



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TESIS DE GRADO

PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA

**PRODUCTIVIDAD, SANIDAD, CALIDAD FÍSICA Y PERFIL SENSORIAL DE LOS
GENOTIPOS DE CACAO (*Theobroma cacao L.*) SILVESTRES PRESENTES EN
LA COLECCIÓN CHALMERS.**

AUTOR

FABIÁN EDUARDO SÁNCHEZ FUENTES

DIRECTOR

ING. MSC. FREDDY AMORES PUYUTAXI.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2013

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Tesis presentada al Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Agrarias como requisito previo para la obtención del Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA: Productividad, sanidad, calidad física y perfil sensorial de los genotipos de cacao (*Theobroma cacao L.*) silvestres presentes en la colección Chalmers.

APROBADA:

Ing. Agr. MSc. Ignacio Sotomayor H.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Agr. MSc. Alfonso Vasco M.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Agr. Simón Ampuño.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



CERTIFICADO

El suscrito, **ING. FREDDY AMORES P**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de **DIRECTOR DE TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, **CERTIFICA:**

Que la Tesis Titulada “**PRODUCTIVIDAD, SANIDAD, CALIDAD FÍSICA Y PERFIL SENSORIAL DE LOS GENOTIPOS DE CACAO (*Theobroma cacao L.*) SILVESTRES PRESENTES EN LA COLECCIÓN CHALMERS.**”, del Egresado, **FABIÁN EDUARDO SÁNCHEZ FUENTES**, ha sido revisada y cumple con los requisitos reglamentarios, por lo que autoriza, para que continúe con los trámites pertinentes.

FREDDY AMORES P.
DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

Dedico este trabajo especialmente a Dios que ha estado en todo momento de mi vida principalmente en la ejecución de mi Tesis.

A mis padres, por apoyarme en todo momento y darme fuerzas para seguir adelante, a ellos a quienes les debo la vida por el apoyo incondicional.

A mis hermanos por estar en todos los momentos de mi vida y ser una de las razones principales en mi vida profesional.

A mis abuelos por los buenos consejos durante mi vida universitaria.

A Fanny Zambrano, por ser una amiga incondicional y apoyarme en situaciones fuertes.

A mi familia en general por el apoyo que me brindaron y sus buenos consejos en todo momento.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida y permitir cumplir una de mis metas y por guiarme siempre por el buen camino.

Al Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) por darme la oportunidad de realizar mi tesis de grado.

A United States Department of Agriculture, organismo gubernamental que financio esta investigación.

Ing. M.Sc. Freddy Amores Puyutaxi, Líder del Departamento Nacional de Cacao, de la EET-Pichilingue del INIAP, a la vez director de tesis, por haber compartido sus conocimientos y experiencias de su trayectoria profesional.

A la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, a través de sus directivos quienes incentivan a los estudiantes hacia el fortalecimiento y desarrollo de nuestras destrezas.

A los docentes de la escuela de Ingeniería Agronómica que me han guiado con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación durante mi paso por esta prestigiosa carrera como estudiante.

A los Ings. Juan Carlos Jimenez, Alfonso Vasco, Wilden Sarabia, Luís Plaza, Hilton Guerrero, Eddyn Solórzano, Gladys Rodriguez, Carmen Campi, Diego Saquicela, Ignacio Sotomayor y Omar Tarqui, gracias por compartir sus conocimientos.

A los egresados Jorge Aguirre y Denny Carriel por su apoyo y amistad.

A cada uno de mis compañeros y amigos, gracias por los momentos compartidos durante años de estudio.

La responsabilidad por la investigación resultados, conclusiones y recomendaciones presentadas pertenecen única y exclusiva del autor.

FABIAN EDUARDO SANCHEZ FUENTES

ÍNDICE

CONTENIDO	Páginas
CARÁTULA	i
DECLARACIÓN	ii
CERTIFICACION	iii
APROBACIÓN.	iv
AGREDECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
CONTENIDO	vii
INDICE DE CUADROS	viii
INDICE DE FIGURAS	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Justificación	3
1.2. Objetivos	4
1.1.1. General	4
1.1.2. Específico.....	4
1.3. Hipótesis	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Caracterización de germoplasma	5
2.2. Características productivas y sanitaria	5
2.3. Calidad de cacao	6
2.4. Cosecha.....	7
2.5. Fermentación	8
2.6. Secado.....	9
2.7. Almacenamiento	10
2.8. Calidad física del grano	10
2.9. Calidad sensorial de cacao.....	11

III. MATERIALES Y MÉTODOS	13
A. Localización y Condiciones Climáticas del área de estudio	13
B. Material genético	13
C. Variables y métodos de evaluación.....	15
a. Peso fresco.....	15
b. Número de mazorcas enfermas	16
c. Número de escobas de bruja.....	16
d. Número de almendras por mazorca	16
e. Índice de mazorca	16
f. Índice de semilla.....	17
g. Porcentaje de testa	17
h. Variables y métodos de evaluación sensorial.....	17
D. Análisis estadístico.....	18
E. Manejo del experimento	19
a. Control de maleza.....	19
b. Fertilización.....	19
c. Poda	20
d. Cosecha.....	20
e. Beneficio post-cosecha	20
f. Preparación de licor de cacao.....	21
IV. RESULTADOS	23
A. Resumen de Descriptores estadísticos.....	23
B. Análisis de Correlación.....	24
C. Variables sanitarias y productivas	25
D. Análisis de Componentes Principales	29
E. Variables sensoriales	31
a. Análisis de Componentes Principales	34
b. Desviación Estándar	37
V. DISCUSIÓN	39
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42

a. Conclusiones	42
b. Recomendaciones	43
VII. RESUMEN	44
SUMMARY	46
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	48
ANEXOS.....	52

ÍNDICE DE CUADROS

Paginas

Cuadro 1. Factores climáticos registrados en la Estación Experimental Tropical Pichilingue.....	13
Cuadro 2. Genotipos de cacao Amazónico presentes en la Colección Chalmers, INIAP EET - Pichilingue.....	14
Cuadro 3. Resultados de estadística descriptiva para variables asociadas al rendimiento y sanidad en la matriz de los genotipos bajo estudio	24
Cuadro 4. Matriz de correlación entre variables productivas, sanitarias de 73 genotipos de cacao de la colección Chalmers, INIAP, E.E.T Pichilingue.....	33
Cuadro 5. Variables productivas y sanitarias de 73 genotipos de cacao en la colección Chalmers.....	24
Cuadro 6. Promedios de análisis sensorial de 26 genotipos con producción seleccionado en la colección chalmers y 4 testigos comerciales.....	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Paginas

- Figura 1.** Posición de las variables con respecto a los Componentes Principales para las variables productivas y sanitarias de los distintos genotipos estudiados.....30
- Figura 2.** Posición de las variables con respecto a los Componentes Principales para las variables sensoriales en función de los diferentes genotipos considerados en el estudio.36
- Figura 3** Perfiles sensoriales de los genotipos más productivos comparados con los controles EET-103 Y CCN-51.....38

I. INTRODUCCIÓN

La Cuenca Amazónica soporta una extensa variabilidad genética para la especie del cacao (*Theobroma cacao*). Esta variabilidad se refleja a su vez en la amplitud de la variación en la expresión de sus características, un recurso de gran utilidad para el mejoramiento genético y la selección de clones, en la búsqueda de aquellos que combinen niveles atractivos de productividad, calidad organoléptica y resistencia a las principales enfermedades (Calderón, 2004).

La investigación para conocer variabilidad genética de los individuos presentes en un banco de germoplasma es el inicio del mejoramiento genético. Significa el punto de partida para identificar genotipos con atributos cualitativos y cuantitativos que los conviertan en insumos de procesos de recombinación genética, o que directamente pudieran desarrollarse como clones superiores.

Hay varios centros internacionales dedicados al desarrollo de la capacidad de uso del germoplasma de cacao presente en sus respectivos bancos. Las primeras exploraciones para rescatar parte de la diversidad genética presente en la región Amazónica, se realizaron en la década de 1930. Como resultado se colectaron varios genotipos de cacao silvestre en unas pocas cuencas hidrográficas de la alta y baja Amazonía (Calderón, 2004). El material colectado y clonado se plantó en diferentes países como colecciones para su conservación y evaluación parcial, entre ellos el Ecuador.

