minero y Waslala se ubican en este rango de precipitación, y también en el régimen altitudinal óptimo (0-400 msnm) se incluye la región del Pacífico. Los órdenes de suelo identificados fueron iceptisoles, alfisoles molisoles y ultisoles, en correspondencia a lo identificado por Sandino (1999) para la zona de Waslala, y similares a los encontrados en las zonas cacaoteras de Ecuador (Barrezueta *et al.* 2019). Se ha indicado que los suelos tienen características franco arcillosas (Sánchez-Mora *et al.* 2015), correspondientes con zonas bosque húmedo tropical, donde se establece el cacao. Los tipos de suelos influyen en la calidad sensorial del cacao, principalmente en la acidez del grano (Loureiro *et al.* 2017).

Las Segovias, a pesar de considerarse como una zona apta para el cultivo de cacao, contiene la muestra Segov_1, la cual se identificó con uno de los mejores perfiles sensoriales, y características físicas sobresalientes, las cuales se relacionan con materiales criollo antiguo. La altura promedio de la región es de 547.6 m s.n.m.; esta característica se destaca porque coincide con el estudio en Honduras, donde el cacao criollo se desarrolla a mayores alturas (638 msnm), en comparación con los otros grupos genéticos (Durán 2016). Esta misma muestra posee los valores más altos para peso, largo, ancho y grosor. Adicionalmente, se pudo observar una coloración clara en los granos, lo cual es asociado con cacao fino debido a la baja concentración de antocianina (Wellensiek 1931 citado por Bekele *et al.* 2019)

Se conoce de la existencia diez grupos genéticos de cacao; sin embargo, aún se utilizan la definición de criollo, forastero y trinitario. A partir de esto, se consultó acerca del tipo de material presente en las parcelas y se determinó que el 45% tiene una mezcla de cacao de tipo criollo y trinitario dentro de las parcelas. Se estima que el material predominante es de tipo trinitario (Ayestas 2009). La percepción acertada de los productores coincide con lo identificado en el análisis de diversidad genética, en el cual se destaca que Nicaragua tiene relación con criollos antiguos, y se identificó un grupo catalogado como Trinitario de Nicaragua, relacionado con clones internaciones: ICS-76, ICS-95, OC-77, RIM-113, TRD-86, ICS-6, TRD-37 e ICS-39. Finalmente, se determina que la relación con cacaos forasteros es mínima (Ji *et al.* 2013). Los materiales predominantes provienen de plantas híbridas en un 67%, el 23% tiene una mezcla de híbridos y clones conocidos y el 10% plantaciones clonales.

La edad promedio de los cacaotales es de 14.8 ± 2.36 años, por lo que se ubica dentro de la edad óptima para una buena producción (Somarriba, 2013). Previamente, se indicó que la edad promedio era de 25 a 30 años, (Orozco *et al.* 2016), lo propuesto se puede interpretar como una renovación paulatina de los cacaotales, ya que la edad mínima está en 4 años y la máxima en 75. La densidad promedio es de 729.83 ± 28.36 plantas por ha., previamente se tenían registradas 625 plantas por ha. en Waslala (Ayestas 2009). Actualmente, se registran 861.28 ± 220.66 plantas por ha, convirtiéndose en la región con la mayor presencia de densidad a nivel nacional. Los rendimientos promedios obtenidos son de 499.28 ± 46.14 , superiores a los registrados previamente para la región de Waslala (328 kg ha^{-1}) (Ayestas 2009). Lo anterior, indica un incremento en los rendimientos en los últimos años. Es importante destacar que los rendimientos productivos varían de acuerdo con el tipo de material genético, localidades y años (Sánchez-Mora *et al.* 2015).

El rendimiento del cacaotal se ve afectado por la falta de manejo agroforestal y el exceso de sombra, ya que reducen el potencial productivo (Córdoba *et al.* 2013). En este sentido, los eventos de regulación de sombra poseen una media de 0.7 ± 0.14 , y, de manera particular, son nulos en la región de Caribe Sur. De igual modo, el manejo de la estructura del cacaotal por medio de podas, realizadas en una media de 1.67 anualmente, implican que la poda influye de manera positiva en el tamaño del fruto; no obstante, no significativamente la composición el contenido de minerales del grano (Gutierrez –Brito *et al.* 2019).

Dentro de las prácticas de manejo se considera de suma importancia la fertilización, el 67% indica que realiza eventos de fertilización con una frecuencia nacional de 2.21 ± 0.36 al año, teniendo preferencia por la fertilización de tipo orgánica en un 55%. Con respecto a la riqueza de plantas del sistema agroforestal, se destacan las regiones de Río San Juan y Matagalpa Sur con mayor riqueza, y se conoce que la composición del sistema agroforestal tiene cierta incidencia en la población de polinizadores, así como en la producción y en la calidad del grano (Córdoba *et al.* 2013). De igual modo, se reporta en Bahía, Brasil que una densidad de sombra de 35 árboles por hectárea da como resultado mejores atributos de calidad en los granos de cacao (Loureiro 2017). Existen factores limitantes en la buena calidad del cacao, como lo son el estrés hídrico, las plagas, enfermedades y el dosel de sombra inapropiado (Carr y Lockwoods 2011; Martin 1979). Estos a su vez, afectan el rendimiento (Owusu-Anshat *et al.* 2018), por lo que resultaría conveniente desarrollar estudios futuros a profundidad.

En las regiones de estudio, se pudo observar un estímulo para el establecimiento de clones y la puesta en marcha de la injertación en campo, principalmente con materiales locales y clones adaptados a la zona. Esto puede estar relacionado con el aumento en la

densidad de cacao, así como a que el material de cacao proviene principalmente de donación de proyectos (32%). A pesar del esfuerzo por generar una categorización por zonas agroclimáticas del cacao, existen condiciones favorecedoras en todas las regiones y otras que no permiten expresar todo el potencial del cultivo, por lo tanto, a partir de los datos, generan información que complementa la establecida previamente para cacao en Nicaragua.

Los protocolos de beneficiado son similares entre regiones y dentro de las regiones; sin embargo, no iguales. Se han documentado 18 procesos diferentes de fermentación. Dentro de una misma región se utilizan diferentes tipos de fermentadores, inclusive dentro de una misma cooperativa y/o finca, siendo los cajones horizontales y cajones rectangulares los más utilizados. Los tiempos del proceso de fermentación están vinculados con la demanda del comprador, la cual puede ser la empresa Ritter Sport, otros compradores o para la producción de sus propias líneas de chocolates.

Reportes de Waslala indican 21.7 días calendarios para el proceso de beneficiado (Ayestas 2009), en los que se considera de 5 a 7 días de fermentación y alcanzar entre el 70 y 75% de granos bien fermentados (Dubón 2016). Los datos obtenidos reflejan que la fermentación a nivel nacional tiene un promedio de 5.63 ± 2.98 días, el presecado de 2.5 ± 0.22 y el secado de 7.88 ± 0.56 . Por lo antes expuesto, el proceso de fermentación en Nicaragua es más corto y difiere un poco a lo establecido por Cros (2012) y Dubón (2016). En las regiones que se obtienen mejores perfiles sensoriales, Río San Juan, Triangulo Minero y Caribe Sur, los procesos de fermentación no llegan a los siete días, tienen 5.88 ± 0.52 , 6.17 ± 0.51 y 6.25 ± 0.25 respectivamente.

Con respecto a las estructuras de fermentado se observa muy poco uso de sacos de yute para fermentar; sin embargo, las regiones de Jinotega y Las Segovias que los utilizan tienen una relación más cercana con las notas amargo, ácido y astringente que las otras regiones. Se presume una relación de estos perfiles con la fermentación en sacos (Jimenez *et al.* 2018); no obstante, no se puede considerar como el único factor para desarrollar estos sabores y aromas. De igual modo, puede estar relacionado con una falta de fermentación, la cual provoca el desarrollo del amargor (Aguilar 2016) presente en algunas muestras. A pesar de esto, Jinotega cuenta con una muestra (Jinot_3) que tiene la mayor puntuación de notas florales, y la RACCS_2 con mayor proporción de ocurrencia respecto a esta nota.

