



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TITULO:

Estudio comparativo de clones experimentales y comerciales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en función del perfil físico-químico-sensorial de sus almendras.

AUTOR:

Cuadro Guerrero Wladimir Alfredo

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de
INGENIERO AGROPECUARIO con mención en Gestión
Empresarial Agropecuaria

TUTOR:

Ing. Agr. Guamán Jiménez Ricardo Wilfrido M. Sc

Guayaquil, Ecuador

2014



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Wladimir Alfredo Cuadro Guerrero**, como requerimiento parcial para la obtención del Título de **Ingeniero Agropecuario** con mención en Gestión Empresarial Agropecuaria.

TUTOR

Ing. Agr. Ricardo Guamán Jiménez M. Sc

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. John Franco Rodríguez

Guayaquil, a los 25 días del mes de Septiembre del año 2014



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Alfredo Cuadro Guerrero**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación: Estudio comparativo de clones experimentales y comerciales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en función del perfil físico-químico-sensorial de sus almendras, previa a la obtención del Título de **Ingeniero Agropecuario** con mención en Gestión Empresarial Agropecuaria, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 25 días del mes de Septiembre del año 2014

EL AUTOR

Wladimir Alfredo Cuadro Guerrero



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN

Yo, **Wladimir Alfredo Cuadro Guerrero**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación en la Biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: Estudio comparativo de clones experimentales y comerciales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en función del perfil físico-químico-sensorial de sus almendras, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 25 días del mes de Septiembre del año 2014

EL AUTOR:

Wladimir Alfredo Cuadro Guerrero

AGRADECIMIENTO

A Dios, quien ha sabido guiarme.

A la UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL por brindarme la enseñanza y el aprendizaje.

Al Ing. Ricardo Guamán J. por su valiosa y acertada orientación en el desarrollo de esta investigación.

A la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP, por brindarme la oportunidad de haber realizado esta investigación en dicha institución.

Al Programa Nacional de Cacao de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP, principalmente al Ing. Freddy Amores P., por el apoyo brindado durante la realización de la investigación.

Al Laboratorio de Calidad Integral de Cacao y Chocolate de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP y a su Responsable Ing. Juan Carlos Jiménez B.

Al personal técnico del Programa Nacional de Cacao de la EET Pichilingue, Ing. Alfonso Vasco M., Lcda. Teresa Casanova, Ing. Omar Tarqui F. Ing. Diego Saquicela, Ing. Gladys Rodríguez Z. y Eddyn Solórzano Ch. por su guía durante las etapas de la elaboración de esta investigación.

Al personal científico de MARS Inc., por su colaboración científica en la realización de esta investigación.

A Edward Seguire panel de catadores de Seguire Cacao Cocoa & Chocolate Advisors por cooperar en la realización de este estudio.

Y a todas las personas con las que pude compartir conocimientos y amistad durante mi estadía en la Estación Experimental Tropical Pichilingue.

A mis Primos, Tíos, Abuela y demás familiares que estuvieron a la expectativa de haber culminado esta nueva etapa de mi vida.

DEDICATORIA

A mi Madre porque creyó en mí, me motivo y me dio ánimo para seguir con mi meta.

A mis Hermanas Sandra y Kassandra por su ayuda y apoyo incondicional.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CALIFICACIÓN

Ing. Agr. Ricardo Guamán Jiménez M. Sc

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pág.
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xii
RESUMEN	xiii
SUMMARY	xv
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Justificación	4
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos Específicos	5
2. MARCO REFERENCIAL	6
2.1 Origen	6
2.2 Variedades	6
2.3 Requerimientos del cultivo de cacao	6
2.4 Factores que determinan la calidad del cacao	7
2.5 Cosecha	7
2.6 Fermentación	7
2.7 Secado	8
2.8 Industrialización del cacao	9
2.9 Calidad física del cacao	10
2.10 Calidad química del cacao	10
2.11 Calidad sensorial del cacao	10

3. MARCO OPERACIONAL	13
3.1 Ubicación	13
3.2 Características climáticas	13
3.3 Materiales y equipos	13
3.3.1 Campo	13
3.3.2 Laboratorio	13
3.3.3 Equipos	14
3.3.4. Herramientas	14
3.3.5 Otros	14
3.4 Tratamientos	14
3.5 Diseño experimental	16
3.6 Modelo matemático	16
3.7 Análisis de la varianza	16
3.8 Análisis funcional	17
3.9 Manejo del experimento	17
3.9.1 Cosecha	17
3.9.2 Preparación del licor o pasta de cacao	20
3.9.3 Degustación sensorial	20
3.9.4 Representación y procesamiento estadístico de los datos	21
3.10 Variables evaluadas	22
3.10.1 Físicas	22
3.10.2 Químicas	24
3.10.3 Sensoriales	25
4. RESULTADOS	27
4.1 Análisis Físico	27
4.1.1 Estadística Descriptiva	27
4.1.2 Correlaciones	28

4.1.3 Color de cotiledones de almendras frescas	29
4.1.4 Diferencias entre genotipos	30
4.2 Análisis químico	35
4.3 Análisis sensorial	39
4.3.1 Análisis de la varianza	39
4.3.2 Resultados del Análisis de Componentes Principales (ACP)	47
5. DISCUSIÓN	50
6. CONCLUSIONES	56
7. RECOMENDACIONES	57
BIBLIOGRAFÍA	58
ANEXOS	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Material genético que constituyó la investigación. EET Pichilingue. INIAP. UCSG, 2014.	15
Tabla 2. Descriptores estadísticos para los 31 genotipos de cacao respecto a sus características físicas de importancia económica. EET Pichilingue. INIAP. UCSG, 2014.	27
Tabla 3. Matriz de correlación entre variables físicas de los 31 genotipos estudiados. EET Pichilingue. INIAP. UCSG, 2014.	29
Tabla 4. Descriptores estadísticos determinados en 600 almendras por cada genotipo evaluado. EET Pichilingue. INIAP. UCSG, 2014.	31
Tabla 5. Promedios y medianas del índice de almendra, índice de mazorca, número de almendras en 100 gramos y porcentaje de cascarilla, determinados en 31 genotipos de cacao evaluados. EET Pichilingue. INIAP. UCSG, 2014.	32
Tabla 6. Resultados del análisis de la varianza para el IA, IM, número de almendras en 100 gramos y porcentaje de cascarilla. EET Pichilingue. INIAP. UCSG, 2014.	33
Tabla 7. Porcentaje de las coloraciones de los 31 genotipos de cacao bajo estudio. EET Pichilingue. INIAP. UCSG, 2014.	35
Tabla 8. Resultados de las separaciones de medias (%) para varias características químicas de 31 genotipos de cacao. EET Pichilingue. INIAP. UCSG, 2014.	37
Tabla 9. Resultados de medias de distintas características sensoriales determinadas en una escala de 0 a 10, de 31 genotipos de cacao. EET Pichilingue. INIAP. UCSG, 2014.	43
Tabla 10. Resultados de medias de distintas características sensoriales determinadas en una escala de 0 a 10, de 31 genotipos de cacao realizados por Seguíne Cacao Cocoa & Chocolate Advisors. EE.UU. INIAP. UCSG, 2014.	46

ÍNDICE DE GRÁFICOS

- Gráfico 1.** Porcentajes de los genotipos que registraron distintas coloraciones en las almendras. EET Pichilingue. INIAP. UCSG, 2014. 30
- Gráfico 2.** Análisis de Componentes Principales de 31 genotipos de cacao para una matriz de datos sensoriales en el Laboratorio de Calidad Integral de Cacao. EET Pichilingue. INIAP. UCSG, 2014. 49
- Gráfico 3.** Análisis de Componentes Principales de 31 genotipos de cacao para una matriz de datos sensoriales obtenida por Seguire Cacao Cocoa & Chocolate Advisors. Pensilvania, EE.UU. INIAP. UCSG, 2014. 49

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo durante el año 2014, en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP, ubicada en el Km. 5 de la vía Quevedo – El Empalme, Provincia de Los Ríos. El presente estudio tuvo como objetivos específicos: identificar el comportamiento físico-químico-sensorial de un grupo de genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) experimentales, comerciales de mediana y alta productividad y determinar semejanzas y diferencias entre clones para facilitar la identificación de aquellos con más capacidad para valorizarse en función de la calidad intrínseca del grano.

Se procedió a evaluar los 31 genotipos de cacao en dos eventos de cosecha, provenientes de selecciones de avanzadas y clones comerciales provenientes de la EET Pichilingue, además se agregó una muestra de Huerta tradicional de la zona. Los clones de selecciones de avanzada fueron obtenidos a partir de ensayos experimentales que la Estación posee y fueron incluidos en el estudio debido a su comportamiento en términos de producción y resistencia a enfermedades. Los clones comerciales y de la Huerta del productor actuaron como controles.

Se evaluaron las siguientes variables físicas: índice de almendra, índice de mazorca, número de almendras en 100 gramos, porcentaje de cascarilla, distribución relativa del peso de los granos y la coloración de los cotiledones de las almendras en fresco. Las variables químicas se analizó mediante espectrofotometría, las cuales fueron: flavonoides, epicatequina, grasa en almendra, grasa en licor, teobromina, cafeína y la relación Teobromina/cafeína. Cuya evaluación fueron realizadas en el Laboratorio de Calidad Integral de Cacao y Chocolate de la Estación y en MARS Inc., Virginia, EE.UU.

Obtenidos los resultados de las variables físicas y químicas se procedió a realizar los análisis estadísticos como: análisis de estadística descriptiva, análisis de correlación y análisis de la varianza para las variables químicas. Este último análisis fueron sometido a la prueba de Duncan al 0.05 % para la separación de medias.

En la variables sensoriales se procedió a realizar dos eventos de catación el primero tuvo lugar en el Laboratorio de Calidad Integral de Cacao y Chocolate de la Estación por parte del panel de catadores y el segundo se lo realizó en Seguire Cacao Cocoa & Chocolate Advisors, en Pensilvania, EE.UU. Se gráfico barras para ilustrar los perfiles sensoriales de cada genotipo con el fin de observar que los sabores tenga un equilibrio en sus tonalidades. Al final se comparó los genotipos que sirvieron de controles con los experimentales los cual no indica que los clones conocidos como “EET” presentaron un equilibrio en sus tonalidades de sabores. Los clones E1/T11/R4/A10, T7/R4/A9, T7/R4/A5 y E5/T1/R2/A3 que son experimentales tuvieron un buen desempeño y que sirven para seguir bajo estudio como un clon de alta calidad sensorial.

Palabras claves: Clones, mejoramiento genético, Espectrometria, catacion, flavonoides.

SUMMARY

The research paper took place in “Experimental Station of Tropical Pichilingue, INIAP”, located Km 5 Quevedo’s way El Empalme, Los Ríos Province. The present research had the following specific objectives: To determinate sensory -chemical- physical behavior of a group of experimental, commercial genotypes of cocoa (*Theobroma cacao L.*) of medium and high productivity and find out similarities and differences between clones to facilitate the identification of those with more ability function al recovered in the intrinsic grain’s quality.

It proceeded to evaluate 31 genotypes in two events cacao harvest selections from advanced and commercial clones from EET Pichilingue also a sample producer orchard area was added. Advanced clones were obtained from experimental trials owns station and were included in the research because of their production behavior in terms and disease resistance. Selling and Orchard producer clones were served as controls.

The following physical variables were evaluated: Almond index, index cob, number of kernels per 100 grams, percentage of scale, and relative weight grain distribution and cotyledon’s coloration almonds fresh: the following physical variables were evaluated. In chemical variables was analyzed by spectrophotometry which were flavonoids, epicatechin, fat in almonds, fat liquor, theobromine, caffeine and theobromine/caffeine ratio. Which evaluations were performed in Integral Quality’s Laboratory of Cocoa and Chocolate Station and MARS Inc, Virginia, USA.

It obtained the results of the physical and chemical variables proceeded to perform statistical analyzes such as descriptive statistics analysis, correlation

analysis and analysis of variance for chemical variables. The latter analyzes were subjected to the test of Duncan 0.05% for mean separation.

In the sensory variables proceeded to do two events cupping the first took place in the of Integral Quality's Laboratory of Cocoa and Chocolate Station from the tasters panel and the second perform in Seguire Cacao Cocoa & Chocolate Advisors in Pennsylvania, USA Bar graphs was performed to illustrate for the sensory profiles of each genotype in order to observe that the flavors have a balance in its hues. Genotypes ultimately served as controls with no pilot which indicates the clone known as "EET" had balanced flavor tonalities was compared. The E1/T11/R4/A10, T7/R4/A9, E5/T1/R2/A3, T7/R4/A5 and experimental clones that are performed well and used to remain under study prior to its release as clone sensory quality.

Keywords: clones, genetic improvement, spectrometry, cupping, flavonoids

1. INTRODUCCIÓN

A través de su historia, el cacao ha estado ligado al proceso económico, social y político del Ecuador. Es el producto de exportación más antiguo y tradicional cultivado desde fines del siglo XVI. Al terminar el siglo XIX el cacao ecuatoriano gozaba de buena reputación en los mercados de Hamburgo y Londres básicamente por su sabor y aroma floral. Las zonas media y alta de la ribera del Rio Babahoyo se convirtieron en el origen del cacao "Arriba" derivado de la variedad Nacional autóctona. Más tarde, las siembras se extendieron a otras zonas, convirtiendo al país en importante productor de cacao fino o de aroma, condición que mantiene hasta ahora.

Por varias razones, desde el 2000 la oferta de cacao fino o de aroma del Ecuador viene recortándose, luego de crecer hasta los 80's. Las huertas tradicionales que dan origen a este tipo de cacao siguen envejeciendo y sin cuidados mínimos producen cada vez menos. Recientemente la situación está cambiando pero en el pasado las políticas públicas para apoyar la rehabilitación de las huertas han sido insuficientes o estado ausente. La siembra comercial agresiva de la variedad CCN 51, un clon de alta productividad, desde inicios de los 90's hasta la presente, continúa reemplazando miles de hectáreas de cacao de huertas tradicionales. Nuevas siembras con este clon se extienden en terrenos que antes no eran cacaoteros. Se avizora una mayor reducción del porcentaje del cacao fino o de aroma como participación en las exportaciones totales que incluyen al CCN 51. El mercado internacional no considera a esta variedad como cacao fino o de aroma aunque su grano si goza de otras ventajas de interés comercial.

El escenario descrito enmarca la necesidad de contar con variedades de cacao fino o de aroma dotadas de alto rendimiento como objetivo prioritario. La alta productividad del cacao CCN 51 se ha convertido en el estándar de

los productores cacaoteros dificultando la consecución de este objetivo. La adopción comercial de cualquier nueva opción varietal difícilmente tendrá éxito si ésta no iguala o supera la productividad del CCN 51, cuyo promedio nacional por hectárea es 1 tonelada de cacao en condiciones de secano y 2¹ toneladas cuando se cultiva con riego en la época seca. No obstante, el (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP), viene invirtiendo importantes esfuerzos para resolver este problema a través del mejoramiento genético, selección y multiplicación de nuevos clones de cacao con mayor productividad. Además del rendimiento, en cualquier nueva selección experimental la evaluación de otras características de la almendra también es de importancia como requisitos comerciales en los tiempos actuales.

El rendimiento unitario es un determinante importante de los ingresos que se derivan del cacao pero no es el único. Hay otros factores que adicionan valor a la producción y que pueden surgir del ámbito físico, químico y sensorial de la almendra. Estas propiedades pueden llegar a convertirse en fuente de valor económico adicional si superan estándares que maneja el comercio internacional. El presente proyecto pretende hacer contribuciones en los ámbitos señalados a partir de la comparación de un grupo de clones de cacaos experimentales y comerciales.

1.1 Planteamiento del problema

La producción de cacao fino o de aroma en el Ecuador se contrae gradualmente limitando el volumen de exportación de este tipo de cacao y afectando los ingresos del país. Hay necesidad de contar con variedades más productivas cuyas almendras estén dotadas de atributos de interés comercial en los ámbitos sensorial, físico y químico. Estos atributos se

¹ Información personal proporcionada por el Ing. Freddy Amores P., líder del Programa Nacional de Cacao del INIAP.

pueden convertir en fuentes de agregación de valor cuando van acompañados de una buena estrategia de mercadeo. Un mejor nivel de comprensión acerca de cómo varían las características de la almendra representa un insumo valioso al momento de seleccionar clones experimentales con promesa para convertirse en futuras variedades comerciales.

La disponibilidad de un grupo de clones experimentales de alta productividad desarrollados por el INIAP, presenta una oportunidad para estudiar las características de sus almendras como paso previo para completar la selección. Un par de ejemplos ilustran la importancia del presente estudio. Una variedad con almendras que presenten un porcentaje de cascarilla muy alto tendría serias objeciones en el comercio internacional pues nadie quiere transportar exceso de carga inútil (la cascarilla no tiene valor) para su negocio de licor y chocolate en mercados de consumo. Si además la almendra tiene bajo contenido de grasa la situación empeora deteriorándose su valoración.

Por tanto cualquier nueva variedad, incluso de cacao fino o de aroma, podría verse perjudicada en su futuro comercial si adolece de las desventajas señaladas u otras. Hay un caso concreto con el clon Scavina 6 que está dotado de un intenso halo aromático y es moderadamente productivo pero sin interés comercial por el bajo peso promedio de sus almendras, menos de 1 gramo. Los ejemplos descritos refuerzan el concepto sobre el que se asienta el presente proyecto.

La línea de trabajo basada en la evaluación físico-química-sensorial de las almendras de cacao es relativamente reciente en el país. Es una herramienta que en la última década viene siendo impulsada por el INIAP para facilitar sus procesos de mejoramiento genético y selección de nuevos clones. La capacidad de esta herramienta para diferenciar y promover el

valor comercial de distintos cacao tendrá mucho más valor en el futuro. Pasar por alto este detalle y la ejecución de trabajos como el planteado, podrían debilitar la estrategia del país para valorizar sus exportaciones perdiéndose oportunidades para impulsar el desarrollo del sector cacaotero.

1.2 Justificación

Los resultados de la presente investigación alimentarán procesos de toma de decisiones para avanzar con el desarrollo de clones experimentales con potencial para convertirse en variedades comerciales, construir identidades físico-químico-sensorial de otros clones de interés para facilitar su reconocimiento, y finalmente apoyar el entrenamiento continuo del personal de Laboratorio de Calidad integral del cacao, pasantes y operadores de la cadena que demandan del INIAP este tipo de análisis como servicios para mejorar la calidad del cacao exportable. Son estos argumentos los que en conjunto justifican plenamente la realización del presente estudio.

La presente investigación tuvo como objetivos los siguientes:

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Comparar un grupo de clones experimentales, comerciales de cacao con mediana y alta productividad para hacer una selección más eficiente, al tiempo que se explora oportunidades a través del análisis físico-químico-sensorial de sus almendras para aumentar su valor económico.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar semejanzas y diferencias entre clones para facilitar la identificación de aquellos con más capacidad para valorizarse en función de la calidad intrínseca del grano.
- Identificar el comportamiento físico-químico-sensorial de un grupo de clones experimentales, comerciales de mediana y alta productividad.
- Obtener referencias de licor para ayudar en la interpretación de los resultados sensoriales de nuevos clones y muestras comerciales.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Origen

El cacao es una planta autóctona de América, actualmente distribuida a lo largo de las regiones lluviosas de los trópicos, se desarrolla bien hasta los 20° de latitud en ambos hemisferios. Bartley (2005), describe la región Amazónica como la zona de distribución primaria del cacao y como zona secundaria de distribución del cacao la ubica en el área del Caribe que comprende los países de México, Centro América y el interior de la costa norte de Sur América.

2.2 Variedades

Nuevos estudios realizados nos lleva a la conclusión de una nueva clasificación de germoplasma de cacao en 10 grandes grupos o grupos: Marañón, Curaray, Criollo, Iquitos, Nanay, Contamana, Amelonado, Purús, Nacional y Guyana. Esta nueva clasificación refleja con mayor precisión la diversidad genética disponible para los cultivadores, en lugar de la clasificación tradicional como Criollo, Forastero o Trinitario (Motamayor *et al.* 2008).

2.3 Requerimientos del cultivo de cacao

El árbol de cacao pertenece a tierras bajas del bosque tropical los factores climáticos favorables van de 30 a 32° anual como máximo y de 18 a 21° mínimo, el promedio anual de precipitación esta en un rango de 1500 y 2000 mm. En las zonas productoras la humedad relativa puede alcanzar el 100 % en el día y hasta un 70 a 80 % en la noche. Los suelos adecuados para este cultivo son suelos profundos que sean capaces de retener agua en épocas

secas además que la topografía facilite el drenaje. Suelos francos arenosos y libres de obstáculos son referibles a suelos arcillosos (ICCO, 2014).

2.4 Factores que determinan la calidad del cacao

El genotipo y el beneficio poscosecha son factores determinantes en la calidad de la almendra y que el efecto de las condiciones edafoclimáticas, parece ser muy bajo. En ese mismo orden la calidad final de un cacao depende de los siguientes factores: 50 % del tipo genético, 20 % manejo poscosecha (fermentación y secado), 25 % transformación (tostado y conchado) y 5 % se debe al suelo y el manejo (Ventura *et al.* 2014).

2.5 Cosecha

El procesamiento del cacao comienza desde la selección y cosecha (“el corte”) de las mazorcas maduras. Generalmente la madurez de la mazorca se aprecia por su cambio de color, en algunas variedades de mazorca color verde cambian a un color amarillo y otras variedades de mazorca color rojo cambian al anaranjado. En algunas mazorcas que tiene pigmentación roja-violeta muy marcada, este cambio de color puede no ser muy aparente. De tal manera que los recolectores se basan en un método empírico para determinar la madurez de las mazorcas. Dicho método se basa en el sonido producido al golpear la mazorca con el dedo (Enríquez, 1985). La mazorca se cosecha del árbol y se extrae la pulpa del fruto conteniendo las semillas de cacao (cacao en baba) y se transporta a la planta beneficiadora.

2.6 Fermentación

Los métodos de fermentación de los granos de cacao determinan la calidad especialmente tanto la calidad química y física de cacao crudo, la

fermentación en montones parecía ser mejor para la producción de una buena calidad cacao crudo. También una mayor aireación de la masa debido a la desaparición de la mucílago, el crecimiento de ácido acético bacterias y en particular inducidos por los granos de remoción después de 48 y 96 h de fermentación permite añadir considerable valor de la calidad física de los materiales cacao crudo (Tagro *et al.* 2010).

Sin embargo, la duración de la fermentación de cacao puede tener que ser controlado y se pudo llegar a un promedio de 5 días para más mejorar la calidad de material de cacao en bruto y de producir mejor chocolate de calidad.