Como parte de un proyecto internacional, en el marco de una investigación colaborativa entre el INIAP y la Universidad de Las Indias Occidentales (UWI) en Trinidad y Tobago, se ejecutó una prospección de cacao silvestre en la alta

Amazonía: (sectores de las cuencas de los ríos Amazonas, Tiputine, Tapiche, Bobonaza, Aguarico y Coca), en distintos momentos, durante el periodo 1968-1973, con el fin de coleccionar material de propagación (semillas y varetas porta yemas) para capturar una porción de la diversidad genética del cacao. Parte del material coleccionado (73 genotipos) se introdujo a la Estación Experimental Tropical Pichilingue y forma parte de la llamada Colección Chalmers. La falta de caracterización dificulta su uso en actividades de mejoramiento genético.

Calderón (2004) estudió las accesiones de la Colección Chalmers a través de varias de sus características morfológicas (peso seco, cantidad de frutos sanos, índices de mazorca y de semilla, cantidad de escobas de bruja vegetativas, cojinetes y chirimoyas, y otras asociadas con la morfología de la flor y el fruto). Posteriores estudios con marcadores moleculares realizados en un Laboratorio de USDA, demostraron que las hileras de algunas accesiones estaban contaminadas con otros genotipos; incluso se detectaron genotipos que no aparecían en el plano de campo original. La presente investigación busca recuperar y extender el valor informativo de la variabilidad genética del germoplasma contenido en la colección Chalmers.

El programa de mejoramiento genético de cacao del INIAP tiene como objetivo el desarrollo de variedades de cacao fino con más productividad y resistencia a enfermedades. La producción de plantas de cacao con perfiles sensoriales especiales es hoy en día, una oportunidad que podrían aprovechar los productores ecuatorianos para diferenciar sus plantaciones a fin de fortalecer nichos de mercado (Sanchez, 2007). El presente estudio representa un paso para avanzar en la consecución de dicho objetivo.

1.1 Justificación

Los resultados de la presente investigación permiten identificar la variabilidad fenotípica de las distintas accesiones de cacao en colección Chalmers y seleccionar genotipos de interés en los ámbitos productivo, físico y sensorial. Las selecciones pueden ser aprovechadas en futuros esquemas de mejoramiento genético para el desarrollo de variedades de cacao fino o de aroma, en beneficio del sector productor. La evaluación sensorial de genotipos silvestres, crea expectativas acerca de la posibilidad de encontrar cacaos con particularidades sensoriales diferentes a las ya conocidas, un resultado de esta naturaleza abriría la posibilidad de enriquecer la expresión sensorial de las actuales variedades comerciales, mediante un proceso de hibridación para la recombinación genética.

1.2. Objetivos.

1.2.1 Objetivo General

Determinar si entre las accesiones de cacao silvestre Alto Amazónico presentes en la colección Chalmers hay genotipos que se destacan del resto por su mejor desempeño en los ámbitos productivo, sanitario y sensorial.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Comparar el comportamiento productivo y sanitario de los genotipos bajo estudio incluyendo sus respectivos índices de mazorca y semilla.
2. Determinar los perfiles sensoriales de aquellos genotipos con suficiente producción que permitan el estudio de las diferencias entre perfiles de sabor y ocurrencia de alguna nota o perfil sensorial específico.

1.3. Hipótesis

La variabilidad presente en la colección Chalmers es lo suficientemente amplia para seleccionar genotipos con mejor desempeño en los ámbitos productivo, sanitario y sensorial.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Caracterización de Germoplasma

Peña (2003) caracterizó morfológica y agronómicamente un grupo de 57 accesiones de cacao tipo Nacional. El peso seco, número de semillas por fruto y otras características relacionadas con la morfología floral, fueron útiles para estructurarla población estudiada. Así mismo, Calderón (2004) realizó una caracterización morfológica de los miembros de la Colección Chalmers; como resultado encontró que las variables más discriminativas fueron el peso seco, cantidad de frutos, índice de mazorca, índice de semilla, cantidad de escobas de bruja vegetativas, cojinetes y chirimoyas, y otras asociadas con la morfología de la flor y el fruto.

La caracterización (fenotípica y genética) y evaluación son actividades complementarias. Consisten en describir marcadores cualitativos y cuantitativos de las accesiones de una misma especie para diferenciarlas entre sí, determinar su utilidad estructural, variabilidad genética y relaciones entre ellas, localizar genes que promuevan su uso en la producción o en el mejoramiento de los cultivos. Ambas actividades requieren exactitud, cuidado y constancia, e incluyen un componente importante de registro de datos (IPGRI, 2000).

2.2. Características productivas y sanitaria

Normalmente el cacao comienza a desarrollar sus primeros frutos a los 18 meses después de la siembra. Las flores y frutos se desarrollan en los troncos y ramas en el lugar donde se insertaron las primeras hojas de desarrollo de la planta

caulíflora. Típicamente, menos del 5% de las flores que un árbol forma llegan al fructificación. Además, muchos frutos no completan su desarrollo formándose las llamadas “frutos con marchites”. El periodo que transcurre desde la polinización hasta la formación normal del fruto adulto, en el periodo de medias, es de 5 – 6 meses. Sin embargo, puede existir una considerable variación en el periodo de maduración de las mazorcas la misma que está correlacionado con una temperatura media. El número de frutos que llegan a la cosecha se reduce drásticamente por diferentes causas tales como enfermedades fisiológicas y criptogámica, ataque de insecto, falta de riego, etc. (Pastorelly, 1992).

Por lo general, en el Ecuador, las enfermedades del cacao causan más pérdidas al agricultor que los insectos. Algunos pueden todas las mazorcas de una huerta en un momento dado. Otras enfermedades pueden destruir o matar las plantas susceptibles (Enriquez, 2004). La escoba de bruja afecta en el Ecuador en forma directa a la producción, causando pérdidas por mazorcas enfermas de hasta el 80% con rangos de entre 20 – 70 por ciento (Rivera, 1995).

La enfermedad también afecta los cojinetes florales causando las llamadas “flores estrellas”. Estas nunca llegan a producir una mazorca madura aunque los frutos pueden desarrollarse hasta cierto estado, cuando se secan y mueren producen los llamados frutos “chirimoyas”. Los cojinetes afectados, en general, además de las flores estrellas, comienzan a producir hojas y brotes anormales, o pequeñas ramas que mueren rápidamente (Enriquez, 2004).

2.3. Calidad de cacao

Amores (2004), define como calidad al conjunto de atributos debidamente balanceados, que un bien o servicio posee para cumplir o superar estándares

establecidos que conduzcan a la satisfacción de las necesidades de los usuarios. La calidad puede considerarse una combinación de características que determina el valor y aceptabilidad de los alimentos por parte de los consumidores. Los mercados internacionales del cacao son cada vez más exigentes. Además, la calidad de los productos que consumen los usuarios finales se construye a lo largo de toda cadena productiva, por lo que esta construcción es compleja y requiere la intervención de todos los operadores de la cadena de valor.

Romero (2004), menciona que la calidad del cacao es un aspecto de gran importancia en el proceso productivo cacaotero. El nivel de calidad que se logre determinará la mayor o menor demanda que tenga el producto final en el mercado; en este caso, el cacao en grano. La obtención de cacao de alta calidad exige que se cumpla con una serie de requisitos que se inician con la selección del sitio y la calidad del suelo, hasta la aplicación de una tecnología post-cosecha adecuada.

2.4. Cosecha

La recolección de mazorcas maduras y sanas es clave para la cosecha y beneficio post-cosecha. Hay que evitar la cosecha de mazorcas sobre maduras o pintonas porque influyen negativamente sobre la calidad final del grano. Si están sobre maduras es mejor colocarlas aparte (Amores, 2004). Estas se identifican por los cambios de coloración externa que varían dependiendo del tipo o variedad de cacao. Usualmente se realiza con intervalos de 15 días para obtener un producto uniforme, aunque en periodos con poca producción, la recolección puede ser mensual(Enríquez, 1995).

2.5. Fermentación

Según Moreno y Sánchez (1989), en este proceso, ocurren cambios bioquímicos que permiten el desarrollo de los precursores del sabor y aroma en las almendras. Los factores de calidad determinados por la fermentación tienen gran importancia. Generalmente el chocolate preparado con cacao sin fermentar no posee el sabor y aroma del verdadero chocolate y puede ser desagradable. Es con la fermentación adecuada que las almendras desarrollan el aroma y sabor a chocolate. El cacao mal fermentado, aunque sea tipo Nacional, jamás podrá desarrollar su propio sabor, llegando a tener una clasificación de baja calidad, (Moreira, 1994 y Cros, 2004, Amores, 2004).