Previamente, se identificó que una de las principales dificultades se encuentra en el proceso de fermentado y secado. El poco volumen de acopio, no permite alcanzar la temperatura requerida. De igual forma, la humedad y precipitación son factores importantes para el desarrollo del cultivo y afectan el proceso de fermentación (Ayestas 2009). Es importante destacar que los procesos se están desarrollando de manera centralizada por las cooperativas o productores, las cuales generan suficiente volumen permitiéndoles alcanzar

estándares de calidad deseables. Además, se pudo constatar que las cooperativas tienen escasos equipos para conocer la temperatura durante el proceso de fermentado.

La importancia de las remociones radica en desarrollar procesos apropiados de fermentación, evitando colonización por bacterias acéticas u otros microorganismos causantes de sustancias con olores desagradables o ácidos grasos cortos como putreínas, perminas, permidinas (Cros 2012), las cuales, deterioran de manera significativa la calidad del cacao.

Las notas agradables y de sabor fino identificadas en las muestras, se puede relacionar con la composición de microorganismos desarrollados durante el proceso de fermentación y secado. Como previamente se ha evidenciado las poblaciones de levaduras y bacterias cambian en diferentes regiones y ambientes (Papalexandratou *et al.* 2019). Es posible que algunas muestras no hayan desarrollado todo su potencial sensorial por tener un proceso único de tostado. Por su parte, el cacao criollo no debe ser tostado a altas temperaturas, ni tostarse igual que un cacao forastero (Cros 2012).

Se evidencia el cambio de coloración durante el proceso de fermentación de violeta a marrón (Vera Chang y Goya Baquerizo 2015) y ha sido documentado por medio de las pruebas de corte de los granos, la cual demuestra un porcentaje deseable de granos fermentados, ya que se considera ideal superior a 70% (Cros 2012). Con respecto al peso del grano, estos poseen valores nacionales superior a 1 gr, por lo tanto se consideran dentro de los parámetros, inclusive para procesos de mejoramiento genético (Arciniegas 2005). Las muestras del Pacífico presentan menor grosor, y esto puede deberse a un proceso de secado rápido. De igual modo, se encuentra la presencia de sabores desagradables, ya que este tipo de secado influye en la presencia de notas acéticas (Dubón 2016).

Se recomienda que la humedad ideal, una vez finalizado el proceso de secado, sea de 6.5%, con el fin de evitar el desarrollo de moho, ya que más del 8% se deteriora por infestaciones de microorganismos y menos del 6% se deteriora al volverse quebradizo. En este sentido, las muestras tenían un promedio de humedad por debajo de lo ideal, lo cual las vuelve susceptibles a daños mecánicos y, al tener menor humedad, puede afectar el proceso de tostado (Aguilar 2016).

Existen compuestos bioquímicos en el cacao como los polifenoles, conocidos por sus beneficios para la salud, y la presencia de algunas de estas sustancias es posible identificarlas por medio de la percepción sensorial. Por ejemplo, se relaciona directamente con alta astringencia. La teobromina disminuye durante el proceso de fermentación y se relaciona con el amargor. Las procianidinas, las cuales disminuyen con la fermentación,

están directamente relacionadas con la astringencia y el color (Cros 2012). Esto se vio reflejado en el análisis de Procrustes generalizado, este estudio confirma que los compuestos bioquímicos, analizados por medio de componentes principales de la lectura del NIRS, poseen la mayor relación con la percepción sensorial de los catadores.

Finalmente, se puede destacar que el cacao en Nicaragua posee una buena base genética. Existen cooperativas y productores con la capacidad de desarrollar procesos de fermentación y secado, incluso ante las condiciones climáticas fluctuantes que afectan el tiempo de maduración, tamaño del fruto, de las semillas y contenido de lípidos (Daymond y Hadley, 2008). Las regiones de Río San Juan y Triángulo Minero se destacaron por presentar notas a cacao, dulzura, nuez, madera y una mayor puntuación final. Se determinó la existencia de muestras específicas que sobresalen del resto de la región, por lo tanto es pertinente analizarlas de manera independiente para evitar opacar estos atributos específicos. Las regiones más similares en su valoración sensorial fueron Río San Juan y Triángulo Minero. La calidad está determinada por el objetivo de la persona y características propias del cultivo (Ayestas, 2014), lo cual implica que para un mercado puede que las muestras obtenidas sean de excelente calidad, mientras que para otros compradores no llena sus expectativas.

7 Conclusiones

El manejo agronómico de los cacaotales es similar en todas las regiones, en cuanto al tipo de material establecido, el uso de plantas clonales o híbridos, edad, densidad de plantas, rendimientos, labores de poda y fertilización.

Existen diferencias morfométricas entre regiones y de manera interregional en seis de las nueve regiones evaluadas. Se identificó una muestra en particular, la cual resultó tener los datos más altos en peso, largo, ancho, grosor. Es estadísticamente diferente al resto y se ubica dentro de las muestras mejor evaluadas sensorialmente.

La Región de Río San Juan y Triángulo Minero son las más parecidas en cuanto a la percepción de los catadores. Las regiones Caribe Sur, Río San Juan y Triángulo Minero presentan las mejores evaluaciones sensoriales de manera conjunta como región. Las muestras evaluadas de manera regional no permiten identificar muestras destacadas. De manera específica, las muestras Segov_1, RSJ_4 y T_Minias 5 son las mejores evaluadas por el panel de catadores.

La fermentación tiene ciertas variedades entre muestras, a nivel nacional es más corta. Por lo tanto, se necesitan al menos 15 días para obtener cacao fermentado y seco. La mayor parte de los protocolos que se desarrollan corresponden a la recomendación por la empresa RitterSport. El presecado y secado varía de acuerdo a las condiciones específicas de cada zona.

El análisis bioquímico de las muestras se consideró de manera alternativa, ya que no se cuenta con el análisis de referencia; sin embargo, existe una congruencia entre estos datos y los resultados sensoriales provenientes de las percepciones de las muestras.

Aunado a lo anterior, fue posible establecer la congruencia entre el perfil sensorial, los componentes principales del análisis de espectroscopia de infrarrojo cercano y las variables morfométricas. Se determinó que la mayor congruencia está en la percepción de los catadores y los datos del análisis bioquímico del NIRS, por lo tanto la percepción de los catadores es sumamente valiosa para determinar la calidad del cacao.

No fue posible correlacionar el manejo agronómico, las condiciones edafoclimáticas, el beneficiado del cacao con los perfiles bioquímicos y sensoriales en las regiones.

8 Recomendaciones

Realizar una segunda fase de análisis en la que se recolecten más muestras por cada región para verificar la consistencia en el perfil sensorial evaluado.

Unificar los criterios entre el panel de catadores, previo a la evaluación sensorial, por medio de una homologación sensorial colectiva.

Desarrollar un estudio genético de la muestra Segov_1, debido a que se destacó del resto por su buena calidad sensorial y morfométrica, y se presume podría ser un criollo antiguo.

9 Literatura citada

- Afoakwa, EO; Paterson, A; Fowler, M; Ryan, A. 2008. Flavor formation and character in cocoa and chocolate: A critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 48(9):840-857. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408390701719272>.
- Aguilar, H. 2016. Manual para la evaluación de la calidad del grano de cacao (en línea). Disponible en: http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/Manual_para_la_Evaluacion_de_la_Calidad_del_Grano_de_Cacao.pdf.
- Álvarez, C; Pérez, E; Cros, E; Lares, M; Assemat, S; Boulanger, R; Davrieux, F. 2012. The use of near infrared spectroscopy to determine the fat, caffeine, theobromine and (-)-epicatechin contents in unfermented and sun-dried beans of Criollo cocoa. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* 20(2):307-315. DOI: <https://doi.org/10.1255/jnirs.990>.
- ANECACAO, Asociación Nacional de Exportadores de Cacao - Ecuador. <http://www.anecacao.com/index.php/es/quienes-somos/mapa-de-sabores.html> consultado el 15 de noviembre 2019.
- Arciniegas, A. 2005. Caracterización de árboles superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.) seleccionados por el programa de mejoramiento genético del CATIE. s.l., s.e. 125 p.
- Ayestas, E. 2009. Caracterización morfológica de cien árboles promisorios de *Theobroma cacao* L. en Waslala, RAAN, Nicaragua, 2009. Tesis.
- Ayestas, E; Orozco, L; Astorga, C; Munguía, R; Vega, C. 2013. Caracterización de árboles promisorios de cacao en fincas orgánicas de Waslala, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* (49):18-25.
- Ayestas, E; Vega-Jarquín, C; Torres, P; Lanzas, J; Orozco, L; Astorga, C. 2016. Puntos críticos del manejo poscosecha de cacao en Waslala, Nicaragua. *La Calera* 14(22):5-12. DOI: <https://doi.org/10.5377/calera.v14i22.2650>.
- Barbin, DF; Maciel, LF; Bazoni, CHV; Ribeiro, MS; Carvalho, RDS; Bispo, ES; Miranda, MPS; Hirooka, EY. 2018. Classification and compositional characterization of different varieties of cocoa beans by near infrared spectroscopy and multivariate statistical analyses. *Journal of Food Science and Technology* 55(7):2457-2466. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3163-5>.
- Barrezueta S, Paz, A, Luna Á, & Jaramillo, E. 2019. Variabilidad de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ en suelo y hojarasca de cacao en El Oro, Ecuador. *Terra Latinoamericana*, 37(2), 131-140. <https://doi.org/10.28940/terra.v37i2.202>
- Bekele FL, Bidaisee G, Singh H, Saravanakumar D. 2019. Morphological characterization and evaluation of cocoa (*Theobroma cacao* L.) in Trinidad to facilitate utilization of Trinitario cacao globally. Springer Nature. *Genet Resource Crop Evolution*. <https://doi.org/10.1007/s10722-019-00793-7>