La fermentación es la etapa más importante dentro del beneficio del cacao, operación que involucra dos fenómenos distintos, pero no independientes, primero una fermentación microbiana que contribuye a la eliminación de la pulpa mucilaginoso presente en las almendra y segundo, induce a un conjunto de reacciones bioquímicas internas en los cotiledones, que conducen a la modificación de la composición química de las almendras y en particular, a la formación de los precursores del aroma. Estas reacciones son inducidas por elevación de la temperatura de la masa de cacao durante la fermentación y a la migración del ácido acético de la pulpa hacia la almendra, asimismo estos dos fenómenos suprimen el poder germinativo del embrión. Esta fermentación está afectada por el origen genético del cacao, intervalos entre cosechas, cantidad de cacao a fermentar, cantidad de pulpa en la semilla, el método de fermentación y las condiciones del medio donde se realiza el proceso (Gutiérrez y Azocar 2012).

2.7 Secado

El secado se puede lograr, naturalmente haciendo uso de la energía solar o artificial mediante el uso de secadores a base de calefacción. Ya fermentado

es importante en los granos de cacao eliminar paulatinamente el ácido acético que se produce principalmente por oxidación de etanol en la presencia de oxígeno por las bacterias acéticas. Durante el secado, este ácido se evapora junto con el proceso de eliminación de la humedad debido a su volatilidad. Sin embargo, el ácido láctico contenido en el interior no puede ser evaporado ya que es un compuesto menos volátil. Los granos de cacao son secado mediante una capa delgada de manera que gran parte de su cuerpo está expuesto al ambiente (Macmanus *et al.* 2010).

La eliminación del exceso de humedad, que queda en el grano al finalizar la fermentación, es importante porque evita el desarrollo de mohos que deterioran la calidad y facilita el almacenamiento, manejo y comercialización del cacao. Sin embargo, la reducción de la humedad debe ser hasta valores del 6 al 7 % de humedad ya que si se reduce demasiado el grano se vuelve muy quebradizo (Nogales *et al.* 2006).

2.8 Industrialización del cacao

El cacao proveniente de América Latina es catalogado en su mayoría como cacao Fino o de Aroma, el cual tiene un olor y sabor único, utilizado por los principales procesadores de chocolates finos y de alta calidad en el mundo. Aunque la producción de cacao Fino o de Aroma solo representa un 5 % de total de producción mundial, año con año el mercado va en aumento. Este cacao se produce principalmente en América Latina y el Sur Este de Asia (Papúa Nueva Guinea), mientras que el restante 95 %, considerado cacao corriente o ordinario, es producido principalmente en África de Oeste, con excepción de Indonesia, tercer mayor productor de cacao a nivel mundial después de Costa de Marfil y Ghana (Gómez y Azocar, 2002). El cacao se consume ampliamente en forma de chocolates y la tasa de consumo está aumentando debido a la creciente popularidad de los productos de confitería de chocolate en todo el mundo. Otras aplicaciones de cacao también se

pueden encontrar en bebidas, cosméticos, fármacos y productos de higiene personal (Tagro *et al.* 2010).

2.9 Calidad física del cacao

Entre los parámetros que influyen en la selección de un determinado tipo de cacao por los fabricantes de chocolate, se encuentran aspectos físicos tales como, el tamaño del grano, el porcentaje de cascara, contenido de grasa, dureza de la manteca y la humedad. (Portillo *et al* 2007). Los fabricantes de chocolates le dan enorme importancia y frecuentemente monitorean el sabor de la calidad del chocolate que fabrican, ya que estos parámetros afectan la demanda de los productos. El tamaño de la almendra es importante porque puede afectar al rendimiento de grasa. Los fabricantes prefieren comprar almendras con porcentajes más bajo de cascarilla compatible con una adecuada protección de la almendra (Álvarez *et al.* 2007).

2.10 Calidad química del cacao

Los compuestos químicos, tiene gran relevancia en la calidad y desarrollo aromático del cacao, ya que en función del tratamiento al cual sean sometidas las almendras, dependerá el contenido de estos (Portillo *et al.* 2007).

2.11 Calidad sensorial del cacao

En el tostado se piensa que es el primer punto en la fabricación de productos de chocolate en la que el fabricante verdaderamente tiene el control de la manipulación de sabor del producto. Los fabricantes son capaces de cambiar el sabor de un producto basado en el grado de torrefacción que elijan. Este es un proceso que puede tardar hasta 1 hora por lotes grandes y

120 minutos para los granos enteros y, basada en la preferencia y el gusto, puede alcanzar temperaturas en cualquier lugar 110 a 150 °C (varía por grado de tostado y por fabricante). Es importante para la microbiológica la reducción y desarrollo del sabor. Los sabores desarrollan por la reacción de Maillard durante el tostado (Reed, 2010).

Así mismo la reacción de Maillard se produce entre los azúcares reductores tales como glucosa y fructosa en el cacao frijoles y aminoácidos, y ayuda en el desarrollo de compuestos químicos tales como fenilo acetaldehído, isovaleraldehído, isopentanal y pirazinas en semillas de cacao, todos los cuales son importante para un buen impacto. También se sabe que la presencia de ciertos aminoácidos de la fermentación ayuda el desarrollo del sabor de cacao; aquellos aminoácidos son: leucina, alanina, fenilalanina y tirosina. Los sabores característicos presente en el licor de cacao son:

Cacao: El aroma característico de los granos de cacao tostados a menudo descritos como esencia de chocolate, este sabor es dependiente del tipo de grano y la óptima duración de la fermentación del grano. Una referencia para el cacao es el impacto de las barras de chocolate que contienen alto contenido de cacao.

Floral: Es aromático asociado con una mezcla de flores frescas cortadas. Una referencia para floral es el aroma de linalol, alcohol terpeno una sustancia que se encuentra naturalmente en las flores y especias.

Frutal: El aroma que recuerda a la fruta fresca.

Nuez: El aroma asociado con nueces indistinguibles, este sabor es atribuido a los cacahuets o las cáscaras de maní que entren en contacto con los granos de cacao. La referencia para la nuez es el sabor de frutos secos.

Dulce: Aroma descrito como una sensación de dulzura o caramelo de los granos de cacao

Astringencia: La constricción o contracción de tejidos de la boca que resulta en la percepción de una sensación de sequedad en la boca. Una referencia para la astringencia es la sensación en la lengua dada por, masticar apio, o comer las uvas rojas.

Amargo: El sabor estimulado por sustancias tales como, pero no limitado a, la quinina o la cafeína. Una referencia para la amargura es el sabor de una solución de agua cafeína 0,1% expectorado.

Acido: Un sabor de la fermentación caracterizada por el aroma a vinagre blanco destilado.

Verde: La característica aromática de la hierba recién cortada debido a la poca madurez del fruto.

Moho: El aroma de lotes de cacao almacenados en condiciones de mucha humedad. Se ha encontrado que los granos mohosos que contienen altos niveles de carbonilos, lo que resulta en esta humedad fuera de la nota. Sabores a humedad pueden ser causados por el moho creciendo en los granos debido a la alta humedad en el grano o debido a un almacenamiento en condiciones de humedad.

3. MARCO OPERACIONAL

3.1 Ubicación

La investigación se realizó entre los meses de Mayo a Agosto del 2014, en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP, localizada en el Km 5 vía Quevedo – El Empalme, Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos, ubicada a una altitud de 85 msnm. Sus coordenadas geográficas son: 01°05'39,3" Latitud Sur y 79°28'01,8" Longitud Oeste.

3.2 Características climáticas

La formación ecológica de la zona corresponde a un bosque húmedo tropical con 2.218,4 mm/año y 24.8 °C de precipitación y temperatura media anual.²

3.3 Materiales y equipos

3.3.1 Campo

- Cajas de fermentación Rohan
- Hojas de plátano
- Sacos
- Baldes
- Placas de identificación

3.3.2 Laboratorio

- Balanza analítica; Thomas Científico (precisión 0.00 g)
- Higrómetro AQUA-BOY.
- Guillotina MAGRA, TESEBRA, B. MATTHAEI

² Datos tomados del INAMHI, localizado en la EET Pichilingue, registro promedio desde el año 1970 al 2011.

3.3.3 Equipos

- Estufa de aire forzado MEMMERT
- Molino
- Refrigerador
- Plancha calentadora CIMAREC TERMOLYNE
- Separador de cascarilla
- Triturador
- Nirs (espectrofotómetro)

3.3.4. Herramientas

- Termómetro
- Estilete
- Bandejas
- Vasos
- Moldes
- Fundas plásticas
- Etiquetas

3.3.5 Otros

- Calculadora
- Formulario de evaluación sensorial
- Cámara fotográfica

3.4 Tratamientos

Los tratamientos estuvieron constituidos por muestras de almendras de 30 clones distintos de cacao más una muestra proveniente de una huerta tradicional representativa de la zona de Quevedo. Los clones de selecciones experimentales fueron 16 y de las variedades comerciales fueron 14. Ver Tabla 1.

Tabla 1. Material genético que constituyó la investigación. EET Pichilingue. INIAP. UCSG, 2014.

No.	Grupo	Lote	Número de tratamientos	Código	Familia	Número de plantas
1			1	INIAPT 484	AMAZ 14 x EBC 148	180
2			3	INIAPT 632	CUR 3 x TIP 1	180
3			4	INIAPT 656	TAP 6 x EBC 148	180
4	1	"Parcelas Grandes"	6	INIAPT 302	EET 387 x A 645	180
5			9	T7/R4/A5	CCN 51 x EET 450	180
6			10	T7/R4/A9	CCN 51 x EET 450	180
7			Control	EET 103	Nacional	180
8			Control	CCN 51	IMC 67 x ICS 95 X Desconocido	180
9			11	E1/T11/R4/A10	CCN 51 x CCAT 2119	10
10			12	E2/T9/R2/A8	EET 446 x CCN 51	10
11	2	"54 Clones"	13	E2/T2/R1/A8	EET 426 x CCN 51	10
12			16	E5/T5/R3/A1	CCN 51 x EET 462	10
13			Control	JHV 10	Desconocido	10
14			1	E5/T1/R2/A3	CCN 51 x EET 233	10
15			8	E1.2.2/T4/R1/A9	CCN 51 x EET 233	10
16	3	"Tanque Elevado"	23	E5/T2/R3/A2	CCN 51 x EET 534	10
17			24	E5/T2/R3/A6	CCN 51 x EET 534	10
18			Control	EET 62	Nacional	16
19			Control	EET 95	Nacional	90
20			Control	EET 96	Nacional	100
21	4	"Siete Clones"	Control	EET 544	Nacional	100
22			Control	EET 558	Nacional	100
23			Control	EET 575	Nacional	100
24			Control	EET 576	Nacional	100
25	5	"Coleccion G. Nacional"		EET 559	Nacional	10
26	6	"Nuevas Introducciones"		ESS 1	Recolectado en la Amazonia	8
27			Control	EET 19	Nacional	20
28	7	"Ochocasas"	Control	EET 48	Nacional	20
29			Control	IMC 67		20
30			Control	ICS 95		20
31	8	Km. 5 via El Empalme-La Guayas, Prov Guayas	Control	Huerta Tradicional	Nacional	50

Las muestras se colectaron en distintos momentos en el 2014. Se tomaron dos muestras por clon y cada muestra colectada en distintos momentos se convirtió en una repetición.

3.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño Completo al Azar (DCA) donde la primera ronda de muestras para todos los clones constituyo la primera repetición. Las muestras de la siguiente ronda constituyeron la segunda repetición.

3.6 Modelo matemático

$$x_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

x_{ij} = Observación individual

μ = Media de la población

τ_i = Tratamientos

ε_{ij} = Error aleatorio

3.7 Análisis de la varianza

El esquema de la varianza se indica a continuación:

ANDEVA	
Fuente de variación	GL
Tratamientos (t - 1)	30
Error ab(n-1)	30
Total rt-1	61

3.8 Análisis funcional

Para realizar las comparaciones de las medias de los tratamientos, se utilizó la prueba de rangos múltiples de Duncan al 0.05 % de probabilidad.

3.9 Manejo del experimento

3.9.1 Cosecha

Durante el periodo de Mayo a Julio ocurre uno de los principales picos de cosecha anual en la zona de Quevedo. En este periodo se cosecharon mazorcas maduras de lotes ubicados en la Estación Experimental Tropical Pichilingue y donde están sembrados los clones bajo estudio. Se tomaron las precauciones para evitar la cosecha de mazorcas inmaduras o sobre maduras que atenten contra la calidad de la fermentación. Por la misma razón se evitaron la cosecha de mazorcas enfermas. Se hicieron dos eventos de cosecha para cada clon con el fin de obtener el mismo número de muestras. Luego de la fermentación y el secado las almendras de cada muestra fueron sometidas a la caracterización respectiva a través de la medición de las variables descritas en la sección correspondiente.

Se intentó cosechar al menos 10 mazorcas maduras en cada evento de cosecha para los clones experimentales con pocas plantas. El número de mazorcas cosechadas en los otros clones con más plantas disponibles fue mayor facilitando la fermentación. Luego de cosechadas las mazorcas se transportaron a un espacio al costado del centro de fermentación. Las mazorcas se abrieron para obtener las semillas frescas. Como ya quedó señalado, la determinación del color de las almendras se realizó en fresco

liberando los cotiledones de la pulpa y tegumento que los cubre (se denomina cascarilla en los granos secos) en 20 almendras.

La masa de almendras frescas de cada clon se sometió a un proceso de micro-fermentación siguiendo el método Rohan. Este consistió en colocar varias cajas independientes una encima de otra. Una caja tuvo las siguientes dimensiones: 1.28 x 0.87 x 0.10 m de largo, ancho y profundidad. El fondo de la caja estuvo cerrado con tablillas de 5 cm de ancho separa 5 mm entre sí. El interior de la caja estuvo dividido en 20 secciones de 0.20 x 0.15 m (largo y ancho). Cada compartimento tuvo capacidad para contener hasta 2.5 kg de masa fresca de cacao.

Se dependió de la disponibilidad de mazorcas maduras en los distintos clones, se pudo hacer cosechas simultáneas en más de un clon a la vez. La cantidad de masa fresca disponible para cada clon también fue diferente dependiendo del total de mazorcas cosechadas. Para adaptarse a la logística de la fermentación la masa de un clon, debidamente identificada, pudo ubicarse en un solo compartimento o en varios compartimentos a la vez que se dispuso de un volumen suficiente. Con un volumen suficiente de masa de varios clones, la masa de cada uno pudo colocarse en varias cajas. Hubo volúmenes reducidos de masa para uno o dos clones provenientes de la cosecha en un día determinado, el resto de compartimentos se lleno con masa de cacao tradicional para facilitar la retención del calor como factor importante del proceso fermentativo. Ciertamente no se mezclaron en compartimentos de una misma caja masas provenientes de cosecha en diferentes días. La masa se cubrió con sacos de yute y hojas de plátano.

El periodo de fermentación fue de 4 días y considerando la poca profundidad de la masa fermentante no se realizó la remoción de la misma pues se espero

suficiente aireación hasta dicha profundidad una vez que la pulpa fue degradada. La situación fue diferente donde la profundidad de la masa fermentante fue mayor como en las cajas de fermentación tradicionales donde la masa fermentante alcanzo una profundidad de 0.07 m a mayor. La variación de la temperatura se controló mediante termómetros que se introdujeron por agujeros en el costado de las cajas. Esta información fue de utilidad para interpretar los resultados de la fermentación si el desempeño de este proceso se aleja de la normalidad. No represento una variable de estudio.

Al final del periodo de fermentación las muestras de cacao fueron colocadas en una marquesina. El secado tuvo dos funciones: 1) Reducir el contenido de agua de las almendras hasta el 7 %; y 2) Promover una evaporación gradual para que el vapor de agua transporte el ácido acético fuera de las almendras. Si la tasa de evaporación del agua es muy rápida la cascarilla que recubre los cotiledones se reseca en corto tiempo dificultando la eliminación del exceso de ácido acético en las almendras. Por la misma razón, aunque las almendras están aparentemente bien secas por la apariencia exterior de la cascarilla, en realidad aun tiene bastante humedad en los cotiledones que se sienten como “cauchosos” al apretarlos entre los dedos.

Para evitar los inconvenientes descritos, en el inicio del secado las almendras se distribuyeron en una capa de 6 cm de espesor, si el día estaba intensamente soleado. Si está poco soleado el grosor de la capa de almendras fue menor, unos 3-4 cm. Durante el primer día las muestras permanecieron expuestas al sol por unas 4-5 horas. Del segundo día en adelante el periodo de secado fue de 7-8 horas. Estas indicaciones sirvieron como un marco referencial para tomar las mejores decisiones sobre la marcha y de acuerdo a la situación cambiante del ambiente y condición que mostraron las almendras. Mediante un determinador de humedad portátil se midió el contenido de agua de cada muestra al final del proceso de secado que fue variable según la

intensidad de la radiación solar, pero se espero que no fuese más allá de 6 días. La medición del contenido de agua no se realizo inmediatamente al finalizar el secado, sino después de una hora o dos horas, luego de que las muestras se hayan enfriado. De lo contrario se pudiera haber obtenido lecturas erróneas.

3.9.2 Preparación del licor o pasta de cacao

Para este propósito se pesaron 120 g de almendras de cacao fermentado y seco, a cada una de las muestras se le realizo un tostado en una estufa a una temperatura de 110 °C por 15 minutos. Antes de comenzar el tostado se homogenizo la temperatura en el interior de la estufa en el nivel indicado. Luego de haberse completado el tostado se trituro las almendras y se eliminó la cascarilla antes de transformarlos en licor o pasta de cacao mediante un molino especializado con este fin. Cada muestra de licor se coloco en un molde debidamente etiquetado que se dejo enfriar antes de almacenarse en una nevera. En la etiqueta consto el nombre del clon, régimen de tostado (temperatura y tiempo) y código de la muestra. Se retiraron de la nevera para su preparación antes de la degustación sensorial para determinar el perfil sensorial.

3.9.3 Degustación sensorial

Se extrajeron de la nevera solo las muestras de licor que se degustaron en un día determinado. Con este fin las muestras recibieron un nuevo código provisto por una persona ajena al panel de degustación conformado por 4 persona con experiencia en esta tarea. Se calentaron en baño de María a 45 °C teniendo el cuidado de mantener dicha temperatura durante el tiempo que duro la degustación de cada muestra. Cada miembro del panel coloco en su boca y degustarlo por 20 segundos una porción de pasta de cacao de cada muestra.

Procedió a registrar simultáneamente en un formato estándar las notas sensoriales que fue percibiendo seleccionando de acuerdo a la intensidad percibida el correspondiente valor dentro de la escala 0 a 10.

3.9.4 Representación y procesamiento estadístico de los datos

Luego se organizó en una Tabla los datos de todas las variables éstos se procesaron mediante técnicas de estadística descriptiva. Se estimaron el promedio, desviación estándar, valores máximos y mínimos, rangos, cuartiles, coeficiente de variación. El propósito fue visualizar el comportamiento de todos los clones como un todo. Esta visualización global se reforzó con una tabla de correlaciones que estableció asociaciones significativas en el desempeño simultáneo de pares de variables de interés. Por ejemplo la correlación entre índice de mazorca e índice de semilla, entre porcentaje de cascarilla e índice de semilla, entre otras, es información valiosa como herramienta para apoyar el proceso de selección. Adicionalmente, aquellas variables con amplio rango se describieron como histograma de frecuencias que clarifico su comportamiento.

En una segunda etapa se condujo el análisis de varianza para cada variable con excepción de las variables sensoriales que se describieron como gráficos de barras. Aunque el tamaño de la muestra es una limitante se intento explorar desde este momento posibles tendencias y ordenación entre clones. El número de tratamientos compensa en alguna medida el bajo número de repeticiones, por lo que se esperó alcanzar alguna diferencia significativa, al menos para aquellas variables con amplias diferencias entre distintos clones. Luego de cualquier diferencia significativa se aplicaron el proceso de separación de medias usando la prueba de Duncan (0.05).

La conducción de un análisis multivariado es la última etapa en el ámbito estadístico del estudio. Se aplicaron la técnica de componentes principales que simplifico la varianza global (se eliminó aquellas variables que no son independientes) y estructurar la variabilidad interclonal, estructura que se expresa en el plano definido por los dos componentes principales, como agrupaciones de puntos que representan los clones bajo estudio. La formación de grupos dependió entonces de las diferencias y semejanzas entre clones en función de las variables que formaron parte del análisis. Con los resultados de la segunda y tercera etapa del análisis determinará identificar aquellos clones dotados de un balance más equilibrado entre los niveles o intensidades en las características estudiadas. Sin embargo, un resultado posible es que la distribución de puntos en el plano definido no muestre ninguna estructuración.

3.10 Variables evaluadas

3.10.1 Físicas

3.10.1.1 Índice de mazorca

El índice de mazorca se refiere a la cantidad de mazorcas necesarias para obtener un kg de cacao fermentado y seco. Para calcularlo se utilizó el peso de la masa fermentada y seca de 10 mazorcas. El cociente de dividir 10,000 para el peso de la masa fermentada y seca es el índice de mazorca.

3.10.1.2 Color de los cotiledones

El color de los cotiledones de las almendras frescas es un indicador de la concentración de polifenoles totales. La antocianina pertenece a este grupo y su mayor o menor concentración hace que el color de los cotiledones cambie gradualmente de violeta oscuro a blanco, pasando por violeta claro y rosado. Para examinar el color de los cotiledones se eliminaron la pulpa y el tegumento

(se llama cascarilla en granos secos) que los cubre en 20 semillas Se contaron el número de semillas que caen dentro de las seis categorías que se acaban de nombrar a saber: violeta oscuro, violeta claro, rojizo, rosado claro, crema y blanco.

3.10.1.3 Índice de almendra

El índice de almendra se refiere al promedio del peso de las almendras. La importancia de éste índice radica en que es un indicador del rendimiento de las almendras. El estándar para el comercio internacional señala que debe ser igual o superior a 1 g pero no menor. Para estimarlo se obtuvo el peso total de 100 almendras tomadas aleatoriamente de la muestra fermentada y seca de cada genotipo. El cociente de dividir ese peso total para 100 es el índice de almendra.

3.10.1.4 Porcentaje de cascarilla

La cascarilla no tiene valor para el comprador. Su porcentaje en la almendra es usualmente un factor que afecta sus costos de transporte. Mientras más bajo es el porcentaje de la almendra su calidad es mayor. Se estimó en base al peso de 10 almendras fermentadas y secas tomadas aleatoriamente. Luego se liberó la cascarilla de las almendras. La cascarilla se va colocando sin desperdicio en un recipiente de una balanza para obtener su peso. Posteriormente se obtuvo el cociente de dividir el peso de la cascarilla para el peso de las almendras con cascarilla. Finalmente se multiplicó este cociente por 100 para estimar el porcentaje de cascarilla.