En la etapa de fermentación conocida también como “cura” o “preparación”, las almendras de cacao alcanzan la calidad necesaria para la producción del chocolate (Armijos, 2002). Durante este proceso los azúcares de la pulpa, con la intermediación de microorganismos (levaduras y bacterias), y reacciones bioquímicas de oxidación, forman ácidos que penetran en el cotiledón, causando la muerte del embrión y la sucesiva formación de precursores del aroma del cacao (Sanchez, 2007).

Ramos (2004) y Portillo et al. (2006), Mencionan que la fermentación involucra dos fenómenos distintos aunque dependientes. En primer lugar hay una fermentación microbiana que contribuye a la eliminación de la pulpa mucilaginosa alrededor de las almendras. A continuación, el otro induce a un conjunto de reacciones bioquímicas en el interior de los cotiledones, las que conducen a la modificación de la composición química de las almendras y en particular a la formación de los precursores del aroma. Los mismos autores, expresan que 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. Finalmente, se suprime el poder germinativo del embrión.

Ramos (2004), menciona que la fermentación es la acción combinada y balanceada de temperatura, alcoholes, ácidos, pH y humedad en las almendras de cacao. Este proceso disminuye el sabor amargo por la pérdida de teobromina y polifenoles, facilita el secado y la separación de la testa de los cotiledones.

2.6. Secado

El objetivo primordial del secado es completar el desarrollo del sabor a cacao que se inició con la fermentación. Si el secado se conduce erróneamente, de nada sirve que la fermentación haya sido la mejor, ya que las almendras tendrán problemas de calidad sensorial, particularmente un exceso de acidez. El secado tiene por objetivo eliminar el exceso de humedad (hasta llegar al 7%) y acidez de las almendras recién fermentadas, requisitos necesarios para su almacenamiento y comercialización (Sánchez, 2007).

El secado se hace en forma lenta y gradual, empezando con pocas horas de exposición al sol durante los primeros días. El número de horas de exposición se aumenta progresivamente con el paso de los días. Si el secado es violento no se logra un secado uniforme, se interrumpe la hidrólisis enzimática de las antocianinas y generan más almendras púrpuras que le confieren un sabor astringente al cacao. Además, se endurece rápidamente la testa o cascarilla impidiendo la salida o difusión de los ácidos volátiles, que terminan concentrándose en los cotiledones generándose almendras ácidas (Saltos, 2005).

2.7. Almacenamiento

Es necesario, antes del almacenamiento, asegurarse de que el cacao se encuentre totalmente seco con un contenido de humedad inferior al 8 %.(Sánchez, 2007 y Amarilla, 2011)Para su almacenamiento las almendras deben conservarse en lugares ventilados, libres de humedad y sin ningún tipo de contaminación. Además, el ambiente debe contar con temperatura y humedad en niveles que no promuevan la proliferación de insectos y hongos.

2.8. Calidad física del grano

La calidad física principalmente en la presentación exterior del grano, que no necesariamente coincide con un buen sabor y aroma a chocolate (Moreira, 1994 y Romero, 2004). Enríquez (1995) vincula la calidad del grano con la calificación que dan los países compradores y fabricantes de chocolate a las almendras de cacao por su apariencia, grado de fermentación, humedad, materiales extraños, mohos, insectos, entre otros.

Los Estándares Internacionales requieren que el cacao de calidad negociable sea fermentado, seco, libre de olores anormales como humo, químicos y de cualquier evidencia de adulteración. Debe encontrarse razonablemente libre de insectos vivos, de granos partidos, fragmentos y partes de cáscara y razonablemente uniforme en tamaño (Calderón, 2004 y Saltos, 2005).

Pinto y Álvarez (2001) y Calderón, (2002), señalan que el porcentaje de fermentación se mide con la “prueba de corte” utilizada a nivel mundial para evaluar el grado de fermentación del cacao. Según Moreno y Sánchez (1989) y Stevenson et al. (1993), la medición de la fermentación mediante la “prueba de corte” debe realizarse durante los primeros treinta días después del secado. Esto con el fin de evitar la excesiva oxidación de las almendras.

Según Jiménez (2003), el grado de fermentación permite clasificar las almendras en las siguientes categorías:

Almendras de color marrón o café, poseen una fermentación muy completa, los ácidos matan al embrión y a las vacuolas de pigmentación, éstas almendras son muy hinchadas y se separan fácilmente del cotiledón. La calidad del sabor y aroma del grano es óptimo para elaborar chocolates. Almendras marrón o violeta, indican una fermentación parcial, los ácidos no han penetrado y una proporción de vacuolas se encuentran intactas, los cotiledones están poco compactos y la testa algo suelta. La calidad del sabor es regular pero aprovechable para producir chocolate. Almendras violetas, son el producto de una fermentación incompleta, por ello aparecen ácidos procedentes de la pulpa. Las almendras no están hinchadas y la apariencia interna es compacta, desarrollan un sabor astringente y ácido. Almendras pizarrosas, presentan un aspecto compacto de color gris negruzco, lo cual indica ningún efecto de fermentación, por lo que desarrollan sabores amargos y astringentes.

2.9. Calidad sensorial de cacao

Romero (2004), menciona que los fabricantes de chocolate realizan pruebas complejas para determinar las cualidades organolépticas del grano. En los cacaos finos, tratan de encontrar delicados matices de sabor y en los básicos se

preocupan más de que no tengan sabores extraños. Además, describe que los peores defectos que se pueden encontrar en los licores de cacao son el sabor a humo, ocasionado por el secado artificial del cacao y el olor a jamón ahumado ocasionado por una sobre fermentación.

Para el fabricante, la evaluación sensorial es la única prueba confiable para determinar si puede utilizar determinado cacao para sus productos. Esta prueba permite medir, analizar e interpretar reacciones de las características de los alimentos, los cuales son percibidos por los sentidos de la vista, olfato y gusto es decir sabor y aroma. (Jiménez, 2003).

El sabor “arriba” del cacao Nacional es muy particular y diferente, se lo describe como sabor floral, fuerte, con matices de astringencia, sabor a leguminosas verdes, flores de cítricos, una sensación de frescura que invade la boca y desaparece rápidamente. La calidad aromática de un chocolate está relacionada con el origen de las almendras, con la fermentación y secado y con el tostado (Sanchez, 2007).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Localización y condiciones climáticas del área de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental Pichilingue del INIAP, ubicada en el km 5 vía Quevedo - El Empalme, provincia de Los Ríos. Su altitud es 75 msnm y su ubicación geográfica es la siguiente: 79°21' de Longitud Occidental y 01°06' de Latitud Sur. Los datos de campo se obtuvieron y registraron en el periodo Diciembre 2011-Diciembre 2012; en el anexo 1 se presenta el croquis de campo de la colección Chalmers.

Cuadro 1. Factores climáticos registrados en la estación experimental tropical Pichilingue.

Factores climáticos	Promedio 1970 - 2011
Precipitación anual (mm)	2218,4
Temperatura promedio anual (°C)	25,5
Humedad relativa promedio anual (%)	85,8
Heliofanía promedio anual (horas-luz/año)	898,9

¹Datos tomados del INAMHI, localizada en la EET-Pichilingue, registro promedio desde 1970 hasta el 2011.

B. Material genético

La colección Chalmers cuenta actualmente con 73 genotipos. Se estableció en la E.E.T. Pichilingue en 1989. El material de siembra proviene de diferentes áreas de la Alta Amazonía ecuatoriana y peruana. Las introducciones provienen de prospecciones realizadas por Chalmers en el periodo 1968 – 1973. La distancia

entre plantas es de 3 m x 3 m y el lote en que se encuentra la Colección se beneficia de sombra permanente constituida por Palo prieto (*Erythrina glauca*) sembrados a 20 m x 20 m. La inclusión de muestras de almendras de los clones comerciales CCN 51, EET 103, IMC 67, ICS 95 como controles, apoyó la interpretación de resultados sensoriales. En el Cuadro 2 se describen los genotipos bajo estudio.

Cuadro 2. Genotipos de cacao amazónico presentes en la Colección Chalmers, INIAP, EET - Pichilingue.