- CAOBISCO/AEC/FCC, C biscuits & confectionery of EECA; Federation of CC. 2015. Cacao en grano: Requisitos de calidad de la industria del chocolate y del cacao. s.l., s.e., vol.69. 74-82 p.
- Caprioli, G; Fiorini, D; Maggi, F; Nicoletti, M; Ricciutelli, M; Toniolo, C; Prosper, B; Vittori, S; Sagratini, G. 2016. Nutritional composition, bioactive compounds and volatile profile of cocoa beans from different regions of Cameroon. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 67(4):422-430. DOI: <https://doi.org/10.3109/09637486.2016.1170769>.
- Carr, M. Lockwood, G. (2011). The water relations and irrigation requirements of cocoa (*Theobroma cacao* L.): *Experimental agriculture*, 47(4), 653-676. Doi:10.1017/s0014479711000421
- Carr, M., Lockwood, R., & Knox, J. 2012. Cocoa. In *Advances in Irrigation Agronomy: Plantation Crops* (pp. 53-75). Cambridge: Cambridge University Press. Doi:10.1017/CBO9780511998263.005
- Cerda, R; Deheuvelds, O; Calvache, D. 2014. Contribution of cocoa agroforestry systems to family income and domestic consumption: looking toward intensification. *Agroforest Syst* :957-981. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-014-9691-8>.
- Cevallos-Cevallos, JM; Gysel, L; Maridueña-Zavala, MG; Molina-miranda, MJ. 2018. Time-Related Changes in Volatile Compounds during Fermentation of Bulk and Fine-Flavor Cocoa (*Theobroma cacao*) Beans. *Hindawi Journal of Food Quality* 2018, (1758381):14.
- Cornejo, OE; Yee, M; Dominguez, V; Andrews, M; Sockell, A; Strandberg, E; Iii, DL; Stack, C; Romero, A; Umaharan, P; Royaert, S; Tawari, NR; Ng, P; Gutierrez, O; Phillips, W; Mockaitis, K; Bustamante, CD; Motamayor, JC. 2018. Population genomic analyses of the chocolate tree, *Theobroma cacao* L., provide insights into its domestication process (en línea). *Communications Biology* :1-12. DOI: <https://doi.org/10.1038/s42003-018-0168-6>.
- Córdoba, C, Cerda R, Deheuvelds, O, Hidalgo, E, Declerck F. 2013. Polinizadores, polinización y producción potencial de cacao en sistemas agroforestales de Bocas del Toro, Panamá. *Agroforestería en las Américas* N° 49
- Cros, E. 2012. Calidad integral en la agrocadena del cacao ¡El chocolate es salud y placer! Serie de foros: Modernización de la cacaocultura. Calidad de cacao en Centroamerica. CATIE:
- Daymond, A. J. And Hadley, P. 2008. Differential effects of temperature on fruit development and bean quality of contrasting genotypes of cacao (*Theobroma cacao*). *Annals of Applied Biology* 153:175–185.
- De Cock, A. 2019. Altitude and shade influence on sensorial and nutritional cocoa quality in San Vicente de Chucuri, Colombia. s.l., Ghent University. 1-107 p.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2019. Centro de Transferencia InfoStat, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

- Dubón, A. 2016. Protocolo para el beneficiado y calidad del cacao. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, FHIA.
[Http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/Protocolo_para_el_Beneficiado_y_Calidad_del_Cacao_2016.pdf](http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/Protocolo_para_el_Beneficiado_y_Calidad_del_Cacao_2016.pdf)
- Durán, E. Tipos genéticos de cacao y distribución geográfica en Honduras. 2016. FHIA. 1a.ed.— La Lima, Cortés 24 p.: i
- Edwin, J., & Masters, W. 2005. Genetic improvement and cocoa yields in Ghana. *Experimental Agriculture*, 41(4), 491-503. Doi:10.1017/S0014479705002887
- FCCI, FC and CI. 2016. Protocolo de Muestras de Cacao. s.l., s.e.
- Frauendorfer, F; Schieberle, P. 2006. Identification of the key aroma compounds in cocoa powder based on molecular sensory correlations. *Journal of Agricultural and food chemistry* 54:5521-5529.
- Gobierno de Nicaragua. 2019. Plan Nacional de Producción, Consumo y Comercio 2019-2020. s.l., s.e.
- Guharay, F; Barahona, L; Chaput, P. 2006. Diseño de un programa nacional de combate de la moniliasis del cacao. Managua, Nicaragua, MIFIC/Comisión Presidencial de Competitividad. 163 p
- Gunaratne; Gonzalez Viejo; Gunaratne; Torrico; Dunshea; Fuentes. 2019. Chocolate Quality Assessment Based on Chemical Fingerprinting Using Near Infra-red and Machine Learning Modeling. *Foods* 8(10):426. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods8100426>.
- Gutierrez-Brito, E; Leiva-Rojas, E; Ramirez-Pisco, R. 2019. La poda y su efecto en la calidad del grano de cacao. *Agronomía Costarricense* 43(2) 167-176. ISSN:0377-9424 /2019
- Ho, VTT; Zhao, J; Fleet, G. 2014. Yeasts are essential for cocoa bean fermentation (en línea). *International Journal of Food Microbiology* 174:72-87. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.12.014>.
- International Cocoa Organization (ICCO). 2019. Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics. Production of cocoa XLV(1):1-35. DOI: <https://doi.org/10.1037//0033-2909.I26.1.78>.
- International Cocoa Organization (ICCO). April, 25, 2019b. Deliberations of the 2019 Ad Hoc Panel on the review of Annex “C” of the International Cocoa Agreement (ICA), 2010.
- IICA, Instituto Interamericano de cooperación para la Agricultura, IICA Presenta propuesta para facilitar la gestión de inversión y el financiamiento en la cadena del cacao en Nicaragua. Mayo 2018. (Consulta en línea 15 de noviembre 2019) <https://www.iica.int/es/prensa/noticias/iica-presenta-propuesta-para-facilitar-la-gestion-de-inversion-y-el-financiamiento>
- INTA, Estrategia Nacional para el Desarrollo de la Cacaocultura en Nicaragua. Documento técnico.
- International Chocolate Awards, 2019. Americas Bean-to-Bar and Chocolatier Competition Winners 2019 <https://www.internationalchocolateawards.com/2019/06/americas->