3.10.1.5 Distribución de la frecuencia relativa del peso de las almendras

Se obtuvo el peso de cada una de 300 almendras fermentadas y secas en los dos eventos de cosecha. Con estos valores se realizó un histograma de frecuencia relativa para visualizar como se distribuye el peso de las almendras que también es una medida indirecta de su tamaño. Se calculó la desviación estándar de la muestra para estimar la dispersión de los pesos. Mientras mayor es la dispersión menor es la homogeneidad. Almendras con pesos grandes y homogéneos agregan valor.

3.10.1.6 Número de almendras en 100 gramos

Se contabilizaron el número de almendras secas y fermentadas presentes en un lote de 100 g.

3.10.2 Químicas

Se determinaron los porcentajes de Flavonoides, Epicatequina, Grasa en cacao, Grasa en licor, Teobromina, Cafeína y la relación Teo/Caf como una variable calculada (a partir de las predicciones individuales de ambos compuestos) por su creciente valor para segregar tipos de cacao. De las distintas muestras de almendras fermentadas y secas. Con este propósito, en el Laboratorio de Calidad Integral de Cacao y Chocolate en la Estación Experimental Tropical Pichilingue, con ayuda del (Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo, CIRAD) se utilizó un equipo NIRS (espectrometría del cercano infrarrojo) donde se obtuvo lecturas espectrométricas de cada muestra en la banda del cercano infrarrojo.

Por otra parte se acordó con personal científico de MARS Inc. en Virginia, EE.UU. que colabora con INIAP en proyectos, para realizar predicciones de las propiedades químicas de Flavonoides y Grasa en licor de cacao, en base a las lecturas se enviaron licores de cacao de los genotipos en estudio. Ya que dispone de una amplia base de datos con espectros del cercano infrarrojo que abarcan gran parte de la variabilidad mundial de cacao.

Estas dos bases de datos de la EET Pichilingue-CIRAD y MARS Inc., Ha dado lugar a modelos matemáticos y con capacidad para realizar predicciones robustas del valor de propiedades químicas de interés, entre ellas las incluidas en el presente estudio.

3.10.3 Sensoriales

Se obtuvo una pasta semilíquida de cacao, usualmente conocida como licor de cacao, a partir de almendras tostadas y molidas de las distintas muestras. Se realizaron dos eventos de catación la primera con el Laboratorio de Calidad Integral del Cacao y Chocolate del INIAP, con experiencia en degustación, se constituyó en un panel de catación que determinó el perfil de sabores de cada muestra. El perfil se expresó a partir de las siguientes variables sensoriales o sabores: Cacao, Floral, Frutal, Nuez, Dulce, Amargo, Acidez y Astringencia. También se registró cualquier sabor no cotidiano pero agradable. Se procedió de igual manera si hay presencia de defectos como sabores a moho, jamón (sobre fermentación) y cualquier otro defecto sensorial. El instrumento de medición de todas las variables es una escala que va de 0 a 10 y que abarca las intensidades descritas a continuación.

La segunda fue realizada por un panel de expertos catadores de Seguire Cacao Cocoa & Chocolate Advisors en Pensilvania, EE.UU. en donde se

registro el perfil sensorial de los sabores: Cacao, Frutal, Floral, Amargor, Acidez y Astringencia.

ESCALA		CATEGORÍAS
0	=	Ausente
1 a 2	=	Intensidad baja
3 a 5	=	Intensidad media
6 a 8	=	Intensidad alta
9 a 10	=	Intensidad muy alta o fuerte

4. RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados de las variables del análisis físico, químico y sensorial, utilizados en la comparación de las características de las almendras de un grupo de genotipos de cacao objeto de la presente investigación.

4.1 Análisis Físico

4.1.1 Estadística Descriptiva

Tabla 2. Descriptores estadísticos para los 31 genotipos de cacao respecto a sus características físicas de importancia económica. EET Pichilingue. INIAP. UCSG, 2014.

Estadísticos	Índice de almendra	Índice de mazorcas	Número de almendras en 100 g	Cascarilla (%)
Promedio	1.36	19.17	75.08	14.26
Mediana	1.36	18.19	74	14.04
Mínimo	0.94	10.77	57	11.11
Máximo	1.71	33.1	105	17.66
Rango	0.77	22.33	48	6.55
Varianza	0.03	18.39	121.54	2.54
Desviación estándar	0.18	4.29	11.02	1.59
Coefficiente de variación (%)	13.52	22.37	14.68	11.18
Cuartil 1	1.25	16.22	67	13.19
Cuartil 2	1.36	18.19	74	14.04
Cuartil 3	1.5	21.48	79	15.45
Relación entre cuartiles	0.25	5.26	12	2.26
Curtosis de Fisher	-0.355	1.078	0.383	-0.344

IA: Índice de Almendra (proviene de 100 almendras de cada muestra de cacao de los 62 genotipos), **IM:** Índice de Mazorca (proviene de los 62 genotipos en estudio)

Aunque el promedio y medianas para el IA, IM y número de almendras en 100 g, son atractivos en relación con los estándares de comercialización internacional, los valores máximo y mínimo señalan la existencia de genotipos con un IA tan bajo como 0.94 g, y un IM tan alto como 33.1. Así mismo, un número de almendras en 100 g tan alto como 105 y tan bajo como 57. La presencia de genotipos con distinto potencial económico es evidente al examinar estos resultados. La amplitud de la desviación estándar, rango y coeficiente de variación, sostienen esta afirmación. Por tanto, hay diferentes comportamientos para los distintos genotipos estudiados, respecto a las variables analizadas que son componentes directos del rendimiento.

Sin embargo, los valores que definen cada cuartil, tomados en conjunto, apuntan a que el número de clones con valores extremos indeseables para las variables señaladas, económicamente hablando, son pocos. De acuerdo a los índices de curtosis, la distribución de probabilidades para el IA sigue la distribución de una variable aleatoria normal. La variable que más se aleja de esta tipo de distribución es el IM. Para el número de almendras en 100 g la disimilitud con la curva normal es mínima. El promedio y mediana del porcentaje de la cascarilla son algo altas, pero sin mínimos ni máximos extremos. La mayoría de los clones se ubica arriba del primer cuartil para esta última característica.

4.1.2 Correlaciones

La Tabla 3 muestra los coeficientes de correlación entre las características físicas. El IA presenta índices de correlación negativa con el IM, y con el número de almendras en 100 g. Su magnitud da cuenta de la significancia estadística para estos coeficientes. La correlación entre el IM y el número de almendras en 100 g es alta y positiva, revelando una variación conjunta y

significativa entre ambas variables. La correlación entre el porcentaje de cascarilla y las otras variables que intervienen en el análisis es baja.

Tabla 3. Matriz de correlacion entre variables físicas de los 31 genotipos estudiados. EET Pichilingue. INIAP. UCSG, 2014.

Variables	Índice de almendra	Índice de mazorca	Número de almendras en 100 g	Cascarilla (%)
Índice de almendra	1			
Índice de mazorca	-0.79**	1		
Número de almendras en 100 g	-0.97**	0.86**	1	
Porcentaje de cascarilla	-0.24 NS	0.31 NS	0.28 NS	1

NS = No significativo, **= Altamente significativo

4.1.3 Color de cotiledones de almendras frescas

El Grafico 1 muestra que el 65 % de los genotipos cubiertos por el estudio tienen almendras con color de tonalidad violeta oscuro. El 25 % con color violeta claro. El 10 % restante agrupa genotipos con tonalidades rojiza, rosada, e incluso hay unos pocos con almendras de tonalidad crema y blanca. Estas categorías no son excluyentes; hay genotipos con almendras de distinta tonalidad de color aunque con la predominancia de uno en particular. Más adelante se presenta la estructura del color de las almendras por cada genotipo.

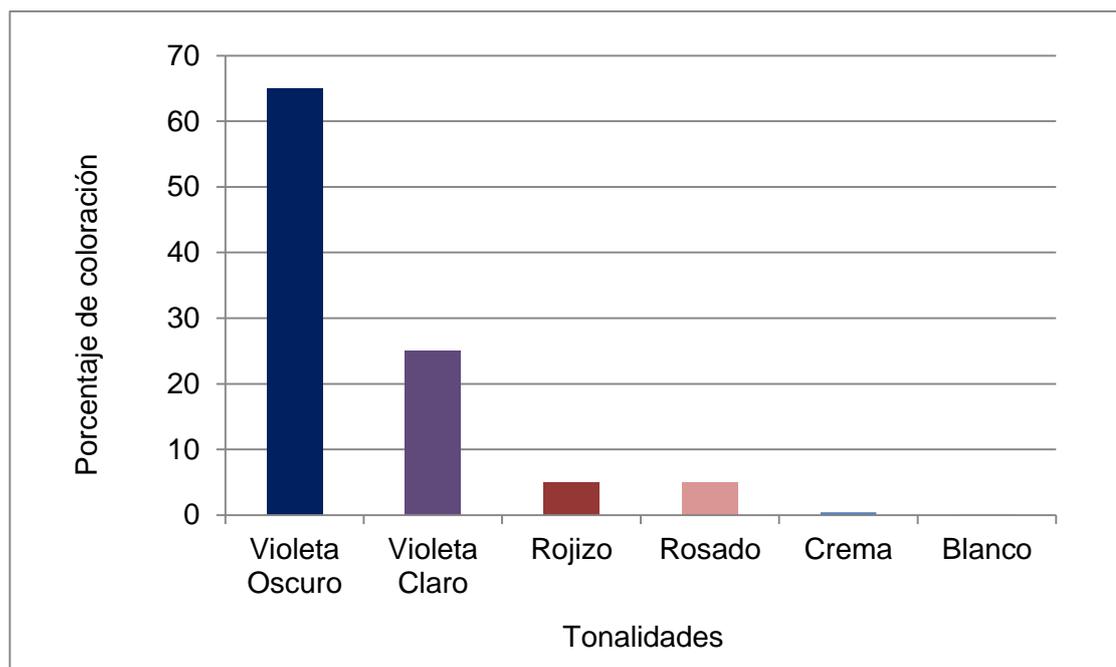


Gráfico 1. Porcentajes de los genotipos que registraron distintas coloraciones en las almendras. EET Pichilingue. INIAP. UCSG, 2014.

4.1.4 Diferencias entre genotipos

La Tabla 4 muestra descriptores estadísticos vinculados al peso de los granos secos de cacao por genotipo. Algunos tienen almendras con pesos máximos de 2.68 g (EET 19) y otros de pesos mínimos tan bajos como 0.38 g (EET 558). El rango más alto entre el peso máximo y el mínimo corresponde al genotipo T7/R4/A5; el más bajo al INIAPT 632. La mayor desviación estándar para el peso del grano corresponde al genotipo EET 62; la menor al E2/T9/R2/A8. El peso promedio de grano en el último cuartil sigue estrechamente al peso máximo de almendra por genotipo. Los pesos mínimos siguen en buena medida el peso promedio de grano en el primer cuartil. Esta afirmación también es cierta para el valor mínimo. Para la Huerta tradicional, el valor máximo del peso del grano se encuentra entre los más altos de todos los genotipos.

Tabla 4. Descriptores estadísticos determinados en 600 almendras por cada genotipo evaluado. EET Pichilingue. INIAP. UCSG, 2014.

Genotipo	Máximo (g)	Mínimo (g)	Rango (g)	Desviación estándar	1° Cuartil	2° Cuartil	3° Cuartil
INIAPT 484	1.91	0.45	1.46	0.33	0.94	1.22	1.46
INIAPT 632	2.05	0.65	1.04	0.21	1.21	1.35	1.47
INIAPT 656	2.33	0.82	1.51	0.24	1.40	1.55	1.71
INIAPT 302	2.06	0.51	1.55	0.27	1.06	1.23	1.38
T7/R4/A5	2.34	0.34	2.01	0.30	1.11	1.32	1.5
T7/R4/A9	2.31	0.72	1.60	0.27	1.54	1.73	1.88
EET 103	2.01	0.71	1.31	0.24	1.24	1.38	1.56
CCN 51	2.14	0.71	1.43	0.25	1.33	1.50	1.65
E1/T11/R4/A10	1.72	0.52	1.2	0.19	1.04	1.16	1.28
E2/T9/R2/A8	1.88	0.49	1.4	0.17	0.87	0.97	1.07
E2/T2/R1/A8	1.84	0.76	1.08	0.20	1.21	1.35	1.48
E5/T5/R3/A1	1.96	0.7	1.26	0.21	1.3	1.43	1.61
JHV 10	2.08	0.9	1.18	0.19	1.47	1.58	1.69
E5/T1/R2/A3	2.02	0.75	1.28	0.24	1.39	1.53	1.67
E1.2.2/T4/R1/A9	2.18	0.69	1.49	0.22	1.48	1.61	1.74
E5/T2/R3/A2	1.85	0.47	1.38	0.26	0.96	1.14	1.34
E5/T2/R3/A6	1.82	0.53	1.29	0.28	0.97	1.2	1.39
EET 62	2	0.54	1.46	0.35	0.97	1.24	1.54
EET 95	1.97	0.66	1.31	0.22	1.19	1.35	1.5
EET 96	2.24	0.5	1.74	0.29	1.34	1.52	1.67
EET 544	2.12	0.69	1.43	0.29	1.06	1.32	1.52
EET 558	1.87	0.36	1.51	0.21	1.12	1.26	1.38
EET 575	1.98	0.64	1.34	0.26	1.27	1.46	1.63
EET 576	2.29	0.81	1.48	0.23	1.29	1.45	1.59
EET 559	1.86	0.53	1.33	0.22	0.95	1.09	1.23
ESS 1	2.38	0.52	1.86	0.28	1.44	1.65	1.81
EET 19	2.68	0.83	1.85	0.33	0.87	0.98	1.09
EET 48	2.02	0.55	1.47	0.25	1.27	1.44	1.62
IMC 67	2.15	0.66	1.49	0.25	1.06	1.26	1.44
ICS 95	1.88	0.5	1.38	0.28	1.17	1.39	1.54
Huerta Tradicional	1.92	0.52	1.40	0.28	1.00	1.20	1.39

Según la Tabla 5 el promedio y medianas para el peso de almendras tienen en general un alto grado de coincidencia confirmando la normalidad de las curvas de distribución de probabilidades. Los promedios más altos para el peso de las almendras corresponden a T7/R4/A9, EET 19 y ESS 1. Los más bajos acompañan a EET 559 y E2/T9/R2/A8. El IA para los distintos genotipos concuerda en gran medida con los valores alcanzados por el promedio y mediana de cada genotipo. El IM claramente guarda proporción inversa con el promedio y mediana. El número de almendras en 100 g es, por el contrario, es

inversamente proporcional al promedio de la distribución de frecuencia para el peso de almendras, y también con respecto al IA como es de esperarse.

Tabla 5. Promedios y medianas del índice de almendra, índice de mazorca, número de almendras en 100 gramos y porcentaje de cascarilla, determinados en 31 genotipos de cacao evaluados. EET Pichilingue. INIAP. UCSG, 2014.

Genotipo	Promedio (g)	Mediana (g)	Índice de almendra	Índice de mazorca	Número de almendras en 100	Cascarilla (%)
INIAPT 484	1.19	1.22	1.25	23.55	89.00	14.09
INIAPT 632	1.34	1.35	1.33	22.56	78.50	16.80
INIAPT 656	1.54	1.545	1.42	19.86	71.50	12.82
INIAPT 302	1.22	1.23	1.32	23.02	78.00	13.95
T7/R4/A5	1.31	1.315	1.33	17.58	74.00	16.67
T7/R4/A9	1.69	1.725	1.65	13.50	60.50	15.26
EET 103	1.39	1.38	1.39	16.86	75.00	12.98
CCN 51	1.48	1.5	1.48	14.44	68.50	13.43
E1/T11/R4/A10	1.16	1.155	1.13	22.60	87.50	13.03
E2/T9/R2/A8	0.95	0.965	0.99	28.04	100.50	16.71
E2/T2/R1/A8	1.34	1.345	1.35	17.37	76.00	15.28
E5/T5/R3/A1	1.44	1.425	1.43	17.41	70.50	13.78
JHV 10	1.58	1.58	1.57	12.65	63.00	13.59
E5/T1/R2/A3	1.50	1.535	1.50	18.11	67.00	15.57
E1.2.2/T4/R1/A9	1.59	1.605	1.59	15.15	63.50	14.64
E5/T2/R3/A2	1.14	1.14	1.13	24.12	88.50	15.81
E5/T2/R3/A6	1.18	1.2	1.20	23.48	84.00	14.42
EET 62	1.26	1.24	1.31	18.89	77.00	13.83
EET 95	1.34	1.345	1.34	17.09	75.00	13.01
EET 96	1.49	1.52	1.54	19.40	66.00	14.29
EET 544	1.31	1.315	1.32	19.52	76.50	12.97
EET 558	1.25	1.255	1.25	26.14	81.00	13.51
EET 575	1.43	1.46	1.43	16.21	70.50	13.21
EET 576	1.44	1.445	1.44	17.80	68.50	14.28
EET 559	1.09	1.09	1.06	23.82	96.50	14.46
ESS 1	1.63	1.64	1.61	19.33	62.00	15.37
EET 19	1.69	1.69	1.60	15.49	64.50	11.25
EET 48	1.43	1.435	1.39	19.91	70.50	12.72
IMC 67	1.26	1.275	1.25	15.93	79.50	13.52
ICS 95	1.33	1.385	1.42	15.66	71.00	16.30
Huerta Tradicional	1.20	1.2	1.20	20.96	80.50	14.40

Los resultados del análisis de varianza en el Tabla 6 muestran diferencias estadísticas significativas entre genotipos para el Índice de almendra, Índice de mazorca, número de almendras en 100 g, así como para el porcentaje de cascarilla, solamente en pocos casos. Para los tres primeros parámetros

quedan confirmadas las diferencias entre genotipos reportadas en las Tablas 4 y 5. El Índice de almendra, Índice de mazorca y número de almendras en 100 g de ciertos clones, son tan altos o tan bajos entre ellos, que hacen que se diferencien y segreguen del resto, aunque sin alcanzar significancia estadística.

Tabla 6. Resultados del análisis de la varianza para el IA, IM, número de almendras en 100 gramos y porcentaje de cascarilla. EET Pichilingue. INIAP. UCSG, 2014.

Genotipo	Índice de almendra	Índice de mazorca	Número de almendras en 100 g	Cascarilla (%)
INIAPT 484	125 F G H I	23.55 A B C D	89 A B C	15.74 A B C D E
INIAPT 632	133 C D E F G H	22.56 B C D E F	78.5 C D E F G H	16.8 A
INIAPT 656	142 A B C D E F	19.86 B C D E F G	71.5 D E F G H	12.82 E F
INIAPT 302	132 C D E F G H	23.02 B C D E F	78 C D E F G H	13.95 A B C D E F
T7/R4/A5	133 C D E F G H	17.58 C D E F G	74 D E F G H	16.67 A B C
T7/R4/A9	165 A	13.5 F G	60.5 H	15.26 A B C D E
EET 103	139 A B C D E F G	16.86 C D E F G	75 D E F G H	12.98 E F
CCN 51	148 A B C D E F	14.44 E F G	68.5 E F G H	13.43 D E F
E1T1W4/A10	113 G H I J	22.6 B C D E F	87.5 B C D E	13.03 E F
E2/T9/R2/A8	0.99	28.04 A B	100.5 A B	16.71 A B
E2/T2/R1/A8	135 B C D E F G	17.37 C D E F G	76 D E F G H	15.28 A B C D E
E5/T5/R3/A1	143 A B C D E F	17.41 C D E F G	70.5 D E F G H	13.78 A B C D E F
JHV 10	157 A B C D	12.65 G	63 G H	13.59 B C D E F
E5/T1W2/A3	15 A B C D E	18.11 C D E F G	67 F G H	15.57 A B C D E
E122/T4/R1A9	159 A B C	15.15 D E F G	63.5 G H	14.64 A B C D E
E5/T2/R3/A2	113 G H I J	24.12 B C D	88.5 A B C D	15.81 A B C D E
E5/T2/R3/A6	12 F G H I J	23.48 B C D E	84 B C D E F	14.42 A B C D E
EET 62	131 D E F G H I	18.89 B C D E F G	77 D E F G H	13.83 A B C D E F
EET 95	134 B C D E F G	17.09 C D E F G	75 D E F G H	13.01 E F
EET 96	154 A B C D	19.4 B C D E F G	66 F G H	14.29 A B C D E F
EET 544	132 C D E F G H	19.52 B C D E F G	76.5 D E F G H	12.97 E F
EET 558	125 E F G H I J	26.14 A B C	81 C D E F G	13.51 D E F
EET 575	143 A B C D E F	16.21 D E F G	70.5 D E F G H	13.21 D E F
EET 576	144 A B C D E F	17.8 C D E F G	68.5 E F G H	14.28 A B C D E F
EET 559	106 H I J	23.82 B C D E	96.5 A B C	14.46 A B C D E
ESS 1	161 A B	19.33 B C D E F G	62 G H	15.37 A B C D E
EET 19	16 A B C	15.49 D E F G	64.5 F G H	11.25 F
EET 48	139 A B C D E F G	19.91 B C D E F G	70.5 D E F G H	12.72 E F
IMC 67	125 E F G H I J	15.93 D E F G	79.5 C D E F G H	13.52 C D E F
ICS 95	142 A B C D E F	15.66 D E F G	71 D E F G H	16.3 A B C D
Huerta Tradicional	12 F G H I J	20.96 B C D E F G	80.5 C D E F G	14.4 A B C D E
Promedio	136	19.29	75.31	14.31
Desviación estándar	0.17	3.8	9.87	1.37
Coefficiente de variación (%)	12.5	19.76	13.11	9.54

La Tabla 7 muestra cómo se estructura la coloración de los cotiledones frescos por genotipo. Con una excepción, el ESS 1, todos los clones presentan almendras de tonalidad violeta oscura, es decir con un alto contenido de

antocianina que le da esta coloración. Sin embargo, hay genotipos como el E1.2.2/T4/R1/A9 con el 98 % de almendras con tonalidad violeta oscura, mientras que en el INIAPT 484 solo el 8 % de las almendras tienen esta coloración.

El porcentaje de almendras con tonalidad violeta oscura para la mayoría de los genotipos se encuentre entre ambos extremos. La media para almendras tonalidad violeta oscuro entre genotipos, incluyendo la Huerta tradicional, es igual a 63.8. El porcentaje de almendras con cotiledones de color oscuro en la huerta tradicional es relativamente alto, 73 %.