Hilera	Genotipos presentes en cada Hilera	N° de árboles	Código anterior
1	G-78	9	UNAP – 2*
2	G-17 (8) - G-10 (1)	9	AMAZ – 10*
3	G-8(7) - G-10(1)	8	AMAZ – 2*
4	G-37(7)	7	CUR – 15*
5	G-32(3) - G-47(3)	6	NAP – 25*
6	G-73(7) - G-74(1)	8	TAP – 21*
7	G-50(5) - G-48(1) - G-12(1)-G-49(1)	8	NAP – 30*
8	G-30(3) - G-61(3)	6	VILL – 6*
9	G-59(1)-G-60(2)-G-61(4)-G-12(1)-G-62(1)	9	SM – 9*
10	G-12 PNM(1)	10	TAP – 12*
11	G-41(5)-G-77(2) PNM(2)	9	TIP – 4*
12	G-40(6) - G-41(1) PNM(2)	9	NAP – 1*
13	G-57(3)-G-58(2) PNM(1)	6	SM – 8*
14	G-63(8)-G-12(1)-G-67(1)	10	TAP – 5*
15	G-12(9)- PNM(1)	10	TAP – 11*
16	G-32	10	COC – 3335*
17	G-34- PNM(1)	9	COC – 3338*
18	G-1	9	AGU – 17*
19	G-12	10	TAP – 6*
20	G-44(8) - G-43(1) - G-42(1)	10	NAP – 3*
21	G-45(1) - G-46(2)- PNM(2)	5	NAP – 23*
22	G-12(7) - G-72(1) - G-42(1)- PNM(1)	10	TAP – 10*
23	G-2(1) - G-3(6) - G-4(1) - G-5(1)	9	AGU – 5*
24	G-13(7) - G-14(1) - G-15(1) - G-16(1)	10	AMAZ – 9*
25	G-51(6) - G-52(3)	9	NAP – 34*
26	G-76	10	TIP – 2*
27	G-53(6) - G-54(1) - G-55(1)	8	NAP – 41*
28	G-55	6	VILL – 2*
29	G-35(5) -G-37(1) - G-38(1) - G-39(1)	8	CUR – 3*
30	G-28(5) - G-6(1)	6	BOB – 8*
31	G-29(3) - G-30(1) - G-31(1)	5	COC – 3328*
32	G-69(9) - G-70(1)	10	TAP – 3*

33	G-42(3)-G-20(2)-G-43(1)-G-63(1)-G-64(1)	8	TAP – 1*
34	G-6(4)-G-26(1)-G-27(3)-G-28(2)	10	BOB – 3*
35	G-12(2)-G-43(3)-G-71(1)-PNM(2)	9	TAP – 7*
36	G-41(6) - G-75(1)-G-42(1)	8	TIP – 1*
37	G-65(1)-G-66(1)-G-19(3)-G-12(3)-G-68(1)-G-67(1)	10	TAP – 2*
38	G-78	8	UNAP – 1*
39	G-6(6) - G-7(4)	10	AMAZ – 1*
40	G-19(8) - G-22(2)	10	AMAZ – 12*
41	G-18(6)-G-19(1)-G-20(1)-G-21(1)- PNM(1)	10	AMAZ – 11*
42	G-23(2)-G-20(5)-G-24(2)-G-25(1)	10	AMAZ – 14*
43	G-11(7) - G-12(2) PNM(1)	10	AMAZ – 4*
44	G-56	1	SIL – 1*
45	(IMC – 95 x IMC – 67) x CANELO (Testigo)	-	CCN-51**
46	N x V.A (Testigo)	-	IMC – 67**
47	For (Testigo)	-	ICS– 95**
48	N x V.A (Testigo)	-	EET – 103**

Genotipos (G) - * Código Anterior - **Clones Testigos

UNAP	=	Universidad Nacional Autónoma Peruana
AMAZ	=	Rio Amazónico
NAP	=	Rio Napo
VILL	=	Rio Villano
SM	=	Rio San Miguel
TAP	=	Rio Tapiche
TIP	=	Rio Tiputini
COC	=	Rio Coca
AGU	=	Rio Aguarico
CUR	=	Riveras de Curaray
BOB	=	Rio Bobonaza
SIL	=	Silicia
EET	=	Estación Experimental Tropical Pichilingue
N x V. A	=	Nacional por Venezolano Amarillo
IMC	=	Iquito Mixed Calabacillo
ICS	=	Inperial College Selections
CCN	=	Colección Castro Naranjal

C. Variables y métodos de evaluación

a. Peso fresco

La cosecha se realizó cada mes en los periodos con menor producción. En periodos con picos de cosecha se realizó cada 15 días. El peso fresco acumulado

de todos los eventos de cosecha se asignó al genotipo correspondiente al final del periodo de registro de datos en campo.

b. Número de mazorcas enfermas

El número de mazorcas enfermas se registró al momento de cada evento de cosecha sin hacer referencia al tipo de enfermedad que afecta las mazorcas.

c. Número de escobas de bruja

Esta variable se registró una sola vez en el mes de julio contando aquellos brotes foliares infectados por escoba de bruja antes de hacer una poda sanitaria.

d. Número de almendras por mazorca

Esta variable se midió y registró en el transcurso del experimento contando las almendras en 20 mazorcas. Puesto que no fue posible cosechar 20 mazorcas de un mismo genotipo de una sola vez, el número promedio de almendras proviene de mazorcas cosechadas en distintos momentos.

e. Índice de mazorca (IM)

Se utilizó un número variable de mazorcas (3 a 10 mazorcas) en función de la intensidad de la cosecha en cada genotipo en un determinado momento. No se acumularon mazorcas cosechadas en distintos momentos. El peso de las almendras fermentadas se utilizó para calcular el índice de mazorca mediante la siguiente fórmula:

$$\text{IM} = \frac{\text{Número de mazorcas} \times 1000}{\text{Peso seco (g) del número de mazorcas}}$$

f. Índice de semilla (IS)

Se pesaron 100 almendras fermentadas y secas obtenidas al azar de las muestras de cada genotipo. Se aprovechó el pico de cosecha en cada genotipo para calcular este índice mediante la siguiente fórmula:

$$IS = \frac{\text{Peso (g) 100 semillas}}{100}$$

g. Porcentaje de testa

Se calculó en base al peso de 30 almendras fermentadas y secas. Estas fueron desprovistas de la cascarilla, luego se pesó y relaciono con el peso total de las almendras utilizando la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de testa} = \frac{\text{(Peso de la testa)}}{\text{Peso de 30 almendras}} \times 100$$

h. Variables y métodos de evaluación sensorial

Mediante un panel de catación se evaluaron las siguientes variables sensoriales: cacao, astringencia, acidez, amargor, frutal, floral, nuez, caramelo y otras notas de interés comercial. Para la cuantificación de cada variable se aplicó una escala hedónica para evaluar alimentos que oscila de 0 a 10 puntos. Los valores promedio de las cuantificaciones hechas por cada panelista se convirtieron en los datos sensoriales utilizados en la evaluación. Se realizaron dos cataciones por genotipo de muestras cosechadas en distintos momentos.

Escala	Detalles
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

D. Análisis Estadístico

Primero se condujo un análisis a través de clones con la matriz de datos de todas las variables usadas en el estudio de características asociadas a la productividad y sanidad. El propósito fue conocer la varianza de todos los miembros de la población estudiada como base para tener una idea de su potencial para revelar genotipos superiores.

Luego, se realizó un análisis de correlación simple para explorar nuevas relaciones entre dos variables, reforzar algunas poco conocidas y seguramente confirmar otro bien conocido. Este propósito se alcanzó seleccionando de la matriz de correlaciones solo aquellas dotadas de significancia estadística, para proceder a su interpretación.

Se construyó una matriz con los resultados de las distintas variables asociadas a la producción y sanidad por cada genotipo. Esta matriz se procesó utilizando el análisis de Componentes Principales que muestra en un plano definido por los dos primeros componentes, la distribución de los genotipos en función de la varianza de la matriz global en relación con los factores que hacen la mayor aportación.

También se construyó una matriz con los datos de las variables relacionadas con el sabor para la evaluación de la calidad sensorial de los distintos genotipos bajo estudio. Dicha matriz se sometió a un Análisis de Componentes Principales para obtener un plano definido por los dos primeros componentes. En este plano se observó la distribución y posible estructuración de los distintos genotipos teniendo como referencia los ejes del primer y segundo componente principal. Finalmente, se construyeron gráficos de barras para ilustrar y facilitar la comparación del perfil sensorial de los cuatro genotipos más rendidores en comparación con los controles EET 103 y CCN 51.