- bean-to-bar-and-chocolatier-competition-winners-2019/. Consultado el 15 de noviembre 2019.
- International Chocolate Awards, 2017. Central America Competition Winners – 2017 <https://www.internationalchocolateawards.com/2017/11/central-america-competition-winners-2017/> consultado en línea el 15 de noviembre 2019.
- Ji, K., Zhang, D., Motilal, L.A. et al.. 2013. Genetic diversity and parentage in farmer varieties of cacao (*Theobroma cacao* L.) From Honduras and Nicaragua as revealed by single nucleotide polymorphism (SNP) markers. *Genet Resour Crop Evol* 60, 441–453 <https://doi-org.acceso.biblioteca.iica.int/10.1007/s10722-012-9847-1>
- Jiménez, J; Rodríguez, G; Saltos, R; Brito, B; Espín, H; Samaniego, I. (s. f.). *Protocolo 6 Calidad integral del grano y derivados*. Ecuador, s.e.
- Jimenez, JC; Tuz, I; Quevedo, JN; García, R. 2018. Presecado: su efecto sobre la calidad sensorial del licor de cacao (*theobroma cacao* l.) (en línea). *Revista Científica Agrosistemas* 6(2):63-73. Disponible en <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/inde>.
- Kongor, JE; Hinneh, M; de Walle, D Van; Afoakwa, EO; Boeckx, P; Dewettinck, K. 2016. Factors influencing quality variation in cocoa (*Theobroma cacao*) bean flavour profile - A review. *Food Research International* 82(January):44-52. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.012>.
- Krähmer, A; Engel, A; Kadow, D; Ali, N; Umaharan, P; Kroh, LW; Schulz, H. 2015. Fast and neat - Determination of biochemical quality parameters in cocoa using near infrared spectroscopy (en línea). *Food Chemistry* 181:152-159. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.084>.
- Lima, LÍJR; Almeida, MH; Rob Nout, MJ; Zwietering, MH. 2011. *Theobroma cacao* L., «the food of the gods»: Quality determinants of commercial cocoa beans, with particular reference to the impact of fermentation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 51(8):731-761. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408391003799913>.
- Loureiro, G, Araujo, Q, Valle, R, Sodré G, Souza, S. 2017. Influencia de factores aroambientales sobre la calidad del clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) PH-16 en la región cacaotera de Bahia, Brasil. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 4(12):579-587,2017. DOI: 10.19136/era.a4n12.1274
- LWR, Lutheran World Relief, 2017. Mapa de Sabores de cacao, consultado el 15 de noviembre de 2019. <http://cocoaflavormap.cacaomovil.com/>
- Machado, CL; Ordoñez Espinosa, CM; Sánchez, YKA; Guaca Cruz, L; Suárez Salazar, JC. 2018. Organoleptic quality assessment of *Theobroma cacao* L. in cocoa farms in northern Huila, Colombia. *Agroindustria y Ciencia de los Alimentos* 67(1):46-52. DOI: <https://doi.org/10.15446/acag.v67n1.66572>.
- Martin, K., & Lockwood, G. 1979. Edge Effects and Interactions with Environment in Cocoa. *Experimental Agriculture*, 15(3), 225-239. Doi:10.1017/S0014479700010280
- Martorell, J. 2019. Caracterización a nivel nacional del sector cacao en Nicaragua. s.l., s.e.

- Matey, A; Zeledón, L; Orozco, L; Chavarría, F; López, A; Deheuvels, O. 2013. Composición florística y estructura de cacaotales y parches de bosque en Waslala, Nicaragua. (January).
- Montagnon, C; Somarriba, E; Lachenaud, P. 2006. Lineamientos para el Plan Estratégico de Cacao, Nicaragua (en línea). Disponible en <http://agritrop.cirad.fr/576923/1/ID576923.pdf>.
- Moros, J; Iñón, FA; Garrigues, S; de la Guardia, M. 2007. Near-infrared diffuse reflectance spectroscopy and neural networks for measuring nutritional parameters in chocolate samples. *Analytica Chimica Acta* 584(1):215-222. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2006.11.020>.
- Negaresh, S; Marín, I. 2013. El cacao y la salud humana: propiedades antioxidantes del cacao nicaragüense y productos alimenticios comercializados. *Agroforestería en las Américas* 49:93-98.
- Oracz, J; Zyzelewicz, D; Nebesny, E. 2015. The Content of Polyphenolic Compounds in Cocoa Beans (*Theobroma cacao* L.), Depending on Variety, Growing Region, and Processing Operations: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 55(9):1176-1192. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.686934>.
- Orozco, L; López, A. 2016. Colección de esquinas técnicas para la mejora productiva del cacao. Managua, Nicaragua, s.e.
- Owusu-Ansah, F., Curnow, R., & Adu-Ampomah, Y. 2018. Optimal planning of cocoa clonal selection programmes—corrigendum. *Experimental Agriculture*, 54(3), 467-469. Doi:10.1017/S0014479717000175
- Papalexandratou, Z; Kaasik, K; Villagra Kauffmann, L; Skorstengaard, A; Bouillon, G; Espensen, JL; Hansen, LH; Jakobsen, RR; Blennow, A; Krych, L; Castro-Mejía, JL; Sandris Nielsen, D. 2019. Linking cocoa varieties and microbial diversity of Nicaraguan fine cocoa bean fermentations and their impact on final cocoa quality appreciation (en línea). *International Journal of Food Microbiology* 304(June):106-118. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.05.012>.
- Pérez, JF; Avendaño, C; González, N; López, S. 2016. Influencia del tipo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en las características del fermento y secado. *Agroproductividad* 9(1):48-54.
- Phillips, W; Arciniegas, A; Mata, A; Motamayor, J. 2012. Catálogo de clones de cacao seleccionados por el CATIE para siembras comerciales. s.l., s.e. 70 p.
- RAE, Real Academia Española, definición de calidad. Consultado el 15 de noviembre de 2019. <https://dle.rae.es/calidad>
- Sánchez-Mora, F, Medina-Jara, S. Mariela, Díaz-Coronel, Gorki T., Ramos-Remache, Rommel A., Vera-Chang, Jaime F., Vásquez-Morán, Vicente F., Troya-Mera, Fidel A., Garcés-Fiallos, Felipe R., & Onofre-Nodari, Rubens. 2015. Potencial sanitario y productivo de 12 clones de cacao en Ecuador. *Revista fitotecnia mexicana*, 38(3), 265-274. ISSN 0187-7380. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802015000300005&lng=es&nrm=iso.

- Sandino, D. Grebe, H, Malespin, M, 1999. Desarrollo agroforestal con cacao Waslala, Nicaragua. *Agroforesteria de las Américas* 6(22):2.
- Somarriba, E. 2013. Oferta mundial de tecnologías de producción de cacao prioritarias para elevar los rendimientos, mejorar la calidad del cacao y asegurar la sostenibilidad y seguridad alimentaria de las familias cacaoteras de Centroamérica. RUTA/UNOPS/USAID, San José, p 35
- Teye, E; Huang, X; Dai, H; Chen, Q. 2013. Rapid differentiation of Ghana cocoa beans by FT-NIR spectroscopy coupled with multivariate classification (en línea). Elsevier 114:183-189. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.saa.2013.05.063>.
- Trognitz, B; Cros, E; Assemat, S; Davrieux, F; Forestier-Chiron, N; Ayestas, E; Kuant, A; Scheldeman, X; Hermann, M. 2013. Diversity of Cacao Trees in Waslala, Nicaragua: Associations between Genotype Spectra, Product Quality and Yield Potential. *PLoS ONE* 8(1). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054079>.
- Trognitz, B; Scheldeman, X; Hansel-Hohl, K; Kuant, A; Grebe, H; Hermann, M. 2011. Genetic population structure of cacao plantings within a young production area in Nicaragua. *PLoS ONE* 6(1). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0016056>.
- Vaast, P; Cilas, C; Perriot, J. 2005. Mapping of coffee quality in Nicaragua according to regions, ecological conditions and farm management. (en línea). Conference on Coffee ... :842-850. Disponible en <http://www.cabdirect.org/abstracts/20053203838.html>.
- Ventura, M; María, A; González, J; Rodríguez, O; Almonte, J. 2014. Caracterización de los atributos de calidad del cacao (*Theobroma cacao* L.) del municipio de Castillo (en línea). *Revista Agropecuaria y Forestal* 3(1):55-60. Disponible en http://www.sodiaf.org.do/revista/sodiaf/vol3_n1_2014/articulo/55_60_APF_V03_N01_2014.pdf.
- Vera Chang, JF; Goya Baquerizo, AA. 2015. Comportamiento agronómico, calidad física y sensorial de 21 líneas híbridas de cacao. *Revista La Técnica* :26-37.
- Vera Chang, JF; Vallejo Torres, C; Párraga Morán, DE; Macías Véliz, J; Ramos Remache, R; Morales Rodríguez, W; Teneda Llerena, WF; Suárez, K; Shirley Diaz Ponce, MHPC; Johnson, S; Diaz, S; Pinoargote, M; Del, D; Crítico, N; Nemátodo, DEL; Cacao, S De; C.Klever.O; Aguilar, H; Agricultura, PLA. 2012. Guía Ficha de Catación para Análisis Sensorial de Cacao (en línea). *Ciencia y Tecnología* 7(2):1-65. DOI: <https://doi.org/10.1214/07-STS253>.