Con excepción de E2/T9/R2/A8 y la Huerta tradicional, todos los genotipos presentan almendras con tonalidad violeta claro, es decir con una menor concentración de antocianina. El mayor porcentaje de almendras con esta coloración (88) corresponde a INIAPT 302, mientras que el menor corresponde a EET 576 con 3 %. El promedio entre genotipos para almendras cuyos cotiledones tienen coloración violeta claro es igual a 25.5. El promedio para las tonalidades rojiza, rosada, crema y blanca, son iguales a 4.4; 4.4; 2.3 y 0.3. Es necesario destacar el alto porcentaje (73 %) de almendras con tonalidad rojiza en ESS 1, y el 10 % de almendras blancas, carentes totalmente de antocianina, en E5/T2/R3/A2, el único genotipo que presentó esta característica.

Tabla 7. Porcentaje de las coloraciones de los 31 genotipos de cacao bajo estudio. EET Pichilingue. INIAP. UCSG, 2014.

Genotipo	Violeta oscuro (%)	Violeta claro (%)	Rojizo (%)	Rosado (%)	Crema (%)	Blanco (%)
INIAPT 484	8	55	0	28	10	0
INIAPT 632	30	60	0	10	0	0
INIAPT 656	65	25	0	10	0	0
INIAPT 302	13	88	0	0	0	0
T7/R4/A5	93	8	0	0	0	0
T7/R4/A9	95	5	0	0	0	0
EET 103	28	65	0	8	0	0
CCN 51	93	8	0	0	0	0
E1/T11/R4/A10	53	48	0	0	0	0
E2/T9/R2/A8	95	0	3	3	0	0
E2/T2/R1/A8	95	5	0	0	0	0
E5/T5/R3/A1	78	23	0	0	0	0
JHV 10	68	33	0	0	0	0
E5/T1/R2/A3	93	8	0	0	0	0
E1.2.2/T4/R1/A9	98	3	0	0	0	0
E5/T2/R3/A2	68	23	0	0	0	10
E5/T2/R3/A6	83	18	0	0	0	0
EET 62	60	38	0	3	0	0
EET 95	50	30	5	15	0	0
EET 96	68	23	3	8	0	0
EET 544	80	10	5	5	0	0
EET 558	73	13	10	5	0	0
EET 575	63	23	10	5	0	0
EET 576	83	3	3	13	0	0
EET 559	83	18	0	0	0	0
ESS 1	0	28	73	0	0	0
EET 19	58	23	0	0	20	0
EET 48	60	28	0	0	13	0
IMC 67	23	33	25	20	0	0
ICS 95	50	45	0	5	0	0
Huerta Tradicional	73	0	0	0	28	0
Promedio	65	25	4	4	2	0

4.2 Análisis químico

Los resultados del análisis de varianza para las determinaciones químicas se presentan en la Tabla 8. No hay diferencias estadísticamente significativas entre medias de genotipos para Flavonoides, Epicatequina, Grasas, Teobromina, Cafeína y la relación Teo/Caf. Sin embargo, el rango observado para la mayoría de las variables registradas es alto.

La concentración de Flavonoides para el E5/T5/R3/A1 es la más alta (32.5) y para el E5/T2/R3/A2, la más baja (10). El promedio a través de genotipos es igual a 21.6. La mayor concentración de epicatequina corresponde a EET 95 (1.26), seguido de EET 544 (1.22) e ICS 95 (1.22). El promedio a través de genotipos es igual a 1.15.

Tabla 8. Resultados de las separaciones de medias (%) para varias características químicas de 31 genotipos de cacao. EET Pichilingue. INIAP. UCSG, 2014.³

Genotipo	Flavonoides *	Epicatequina**	Grasa en almendras**	Grasa en licor*	Cafeína**	Teobromina**	Relación Teobromina/Cafeína**
INIAPT 484	18 A B C D	1.06 F	52.4 F G	51.9 B C D E F G	0.23 E	1.03 A B C D	4.41 A B
INIAPT 632	22.5 A B C D	1.12 B C D E F	53.6 B C D E F	50.7 D E F G	0.25 B C D E	0.9 C D	3.67 B C
INIAPT 656	18.5 A B C D	1.2 A B C D	55.8 A	54.3 A B	0.26 A B C	1.19 A B	4.56 A B
INIAPT 302	19 A B C D	1.13 B C D E F	54.2 A B C D E F	53.9 A B C D	0.25 B C D E	1.06 A B C	4.28 A B
T7/R4/A5	24.5 A B C D	1.1 D E F	52.8 D E F G	50.6 E F G	0.24 C D E	0.93 B C D	3.89 A B C
T7/R4/A9	14 A B C D	1.1 D E F	52.8 D E F G	50.3 E F G	0.24 C D E	1.06 A B C	4.41 A B
EET 103	21.5 A B C D	1.15 A B C D E F	54.3 A B C D E F	51.6 B C D E F G	0.25 A B C D E	0.92 B C D	3.66 B C
CCN 51	26 A B C D	1.1 D E F	53.3 B C D E F G	51.7 B C D E F G	0.24 C D E	0.92 C D	3.82 A B C
E1/T11/R4/A10	11 C D	1.16 A B C D E F	55 A B C	55.2 A	0.25 A B C D E	1.13 A B C	4.5 A B
E2/T9/R2/A8	23 A B C D	1.11 C D E F	53.2 B C D E F G	50.4 E F G	0.25 B C D E	0.92 B C D	3.77 A B C
E2/T2/R1/A8	15 A B C D	1.17 A B C D E	55 A B C	50.9 C D E F G	0.26 A B C D	1.15 A B C	4.52 A B
E5/T5/R3/A1	32.5 A	1.13 B C D E F	54.1 A B C D E F	52.1 A B C D E F	0.25 B C D E	1.07 A B C	4.35 A B
JHV 10	24.5 A B C D	1.1 D E F	52.8 E F G	50.2 F G	0.24 C D E	0.97 A B C D	4.02 A B C
E5/T1/R2/A3	12.5 B C D	1.16 A B C D E F	54.1 A B C D E F	49.9 F G	0.26 A B C D	1.07 A B C	4.22 A B C
E1.2.2/T4/R1/A9	32 A B	1.21 A B C	54.3 A B C D E F	53.5 A B C D E	0.26 A B C	1.14 A B C	4.36 A B
E5/T2/R3/A2	10 D	1.11 C D E F	54.2 A B C D E F	51.9 B C D E F	0.25 B C D E	1.08 A B C	4.41 A B
E5/T2/R3/A6	23 A B C D	1.13 B C D E F	53.4 B C D E F G	51.1 B C D E F G	0.25 B C D E	0.96 B C D	3.86 A B C
EET 62	26.5 A B C D	1.11 C D E F	53.8 A B C D E F	52 A B C D E F	0.24 C D E	0.94 B C D	3.84 A B C
EET 95	25 A B C D	1.25 A	54.3 A B C D E F	51 B C D E F G	0.27 A	1.19 A B	4.4 A B
EET 96	25.5 A B C D	1.17 A B C D	55.1 A B	52.4 A B C D E F	0.26 A B C	1.08 A B C	4.21 A B C
EET 544	22 A B C D	1.22 A B	54.9 A B C D	52.9 A B C D E F	0.26 A B C	1.23 A	4.64 A
EET 558	13.5 A B C D	1.16 A B C D E F	54.9 A B C D E	54.2 A B C	0.26 A B C D	1.13 A B C	4.45 A B
EET 575	18 A B C D	1.18 A B C D	54.3 A B C D E F	50.9 C D E F G	0.26 A B C D	1.19 A B	4.64 A
EET 576	16.5 A B C D	1.19 A B C D	54.5 A B C D E F	51.3 B C D E F G	0.26 A B C	1.1 A B C	4.25 A B
EET 559	13.5 A B C D	1.18 A B C D	55 A B C	52.7 A B C D E F	0.26 A B C D	1.09 A B C	4.25 A B
ESS 1	25 A B C D	1.07 E F	51.5 G	48.7 G	0.24 D E	0.78 D	3.29 C
EET 19	21 A B C D	1.15 A B C D E F	52.9 C D E F G	51 B C D E F G	0.25 A B C D E	1.02 A B C D	4.07 A B C
EET 48	29.5 A B C D	1.19 A B C D	55.3 A B	52.4 A B C D E F	0.26 A B C D	1.13 A B C	4.36 A B
IMC 67	30 A B C	1.16 A B C D E F	53.8 A B C D E F	52.3 A B C D E F	0.25 A B C D E	1.1 A B C	4.33 A B
ICS 95	30.5 A B C	1.22 A B	54.8 A B C D E	52.2 A B C D E F	0.27 A B	0.97 A B C D	3.67 B C
Huerta Tradicional	12 C D	1.14 B C D E F	54.4 A B C D E F	52.7 A B C D E F	0.25 B C D E	1.15 A B C	4.61 A B
Promedio	21.16	1.14	54.02	51.81	0.25	1.05	4.18
Desviación estándar	6.48	0.04	0.97	1.42	0.009	0.1	0.34
Coefficiente de variación (%)	30.62	4	1.79	2.75	3.78	10.16	8.28

³ Variables con * fueron analizadas en el laboratorio de cacao en MARS Inc. y con ** fueron analizadas en el Laboratorio de Calidad de Cacao, EET Pichilingue.

Se observan diferencias para el contenido de Grasa en cacao (almendra) y el contenido de Grasa en licor (pasta) de cacao dentro de cada genotipo, siempre a favor del primero, con una excepción (E1/T11/R4/A10). La diferencia entre una y otra determinación es variable según el genotipo. La diferencia entre genotipos realmente no es amplia tanto para la Grasa en almendra y licor, aunque en ambos casos se observan unos pocos promedios cuyas diferencias alcanzan significancia estadística. El rango para el contenido de Grasa en almendra es de 4.34, mientras que para el contenido de Grasa en licor es de 5.6. En ambos casos, el genotipo con mayor contenido de Grasa es INIAPT 656 (55.83 y 51.49 %), y el de menor contenido es ESS 1 (54.25 y 48.65 %). A través de genotipos la media para grasa en almendra es igual a 52.28, mientras que para la grasa en licor es 51.81.

Respecto a la concentración de cafeína también se observan unos pocos casos en que las diferencias entre genotipos alcanzan el nivel de significancia estadística. Los genotipos con mayor concentración (0.27 %) son EET 95 e ICS 95, seguidos por varios genotipos con una concentración tan cercana entre ellos y equivalente a una diferencia porcentual de 0.01. La mínima concentración de 0.23 corresponde al INIAPT 484. En realidad la diferencia entre genotipos no es amplia expresándose en un rango de apenas 0.04. El promedio a través de genotipos es igual a 0.25.

También se observan unos pocos casos de diferencias estadísticamente significativas entre los promedios para la concentración de Teobromina, otro componente del grupo de las purinas en el cacao. La mayor concentración (1.23 %) corresponde a EET 544, y la menor (0.78) a ESS 1, seguida muy de cerca por otros genotipos. En este caso, la diferencia entre los distintos genotipos tampoco es amplia, encuadrándose dentro de un rango de 0.45. El promedio a través de genotipos es igual a 1.05.

La diferencia entre genotipos para la relación Teo/Caf alcanza significancia estadística en muy pocos casos. En general, los valores para esta relación se encuentran dentro del rango usual para los distintos tipos del cacao ecuatoriano. Sin embargo, destaca la baja relación (3.82) para el clon CCN 51, muy cercana a la del EET 103 (3.62). Usualmente el CCN 51 alcanza una relación que se mueve arriba de 6. La relación más baja corresponde a ESS 1 (3.29) seguido de cerca por varios genotipos, y la más alta a EET 575 y EET 544 (4.64). El promedio a través de clones es igual en Flavonoides (21.16), Epicatequina (1.14), Grasa en almendra (54.02), Grasa en licor (51.81), Teobromina (1.05), Cafeína (0.25) y la relación Teo/Caf (4.18)

4.3 Análisis sensorial

Los resultados del análisis sensorial provienen de dos fuentes. Las muestras de licores (pasta de cacao) de los 31 genotipos fueron obtenidas y catadas en el Laboratorio de Calidad Integral de Cacao de la Estación Experimental Tropical Pichilingue. Un duplicado de dichas muestras se enviaron a Seguire Cacao Cocoa & Chocolate Advisors, en Pensilvania, Estados Unidos, con el mismo propósito.

4.3.1 Análisis de la varianza

La Tabla 9 contiene promedios de los datos sensoriales obtenidos en la EET Pichilingue para las siguiente variables: Cacao, Floral, Frutal, Nuez, Dulce, Amargor, Acidez y Astringencia.

Pocas diferencias estadísticas emergen al comparar los promedios de los genotipos para el sabor a cacao. Por ejemplo EET 575 y EET 576, aunque estadísticamente iguales, se diferencian significativamente de EET 48 y CCN

51. El rango es igual a 2.0 con EET 575 y EET 576 mostrando la máxima intensidad para esta variable (4.5), seguido por EET 558. El valor mínimo (2.5) corresponde a EET 48 y CCN 51. El promedio a través de genotipos es igual a 3.43.

Respecto al sabor Floral, la variación entre genotipos es más amplia. Por tanto se observa un mayor número de diferencias estadísticas entre promedios de genotipos para esta variable. Por ejemplo E2/T9/R2/A8 y E1.2.2/T4/R1/A9, son genotipos que por su mayor intensidad Floral son significativamente diferentes de INIAPT 484, IMC 67, ICS 95, EET 19, entre otros con baja intensidad. El rango igual 4.38 proviene de un valor máximo de 4.38 para E2/T9/R2/A8 y un mínimo de 0 para INIAPT 484. El promedio a través de genotipos es igual a 1.35.

La variación para la nota sensorial conocida como sabor Frutal es moderadamente amplia entre genotipos. Las únicas diferencias estadísticas derivan de contrastar la media del EET 576 que tiene la mayor intensidad Frutal, y aquellas de CCN 51, E2/T9/R2/A8, T7/R4/A5, T7/R4/A9, entre otros, que comparten la menor intensidad para dicha nota sensorial. El rango, igual a 3.17, proviene de un valor máximo de 4.67 para EET 576 y un mínimo de 1.50 para CCN 51, E2/T9/R2/A8, entre otros con similar valor. El promedio de esta nota sensorial a través de clones es igual a 2.93.

Se observa que variabilidad para el sabor a Nuez entre genotipos es también moderada. El rango igual a 2.67 proviene de un máximo (2.67) que corresponde al EET 544 y un mínimo (0) para EET 62. A pesar de que no hay diferencias estadísticamente significativas entre promedios de genotipos, el nivel de sabor a Nuez para el EET 544 (2.67) es seguido en intensidad por EET

558 (2.38), ESS 1 (2.25), JHV 10 (1.88), entre otros. El promedio a través de genotipos es igual a 1.15.

En cuanto a la nota sensorial conocida como sabor Dulce es evidente su ausencia en un número importante de genotipos, aunque en general la intensidad es baja para todos, pero la variabilidad es alta. El rango es igual a 1.63 que coincide con el valor máximo que corresponde al JHV 10. A pesar de que la variabilidad es alta entre genotipos hay diferencias estadísticamente significativas entre JHV 10 y E5/T2/R3/A2 que presentan la máxima intensidad, al compararse con EET 558, EET 576, EET 48, IMC 67, ICS 95 y E5/T5/R3/A1, en que esta nota sensorial se encuentra ausente. El promedio a través de genotipos es igual a 0.5.

Respecto al Amargor, un sabor básico del cacao, la variabilidad es relativamente baja y no hay diferencias estadísticamente significativas. El rango es igual a 2.66 que proviene de un máximo de 4.5 para EET 559, y un mínimo de 1.84 para ESS 1. La máxima intensidad del Amargor en EET 559 es seguida por EET 96 y EET 103, entre otros genotipos, con intensidad decreciente para esta característica. Los genotipos con menor amargor después de ESS 1 son: EET 62 y EET 576. El promedio a través de genotipos para esta nota sensorial es igual a 2.97.

La Acidez, otro sabor básico del cacao, presenta una variabilidad moderadamente alta. Hay algunos casos donde CCN 51, el genotipo con la intensidad más alta para Acidez (3.34), se diferencia estadísticamente de algunos con baja intensidad para esta variable. La comparación del ICS 95, el genotipo que sigue al CCN 51 en intensidad (3.25), con unos pocos genotipos (EET 544, EET 48, EET 575) cuyos valores de Acidez se encuentran entre los más bajos, también genera diferencias estadísticamente significativas. EET 46

es el genotipo con el menor nivel de Acidez. El rango es igual a 3.0. El promedio general a través de genotipos para esta propiedad sensorial es igual a 1.59.

La variabilidad para la Astringencia, otra propiedad sensorial del cacao, es medianamente baja entre genotipos. Sin embargo, se observan unas pocas diferencias entre los promedios que son estadísticamente significativas. ICS 95 y E5/T5/R3/A1 presentan la intensidad máxima para esta variable (3.5), mientras que EET 576 y ESS 1 muestran la intensidad mínima (1.0), seguidos en forma creciente por EET 48 (1.34) y EET 95 (1.5). El rango es igual a 2.5. El promedio a través de clones es igual a 2.1.

Tabla 9. Resultados de medias de distintas características sensoriales determinadas en un escala de 0 a 10, de 31 genotipos de cacao. EET Pichilingue. INIAP. UCSG, 2014.⁴

Genotipo	Sabor Cacao	Sabor Floral	Sabor Frutal	Sabor Nuez	Sabor Dulce	Sabor Amargo	Sabor Acido	Sabor Astringente
INIAPT 484	3.75 A B	0 E	2.59 A B C D	1.38 A	0.63 A B C	2.88 A	1.5 A B C D E	2.25 A B
INIAPT 632	3.25 A B	3.84 A B C	2.5 A B C D	1.25 A	0.13 B C	3.67 A	1.88 A B C D E	2.09 A B
INIAPT 656	3.5 A B	3.25 A B C D	2.5 A B C D	1.5 A	0.38 A B C	2.88 A	2 A B C D E	1.88 A B
INIAPT 302	3.54 A B	0.38 E	3.13 A B C D	0.5 A	0.75 A B C	2.67 A	0.5 E	1.84 A B
T7/R4/A5	2.88 A B	1.71 B C D E	2.13 C D	0.88 A	0.38 A B C	3.17 A	2.84 A B C D	1.75 A B
T7/R4/A9	2.75 A B	0.5 E	1.75 C D	0.38 A	0.13 B C	2.75 A	1 D E	2.5 A B
EET 103	2.75 A B	0.75 D E	2.63 A B C D	1.13 A	0.38 A B C	4.04 A	0.88 D E	2.17 A B
CCN 51	2.5 B	0.25 E	1.5 D	0.13 A	0.13 B C	3.54 A	3.34 A	2.54 A B
E1/T11/R4/A10	3 A B	2.25 A B C D E	2.09 C D	0.63 A	0.63 A B C	2.5 A	1.25 B C D E	1.5 A B
E2/T9/R2/A8	3.13 A B	4.38 A	1.5 D	0.63 A	0.25 A B C	3.13 A	1.38 A B C D E	2.63 A B
E2/T2/R1/A8	3.54 A B	0.59 E	3.88 A B C	0.92 A	0.46 A B C	2.04 A	1.75 A B C D E	1.67 A B
E5/T5/R3/A1	3.34 A B	0.25 E	2.5 A B C D	0.13 A	0 C	3.5 A	1.67 A B C D E	3.5 A
JHV 10	3.38 A B	0.46 E	3 A B C D	1.88 A	1.63 A	2.29 A	1.09 D E	1.25 A B
E5/T1/R2/A3	3.71 A B	0.63 E	2.34 B C D	1.59 A	0.5 A B C	2.79 A	1.17 C D E	2.17 A B
E1.2.2/T4/R1/A9	3.29 A B	4.04 A B	2.75 A B C D	0.67 A	0.17 B C	3.75 A	1.84 A B C D E	2.67 A B
E5/T2/R3/A2	4.25 A B	1.29 D E	4 A B C	1.38 A	1.59 A	2.21 A	1.17 C D E	1.75 A B
E5/T2/R3/A6	3.17 A B	1 D E	3.17 A B C D	1.5 A	1.13 A B C	3.34 A	1.88 A B C D E	2.92 A B
EET 62	3.5 A B	0.38 E	2.88 A B C D	0 A	1 A B C	2.17 A	1.25 B C D E	2.34 A B
EET 95	3 A B	2.17 A B C D E	3.5 A B C D	1.67 A	0.5 A B C	3 A	1 D E	1.5 A B
EET 96	3.75 A B	1.96 A B C D E	2.75 A B C D	1.21 A	0.75 A B C	4.04 A	1.96 A B C D E	2.38 A B
EET 544	3.84 A B	1 D E	4.5 A B	2.67 A	0.33 A B C	2.5 A	0.34 E	1.42 A B
EET 558	4.13 A B	1.17 D E	3.38 A B C D	2.38 A	0 C	3 A	2 A B C D E	1.67 A B
EET 575	4.5 A	1 D E	3.88 A B C	1.38 A	0.63 A B C	2.63 A	0.67 E	1.67 A B
EET 576	4.5 A	0.33 E	4.67 A	1.84 A	0 C	2.17 A	1.17 C D E	1 B
EET 559	3.33 A B	0.84 D E	2.75 A B C D	0.84 A	0.17 B C	4.5 A	1.34 A B C D E	3 A B
ESS 1	4 A B	3.25 A B C D	3.5 A B C D	2.25 A	1.5 A B	1.84 A	1.75 A B C D E	1 B
EET 19	3.09 A B	0.5 E	2.5 A B C D	1.25 A	0.67 A B C	2.75 A	1.83 A B C D E	2 A B
EET 48	2.5 B	1.5 C D E	3.09 A B C D	1.17 A	0 C	2.67 A	0.5 E	1.34 A B
IMC 67	3.13 A B	0.5 E	2.67 A B C D	1 A	0 C	3.13 A	1.92 A B C D E	3 A B
ICS 95	3.34 A B	0.67 E	3.75 A B C D	1 A	0 C	4 A	3.25 A B	3.5 A
Huerta Tradicional	3.88 A B	1.13 D E	3.25 A B C D	0.63 A	0.75 A B C	2.63 A	3.13 A B C	2.34 A B
Promedio	3.43	1.35	2.94	1.15	0.5	2.97	1.59	2.1
Desviación estándar	0.52	1.22	0.78	0.65	0.47	0.66	0.77	0.66
Coefficiente de variación (%)	15.3	90.1	26.7	56.3	93.7	22.21	48.5	31.54

La Tabla 10 contiene promedios de los datos sensoriales obtenidos por Seguíne Cacao Cocoa & Chocolate Advisors para las siguiente variables: Cacao, Floral, Frutal, Amargor, Acidez y Astringencia.