E. Manejo del Experimento

a. Control de maleza

El control de malezas fue más frecuente en la época lluviosa por el crecimiento rápido de las malezas ya que no aportan beneficio, más bien atrasan el desarrollo y recortan el rendimiento del cultivo al competir por los recursos: espacio, luz, agua, nutrientes, entre otros.

b. Fertilización

La fertilización se realizó a entradas (Enero) y salida (Abril) de invierno formando bandas alrededor de la planta. Se aplicó 1 kg de fertilizante completo (NPK) por planta.

c. Poda

Todos los árboles se podaron una vez al año a mitad del verano. La poda consistió de una combinación de cortes sanitarias y ajuste de la estructura de la planta. Se aprovechó el evento de poda anual para registrar el número de escobas vegetativas en cada genotipo.

d. Cosecha

Las cosechas se realizaron en función de la producción de cada genotipo. En general se realizó mensualmente, pero durante el pico de cosecha la cosecha fue quincenal para evitar la sobre maduración de los frutos. Para la fermentación se evitó la mezcla de frutos enfermos.

e. Beneficio post cosecha

La fermentación de las almendras se realizó siguiendo el método de micro fermentación en un cajón de 0.5 m x 0.5 m x 0.5 m de madera de laurel y con capacidad para 90 kg de masa fresca. La masa “madre” dentro de la cual se fermentaron muestras de los genotipos estudiados, se obtuvo de mismo lote o lotes adyacentes. Las almendras de cada genotipo se colocaron en una bolsa de malla de nylon y luego se distribuyeron en el interior de la masa “madre”, en grupos de 4 unidades separadas 0.10 m.

El tiempo de fermentación fue de 96 horas. La primera remoción de la masa se realizó a las 24 horas de iniciado el proceso; la segunda a las 48 horas. La masa de las muestras objeto del estudio también fueron objeto de remoción en el interior

de las bolsas. Además, se cambió la posición de las bolsas dentro de la masa "madre". Aquellas ubicadas al fondo después de la remoción se colocaron en la parte superior y viceversa.

Con el propósito de darle seguimiento a la fermentación, se registraron datos de la temperatura dos veces al día (09h00 y 15h00), cada 0.15 m de profundidad. Con este propósito se utilizó una termocupla. También se registró la temperatura del ambiente exterior.

Concluida la fermentación se procedió al secado de las almendras en una marquesina, en capas de 3 a 5 cm de altura al inicio. A medida que el secado avanzaba se fue disminuyendo el espesor de la capa. Durante los días de secado se realizaron hasta 4 remociones para homogenizar la pérdida de humedad de las almendras. En aproximadamente 6 días la humedad se redujo al 7%. Las almendras se colocaron en sacos de tela suave para su almacenamiento en un lugar conveniente, hasta el momento de realizar la prueba de corte y preparación del licor de cacao para la evaluación sensorial.

f. Preparación de licor de cacao

Se pesaron 200 g de cacao de cada muestra que luego fueron tostadas en una estufa con circulación de aire forzado, calibrada para homogenizar la temperatura en su interior. La combinación de temperatura y tiempo de tostado se decidió en función de pruebas previas para explorar la mejor combinación.

Después del tostado se procedió a separar la testa del cotiledón. Los cotiledones se trituraron antes de separar la cascarilla en un descascarillador. Los cotiledones

tritutados sin cascarilla se colocaron en un molino tipo mortero durante 60 minutos para una pasta semilíquida conocida como licor de cacao. La pasta se colocó en moldes que se identificaron debidamente con el código de cada muestra.

Antes de la degustación las muestras se prepararon a una temperatura de 45 °C. Cada catador tomó una pequeña cantidad en el extremo de una paletita y la colocó uniformemente sobre su lengua. Mantuvo la muestra de licor en la boca por 15 a 20 segundos. Las cuantificaciones de los distintos sabores que percibía las anotaba en un formato diseñado para el efecto.

Las degustaciones se realizaron en forma individual y antes de continuar con la siguiente muestra, los catadores esperaban uno a dos minutos para desvanecer los sabores permanentes de la muestra anterior. Para ayudarse consumían galletas y tomaban agua. Se realizaron dos sesiones de degustación por día. En cada sesión se degustaba un máximo de 5 muestras de cacao.

IV. RESULTADOS

A. Resumen de descriptores estadísticos

En el cuadro 3 se obtuvieron descriptores estadísticos de las variables peso fresco (PF), mazorcas sanas (MS), mazorcas enfermas (ME), porcentaje de mazorcas enfermas (%ME) y escoba de bruja (EB), sobre la base de 352 observaciones en igual número de árboles repartidos en 73 genotipos. Las variables número de semillas por mazorca (Nsem), índice de semilla (IS), índice de mazorca (IM) y porcentaje de cascarilla o testa (% Testa), se obtuvieron de 32 genotipos con producción suficiente para hacer estas determinaciones.

Por la gran magnitud de la desviación típica el mayor coeficiente de variación igual a 143,7%, corresponde al PF. La característica con el menor coeficiente de variación fue IM con 24.2 %. Los coeficientes de variación para MS, ME y EB, también fueron superiores a 100. Mientras que el coeficiente de variación del %ME es intermedio, aquellos del IS e IM se encuentran alrededor de 24. La amplia variación observada para las variables señaladas, representa oportunidades para seleccionar genotipos superiores.

Para % ME, Nsem, IS e IM, los índices de curtosis son negativos indicando que hay pocas observaciones concentradas cerca de la media. En este caso la apariencia de la curva normal de probabilidades muestra un pico escasamente prominente, con tendencia al aplanamiento.

Los valores para el error típico de la muestra son coherentes con la magnitud de aquellos de la desviación típica para cualquier variable. Según los coeficientes de asimetría para PF, MS, ME y EB, la curva de distribución de probabilidades está sesgada hacia la izquierda, es decir que hay muchas observaciones de baja magnitud ubicadas hacia ese lado. Para %ME y Nsem los índices de asimetría son más bien negativos, señalando que la curva de distribución de probabilidades para dichas variables se encuentran más bien sesgadas hacia la derecha, con muchos valores de gran magnitud concentrados sobre ese lado de la curva.

CUADRO 3. Resultados de estadística descriptiva para variables asociadas al rendimiento y sanidad en la matriz de los genotipos bajo estudio.

ESTADISTICOS	PF	MS	ME	%ME	EB	Nsem	IS	IM	% TESTA
NUMERO DE OBSERBACIONES	352	352	352	352	352	32	32	32	32
MINIMO	0	0	0	0	0	24,5	0,6	12,7	12,2
MAXIMO	12200,0	120	130	100	90	47	2	37	24,2
AMPLITUD	12200,0	120	130	100	90	22,8	1,3	24,6	12,1
MEDIANA	550,0	5	11	66,7	6	37	1	25	14,6
MEDIA	1044,9	10,1	15,2	60,8	11,0	36	1	26	15,5
VARIANZA (n)	2247427,0	205,2	244,4	926,6	215,9	46,6	0,1	37,7	9,0
DESVIACION TIPICA (n)	1499,1	14,3	15,6	30,4	14,7	6,8	0,3	6,1	3,0
COEFICIENTE DE VARIACION	143,7	141,5	103,0	50,1	134,2	19,2	24,9	24,2	19,6
CURTOSIS DE FISHER	13,2	12,6	11,2	-0,7	8,5	-1,2	-0,1	-0,6	2,0
ERROR TIPICO	80,02	0,76	0,83	1,62	0,78	1,23	0,05	1,10	0,54
COEFICIENTE DE ASIMETRIA	3,10	2,96	2,57	-0,53	2,74	-0,14	0,07	0,18	1,47

PF: Peso Fresco **MS:** Mazorcas Sanas **ME:** Mazorcas Enfermas **%ME:** Porcentaje de Mazorcas Enfermas **EB:** Escoba de Bruja **Nsem:** Numero de Semillas **IS:** Índice de Semilla **IM:** Índice de Mazorca **% TESTA:** Porcentaje de Testa.

B. Análisis correlación

La matriz de valores de coeficientes de correlación se muestra en el Cuadro 4. Los valores en “negritas” son los coeficientes estadísticamente significativos (P=0.95).

Como era de esperarse el PF presenta un robusto coeficiente de correlación con MS. La correlación directa entre MS y ME señala que ambos cambian en una misma dirección. La correlación entre MS y %ME, nos indica que ambos cambian en sentido contrario. Por otro lado, los coeficientes de correlación aunque positivo y significativo para IS vs. ME y negativo para IS vs. %ME, no parecen tener relación o significado a la luz de algún hecho conocido en otros trabajos. La correlación negativa entre el IS y Nsem, por el contrario, encierra un claro significado.