10 Anexos

Anexo A. Instrumento para recopilar datos para análisis sensorial por el panel de catadores

Mapeo de la Calidad de Cacao en diferentes zonas agroecológicas de Nicaragua	
Tesis de Maestría en Agroforestería y Agricultura Sostenible, Regina López Martínez	
Formato para Colectar información durante la Catación	
Fecha:	Código de la muestra:
Catador:	
Descriptores	Puntuaciones
Cacao	
Acidez	
Amargor	
Astringencia	
Dulzura	
Frutas Frescas	
Frutas Maduras	
Nuez	
Floral	
Madera	
Especies	
Sabores malos	
Puntuación final	
Comentario adicional:	
Intensidad	Significado
0	No se percibe.
1	Solo trazas.
2	Presente en la muestra.
3 a 5	Claramente caracterizado la muestra.
6 a 8	Dominante.
9 a 10	Máximo que ha probado en su experiencia.

La puntuación final corresponde a una puntuación del 1 al 10, según la valoración del evaluador.

Anexo B. Instrumento para la recolección de la información sobre manejo agronómico y agroforestal.

Formato para recolectar información de manejo agronómico			
Fecha	<input style="width: 90%;" type="text"/>	Región	<input style="width: 90%;" type="text"/>
Lugar	<input style="width: 90%;" type="text"/>	Número de muestra	<input style="width: 90%;" type="text"/>
Coordenadas	<input style="width: 95%;" type="text"/>		
Cooperativa/ Productor	<input style="width: 95%;" type="text"/>		
Densidad		Edad de la plantación	Última producción
<input style="width: 90%;" type="text"/>	No. De plantas por Mz	<input style="width: 90%;" type="text"/>	años <input style="width: 90%;" type="text"/>
			qq por mz
Variedades	(Señalar con un X)		
<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>		
Clones	Plantas híbridas		
<i>En el caso de clones</i>			
<input style="width: 90%;" type="text"/>	Compro en un vivero.		
<input style="width: 90%;" type="text"/>	Proviene de donación de algún proyecto.		
¿Conoce el tipo de materiales?			
<input style="width: 90%;" type="text"/>	Sí	<input style="width: 90%;" type="text"/>	No
<i>En caso afirmativo, cuáles:</i>			
<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>
Predominan de tipo			
<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	
Forastero	Trinitario	Criollo	
Utiliza plantas injertadas:	<input style="width: 90%;" type="text"/>	Sí	<input style="width: 90%;" type="text"/>
<i>En caso positivo</i>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	En el campo	<input style="width: 90%;" type="text"/>
			No En el vivero
Poda			
¿Cuántas veces al año realiza podas en el cacaotal?			
<input style="width: 90%;" type="text"/>	No. De podas al cacaotal	<input style="width: 90%;" type="text"/>	No. De podas a los arboles de sombra
Especies de sombra que utiliza			
Frutales:	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>
de servicio:	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>	<input style="width: 90%;" type="text"/>

Maderables:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Tipo de fertilizantes				
<input type="text"/>	Orgánico	<input type="text"/>	Tradicional	
Frecuencia y dosis				
<input type="text"/>	No. veces al año			
<input type="text"/>	dosis por Mz			
Manejo de chupones y malezas (por año)				
<input type="text"/>	No. De desmalezados	<input type="text"/>	No. De deschuponeados	

Anexo C. Instrumento para la recolección de la información del proceso de beneficiado.

Formato para recolectar información de manejo de beneficiado				
Fermentación				
Tipo de fermentador				
<input type="text"/>	Escalera	<input type="text"/>	Cajas Rohan	<input type="text"/>
<input type="text"/>	Barriles	<input type="text"/>	Sacos	<input type="text"/>
Cajones horizontales otros: _____ _				
Tiempo de fermentación				
<input type="text"/>	Tiempo total del proceso (días/horas)			
Volumen de la masa a fermentar				
<input type="text"/>	Libras de baba de cacao, por cada vez que fermentan.			
Temperatura máxima que alcanza la masa de fermentado				
<input type="text"/>	grados centígrados			
Número de volteos o remociones				
<input type="text"/>	Día 1	<input type="text"/>	Día 2	<input type="text"/>
<input type="text"/>	Día 4	<input type="text"/>	Día 5	<input type="text"/>
<input type="text"/>	Día 7	<input type="text"/>	Día 8	<input type="text"/>
Secado				
Tipo de estructura donde se realiza el secado				
<input type="text"/>	madera	<input type="text"/>	plástico	<input type="text"/>
<input type="text"/>	h. eléctrico	<input type="text"/>	h. de leña	<input type="text"/>
<input type="text"/>	otros: _____			
<input type="text"/>	_			

Tiempo de secado					
<input type="text"/>	Tiempo total de secado (días)				
Número de volteos o remociones					
<input type="text"/>	Día 1	<input type="text"/>	Día 2	<input type="text"/>	Día 3
<input type="text"/>	Día 4	<input type="text"/>	Día 5	<input type="text"/>	Día 6
<input type="text"/>	Día 7	<input type="text"/>	Día 8	<input type="text"/>	Día 9
<input type="text"/>	Día 10	<input type="text"/>	Día 11	<input type="text"/>	Día 12
Porcentaje de humedad			Sigue algún protocolo de beneficiado		
<input type="text"/>	% de humedad al final del secado		Sí: <input type="text"/>	No: <input type="text"/>	
Herramientas para el control de calidad			Comente un poco		
Termómetro	sí	no			
Medidor de humedad	sí	no			
guillotina	sí	no			
Libro de registro	sí	no			

Anexo D. Instrumento para la recolección de datos morfométricos.

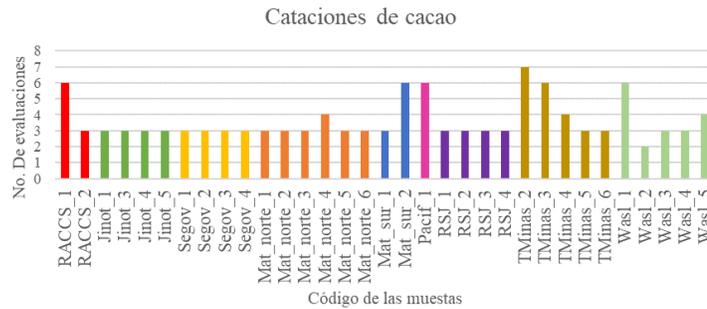
Mapeo de la calidad de cacao en diferentes zonas agroecológicas de Nicaragua						
Tesis de Maestría en Agroforestería y Agricultura Sostenible, Regina López Martínez						
Formato para recolectar información morfométrica						
Fecha: <input type="text"/>		Código de la muestra: <input type="text"/>				
Región: <input type="text"/>						
% de humedad <input type="text"/>						
% de humedad <input type="text"/>						
% de humedad <input type="text"/>						
N	Origen de la muestra	No. De muestra	Peso del grano (gr)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
1						
2						
3						
...						

10						
0						

Anexo E. Instrumento para la recolección de información de las pruebas de corte de los granos de cacao.

Mapeo de la calidad de cacao en diferentes zonas agroecológicas de Nicaragua			
Tesis de Maestría en Agroforestería y Agricultura Sostenible, Regina López Martínez			
Formato para recolectar información de pruebas de corte			
Fecha:		Código de la muestra:	
Región:			
	primer corte	segundo corte	consolidado
Bien fermentados			
Ligeramente violetas			
Violetas			
Sobre fermentados			
Moho interno			
Pizarrosos			
Gemelos			
Planos			
Germinados			
Quebrados			
Daños por insectos			
Notas adicionales:			

Anexo F. Distribución de muestras sensoriales por región.



Anexo G. Consolidado de las percepciones de los catadores en la evaluación sensorial de las muestras.