La variabilidad es baja y pocas diferencias estadísticas emergen al comparar los promedios entre genotipos para el sabor a Cacao. Principalmente EET 544

⁴ Escala 0 a 10; Donde: 0 = Ausente; 5 = Intensidad media y 10 = Intensidad muy fuerte.

que se diferencia significativamente de E2//T9/R2/A8, CCN 51, EET 62 y otros. El rango es igual a 3.67 con EET 544 mostrando la máxima intensidad de sabor a Cacao (6.87), mientras que la intensidad mínima corresponde por igual a los genotipos CCN 51, E2/T9/R2/A8 con 3.17. El sabor a Cacao para la Huerta tradicional también se halla entre los más bajos. El promedio a través de genotipos es igual a 5.22.

Respecto a la sensación llamada sabor Floral, o también nota Floral, el nivel de variabilidad es más bien mediano. El rango es igual a 8.08 que se deriva de un nivel máximo de 9.08 para esta característica sensorial y que corresponde al genotipo E2/T9/R2/A8, y un valor mínimo igual a 1.0 que corresponde al genotipo E1.2.2/T4/R1/A9. Los genotipos que acompañan estrechamente al que tiene el nivel máximo son: EET 48 con 6.44, E1/T11/R4/A10 con 6.18 y T7/R4/A9 con 5.24. El nivel de sabor Floral en la Huerta tradicional es de 3.46, bastante más corto de la mitad del rango. Además, se encuentra bastante lejos del genotipo con el nivel máximo para esta característica. El promedio a través de genotipos es igual a 4.28.

En cuanto al sabor o nota Frutal, la variabilidad entre genotipos es más alta que para las notas sensoriales descritas en los dos párrafos anteriores. El rango igual a 3.11 coincide con la máxima intensidad para esta variable que corresponde a EET 576 seguido por E5/T2/R3/A6 con 2.86. La coincidencia se debe a la ausencia de esta característica sensorial en CCN 51, E2/T2/R1/A8, E1.2.2/T4/R1/A9 y EET 95. El nivel de sabor Frutal en la Huerta tradicional es de 1.47 casi a mitad de camino en el rango para esta característica. El promedio general a través de genotipos es de 1.42.

El escenario para el Amargor, otro sabor básico del cacao, es de poca variabilidad. El rango es igual a 2.83, con un valor máximo de 6.33 que

corresponde a E1.2.2/T4/R1/A9, seguido por E5/T5/R3/A1 y CCN 51, ambos con 6.17. La intensidad mínima es de 3.5 para esta característica y corresponde a E5/T1/R2/A3 seguido por EET 576 con 3.84. El nivel de Amargor para la Huerta tradicional es 5.5 encontrándose mucho más allá de la mitad del rango. El promedio a través de genotipos es igual a 5.04.

La Acidez, otro sabor básico del cacao, presenta una variabilidad entre genotipos excesivamente alta. Pero en general la intensidad de la Acidez es baja, incluso para el genotipo que presenta la intensidad de Acidez más alta, en este caso INIAPT 484 con 1.67. A pesar de esta circunstancia se detectan diferencias significativas entre INIAPT 484 con un número importante de genotipos, particularmente con aquellos donde la acidez se registra como 0 por ser indetectable EET 103, EET 95, EET 96, EET 544, entre otros. De allí que el rango es igual a 1.67. El nivel de Acidez para la Huerta tradicional es 0.67. El promedio a través de genotipos para esta propiedad sensorial es igual a 0.26.

Finalmente, la variabilidad entre genotipos para la Astringencia, también un sabor básico del cacao, es alta, sin llegar a ser excesiva. Pero no solo la variabilidad es alta sino también la magnitud de las intensidades registradas cuyo promedio a través de genotipos se ubica en 6.72. A pesar de la alta variabilidad entre genotipos hay ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre sus promedios. El rango es igual a 3.33. La máxima intensidad, 8.5, corresponde a E5/T5/R3/A1, seguido por E1.2.2/T4/R1/A9 y E2/T9/R2/A8 con 8.33 e IMC 67 con 8.17. La mínima igual a 5.17 corresponde a E1/T11/R4/A10, seguido por EET 576 con 5.34, T7/R4/A5 con 5.5 y EET 544 con 5.67. El nivel de astringencia en la Huerta tradicional es igual a 7.34.

Tabla 10. Resultados de medias de distintas características sensoriales determinadas en una escala de 0 a 10, de 31 genotipos de cacao realizados por Seguíne Cacao Cocoa & Chocolate Advisors. EE.UU. INIAP. UCSG, 2014.

5

Genotipo	Sabor Cacao	Sabor Floral	Sabor Frutal	Sabor Amargo	Sabor Acido	Sabor Astringente
INIAPT 484	4.17 B C D E	2.87 B C D	0.17 A	5.17 A B	1.67 A	6.84 A
INIAPT 632	4.34 A B C D E	4.83 B C D	1.57 A	5.17 A B	1.17 A B	7 A
INIAPT 656	5.67 A B C D E	3.98 B C D	1.06 A	5.5 A B	0.34 A B	6.84 A
INIAPT 302	5 A B C D E	5.14 B C	1.89 A	4.17 A B	0 B	7.5 A
T7/R4/A5	5.67 A B C D E	4.15 B C D	2.14 A	4 A B	0.17 B	5.5 A
T7/R4/A9	5.67 A B C D E	5.24 B C	3 A	4.34 A B	0.17 B	6.34 A
EET 103	6.67 A B	4.64 B C D	2.2 A	4.5 A B	0 B	5.67 A
CCN 51	3.17	1.64 C D	0 A	6.17 A	0.34 A B	7.67 A
E1/T11/R4/A10	5.84 A B C D	6.18 A B	1.42 A	4.67 A B	0 B	5.17 A
E2/T9/R2/A8	3.17	9.08 A	2.14 A	6 A B	0.17 B	8.33 A
E2/T2/R1/A8	6 A B C D	2.56 B C D	0 A	4.33 A B	0 B	6.67 A
E5/T5/R3/A1	5.17 A B C D E	2.87 B C D	0.67 A	6.17 A	0.84 A B	8.5 A
JHV 10	4.34 A B C D E	4.95 B C	1.25 A	5.34 A B	0.84 A B	6.5 A
E5/T1/R2/A3	5.34 A B C D E	4.11 B C D	2.11 A	3.5 B	0.17 B	5.34 A
E1.2.2/T4/R1/A9	4 C D E	1 D	0 A	6.33 A	0 B	8.33 A
E5/T2/R3/A2	5.34 A B C D E	3.67 B C D	0.95 A	5.17 A B	0 B	6.17 A
E5/T2/R3/A6	5.34 A B C D E	4.72 B C D	2.86 A	4.83 A B	0 B	6.67 A
EET 62	3.84 C D E	4.12 B C D	1.17 A	5.67 A B	0.17 B	7.5 A
EET 95	5.84 A B C D	3.56 B C D	0 A	6 A B	0 B	7.34 A
EET 96	6 A B C D	4.85 B C D	2.17 A	5 A B	0 B	5.83 A
EET 544	6.84 A	5.45 B C	1.09 A	4.17 A B	0 B	5.67 A
EET 558	6.17 A B C	2.64 B C D	1.42 A	5 A B	0.5 A B	6.67 A
EET 575	5.34 A B C D E	4.74 B C D	0.61 A	4.84 A B	0 B	6.67 A
EET 576	5.17 A B C D E	5.06 B C	3.11 A	3.84 A B	0.5 A B	5.34 A
EET 559	6.17 A B C	5 B C	2.42 A	5 A B	0 B	6.83 A
ESS 1	5.17 A B C D E	3.58 B C D	1.86 A	4.5 A B	0.33 A B	5.84 A
EET 19	6 A B C D	3.27 B C D	1.06 A	4.34 A B	0 B	5.84 A
EET 48	6.34 A B C	6.44 A B	2.25 A	5 A B	0 B	6.34 A
IMC 67	4.83 A B C D E	4.85 B C D	1.59 A	6.17 A	0 B	8.17 A
ICS 95	5.84 A B C D	4.27 B C D	0.34 A	6 A B	0 B	8 A
Huerta Tradicional	3.5 D E	3.46 B C D	1.47 A	5.5 A B	0.67 A B	7.34 A
Promedio	5.22	4.29	1.42	5.04	0.26	6.72
Desviación estándar	0.98	1.51	0.91	0.77	0.4	0.97
Coefficiente de variación (%)	18.83	35.11	64.28	15.32	155.83	14.37

⁵ Escala 0 a 10; Donde: 0 = Ausente; 5 = Intensidad media y 10 = Intensidad muy fuerte.

4.3.2 Resultados del Análisis de Componentes Principales (ACP)

Este tipo de análisis multivariado, al sintetizar la mayor parte de la varianza contenida en la matriz de variables originales, para obtener componentes principales (nuevas variables) dotados de datos ortogonales (independencia), facilita una mejor apreciación del nivel de influencia que cada variable original ejerce sobre la estructura de la varianza total. Además, es posible visualizar de mejor manera dicha estructura, observando en un plano definido por los dos primeros componentes principales (contienen un alto porcentaje de la varianza total), la distribución tanto de las variables originales como de sus respectivas medias. En nuestro caso, se refiere a las variables sensoriales y medias de los distintos genotipos cubiertos por el estudio.

Ambas matrices de datos sensoriales, tanto la proveniente del Laboratorio de Calidad Integral de Cacao, como aquella producida por Seguíne Cacao Cocoa & Chocolate Advisors, se sometieron separadamente al ACP. Los resultados se muestran en el Grafico 2 y Grafico 3, respectivamente, en función de los primeros dos primeros Componentes Principales.

El Grafico 2 muestra que el primer componente explica el 41.6 % de la variación global contenida en la matriz original de datos sensoriales, mientras que el segundo explica el 14.8 %. Ambos han capturado el 56.4 % de la varianza total, una proporción importante que permite una buena visualización de su estructura. Se observa también que la Astringencia y la nota sensorial Frutal, son las variables originales que mayormente contribuyen a la varianza acumulada en ambos Componentes Principales, y por tanto ejercen el mayor impacto sobre la estructuración de la varianza total.

La distribución de genotipos en el plano definido por ambos Componentes deja percibir una estructura compuesta por un grupo de genotipos (EET 544, EET 575, EET 576, E5/T2/R3/A2, JHV 10 y ESS 1) determinado por los vectores Cacao, Frutal, Dulce y Nuez. Otros genotipos (ICS 95, EET 559, IMC 67 y E5/T5/R3/A1) se agrupan a su vez por una vigorosa influencia de los vectores Amargor, Astringencia y Acidez. El genotipo E2/T9/R2/A8 tiende a aislarse en el primer cuadrante debido principalmente a la intensidad de su sabor floral. Así mismo la combinación de un alto nivel de acidez y astringencia provoca un claro aislamiento del CCN 51.

En el Grafico 3, el primero y segundo Componentes Principales explican el 47.3 % y 20.5 % de la varianza contenida en la matriz original de datos. Es decir que ambos capturan el 67.8 % de esta varianza, una buena proporción de la varianza total, lo que facilita la visualización de su estructura. En el plano definido por ambos Componente Principales se observa que los vectores Amargor, Astringencia, y en menor medida Frutal, son los que más aportan a la varianza acumulada por ambos componentes. La distribución de genotipos en el plano definido por ambos Componentes, conduce a la visualización clara de un grupo (EET 576, EET 103 y EET 544) determinado por los vectores Cacao y Floral, y en menor medida Frutal. La conformación de otro grupo (E5/T5/R3/A1, E1.2.2/T4/R1/A9 y CCN 51) está determinada principalmente por lo vectores Amargor y Astringencia. Es evidente la clara segregación del genotipo E2/T9/R2/A9, principalmente por su alta intensidad floral, pero también por su nivel de astringencia, el que se ubica entre los de mayor magnitud.

5. DISCUSIÓN

Los descriptores resumen las características de la población de genotipos bajo estudio. A través de esta descripción se revela una amplia variabilidad para el IA, IM, número de almendras en 100 g y porcentaje de cascarilla. El origen de la amplitud observada en las variables señaladas es la diferente carga genética que controla la expresión fenotípica propia de cada genotipo. La expresión fenotípica también es controlada por diferencias entre grupos genéticos distintos. Miembros de los grupos genéticos: Nacional, Trinitario, Curaray, entre otros, actuaron como parentales en cruces que dieron lugar a la selección de una parte de los genotipos estudiados. Similar explicación es válida para las variaciones en el color de las almendras (Palacios, A. 2008, Amores, F. 2009).

En el grupo bajo estudio hay genotipos con “sangre” Nacional. Algunos pertenecen al grupo genético llamado Trinitario; este es el caso del clon ESS 1. En cambio, otros provienen de cruces entre padres alto-amazónicos silvestres; INIAPT 484 segregó en una de las familias de dichos cruces. Estos casos respaldan la afirmación anterior acerca de la diversidad genética entre los genotipos participantes. La amplia variación en los distintos descriptores también sugiere la presencia de clones con escaso valor para su desarrollo como variedades comerciales; algunos tienen granos muy pequeños. En general, la selección final de genotipos con potencial para su desarrollo comercial como clones, depende de las preferencias del mercado. El tamaño de la almendra es una característica importante a tener en cuenta en estas preferencias. Almendras con peso promedio inferior a 1 g no son atractivas para la industria por el bajo rendimiento de sólidos y manteca (Amores *et al.* 2009). La industria del cacao y chocolates prefiere almendras, mientras más grandes y homogéneas, mejor.

La presencia de pocos genotipos con valores extremos para las propiedades físicas analizadas, en el primero o último cuartil según sea el caso, tiene su explicación en que gran parte de los genotipos en cuestión son selecciones avanzadas, particularmente con respecto a su productividad. En general provienen de procesos de mejoramiento genético en marcha en la EET Pichilingue del INIAP. El grupo también incluye variedades comerciales cultivadas en el país con desempeño productivo superior al de las huertas tradicionales de cacao. Por ejemplo, los distintos clones EET presentes en el estudio duplican o triplican el rendimiento de las huertas tradicionales (Amores *et al.* 2011).

Histogramas de frecuencia construidas con datos de otros trabajos muestran que la distribución de probabilidades para estas variables sigue estrechamente a la curva normal (Amores *et al.* 2011). El nivel moderadamente alto de la media y mediana respecto al porcentaje de cascarilla sugiere que la mayoría de los genotipos se encuentran un poco más allá del estándar ideal (12 %) para esta característica, sin alcanzar valores extremos. El ideal del porcentaje de cascarilla parece difícil de conseguir a través del mejoramiento genético. Un grano con alto porcentaje de cascarilla rinde menos masa de cacao (Saltos, 2005). Por esta razón el mercado prefiere granos medianos y grandes con poca cascarilla.

Los significativos coeficientes de correlación negativa entre el IA y el IM evidencian la dirección contraria en que se mueven ambos componentes del rendimiento. Mientras más bajo es el peso promedio de las almendras (IA), éstas son más pequeñas, requiriéndose de más mazorcas (IM) para obtener un kg de cacao seco. Siguiendo la misma línea interpretativa, con almendras cada vez más pequeñas, se necesitan más almendras para alcanzar un peso de 100 g. Por el contrario, si el promedio del peso de las almendras aumenta, el número de almendras necesarias para obtener 100 g se reduce. La correlación

significativa y positiva entre el IM y el número de almendras en 100 g es un resultado frecuente. En efecto, la presencia de almendras con más peso, y naturalmente con mayor tamaño, disminuye el número de mazorcas que son necesarias para obtener un kg de cacao seco. Los resultados guardan concordancia con los de trabajos previos (Campi, 2013).

El IA, IM, número de almendras en 100 g y porcentaje de cascarilla, registraron amplia variabilidad entre genotipos. Todos son parámetros de interés al momento de identificar clones con potencial comercial. Clones que combinan un IA alto, un IM bajo, y reducido número de almendras para completar 100 g, son preferidas por los productores porque aumentan la productividad de la tierra sembrada con cacao, particularmente si aplican técnicas para el manejo integral de las enfermedades. Con esta combinación favorable también reducen el tiempo requerido para la cosecha. Con mazorcas muy pequeñas los productores invierten mucho tiempo cosechando, abriendo frutos y extrayendo almendras. En el grupo estudiado, varios genotipos muestran esta combinación favorable de IA e IM porque son selecciones avanzadas y variedades comerciales en uso que también estuvieron sometidas a su tiempo a un proceso de selección. Sin embargo, esta combinación nos los convierte necesariamente en los más rendidores. Hay factores adicionales que controlan la expresión del potencial productivo de cada genotipo además de las variables señaladas, por ejemplo los problemas sanitarios que sufre el cultivo. El número de mazorcas promedio por planta es otro factor que controla la productividad (Sánchez, 2013).

Las variaciones observadas en los parámetros químicos analizados en función de los genotipos bajo estudio son igualmente importantes. La existencia de diferencias estadísticamente significativas en pocos casos tiene su explicación en el hecho de que se utilizaron únicamente dos muestras (repeticiones) para cada genotipo, obtenidas necesariamente en cosechas distintas. El uso de un

mayor número de muestras por genotipo podría haber dado lugar a un mayor número de diferencias significativas al recortarse la desviación estándar entre las muestras de cada genotipo. Cuestiones de disponibilidad de tiempo y mazorcas se tuvieron en cuenta en el diseño del estudio. Algunos genotipos, al menos al momento del estudio, tenían solo pocas plantas en producción. Frente a estas limitaciones se decidió el uso de solo dos replicaciones, con un objetivo exploratorio de posibles diferencias entre genotipos.

Igual que para el caso de las características físicas, las variaciones observadas para los flavonoides, epicatequina y otros componentes químicos, se pueden atribuir en gran medida a las diferencias en el genotipo de las selecciones avanzadas y clones comerciales bajo estudio. El grado de expresión fenotípica basado en las instrucciones del código genético, en este caso para los niveles de los componentes químicos en cuestión, está controlado por el ambiente (clima-suelo, periodo del año en que se formaron las almendras, grado de fermentación). Es posible que bajo otro perfil ambiental los resultados pueden ser diferentes, no solo en el ámbito químico, sino también físico y sensorial (Amores *et al.* 2009).

Los genotipos con mayor contenido de Flavonoides y mayor contenido de Epicatequina no coinciden. Los flavonoides pertenecen a un grupo químico de mayor nivel llamado polifenoles. Las Epicatequinas a su vez son un subcomponente de los Flavonoides. Uno esperaría que la concentración de polifenoles sea directamente proporcional al contenido de Flavonoides, y este último al contenido de Epicatequinas; pero no parece ser ese el caso. Las epicatequinas son responsables del efecto benéfico del consumo moderado del chocolate en la actividad antioxidante y flexibilización de las paredes arteriales (Álvarez *et al.* 2012). Por tanto las oportunidades para seleccionar genotipos con altos niveles de epicatequina se incrementarían si esta hipótesis finalmente lograra probarse. Cualquier línea de investigación futura a lo largo de este

concepto tiene relevancia como parte de esfuerzos por agregar valor a la producción.

La consistente diferencia entre el contenido de Grasa para cada genotipo, según que este compuesto haya sido determinado en almendras o en licor, siempre a favor del primer método de determinación, puede deberse a posibles diferencias en la robustez de los modelos matemáticos aplicados en cada caso. Estos son construcciones en base a datos cuantitativos derivados de la aplicación de la técnica de espectrometría del cercano infrarrojo (NIRS) utilizados con este propósito. Como ya quedó anotado en la sección de Materiales y Metodología, las determinaciones de grasa en duplicados de cada muestra se llevaron a cabo en la EET Pichilingue, y también en un Laboratorio de MARS Inc., en EE. UU, usando esta metodología.

Como era de esperarse, las concentraciones de Teobromina y Cafeína, también obtenidas por NIRS, presentan una variación importante. El valor de estas determinaciones tiene que ver principalmente con su utilización para estimar la relación Teobromina/Cafeína, expresada usualmente como Teo/Caf. Este indicador viene adquiriendo importancia creciente para discriminar genotipos y orígenes comerciales de cacao (Amores *et al.* 2007). La magnitud y rango de los valores de Teo/Caf es concordante con resultados obtenidos para muestras de cacao tradicional y clones comerciales en trabajos previos (Jiménez, 2011) en el país. Sin embargo, la baja relación Teo/Caf para la variedad CCN 51 desentona con esta concordancia. Usualmente su relación Teo/Caf se ubica arriba de 6.0 (Amores *et al.* 2007); en el presente estudio alcanzó 3.82.

En el ámbito sensorial, algunas características resultaron más variables que otras a través de genotipos. La amplia variabilidad observada para las notas

Cacao, Floral, Frutal y Nuez, tanto con los resultados obtenidos por el Laboratorio de Calidad Integral Cacao y Chocolate de la EET Pichilingue, como aquellos obtenidos por Seguire Cacao Cocoa & Chocolate Advisors, sugieren un potencial importante para seleccionar genotipos con base a los distintos componentes del sabor. Con seguridad lo mismo es cierto para poblaciones segregantes con una variabilidad más amplia. Un estudio de perfiles sensoriales de la pulpa fresca del cacao de árboles híbridos de una huerta tradicional reveló un perfil diferente para cada uno (Sánchez, 2011).

La segregación de al menos dos subgrupos de genotipos como resultado del Análisis de Componentes Principales (ACP), refleja el distinto grado de influencia de los factores sensoriales sobre el balance del perfil del sabor. El aislamiento del E2/T9/R2/A8 por su acentuada nota floral, y más aún del CCN 51, por su combinación de Acidez y Astringencia en intensidades importantes, confirma esta influencia variable en el Grafico 2, Aunque la descomposición grupal producida por el ACP en el Grafico 3, con datos producidos por Cacao Cocoa & Chocolate Advisors es diferente, si es clara la segregación del genotipo E2/T9/R2/A8 y del CCN 51 por razones similares. Hay trabajos que reportan esta característica para el CCN 51 (Amores *et al.* 2007). Pero es la primera vez que se reporta la característica floral para el E2/T9/R2/A8. Finalmente, ambos ACP's permitieron la formación de subgrupos con más de un miembro demostrando la presencia de genotipos con características comunes en cuanto a su balance sensorial.

6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación se llega a las siguientes conclusiones:

- Según el análisis de rendimiento físico de los 31 genotipos en estudio se destacan los clones EET 19, JHV 10, T7/R4/A9 y el CCN 51 por su alto rendimiento en IA, bajo IM, inferior número de almendras en 100 g y porcentaje de cascarilla menor. El clon E2/T9/R2/A8, E1/T11/R4/A10, JHV 10 y E2/T2/R1/A8 tuvieron la característica de tener pesos homogéneos. En la coloración de cotiledones se destacan que los genotipos que presentaron coloraciones pálidas son EES 1, IMC 67, INIAPT 484 y muestra de la Huerta Tradicional.
- El estudio de las diversas características de los genotipos permitió determinar su grado de variabilidad y obtener un mejor conocimiento de sus características físico-químico-sensorial.
- Se determino que los genotipos cumplen con los parámetros sensoriales para disponer de una perspectiva en la mejora sensorial e identificación del material a través de la catación.