CUADRO 4. Matriz de correlación entre variables productivas, sanitarias de 73 genotipos de cacao de la colección chalmers, iniap, E. E. T. Pichilingue.

VARIABLES	PF	MS	ME	%ME	EB	Nsem	IS	IM	% TESTA
PF	1								
MS	0,98	1							
ME	0,43	0,44	1						
%ME	-0,43	-0,43	0,2	1					
EB	-0,12	-0,13	-0,08	0,09	1				
Nsem	0,25	0,25	0,23	-0,23	-0,23	1			
IS	-0,13	-0,23	-0,35	0,34	0,16	-0,56	1		
IM	-0,12	-0,04	0,03	-0,03	0,13	-0,31	-0,32	1	
% TESTA	-0,07	-0,04	-0,14	-0,19	0,11	0,03	-0,34	0,4	1

C. Variables Sanitarias y Productivas

En el Cuadro 5 se muestran los resultados obtenidos para cada genotipo en relación con las variables utilizadas en su evaluación. El rango de PF se extiende desde 0 hasta 12 200 g. El genotipo G-70 supera con el 67% al G-26 que ocupa el segundo lugar en PF. Este último a su vez supera con el 78% al G-21 que ocupa la tercera ubicación en PF. Mientras el PF del G-21 es superior con el 14% a G-5 que ocupa la cuarta posición. Cabe recalcar que los cuatro genotipos señalados

están representados por un solo árbol en la Colección Chalmers. En adelante, las diferencias de rendimiento entre genotipos son más pequeñas y se producen gradualmente. El genotipo G-70 multiplicó por 150 el PF de G-70 con 80 g. Más allá hubo cuatro genotipos sin producción.

En cuanto a la variable MS el genotipo G-70 tiene 114% más que el G-26, y éste el 33% más que el G-21. Mientras tanto el G 27 presenta 55% menos de mazorcas que el G-21. Los cambios son pequeños y más graduales de aquí en adelante. El patrón de comportamiento de PF y MS se altera al considerar las otras variables. En líneas generales se observa que los genotipos más rendidores no tienen necesariamente los valores más bajos en cuanto tiene que ver con ME y %ME. El genotipo G-76 se encuentra entre los genotipos con bajos valores de ME y %ME aunque ocupa la ubicación 11 con 1962.5 g de PF.

El número de escobas de bruja por genotipo presenta alta variación, destacándose los genotipos G-39 y G-68 por la ausencia de escobas de bruja. En el G-21, uno de los clones más rendidores, se contabilizó apenas una escoba de bruja. Mientras tanto el G-26 con la segunda ubicación en PF presenta un valor medio para este índice sanitario.

El Nsem también se presenta como una característica de amplia variación. El rango se movió desde 32 hasta 48 semillas por mazorca. En el G-70, el clon más rendidor, se contabilizó un promedio de 37 almendras por mazorca. La variabilidad del IS también es amplia. El genotipo G-21 a pesar de ocupar la tercera ubicación en el rendimiento de PF, tiene un IS igual a 0.99 alejado del estándar comercial preferido para este índice, arriba de 1. Por otro lado, el genotipo G-5 destaca por su elevado índice de semilla y bajo número de almendras por mazorca. El IM es bastan variable y llega hasta un valor de 36 en un par de genotipos con niveles insignificantes de PF.

Finalmente, el intervalo en que se mueve el % TESTA va desde 12.15 a 24.21. El genotipo G-70 combina valores bajos o moderados para todas las variables, entre ellos un %TESTA igual a 12.55, uno de los más bajos. El G-26 presenta un porcentaje algo más alto (13.21) que el primero. El estándar para esta característica se encuentra alrededor de 12.

CUADRO 5. Variables productivas y sanitarias de 73 genotipos de cacao en la colección Chalmers.

Ranking	GENOTIPO	Número de Plantas	PF	MS	ME	%ME	EB	Nsem	IS	IM	% TESTA
1	G-70	1	12200,0	120	36	23	3	37	1,24	23	12,55
2	G-26	1	7300,0	56	24	30	12	44	1,21	21	13,21
3	G-21	1	4080,0	42	27	39	1	40	0,99	25	16,65
4	G-5	1	3575,0	27	14	34	14	32	1,51	20	13,17
5	G-35	5	3211,0	22	53	68	9	42	1,35	22	17,30
6	G-18	6	2615,8	24	35	61	8	47	1,04	21	13,65
7	G-78	17	2496,7	21	12	33	10	41	1,23	21	13,38
8	G-63	9	2473,9	30	17	38	11	39	0,89	32	15,81
9	G-76	10	2439,4	24	18	44	12	44	1,00	32	23,68
10	G-67	2	2407,5	35	30	55	3	39	0,66	32	18,27
11	G-46	2	1962,5	12	6	17	5	37	-	-	-
12	G-2	1	1950,0	21	14	40	35	-	-	-	-
13	G-52	2	1862,5	22	45	69	11	32	1,11	36	12,95
14	G-27	3	1850,0	16	37	66	9	47	1,17	13	12,15
15	G-57	3	1541,7	12	5	40	3	29	1,34	27	16,97
16	G-69	9	1443,3	16	19	62	3	45	0,83	37	21,26
17	G-24	2	1420,0	15	46	76	2	-	-	-	-
18	G-43	5	1331,6	15	29	60	12	41	0,63	27	16,94
19	G-17	8	1320,6	15	13	53	12	42	1,02	26	13,66
20	G-16	1	1305,0	22	6	21	7	41	-	-	-
21	G-22	2	1200,0	10	31	73	6	35	-	-	-
22	G-19	12	1195,0	9	15	63	3	45	1,03	18	12,95
23	G-39	1	1180,0	9	20	69	0	27	-	-	-
24	G-42	5	1056,0	13	18	51	17	36	0,75	25	24,21
25	G-66	1	1050,0	9	4	31	2	39	1,08	24	15,71
26	G-73	7	945,0	10	7	66	16	25	1,51	28	16,00
27	G-48	1	925,0	8	2	20	7	30	-	-	-
28	G-74	1	920,0	6	18	75	8	32	-	-	-
29	G-51	7	845,7	8	12	60	19	33	-	-	-
30	G-12	46	827,9	9	15	64	8	36	-	-	-
31	G-31	1	825,0	9	25	74	2	46	-	-	-
32	G-45	1	825,0	5	3	38	15	31	-	-	-
33	G-29	3	800,0	4	19	75	8	32	-	-	-
34	G-32	13	778,9	5	12	69	21	25	1,56	36	13,81
35	G-41	14	761,4	9	16	64	4	29	1,29	28	13,14
36	G-11	6	695,8	9	15	60	1	-	-	-	-
37	G-7	4	687,5	6	15	69	2	-	-	-	-