Nombre consolidado	Percepciones que lo contienen
Chocolates	Cacao, chocolate, achocolatado.
Ahumados	Sobre tostado, humo, ahumado, quemado, carbón.
Frutales	Frutas secas, ciruela, fresas, grosellas, frutas maduras, banano, papaya, guanábana.
Aceites	Nuez, mantequilla, coco, maní, aceite.
Amaderado	Maderas, tánico, vino.
Astringente	Medicina, jarabe, grano pizarro.
Especies	Canela, vainilla, clavo, anís, laurel, menta.
Dulces	Panela, melaza, malta, caramelo.
Balanceadas	Agradable, fresco, balanceado.
Tierra	Moho, tierra, lodo, hule, feo.
Herbal	Grana recién cortada, café, chiltoma.
Ácidas	Cítrico, toronja, maracuyá, acético, avinagrado.
Desagradables	Putrefacto, carne ahumada, desagradable, rancio, viejo.
Cereales	Maíz, pan.
Amargas	Mal secado, uvas verdes, fruta verde.
Sobre fermentado	Apagado, sobre fermentado, sobreprocesado.
Láctico	Leche, láctico.
Florales	
Cuero	
Tabaco	

Caribe Sur

La cantidad de muestras de la región de Caribe Sur no permite identificar diferencias significativas (P-valor >0.05) dentro de la región para datos morfométricos (Cuadro 5). Se asume que son estadísticamente similares.

Anexo H. Análisis de varianza de datos morfo métricos de la región Costa Caribe.

Muestras	Peso del grano (gr)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
RACCS_1	1.40 a	24.16 a	13.06 a	8.72 a
RACCS_2	1.42 a	23.77 a	13.36 a	8.72 a
N	200	200	200	200
E.E.	0.03	0.29	0.13	0.12
Sigma	0.308	2.86	1.32	1.23
R ²	0.002	0.004	0.01	9.7 ⁻⁶
P-valor	0.5746	0.3457	0.1115	0.9651
F-valor	0.316	0.89	2.56	0.0019

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Matagalpa Sur

Las muestras de Matagalpa sur no presentan diferencias significativas con respecto a variables morfométricas (P-valor >0.05). Son estadísticamente similares (Cuadro 6).

Anexo I. Análisis de varianza de datos morfométricos de la región Matagalpa Sur.

Muestras	Peso del grano (gr)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
Mat_sur_1	1.29 a	24.10 a	13.19 a	8.50 a
Mat_sur_2	1.27 a	23.56 a	13.15 a	8.44 a
N	200	200	200	200
E.E.	0.03	0.22	0.14	0.14
Sigma	0.29	2.19	1.36	1.39
R ²	0.0016	0.02	0.0002	0.00049
P-valor	0.5752	0.0836	0.8412	0.7565
F-valor	0.32	3.02	0.04	0.10

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Jinotega

La muestra de Jinot_4 presenta los valores superiores con respecto a peso del grano ancho y espesor. La muestra de Jinot_2 presenta los valores superiores en largo, siendo estadísticamente igual a Jinot_3 (cuadro 7).

Anexo J. Análisis de varianza de datos morfométricos de Jinotega.

Muestras	Peso del grano (gr)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
Jinot_1	1.18 cd	22.59 c	13.09 b	7.43 c
Jinot_2	1.25 bc	24.00 a	13.05 b	7.71 c
Jinot_3	1.32 ab	23.43 ab	12.83 b	8.74 b
Jinot_4	1.36 a	23.01 bc	13.53 a	9.12 a
Jinot_5	1.18 cd	22.58 c	12.20 c	8.48 b
Jinot_6	1.13 d	23.06 bc	13.12 b	6.78 d
N	599	600	600	600
E.E.	0.03	0.25	0.13	0.13
Sigma	0.30	2.55	1.34	1.34
R²	0.07	0.04	0.08	0.27
P-valor	<0.0001	0.0005	<0.0001	<0.0001
F-valor	8.90	4.51	10.77	43.92

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Las Segovias

En el caso de Las Segovias, existen diferencias significativas en las cuatro muestras. La muestra de Segov_1 presenta los valores más altos en peso del grano, largo, ancho y espesor (Cuadro 8).

Anexos K. Análisis de varianza de datos morfométricos de Las Segovias.

Muestras	Peso del grano (gr)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
Segov_1	1.99 a	26.35 a	16.13 a	11.50 a
Segov_2	0.90 d	20.71 c	11.89 d	6.96 d
Segov_3	1.35 b	23.18 b	13.98 b	8.12 c
Segov_4	1.18 d	22.87 b	12.76 c	8.90 b
N	400	400	400	400
E.E.	0.03	0.26	0.14	0.14
Sigma	0.33	2.60	1.40	1.43
R²	0.59	0.38	0.57	0.58
P-valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
F-valor	190.87	80.19	172.49	180.02

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Matagalpa Norte

Es posible identificar diferencias en los datos morfométricos entre las muestras obtenidas de la región de Matagalpa Norte. Las muestras que presentan mayores valores en tres de las cuatro variables son Mat_norte_3 y Mat_norte_5, pertenecen al mismo grupo, y, por lo tanto son muy similares entre ellas. (Cuadro 9).

Anexo L. Análisis de varianza de datos morfométricos de Matagalpa Norte.

Muestras	Peso del grano (gr)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
Mat_norte_1	1.34 b	23.42 abc	13.09 b	8.28 c
Mat_norte_2	1.32 b	23.10 c	12.61 c	8.41 bc
Mat_norte_3	1.47 a	23.95 a	13.51 a	8.72 b
Mat_norte_4	1.36 b	23.89 ab	13.37 ab	8.42 bc
Mat_norte_5	1.46 a	23.19 bc	13.56 a	9.37 a
Mat_norte_6	1.16 c	21.88 d	12.49 c	7.85 d
N	600	600	600	600
E.E.	0.03	0.27	0.15	0.14
Sigma	0.34	2.67	1.45	1.38
R ²	0.08	0.06	0.08	0.10
P-valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
F-valor	11.02	7.97	10.17	13.57

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Río San Juan

En el caso de las muestras provenientes de la región Río San Juan, la muestra RSJ_1 es la que posee los valores más altos en las cuatro variables morfométricas; sin embargo, comparte características con dos muestras. RSJ_4 es la que tiene los valores inferiores en todos los casos y es la única diferente completamente de RSJ_1 (cuadro 10).

Anexos M. Análisis de varianza de datos morfométricos de Río San Juan.

Muestras	Peso del grano (gr)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
RSJ_1	1.45 a	24.04 a	13.21 a	8.95 a
RSJ_2	1.36 b	23.99 a	13.18 a	8.50 b
RSJ_3	1.36 b	23.71 ab	12.96 ab	8.90 a
RSJ_4	1.30 b	23.15 b	12.75 b	8.43 b
N	400	400	400	400
E.E.	0.03	0.24	0.13	0.13
Sigma	0.29	2.42	1.27	1.27

R²	0.03	0.02	0.02	0.03
P-valor	0.0040	0.0356	0.0332	0.0044
F-valor	4.51	2.88	2.94	4.43

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Triángulo Minero

Dentro de la región de Triángulo Minero, la muestra TMinas_3 presenta los valores más altos, y estos a su vez son similares con la muestra TMinas_1.

Anexo N. Análisis de varianza de datos morfométricos de Triángulo Minero.

Muestras	Peso del grano (gr)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
TMinas_1	1.38 ab	23.70 ab	13.41 a	7.83 c
TMinas_2	1.24 cd	23.08 bc	12.87 bc	8.20 bc
TMinas_3	1.41 a	24.09 a	13.40 a	8.69 a
TMinas_4	1.21 d	22.61 c	12.43 d	8.65 a
TMinas_5	1.29 cd	23.31 b	12.59 cd	8.59 ab
TMinas_6	1.30 bc	23.10 bc	13.26 ab	9.00 a
N	600	600	600	600
E.E.	0.03	0.25	0.14	0.15
Sigma	0.32	2.52	1.44	1.48
R²	0.05	0.03	0.07	0.06
P-valor	<0.0001	0.0009	<0.0001	<0.0001
F-valor	6.20	4.23	8.86	7.74

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Waslala

Se aprecian diferencias entre las muestras, de manera particular la muestra de Wasl_3 presenta los valores más altos.

Anexo O. Análisis de varianza de datos morfométricos de Waslala.

Muestras	Peso del grano (gr)	Largo mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
Wasl_1	1.06 d	22.44 c	12.51 c	7.96 cd
Wasl_2	1.18 c	22.78 bc	12.84 bc	7.63 d
Wasl_3	1.46 a	24.27 a	13.30 a	8.97 a
Wasl_4	1.29 b	23.24 b	13.04 ab	8.31 bc
Wasl_5	1.27 b	23.29 b	13.00 ab	8.35 b
N	500	500	500	499

E.E.	0.03	0.24	0.12	0.13
Sigma	0.30	2.38	1.25	1.28
R²	0.17	0.06	0.04	0.11
P-valor	<0.0001	<0.0001	0.0003	<0.0001
F-valor	24.66	8.50	5.48	15.32

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo P. Medias de pruebas de corte expresados por regiones.