7. RECOMENDACIONES

Con base a la anterior se presentan la siguiente recomendación:

Los clones dotados de la mejor combinación de atributos físico-químico-sensorial, particularmente aquellos representados por selecciones avanzadas, deben someterse a un análisis de sus características de autocompatibilidad e intercompatibilidad para conducir estudios multilocales que permitan medir su adaptación en distintos entornos ambientales. Por la alta intensidad de la nota floral para el clon E2/T9/R2/A8 debe explorarse su utilidad para participar en esquemas de cruzamiento dirigidos al mejoramiento de la calidad de los clones comerciales actualmente en uso. El comportamiento de los mejores clones deberá ser confirmado por análisis en un mayor número de repeticiones.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, C; Pérez, E y Lares, M. (2007). Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, estado Aragua. *Agronomía Tropical*. 57(4): 249-256.
- Álvarez, C; Pérez, E; Cros, E; Lares, M; Assemat y Davrieux, F. (2012). El uso de la espectroscopia de infrarrojo cercano para determinar la grasa, cafeína, teobromina y contenido de epicatequina en fermentar más o menos al sol en cacao criollo secos. 307-315
- Amores, F. (2004). Cacaos finos y ordinarios. In taller internacional de calidad integral de cacao teoría y práctica. Memorias INIAP. Quevedo, Ecuador. p 4-7.
- Amores, F; Butler, D; Ramos, G; Sukha, D; Espín, S; Gómez, A; Zambrano, A; Jiménez, J; Hollywood, N.; Van Loo, R. and Seguíne, E. (2007). REPORTE FINAL. Project to establish the physical, chemical and organoleptic parameters to differentiate fine or flavor and bulk cocoa. INIAP/CF/ICCO Project. 84 p.
- Amores, F; Jiménez, J. y Saltos, A. (2007). Comportamiento del perfil organoléptico de los cacaos CCN 51 y Nacional en respuesta a la introducción del presecado de las almendras en el protocolo de fermentación. 15p.
- Amores, F; Peña, G; Calderón, D; Suarez, C; Tarqui, O y Revelo S. (2009). Technical Progress Report on the Project: Germplasm Evaluation, Breeding and Phytopathological studies for obtaining improved cocoa varieties. Estación Experimental Tropical Pichilingue. INIAP. Quevedo-Ecuador. 45p.
- Amores, F; Palacios, A; Jiménez, J; Zhang, D. (2009). Entorno ambiental, genética, atributos de calidad y singularización del cacao en el

nororiente de la provincia de Esmeraldas. Estación Experimental Tropical Pichilingue. INIAP, SENACYT, APROCANE, USDA. Boletín técnico N° 135. Quevedo, Ec. 99 p

Amores, F; Vasco, A; Eskes, B. E; Suarez, C; Quiroz, J; Loor, G; Jiménez, J; Zambrano, J; Bolaños, M; Reynel, V; Terán, M; Quijano, G. (2011). On-Farm and on-Station selection of new cocoa varieties in Ecuador. INIAP/CFC/ICCO/Bioversity International. In: Final Report of the CFC/ICCO/Bioversity International Project on "Cocoa Productivity and Quality Improvement: a Participatory Approach (2004-2010)". A.B. Eskes, editor. pp. 59-72 (ISBN 978-92-9043-884-7).

Bartley, B. (2005). The genetic diversity of cacao and its utilization. Wallingford, England. CABI Publish. 341 p.

Campi, C. (2013). Caracterización de 49 accesiones clonales de cacao (*Theobroma cacao L.*) para desarrollar su capacidad de uso. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica Estatal Quevedo. Ecuador. 66 p.

Enríquez, G. (1985). Curso sobre el cultivo del cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.

Gómez, A y Azocar, A. (2002). Áreas potenciales para el desarrollo del cultivo de cacao en el estado Mérida. *Agronomía tropical*. Vol. 52, no. 4. P 403-425

Gutiérrez, M. (2012). Efectos de la frecuencia de remoción y tiempo en cajón cuadrado sobre la temperatura y el índice de fermentación del cacao (*Theobroma cacao L.*). *Revista científica UDO Agrícola* 12 (4): 914-918.

ICCO (International Cocoa Organization). (2014). Growing cocoa. Origin of cocoa and its spread around the world (en línea). Consultado el 19 de Agosto del 2014.

Liendo, R. y Marín R. (2006). INIA-CENIAP, Maracay, Venezuela.

- MacManus, N; Ogunlowo, A y Olukunle, O. (2010). Cocoa bean (*Theobroma cacao* L.) drying kinetics Chilean journal of agricultural research 70(4):633-639
- Motamayor, J; Lachenaud, P; Da Silva Mota, J; Loor, R; Kuhn, D; Brown, J y Schnell, R. (2008). Diferenciación geográfica y genética de la población del árbol de chocolate Amazónico (*Theobroma cacao* L.), PLoS ONE 3 (10): e3311. doi: 10.1371 / revista / pone.0003311
- Nogales, J; Graziani, L. y Ortiz, L. (2006). Cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentado en dos diseños de cajones de madera. *Agronomía Tropical*. 56(1): 5-20.
- Palacios, A. (2008). Establecimientos de parámetros (físicos, químicos y organolépticos) para diferenciar y valorizar el cacao (*Theobroma cacao* L.) producido en dos zonas identificadas al norte y sur del litoral ecuatoriano. Tesis de grado Ing. Agro. Universidad Técnica de Manabí. Santa Ana, Manabí, Ecuador. 199 p
- Portillo, E; Graziani, L y Betancourt, E. (2007). Análisis químico del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.) en el sur del Lago Maracaibo. *Revista Facultad Agronomía, (LUZ)*. 24: 522-546
- Saltos, A. (2005). Efecto de métodos de fermentación, frecuencia de remoción y volúmenes variables de masa fresca de cacao sobre la calidad física y organoléptica “complejo Nacional x Trinitario”. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Guayaquil. Extensión Vinces. Ecuador. 59 p.
- Sánchez, V. (2011). Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L.) para la selección de arboles con perfiles de sabores de interés comercial. Tesis Ing. Agro. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. p 53 – 56.
- Sánchez, F. (2013). Productividad, Sanidad, Calidad Física y perfil sensorial de los genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) silvestres presentes en

la Colección Chalmers. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica Estatal Quevedo. 2013. 51 p.

Tagro, S; Dabonne, S; Ban-Koffi, D; Kedjebo, K y Zahouli, I. (2010). Effect of turning beans and fermentation method on the acidity and physical quality of raw cocoa beans. 163-171

Reed, S. (2010). Sensory analysis of chocolate liquor.

Ventura, M; María, A; Gonzalez, J; Rodríguez, O y Almonte, J. (2014). Caracterización de los atributos de calidad del cacao (*Theobroma cacao* L.) del municipio de Catillo. Revista Agropecuaria y Forestal (APF) 3(1): 55-60

ANEXOS

Anexo 1.

Figuras que ilustran aspectos de la investigación realizada



Figura 1. Mazorca del clon INIAPT 484 separado el tegumento para observar la coloración de los cotiledones.



Figura 2. Proceso de secado solar en marquesina en la EET Pichilingue.



Figura 3. Separación de la cascarilla del cotiledón para obtener el porcentaje de cascarilla.



Figura 4. Procesos de degustación sensorial por parte del Panel de degustación sensorial del Laboratorio de Calidad de Cacao de la EET Pichilingue.

Anexo 2.

Formulario usado en la catación de licor de cacao

El formulario fue llenado de la siguiente manera. Se identifico el nombre del catador y fecha de la evaluación, en una escala de 0 a 10 se evaluó la intensidad de los sabores básicos y específicos existentes en las muestras. El resultado obtenido se escribió de acuerdo a la escala mencionada y se agrego un comentario de cada muestra en el revés del formulario.

NOMBRE:.....

FECHA:.....

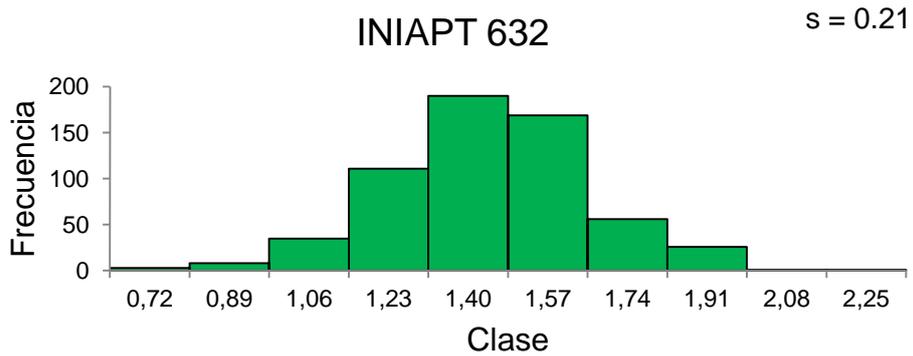
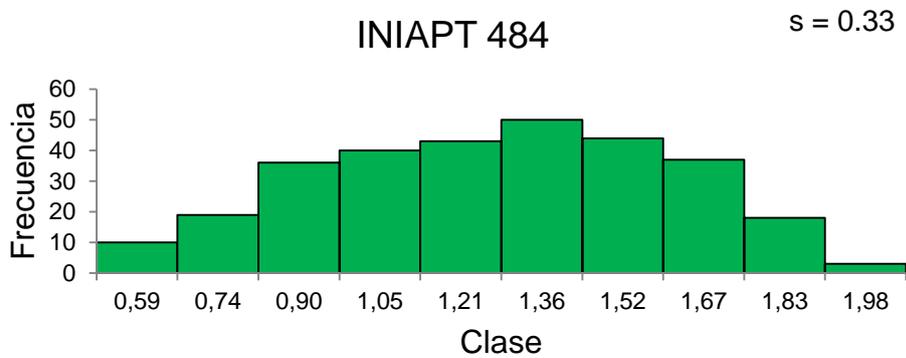
Código	Cacao	Floral	Frutal	Nuez	Amargor	Acidez	Astringencia	Verde	Moho

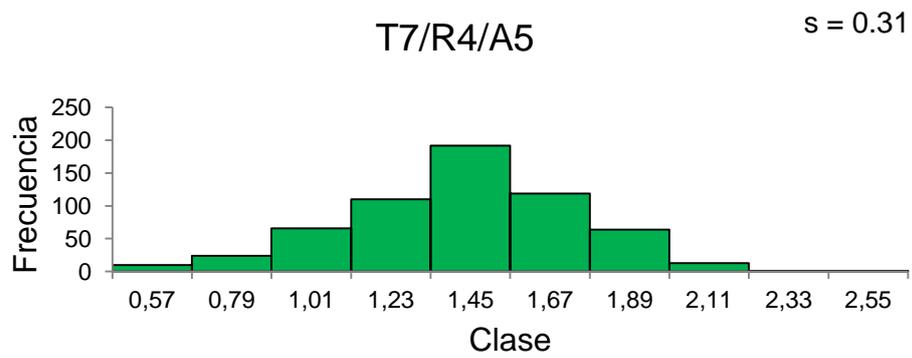
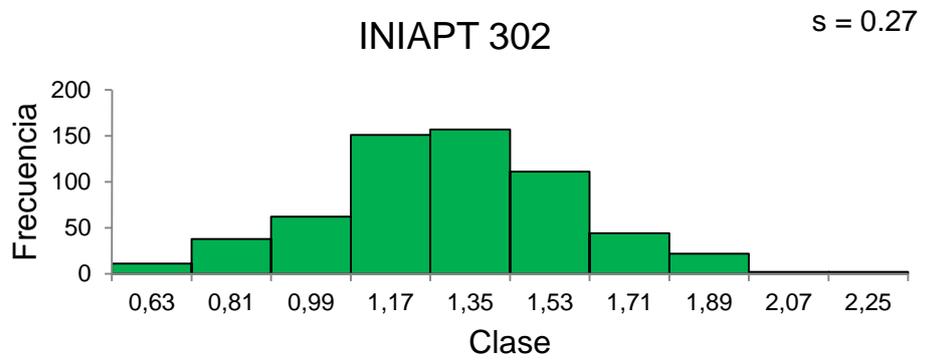
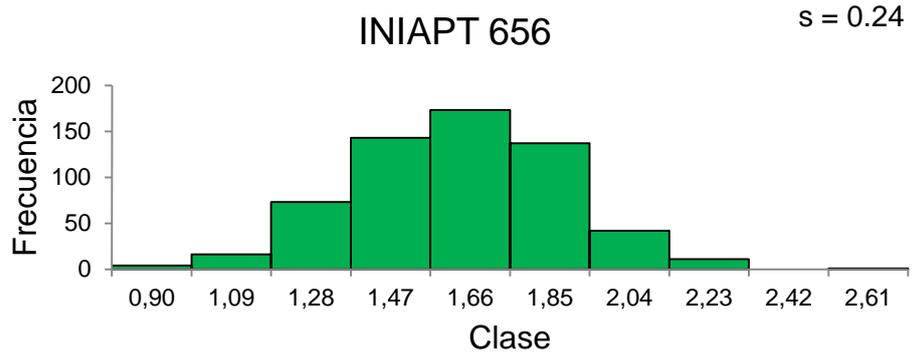
COMENTARIOS:.....
.....
.....
.....

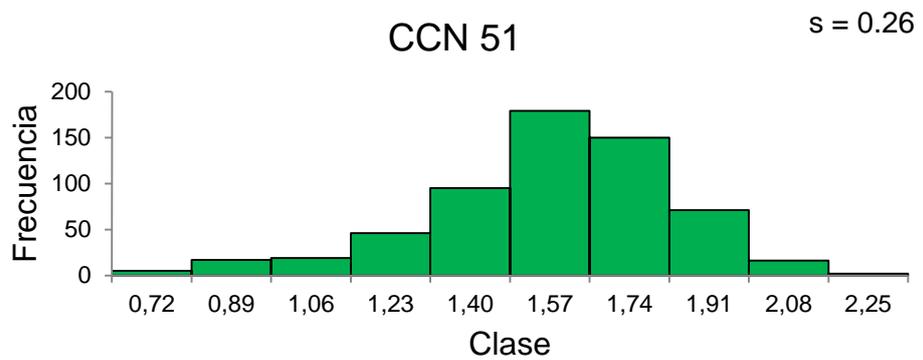
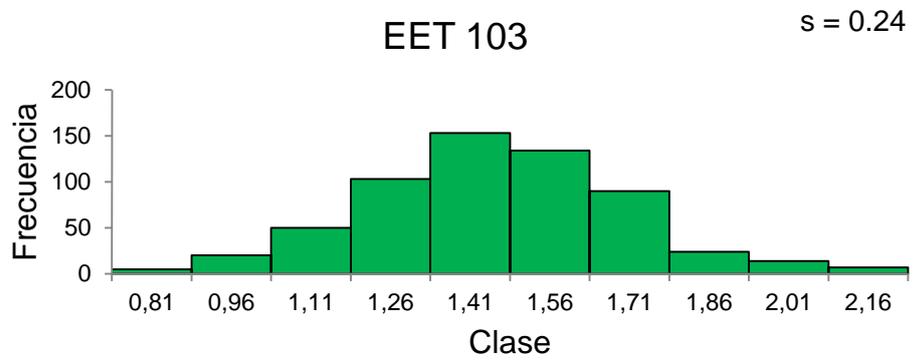
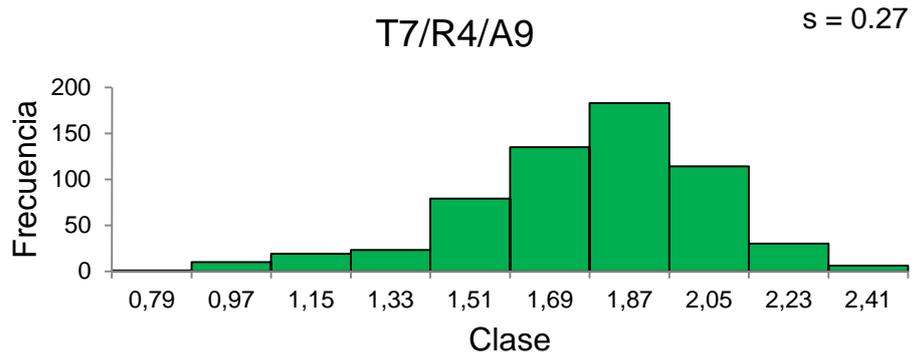
Anexo 3.

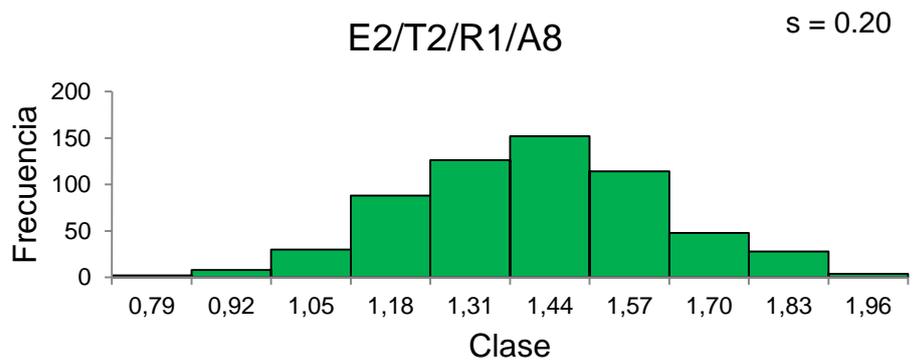
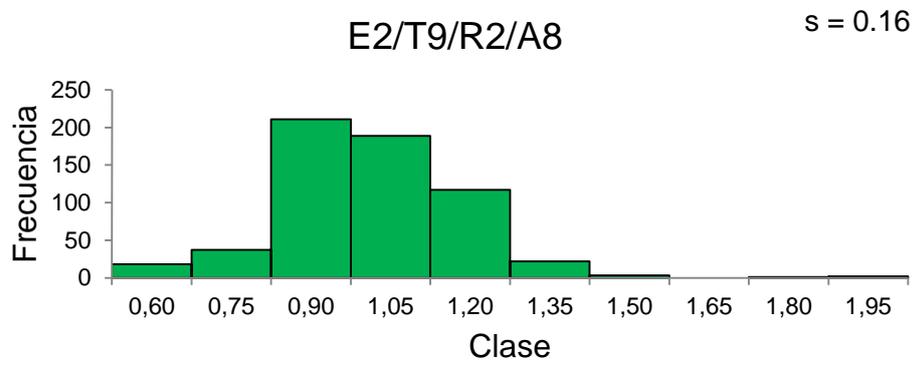
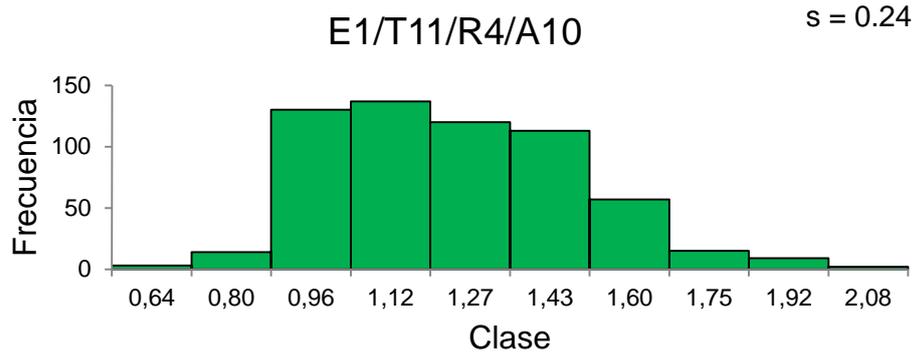
Histogramas de la distribución del peso de las almendras en los 31 genotipos estudiados

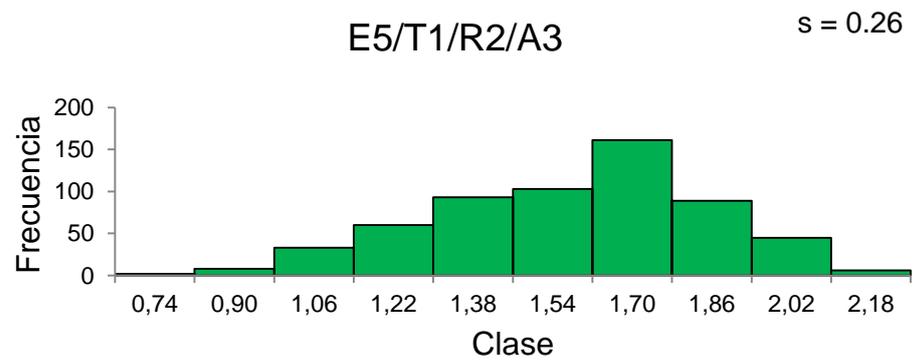
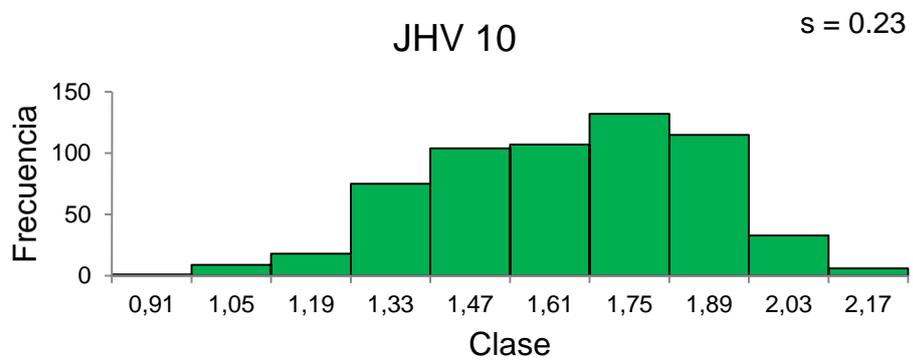
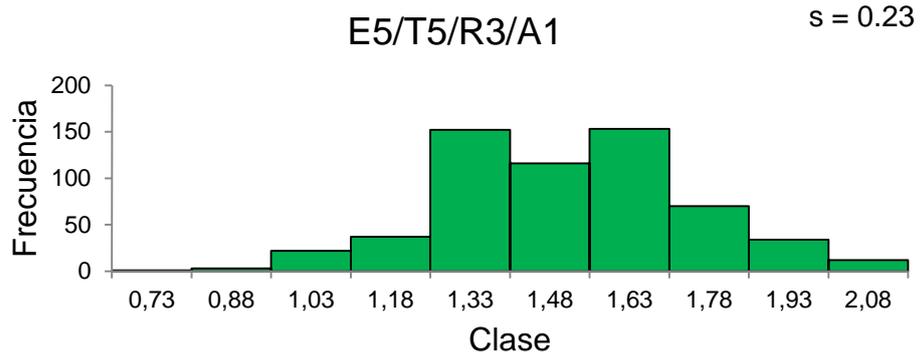
Distribución de pesos de las almendras de cacao basado en la medición de 600 gramos, agrupados en 10 clases de peso de cada clon.