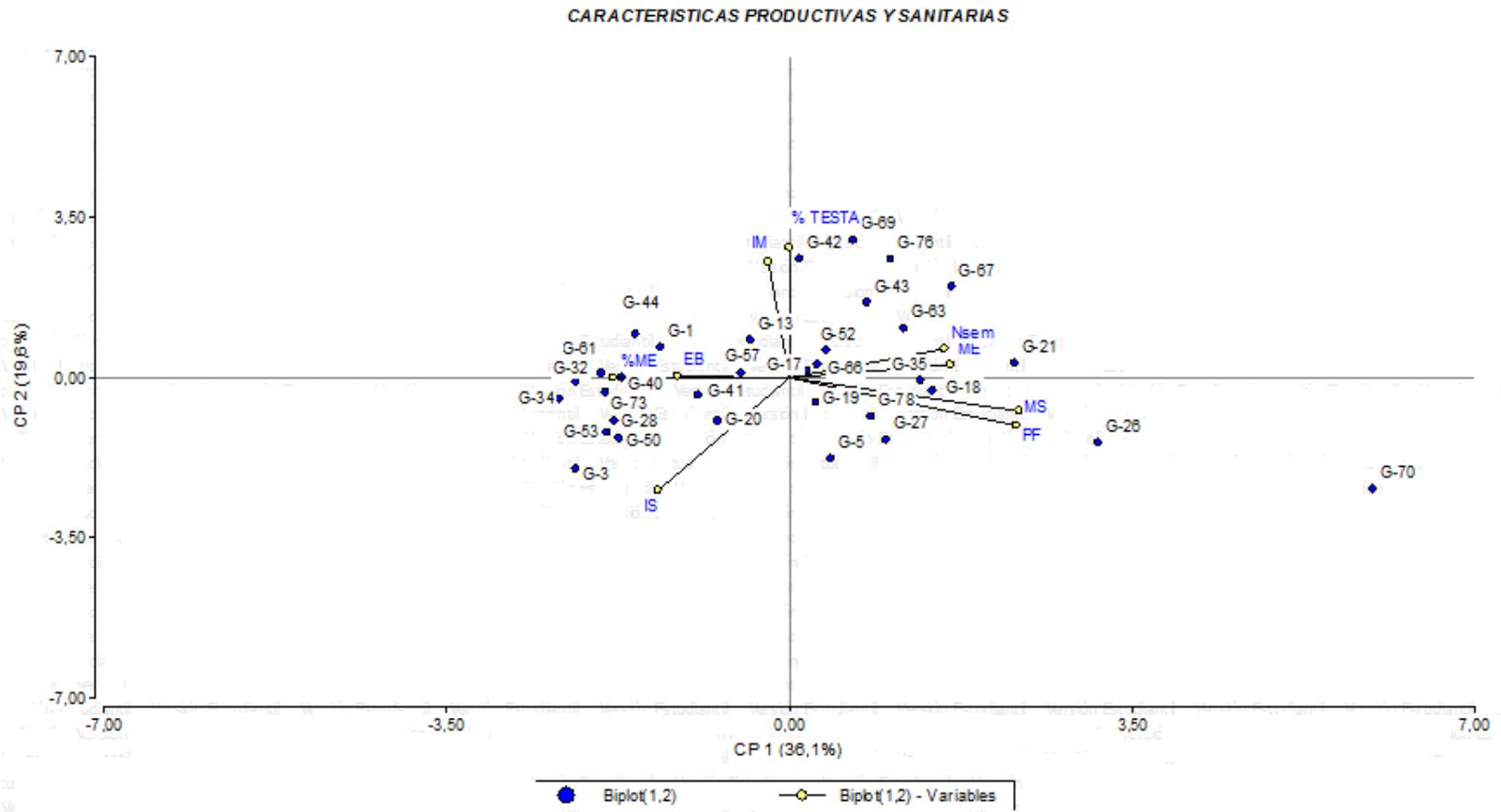
38	G-71	1	675,0	6	5	46	1	55	-	-	-
39	G-1	9	654,4	6	12	68	6	33	1,5	32	18,05
40	G-20	8	646,9	7	16	68	1	32	1,2	19	12,93
41	G-3	6	609,2	4	7	59	21	29	1,93	19	14,25
42	G-13	7	606,4	9	10	52	25	40	0,79	30	12,99
43	G-15	1	560,0	7	4	36	8	48	-	-	-
44	G-6	11	540,0	4	13	77	4	35	-	-	-
45	G-40	6	528,3	5	7	69	6	27	1,43	25	17,66
46	G-68	1	525,0	4	36	90	0	-	-	-	-
47	G-61	7	490,0	5	9	63	46	35	1,22	25	15,39
48	G-62	2	450,0	4	6	60	46	36	-	-	-
49	G-28	7	420,0	4	14	84	11	32	1,47	23	13,39
50	G-44	8	416,3	6	22	67	18	25	1,28	36	16,18
51	G-34	7	402,1	4	8	66	34	27	1,42	27	14,23
52	G-14	1	350,0	3	8	73	33	-	-	-	-
53	G-65	1	300,0	4	12	75	7	-	-	-	-
54	G-50	5	284,0	2	6	75	9	36	1,62	17	14,95
55	G-4	1	250,0	2	3	60	14	35	-	-	-
56	G-54	1	250,0	2	8	80	8	-	-	-	-
57	G-60	1	250,0	3	29	91	53	34	-	-	-
58	G-37	8	216,3	2	31	75	15	30	-	-	21,17
59	G-10	2	200,0	2	1	13	6	-	-	-	-
60	G-23	2	200,0	6	6	50	7	-	-	-	-
61	G-49	1	200,0	2	18	90	12	-	-	-	-
62	G-58	2	187,5	3	2	42	2	33	-	-	-
63	G-77	2	162,5	2	8	44	2	31	-	-	-
64	G-47	3	153,3	1	6	85	15	-	-	-	-
65	G-38	1	150,0	2	22	92	20	-	-	-	-
66	G-55	7	135,7	1	4	56	3	-	-	-	-
67	G-8	6	95,8	1	5	16	9	-	-	-	-
68	G-53	5	85,0	1	10	97	6	41	1,61	17	14,95
69	G-30	4	80,0	1	6	72	15	26	-	-	-
70	G-25	1	0,0	0	3	100	4	-	-	-	-
71	G-56	1	0,0	0	20	100	3	-	-	-	-
72	G-59	1	0,0	0	3	100	14	-	-	-	-
73	G-75	1	0,0	0	3	100	0	-	-	-	-

PF	Peso Fresco	% ME	Porcentaje de Mazorcas Enfermas	IS	Indices de Semilla
MS	Mazorcas Sanas	EB	Escoba Bruja	IM	Indices de Mazorca
ME	Mazorcas Enfermas	Nsem	Numero de semillas	% TESTA	Porcentaje de Testa

D. Análisis de Componente Principales

En la Figura 2, se presenta el plano definido por los dos componentes principales resultantes del ACP. Ambos explican el 55% de la varianza total presente en la matriz de datos. Los genotipos más rendidores G-70 y G-26 se apartan claramente del resto a la derecha del eje correspondiente al primer componente principal. Los factores con mayor influencia en este resultado son el PF y MS. El siguiente genotipo más rendidor también se ubica en el mismo lado aunque mucho más cerca del mismo eje condicionado por los factores Nsem y ME. El factor IS tiene más influencia sobre la ubicación del G-5 que sus valores de PF y MS. En general, todos los genotipos ubicados a la izquierda del eje del primer componente principal están influenciados por altos valores de %EB, en contraposición con altos IS. A pesar del magníficos IS ninguno se encuentra al menos entre los genotipos más rendidores de PF. La capacidad discriminante del eje del segundo componente principal es nula pues no se percibe ningún patrón de separación.

FIGURA 1. Posición de las variables con respecto a los componentes principales para las variables productivas y sanitarias de los distintos genotipos estudiados.



E. Variables Sensoriales

El cuadro 6, muestra los resultados sensoriales para los genotipos que tuvieron suficiente cosecha para fermentar y secar. Entre los cuatro genotipos más rendidores el G-21 presenta el mayor nivel de sabor a cacao (4.0) seguido por el G-70 (3.25) y el G-26 (2.75). Con un nivel de 3 el G-5 compite con los anteriores para el sabor a cacao, aunque como sabemos se encuentra en la cuarta ubicación respecto al PF.

En cuanto a la nota de sabor floral los genotipos G-70 y G-21 destacan por el mayor nivel para esta característica entre los cuatro mejor ubicados por su PF. Mientras tanto genotipos como G-57 y G-67 muestran máximos niveles para este atributo sensorial aunque solo ocupan la quinta y décima ubicación en PF, en el mismo orden.

Con relación al sabor frutal el genotipo G-21 muestra el valor más alto seguido en este caso por el G-70. Con un nivel de 3 tenemos que G-17 alcanza el mayor valor para esta característica aunque se encuentra lejos (ubicación 19) de los genotipos con mayor PF. El genotipo G-21 también se destaca por el valor más alto del sabor a nuez. También se encuentra entre aquellos con menores valores de amargor, acidez y astringencia.

Los altos niveles de amargor y astringencia encontrados para los genotipos G-26 y G-5 alteran en forma importante su balance sensorial global. De hecho G-5 es excesivamente ácido. El balance para G-70 y G-21 parece ser más moderado. Definitivamente, G-21 está dotado de un balance sensorial integral más alineado con los requerimientos de la industria. Individualmente, el nivel de G-21 para

cualquier característica sensorial, está en mejor posicionado que los valores mostrados por los controles EET 103, CCN 51, IMC 67 e ICS 95. Los gráficos de la Figura 2, permiten comparar y apreciar mejor las diferencias sensoriales encontradas entre los genotipos con más PF y los controles. Llama la atención el nivel alto de astringencia para G-5.

CUADRO 6. Promedios de análisis sensorial de 26 genotipos de cacao con producción seleccionados en la colección Chalmers y 4 testigos comerciales.