Variables	Regiones*								
	Carib	Jinot	Segov	Mat-N	Mat-S	Pacíf	RSJ	Minas	Wasl
Bien fermentados	73.5±2.5	40.75±16.94	71.75±9.87	53.75±3.64	72.5±0.5	37.0±0	71.5±2.25	62.6±12.42	63.8±5.27
Ligeramente violetas	20.5±1.5	27.5±9.18	24.0±8.5	34.0±4.14	18.0±2	24.0±0	24.0±1.91	16.5±3	21.6±3.5
Violetas	5±1	7.75±2.69	3.5±1.76	9.75±3.9	8.5±1.5	27.0±0	4±1.35	6.33±1.69	6±2.68
Sobrefermentados	0.5±0.5	0	0.75±0.48	2±1.35	0.5±0.5	0	0.5±0.29	1.5±1.15	7.4±6.19
Moho interno	0.5±0.5	13.25±9.22	0	0.5±0.5	0.5±0.5	0	0	10±9.6	0.4±0.24
Pizarrosos	0	10±7.07	0	0	0	12±0	0	2.67±2.67	0.6±0.6
Planos	0	0	0	0	0	0	0	0.33±0.33	0
Quebrados	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Daños insectos	0	0	0	0	0	0	0	0.17±0.17	0

Anexo Q. Análisis de varianza para el porcentaje de humedad del grano.

Análisis de varianza para porcentaje de humedad						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	17.08	8	2.13		2.79	0.03
Región	17.08	8	2.13		2.79	0.03
Error	15.33	20	0.77			
Total	32.41	28				

Región	Medias	n	E.E.	
Las_Segovias	5.49	4	0.44	A
Río_San_Juan	5.57	4	0.44	A B
Matagalpa_norte	5.75	4	0.44	A B
Matagalpa_sur	5.9	2	0.62	A B
Jinotega	5.94	4	0.44	A B
Caribe_Sur	5.95	2	0.62	A B
Pacífico	6.53	1	0.88	A B C
Waslala	6.89	3	0.51	B C
Triángulo_Minero	7.65	5	0.39	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis de varianza de variables morfométricas.

Prueba de LSD Fisher con significancia de 0.05.

Anexo R. Análisis de varianza para peso del grano de todas las muestras.

Peso del grano				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso del grano	3599	0.23	0.22	23.92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	104.76	35	2.99	30.81	<0.0001
Código	104.76	35	2.99	30.81	<0.0001
Error	346.18	3563	0.1		
Total	450.94	3598			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.08644

Error: 0.0972 gl: 3563

Código	Medias	n	E.E.	.
Segov_2	0.9	100	0.03	A
Pacif_1	1.03	100	0.03	B
Wasl_1	1.06	100	0.03	BC
Jinot_6	1.13	100	0.03	CD
Mat_norte_6	1.16	100	0.03	DE
Wasl_2	1.18	100	0.03	DEF
Jinot_5	1.18	100	0.03	DEF
Segov_4	1.18	100	0.03	DEF
Jinot_1	1.18	99	0.03	DEF
TMinas_4	1.21	100	0.03	DEFG
TMinas_2	1.24	100	0.03	EFGH
Jinot_2	1.25	100	0.03	FGHI
Mat_sur_2	1.27	100	0.03	GHIJ
Wasl_5	1.27	100	0.03	GHIJK
Wasl_4	1.29	100	0.03	GHIJKL
TMinas_5	1.29	100	0.03	GHIJKL
Mat_sur_1	1.29	100	0.03	HIJKL
TMinas_6	1.3	100	0.03	HIJKLM
RSJ_4	1.3	100	0.03	HIJKLM
Jinot_3	1.32	100	0.03	HIJKLMN
Mat_norte_2	1.32	100	0.03	IJKLMNOP
Mat_norte_1	1.34	100	0.03	JKLMNOP
Segov_3	1.35	100	0.03	JKLMNOP
Mat_norte_4	1.35	100	0.03	JKLMNOP
Jinot_4	1.36	100	0.03	KLMNOP
RSJ_2	1.36	100	0.03	LMNOP
RSJ_3	1.36	100	0.03	LMNOP
TMinas_1	1.38	100	0.03	MNOPQ
RACCS_1	1.4	100	0.03	NOPQR
TMinas_3	1.41	100	0.03	OPQR
RACCS_2	1.42	100	0.03	PQR
RSJ_1	1.45	100	0.03	QR
Wasl_3	1.46	100	0.03	QR
Mat_norte_5	1.46	100	0.03	QR
Mat_norte_3	1.47	100	0.03	R
Segov_1	1.99	100	0.03	S

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo S. Análisis de varianza de largo para todas las muestras.

Largo (mm)					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
largo (mm)	3600	0.12	0.11	10.85	

Cuadro de análisis de la varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3061.93	35	87.48	13.69	<0.0001
Código	3061.93	35	87.48	13.69	<0.0001
Error	22768.12	3564	6.39		
Total	25830.05	3599			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.70082
 Error: 6.3884 gl: 3564

Código	Medias	n	E.E.	
Segov_2	20.71	100	0.25	A
Pacif_1	21.38	100	0.25	AB
Mat_norte_6	21.88	100	0.25	BC
Wasl_1	22.44	100	0.25	CD
Jinot_5	22.58	100	0.25	DE
Jinot_1	22.59	100	0.25	DEF
TMinas_4	22.61	100	0.25	DEF
Wasl_2	22.78	100	0.25	DEFG
Segov_4	22.87	100	0.25	DEFGH
Jinot_4	23.01	100	0.25	DEFGHI
Jinot_6	23.06	100	0.25	DEFGHI
TMinas_2	23.08	100	0.25	DEFGHIJ
Mat_norte_2	23.1	100	0.25	DEFGHIJ
TMinas_6	23.1	100	0.25	DEFGHIJ
RSJ_4	23.15	100	0.25	EFGHIJ
Segov_3	23.18	100	0.25	EFGHIJ
Mat_norte_5	23.19	100	0.25	EFGHIJK
Wasl_4	23.24	100	0.25	EFGHIJK
Wasl_5	23.29	100	0.25	FGHIJKL
TMinas_5	23.31	100	0.25	GHIJKLM
Mat_norte_1	23.42	100	0.25	GHIJKLMN
Jinot_3	23.43	100	0.25	GHIJKLMN
Mat_sur_2	23.56	100	0.25	HIJKLMNO
TMinas_1	23.7	100	0.25	IJKLMNOP
RSJ_3	23.71	100	0.25	IJKLMNOP
RACCS_2	23.77	100	0.25	JKLMNOP

Mat_norte_4	23.89	100	0.25	KLMNOP
Mat_norte_3	23.95	100	0.25	LMNOP
RSJ_2	23.99	100	0.25	MNOP
Jinot_2	24	100	0.25	MNOP
RSJ_1	24.04	100	0.25	NOP
TMinas_3	24.09	100	0.25	NOP
Mat_sur_1	24.09	100	0.25	NOP
RACCS_1	24.16	100	0.25	OP
Wasl_3	24.27	100	0.25	P
Segov_1	26.35	100	0.25	Q

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo T. Análisis de varianza de ancho para todas las muestras.