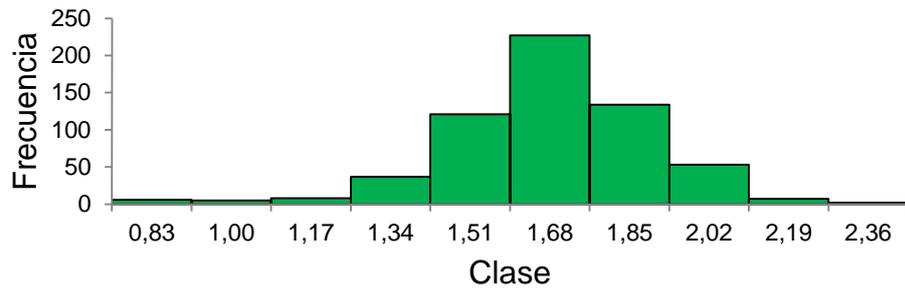






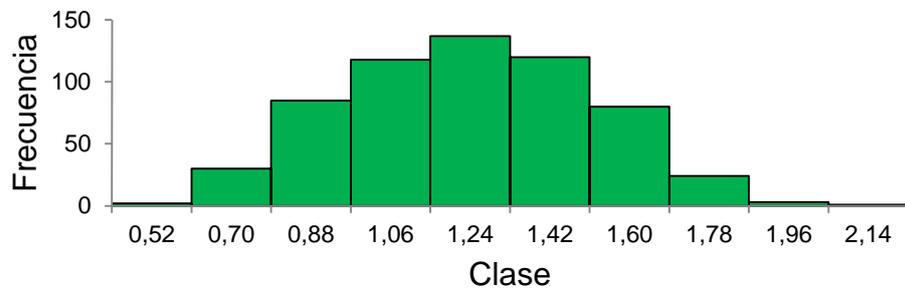
E1.2.2/T4/R1/A9

s = 0.21



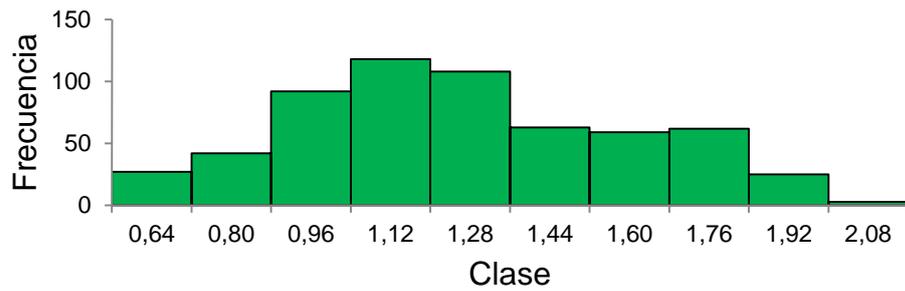
E5/T2/R3/A2

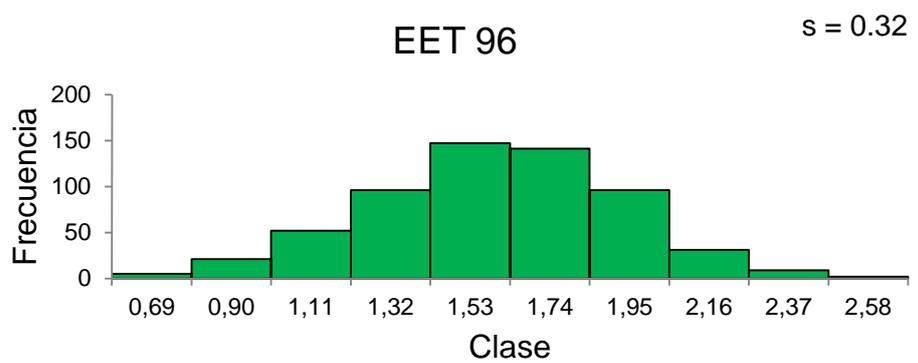
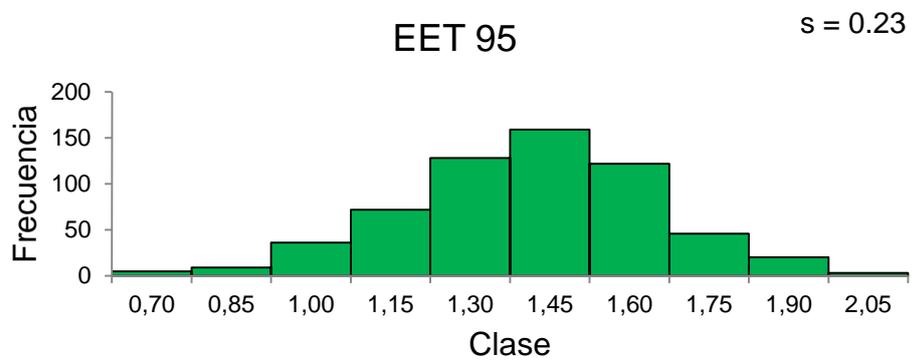
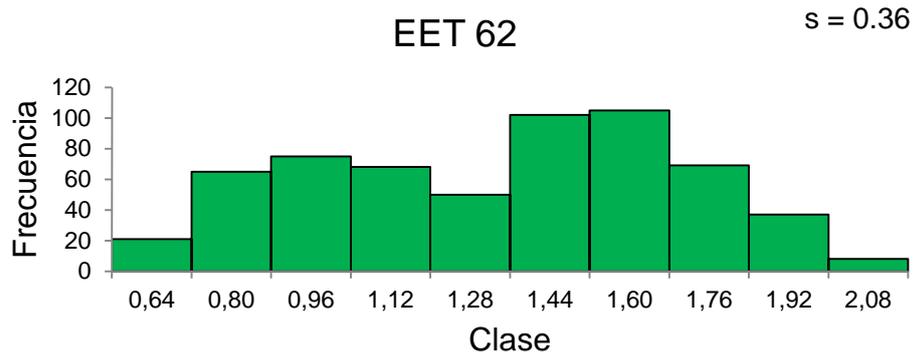
s = 0.27

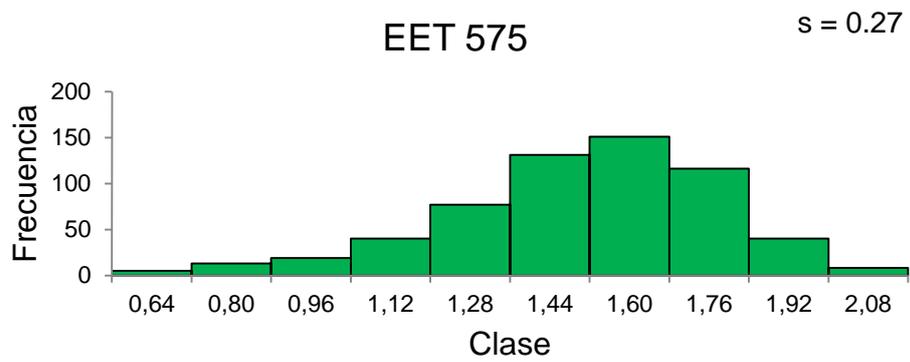
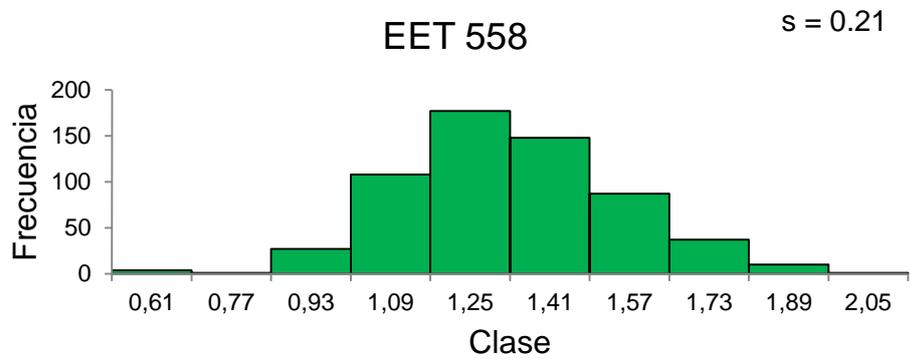
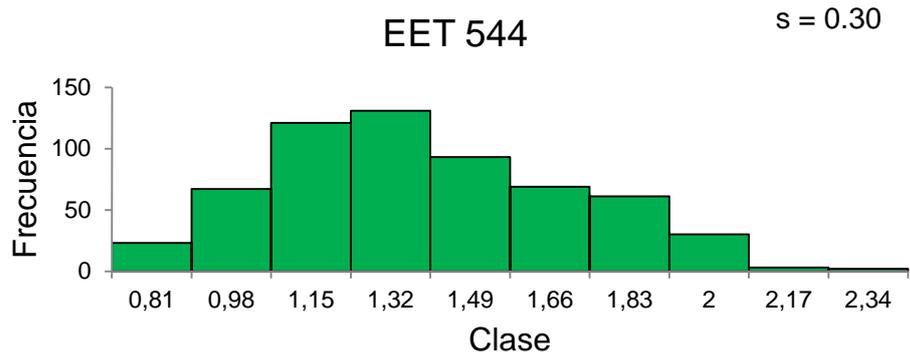


E5/T2/R3/A6

s = 0.33

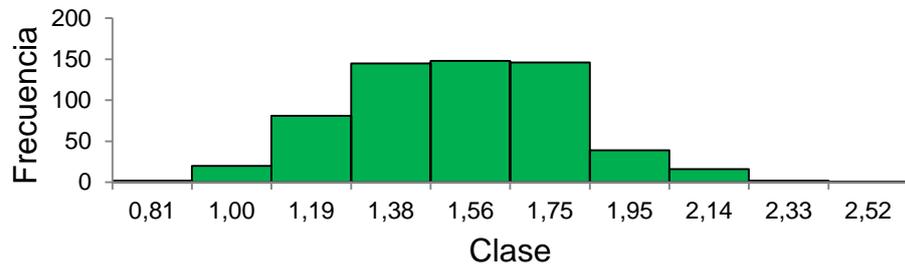






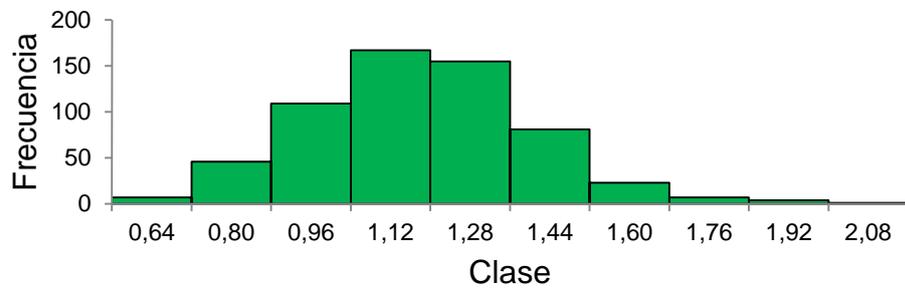
EET 576

s = 0.26



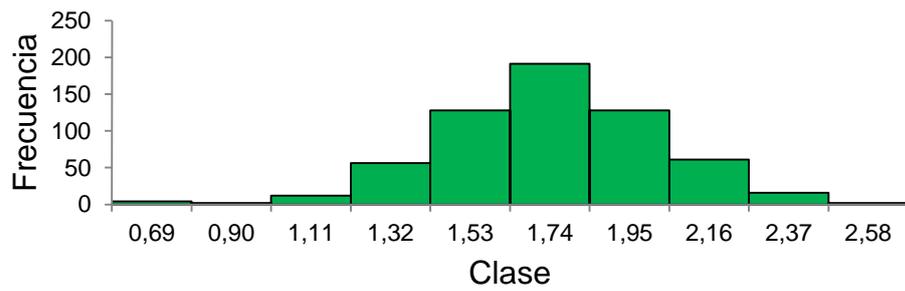
EET 559

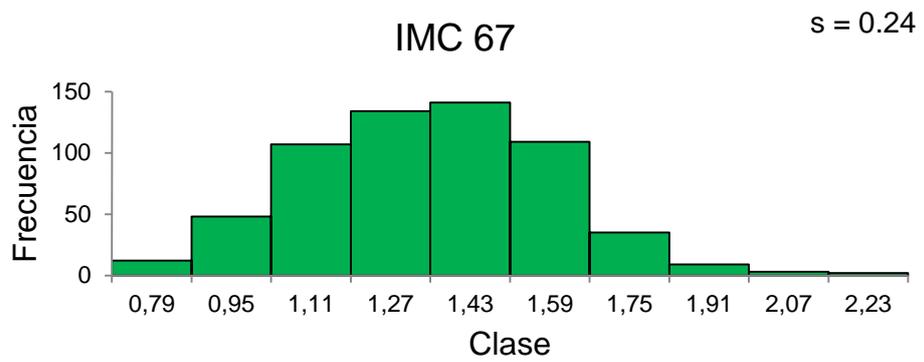
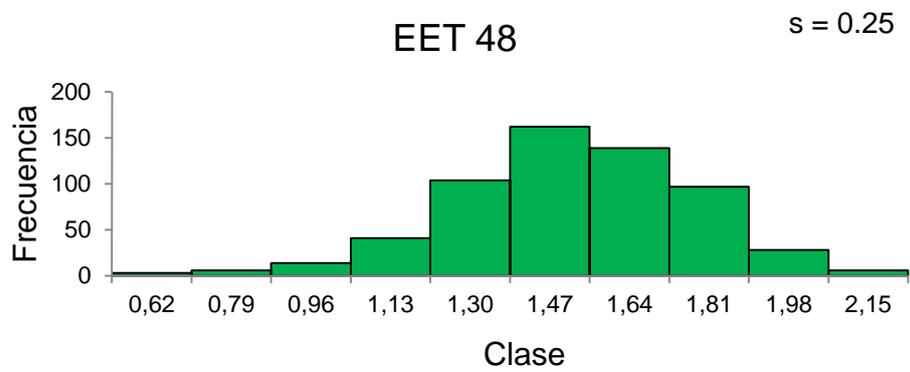
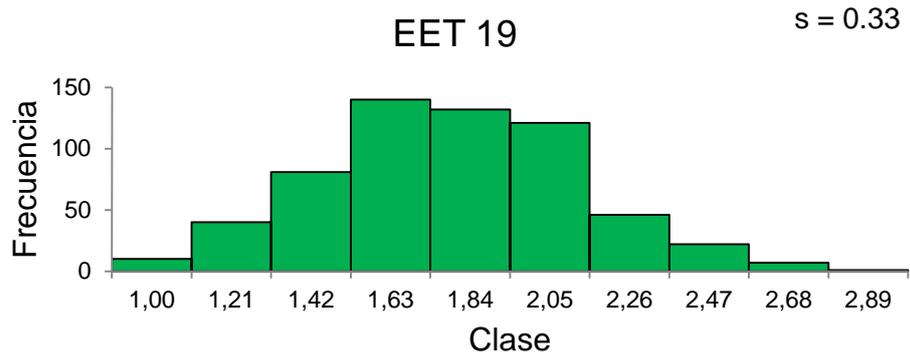
s = 0.22

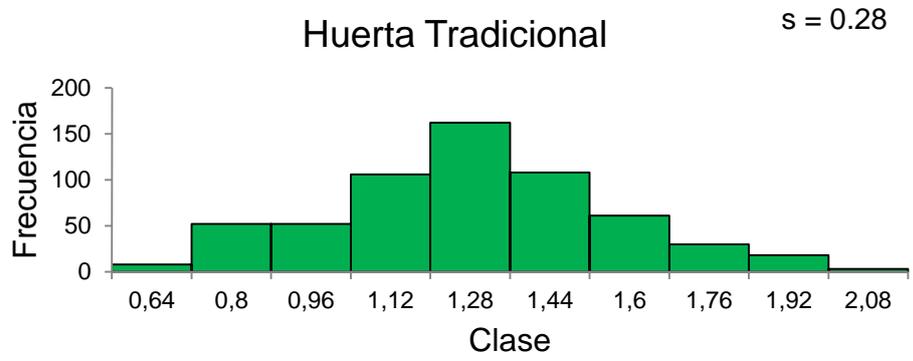
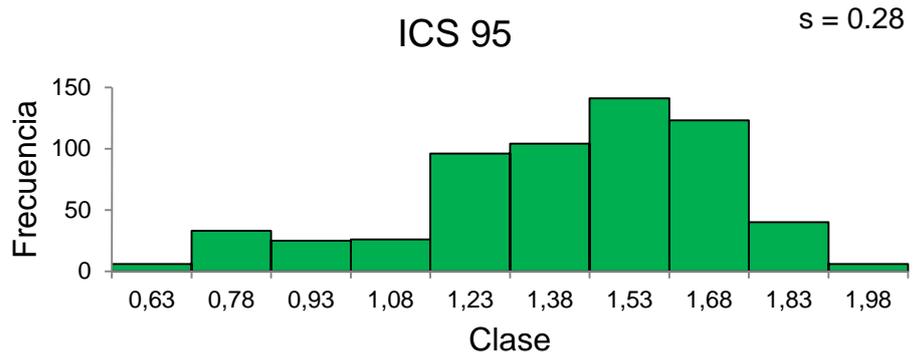


ESS 1

s = 0.28



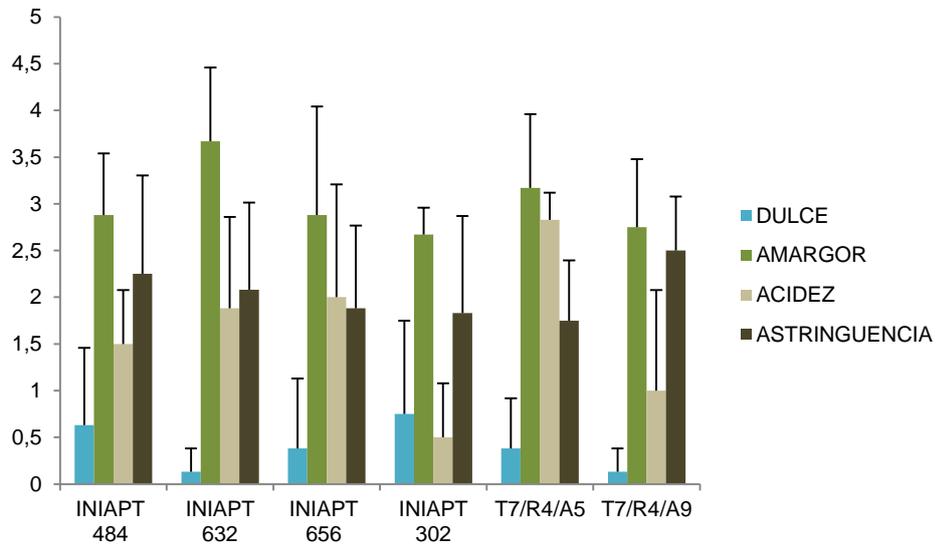
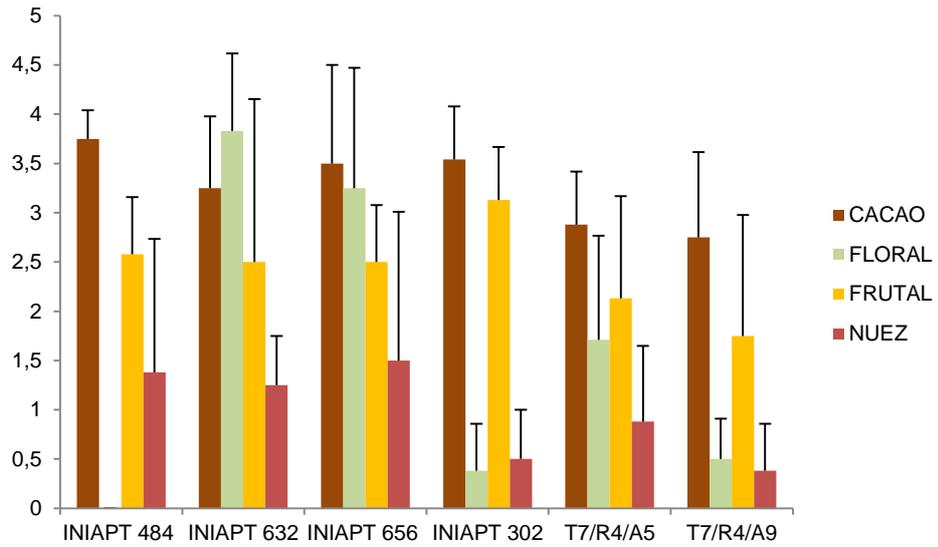




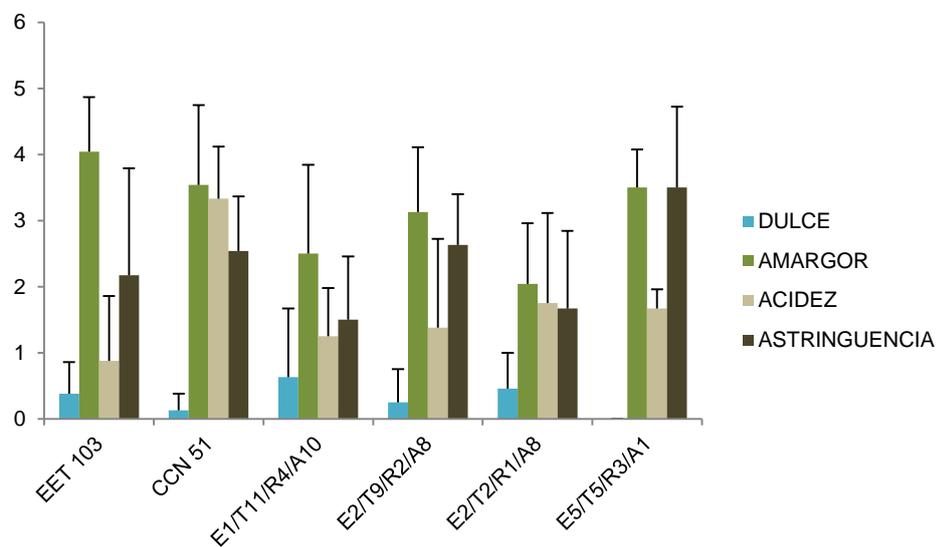
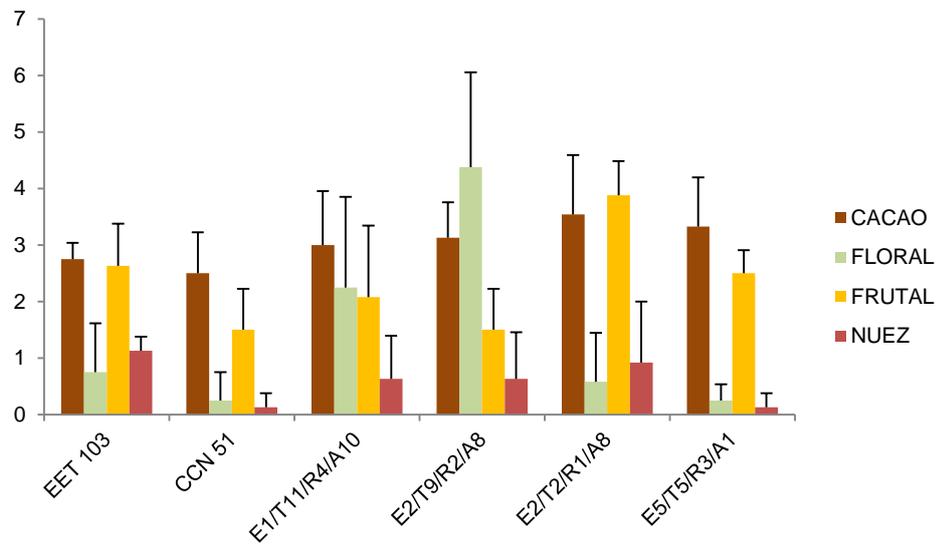
Anexo 4.