Ancho (mm)				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ancho (mm)	3600	0.21	0.2	10.43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1711.08	35	48.89	26.31	<0.0001
Código	1711.08	35	48.89	26.31	<0.0001
Error	6623.48	3564	1.86		
Total	8334.56	3599			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.37799

Error: 1.8584 gl: 3564

Código	Medias	n	E.E.
Pacif_1	11.78	100	0.14 A
Segov_2	11.89	100	0.14 AB
Jinot_5	12.2	100	0.14 BC
TMinas_4	12.43	100	0.14 CD
Mat_norte_6	12.49	100	0.14 CDE
Wasl_1	12.51	100	0.14 CDEF
TMinas_5	12.59	100	0.14 DEFG
Mat_norte_2	12.61	100	0.14 DEFG
RSJ_4	12.75	100	0.14 DEFGH
Segov_4	12.76	100	0.14 DEFGH
Jinot_3	12.83	100	0.14 EFGHI
Wasl_2	12.84	100	0.14 EFGHIJ
TMinas_2	12.87	100	0.14 FGHIJ

RSJ_3	12.96	100	0.14	GHIJK
Wasl_5	13	100	0.14	HIJKL
Wasl_4	13.04	100	0.14	HIJKLM
Jinot_2	13.05	100	0.14	HIJKLM
RACCS_1	13.06	100	0.14	HIJKLM
Jinot_1	13.09	100	0.14	HIJKLM
Mat_norte_1	13.09	100	0.14	HIJKLM
Jinot_6	13.12	100	0.14	HIJKLM
Mat_sur_2	13.15	100	0.14	IJKLMN
RSJ_2	13.18	100	0.14	IJKLMNO
Mat_sur_1	13.19	100	0.14	IJKLMNOP
RSJ_1	13.21	100	0.14	JKLMNOP
TMinas_6	13.26	100	0.14	KLMNOP
Wasl_3	13.3	100	0.14	KLMNOP
RACCS_2	13.36	100	0.14	LMNOP
Mat_norte_4	13.37	100	0.14	LMNOP
TMinas_3	13.4	100	0.14	MNOP
TMinas_1	13.41	100	0.14	MNOP
Mat_norte_3	13.51	100	0.14	NOP
Jinot_4	13.53	100	0.14	OP
Mat_norte_5	13.56	100	0.14	P
Segov_3	13.98	100	0.14	Q
Segov_1	16.13	100	0.14	R

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo U. Análisis de varianza de espesor para todas las muestras.

Espesor (mm)				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
espesor (mm)	3599	0.25	0.24	16.12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2160	35	61.71	33.39	<0.0001
Código	2160	35	61.71	33.39	<0.0001
Error	6584.97	3563	1.85		
Total	8744.97	3598			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.37700
Error: 1.8482 gl: 3563

Código	Medias	n	E.E.
--------	--------	---	------

Jinot_6	6.78	100	0.14	A
Segov_2	6.96	100	0.14	A
Jinot_1	7.43	100	0.14	B
Pacif_1	7.5	100	0.14	BC
Wasl_2	7.63	99	0.14	BCD
Jinot_2	7.71	100	0.14	BCD
TMinas_1	7.83	100	0.14	CDE
Mat_norte_6	7.85	100	0.14	CDE
Wasl_1	7.96	100	0.14	DEF
Segov_3	8.12	100	0.14	EFG
TMinas_2	8.2	100	0.14	EFGH
Mat_norte_1	8.28	100	0.14	FGHI
Wasl_4	8.31	100	0.14	FGHIJ
Wasl_5	8.35	100	0.14	GHIJK
Mat_norte_2	8.41	100	0.14	GHIJKL
Mat_norte_4	8.42	100	0.14	GHIJKL
RSJ_4	8.43	100	0.14	GHIJKL
Mat_sur_2	8.44	100	0.14	GHIJKL
Jinot_5	8.48	100	0.14	GHIJKL
Mat_sur_1	8.5	100	0.14	HIJKL
RSJ_2	8.5	100	0.14	HIJKL
TMinas_5	8.59	100	0.14	IJKLM
TMinas_4	8.65	100	0.14	IJKLMN
TMinas_3	8.69	100	0.14	JKLMN
RACCS_2	8.72	100	0.14	KLMN
Mat_norte_3	8.72	100	0.14	KLMN
RACCS_1	8.72	100	0.14	KLMN
Jinot_3	8.74	100	0.14	LMN
Segov_4	8.9	100	0.14	MNO
RSJ_3	8.9	100	0.14	MNO
RSJ_1	8.95	100	0.14	MNO
Wasl_3	8.97	100	0.14	NO
TMinas_6	9	100	0.14	NOP
Jinot_4	9.12	100	0.14	OP
Mat_norte_5	9.37	100	0.14	P
Segov_1	11.5	100	0.14	Q

Anexo V. Resultado de análisis de componentes principales de Espectroscopia de Infrarrojo Cercano (NIRS).

Análisis de componentes principales

Datos estandarizados

Casos leídos 36

Casos omitidos 0

VARIABLES DE CLASIFICACIÓN

Caso

Autovalores

Lambda	Valor	Proporción	Prop	Acum
1	1771.11	0.84		0.84
2	155.89	0.07		0.92
3	95.10	0.05		0.96
4	31.88	0.02		0.98
5	20.79	0.01		0.99
6	12.14	0.01		0.99
7	8.24	3.9E-03		1.00
8	1.56	7.5E-04		1.00
9	1.26	6.0E-04		1.00
10	0.85	4.1E-04		1.00
11	0.44	2.1E-04		1.00
12	0.35	1.7E-04		1.00
13	0.12	5.5E-05		1.00
14	0.11	5.2E-05		1.00
15	0.06	3.0E-05		1.00

Anexo W. Codificación e identificación de los orígenes de las muestras.

Región	Código	Nombre de la cooperativa/finca
Caribe_Sur	RACCS_1	Cooperativa Multisectorial de Productores Orgánicos de El Rama (Compor de R.L.)
Caribe_Sur	RACCS_2	Cooperativa de Producción de comercialización de cacao y carne COOPROCAR R.L
Jinotega	Jinot_1	Cooperativa de Producción Unión Apícola "Flores del Campo R.L"
Jinotega	Jinot_2	Cooperativa de Producción Unión Apícola "Flores del Campo R.L"
Jinotega	Jinot_3	Cooperativa de Servicios Múltiples Nueva Esperanza del Bocay R.L
Jinotega	Jinot_4	Cooperativa de Servicios Múltiples Nueva Esperanza del Bocay R.L
Jinotega	Jinot_5	Cooperativa de Servicios Múltiples Nueva Esperanza del Bocay R.L

Jinotega	Jinot_6	Cooperativa de Producción Unión Apícola "Flores del Campo R.L"
Las_Segovias	Segov_1	Finca La Montañita
Las_Segovias	Segov_2	Sucucayan
Las_Segovias	Segov_3	Finca del Señor Ever Ruiz
Las_Segovias	Segov_4	Finca del Señor Octavio Ramírez
Matagalpa_norte	Mat_norte_1	Muestra EXPASA
Matagalpa_norte	Mat_norte_2	Finca del señor Glifford Laube
Matagalpa_norte	Mat_norte_3	Cooperativa de servicios múltiples ríos de agua viva
Matagalpa_norte	Mat_norte_4	Cooperativa de servicios múltiples ríos de agua viva
Matagalpa_norte	Mat_norte_5	Finca San Judas -Expasa
Matagalpa_norte	Mat_norte_6	Cooperativa Flor de Dalia R.L
Matagalpa_sur	Mat_sur_1	Cooperativa Multifuncional cacaotera La Campesina, R.L.
Matagalpa_sur	Mat_sur_2	Cooperativa de Servicios Múltiples Flor de Pancasan R.L
Pacifico	Pacif_1	Finca del Señor Carlos Centeno
Río_San_Juan	RSJ_1	Cooperativa de productores de cacao familia unida de El Castillo (COOPROCAFUC RL)
Río_San_Juan	RSJ_2	COSEMUCRIN
Río_San_Juan	RSJ_3	Asociación de Iniciativas de Hermanamiento de El Castillo (ASIPHERCA)
Río_San_Juan	RSJ_4	Cooperativa de Desarrollo Productivo del San Juan (COODEPROSA)
Triángulo_Minero	TMinas_1	Finca del Señor Santos de Bonanza
Triángulo_Minero	TMinas_2	Cooperativa Multisectorial Saslaya R.L
Triángulo_Minero	TMinas_3	Cooperativa Agropecuaria de servicios y extracciones esenciales de Siuna R.L
Triángulo_Minero	TMinas_4	Cooperativa Agropecuaria de servicios y extracciones esenciales de Siuna R.L
Triángulo_Minero	TMinas_5	Finca Cacaoro
Triángulo_Minero	TMinas_6	Cooperativa Multisectorial de Cacaoteros Orgánicos de Rosita (COMUCOR R.L.)
Waslala	Wasl_1	Cooperativa de Servicio Agroforestal y de Comercio de Cacao Cacaonica R.L
Waslala	Wasl_2	Cooperativa de Servicio Agroforestal y de Comercio de Cacao Cacaonica R.L
Waslala	Wasl_3	Finca Tininiska
Waslala	Wasl_4	Cooperativa de Servicios Múltiples Nueva Waslala 23 de junio
Waslala	Wasl_5	Cooperativa de Servicios Múltiples Nueva Waslala 23 de junio