Perfiles sensoriales

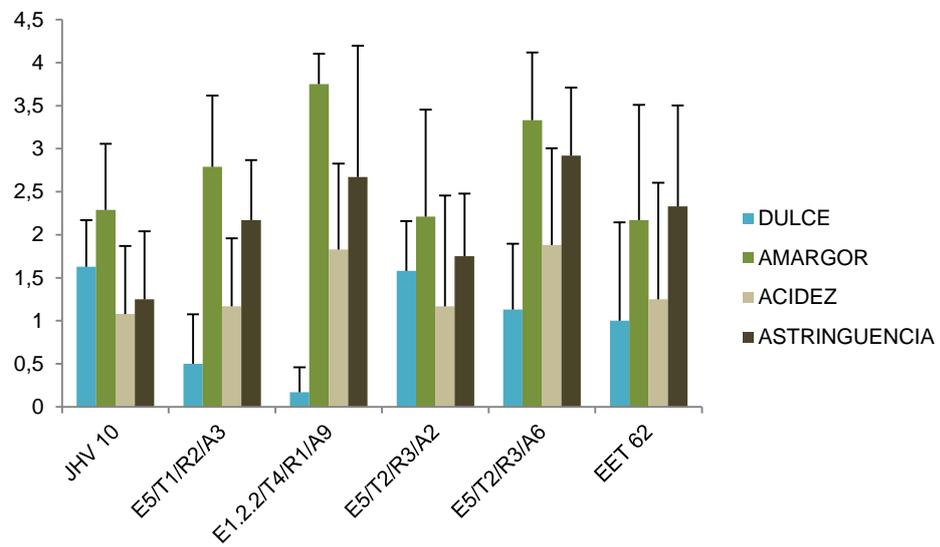
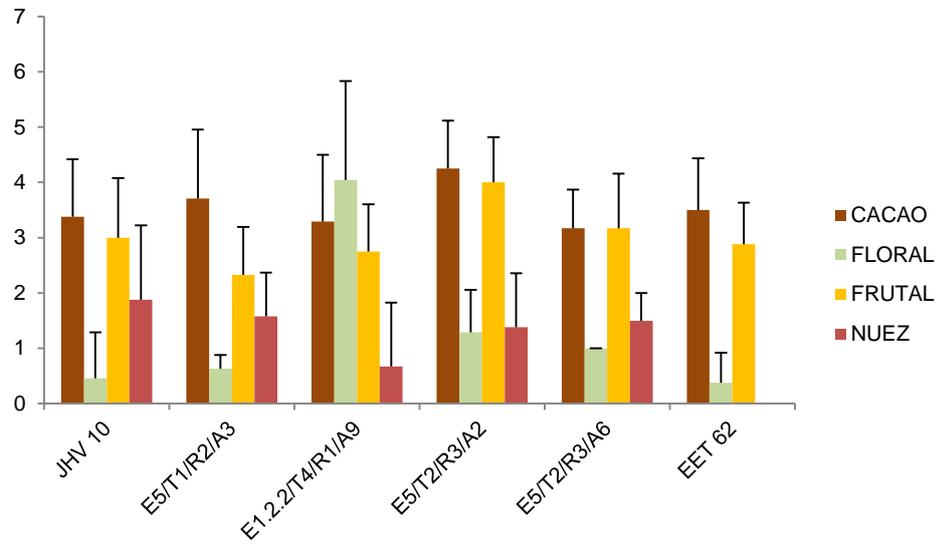
Perfil sensorial de un grupo de genotipos construido en base a datos obtenidos en el Laboratorio de Calidad Integral de Cacao de la EET Pichilingue. INIAP. UCSG, 2014.



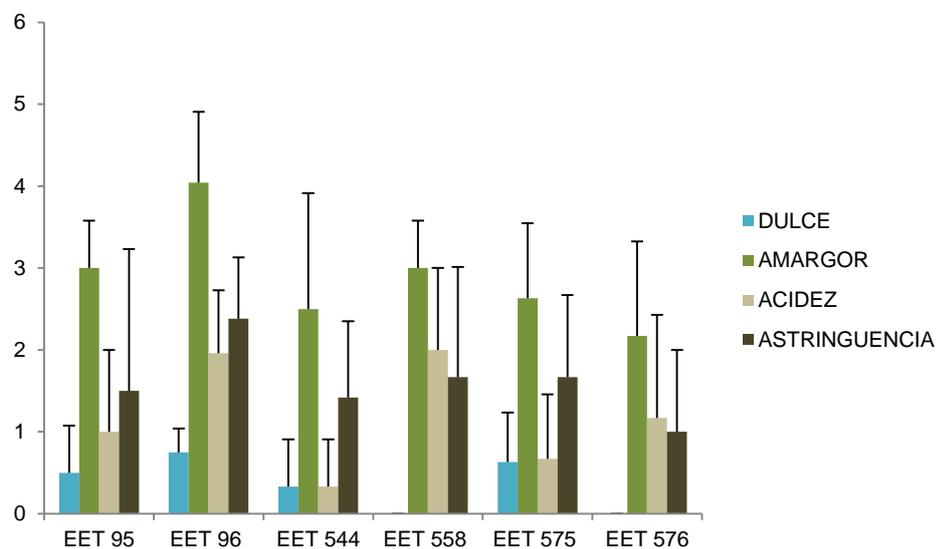
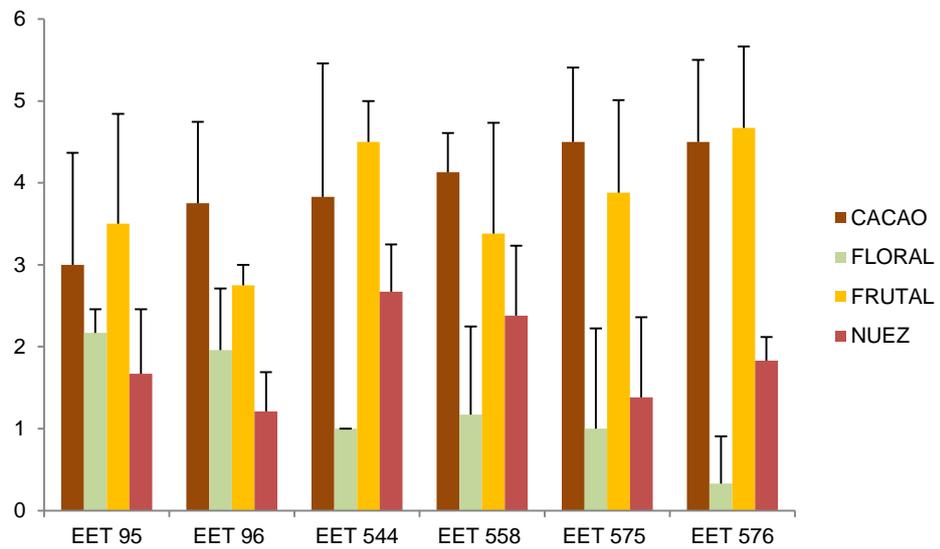
Perfil sensorial de un grupo de genotipos construido en base a datos obtenidos en el Laboratorio de Calidad Integral de Cacao de la EET Pichilingue. INIAP. UCSG, 2014.



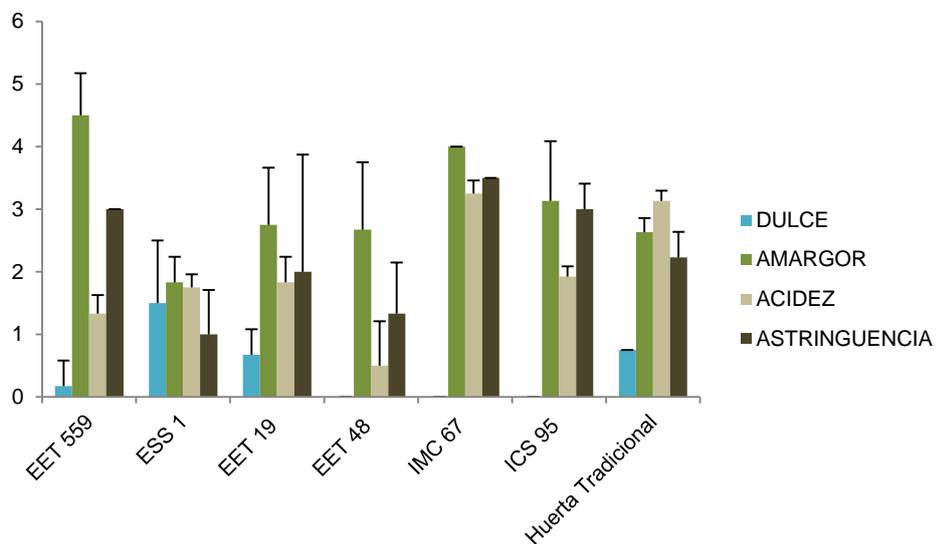
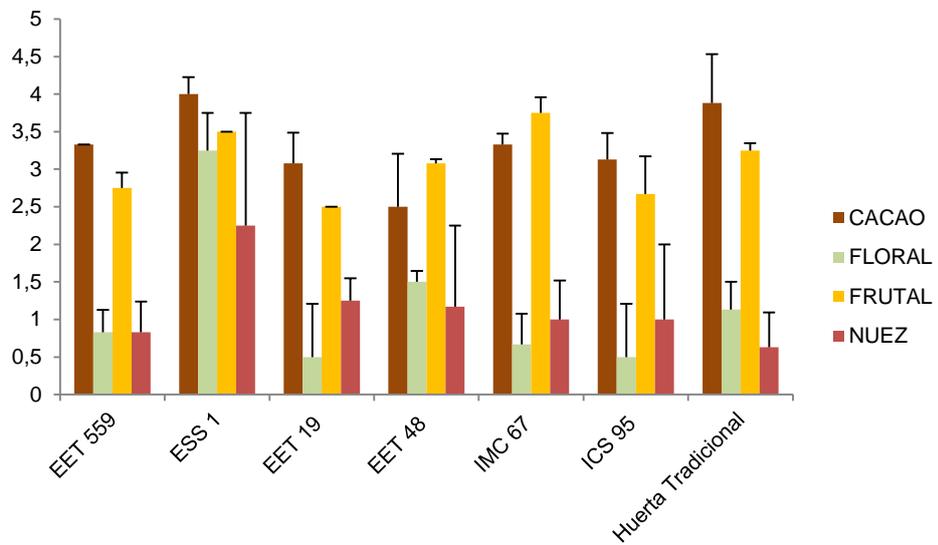
Perfil sensorial de un grupo de genotipos construido en base a datos obtenidos en el Laboratorio de Calidad Integral de Cacao de la EET Pichilingue. INIAP. UCSG, 2014.



Perfil sensorial de un grupo de genotipos construido en base a datos obtenidos en el Laboratorio de Calidad Integral de Cacao de la EET Pichilingue. INIAP. UCSG, 2014.



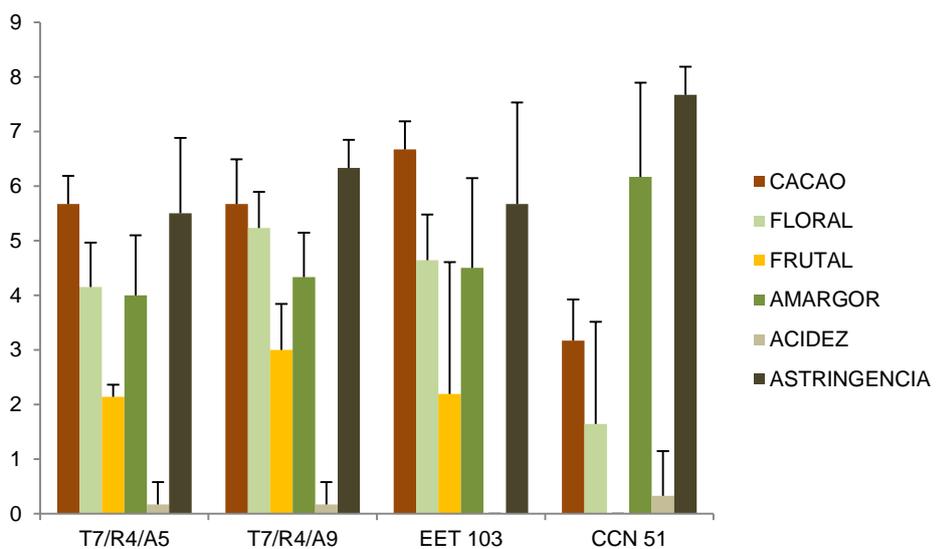
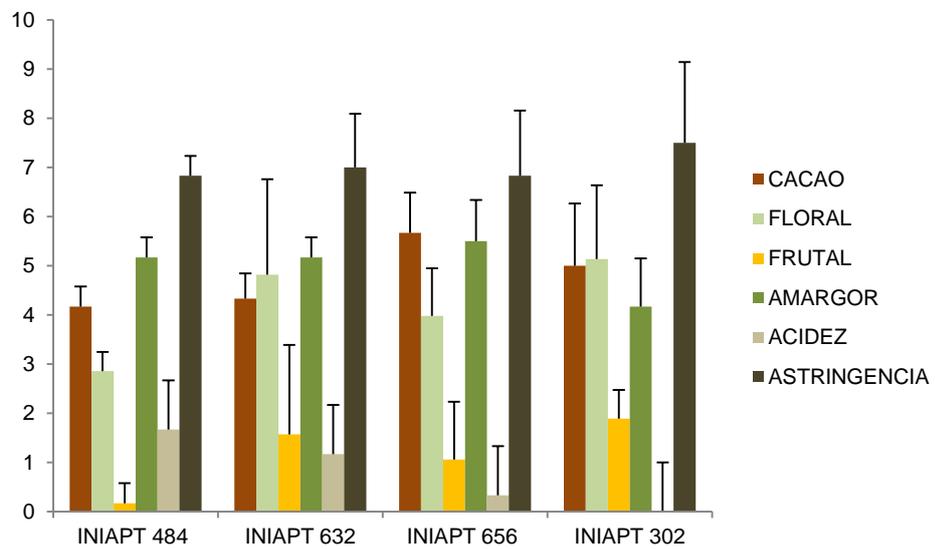
Perfil sensorial de un grupo de genotipos construido en base a datos obtenidos en el Laboratorio de Calidad Integral de Cacao de la EET Pichilingue. INIAP. UCSG, 2014.



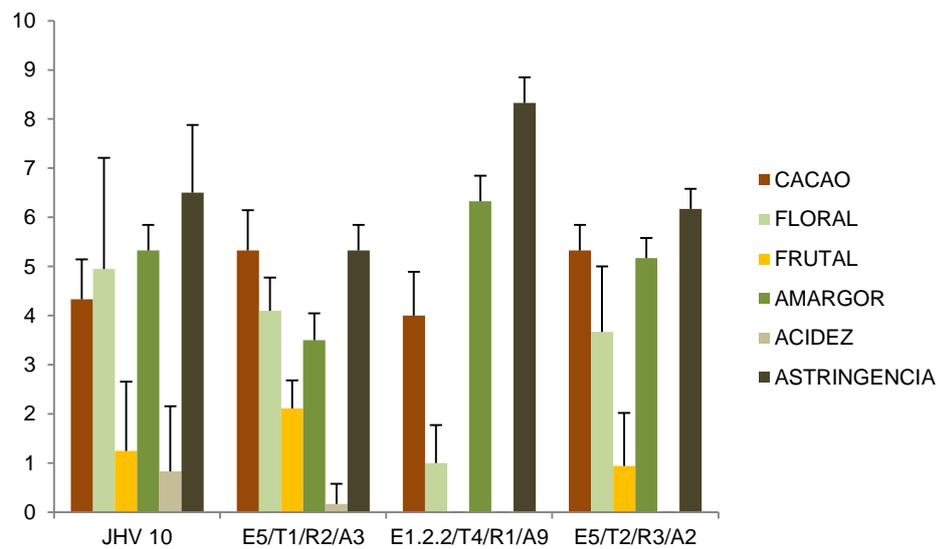
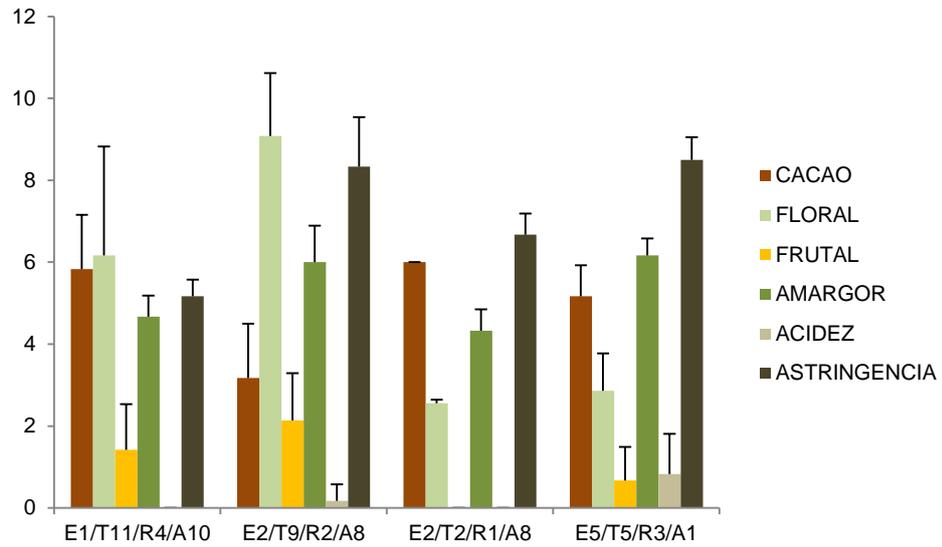
Anexo 5.

Perfiles sensoriales

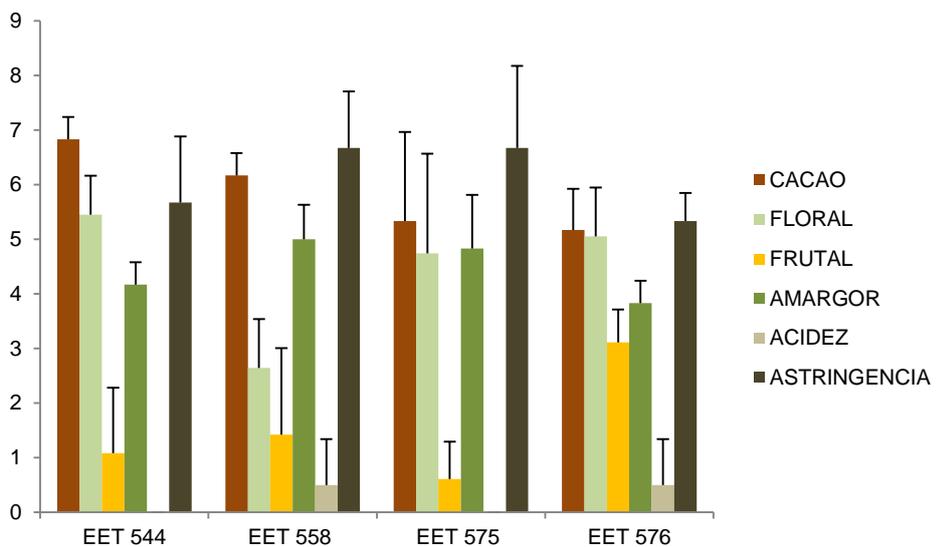
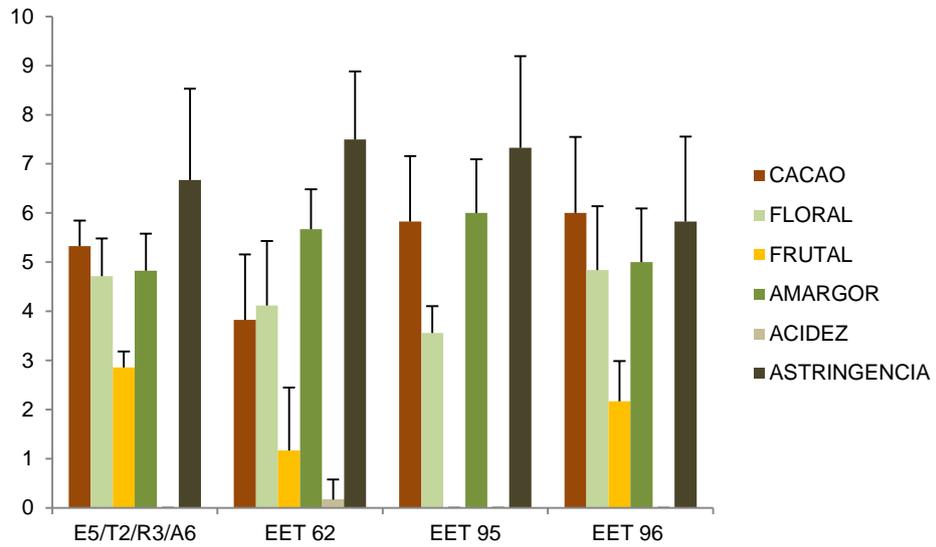
Perfil sensorial de un grupo de genotipos construido en base a datos obtenidos por Seguire Cacao Cocoa & Chocolate Advisors. Pensilvania, EE.UU. INIAP. UCSG, 2014.



Perfil sensorial de un grupo de genotipos construido en base a datos obtenidos por Seguire Cacao Cocoa & Chocolate Advisors. Pensilvania, EE.UU. INIAP. UCSG, 2014.



Perfil sensorial de un grupo de genotipos construido en base a datos obtenidos por Seguire Cacao Cocoa & Chocolate Advisors. Pensilvania, EE.UU. INIAP. UCSG, 2014.



Perfil sensorial de un grupo de genotipos construido en base a datos obtenidos por Seguire Cacao Cocoa & Chocolate Advisors. Pensilvania, EE.UU. INIAP. UCSG, 2014.