N°	Genotipos	Cacao	Floral	Frutal	Nuez	Dulce	Amargor	Acidez	Astringencia
1	G-78	2,75	0,50	0,75	1,75	0,25	3,50	2,25	3,25
2	G-35	1,75	1,25	0,50	1,25	0,00	3,75	2,50	4,50
3	G-27	2,50	0,75	1,50	1,25	0,50	3,50	1,75	3,75
4	G-69	3,00	3,75	2,00	0,75	0,25	2,75	2,25	3,25
5	G-73	3,25	1,75	2,00	1,50	1,00	2,25	2,75	2,25
6	G-76	3,25	1,25	1,75	2,00	0,75	2,25	2,75	2,25
7	G- 19	3,25	0,50	1,00	1,75	0,00	3,25	2,75	3,50
8	G- 21	4,00	2,25	2,75	3,00	1,00	1,75	1,50	1,25
9	G- 26	2,75	0,50	1,50	1,75	0,25	3,25	2,75	3,00
10	G- 52	2,00	0,25	1,00	0,00	0,00	2,75	2,75	2,75
11	G- 17	3,75	1,75	3,00	2,25	1,00	2,00	1,50	2,25
12	G- 22	3,25	0,00	2,25	2,50	0,75	2,50	1,50	2,75
13	G- 18	2,25	0,25	2,25	1,00	0,50	1,00	4,00	2,00
14	G- 70	3,25	2,50	1,75	1,75	1,50	2,25	2,25	1,50
15	G- 63	3,25	2,00	1,80	2,25	0,75	1,75	1,50	1,75
16	G- 24	3,00	2,75	2,25	1,00	0,75	1,75	2,00	2,25
17	G- 42	2,75	3,50	1,50	0,00	1,00	3,50	2,75	3,00
18	G- 57	3,25	4,75	2,50	1,25	1,00	1,50	2,50	1,75
19	G- 67	2,75	4,75	1,50	2,50	1,00	1,75	1,50	2,50
20	G-66	3,25	0,75	2,5	0,75	0,5	3,00	2,25	2,75
21	G-16	3,50	0,75	0,5	1,00	0,00	4,00	1,00	3,50
22	G-2	3,50	1,75	1,5	0,00	1,25	4,00	1,25	2,50
23	G-5	3,00	1,25	0,50	0,50	0,00	4,50	2,00	4,75
24	G-43	2,25	2,75	1,50	0,00	0,00	2,25	1,75	3,75
25	G-12	2,75	3,25	1,75	1,00	0,75	3,00	2,25	2,25
26	G-46	2,00	1,25	0,50	0,75	0,00	3,50	1,25	3,25
27	EET-103	3,75	1,50	2,25	1,50	1,00	2,25	1,75	2,75
28	CCN-51	2,75	0,50	2,00	2,00	0,75	2,5	2,75	3,00
29	IMC - 67	2,75	0,50	1,88	1,25	0,25	3,75	3,50	3,25
30	ICS - 95	3,00	1,00	1,75	0,75	0,88	3,50	3,75	3,00

a. Análisis de componentes principales

El plano definido por los dos primeros componentes principales del ACP muestra la distribución de los genotipos en dos dimensiones y permite explorar posibles patrones de agrupamiento en función de las características sensoriales (Figura 2). Ambos componentes explican el 63.4% de la varianza total presente en la matriz de datos de las variables involucradas.

El primer componente principal que explica el 47.2% de dicha varianza agrupa a su izquierda los genotipos con mayores niveles de astringencia y amargor que si alcanzan la intensidad excesiva transformada en defectos. A la derecha se congregan aquellos con distintos niveles de notas frutales, dulces, floral, nuez y cacao, evidentemente acompañados de bajos valores para el amargor y la astringencia.

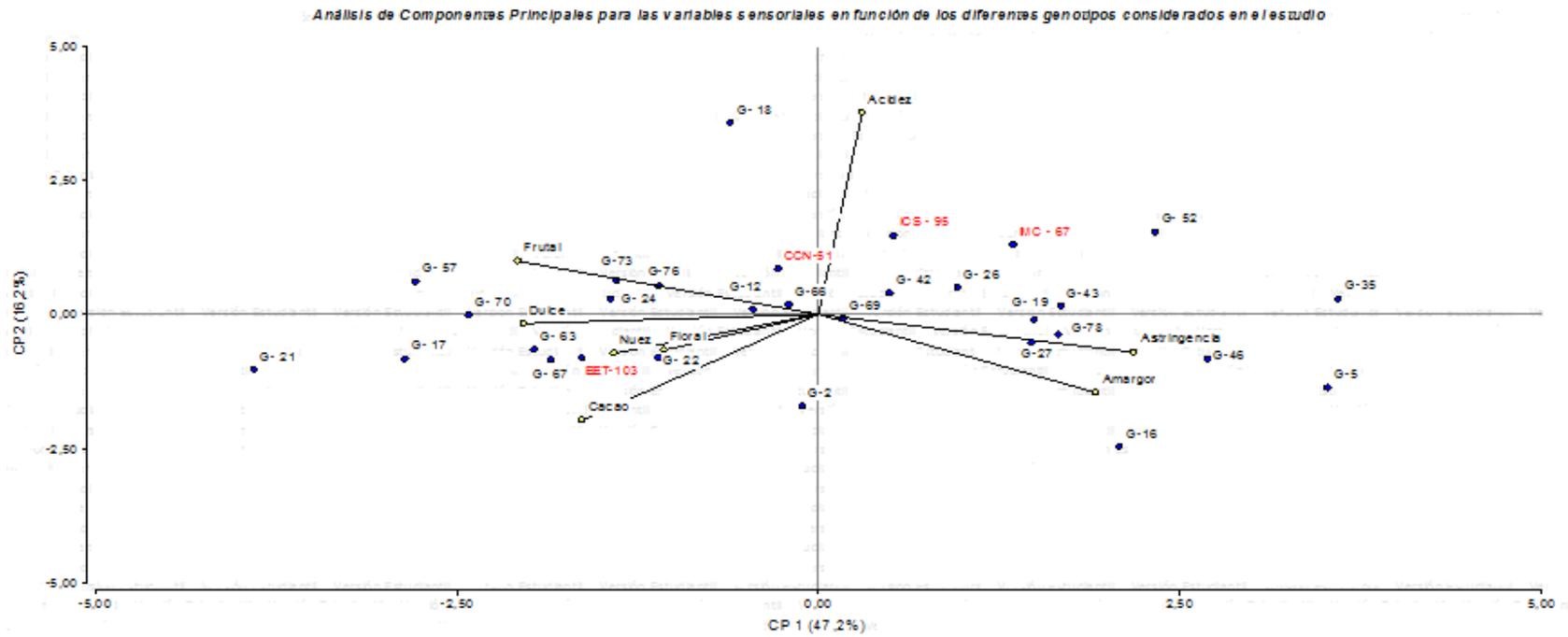
El nivel de acidez es el factor discriminante que en alguna medida estructura los genotipos en la parte superior e inferior del segundo componente principal, aunque fuertemente controlados por las notas frutales y el sabor astringente. Los genotipos G-18 y G-26 ilustran esta afirmación. Sin embargo, la separación de ambos grupos con las características nombradas es menos conspicua que en el caso del primer componente principal.

Ciertamente los genotipos G-70 y G-21, se ubican a la izquierda del eje que corresponde al primer componente principal, bastante alejados, mucho más el G21 de un grupo de aproximadamente 14 genotipos que lo conforman. En esta parte es conveniente recordar que el G-21 es el genotipo dotado de mayor

equilibrio sensorial aspecto al que ya nos referimos en algún párrafo anterior. La ubicación del G-70 en este grupo está controlada por los valores moderados de amargor, acidez y astringencia.

A pesar de contar con el segundo nivel más alto de PF y valores moderados de IM e IS, el genotipo G-26 está marcado desfavorablemente por el amargor, astringencia y en menor grado por la acidez. La calidad sensorial del G-5 también está disminuida por la intensidad de su amargor, astringencia. El genotipo G-57 con el más alto nivel de la nota floral está también acompañado de un perfil sensorial moderadamente balanceado que podría ser atractivo para la industria. Sin embargo, su rendimiento de PF es apenas la octava parte del G-70 que es el genotipo con mayor PF, condición que le resta valor comercial. Podría convertirse en parental para el mejoramiento genético de esta característica en clones comerciales y productivos de interés.

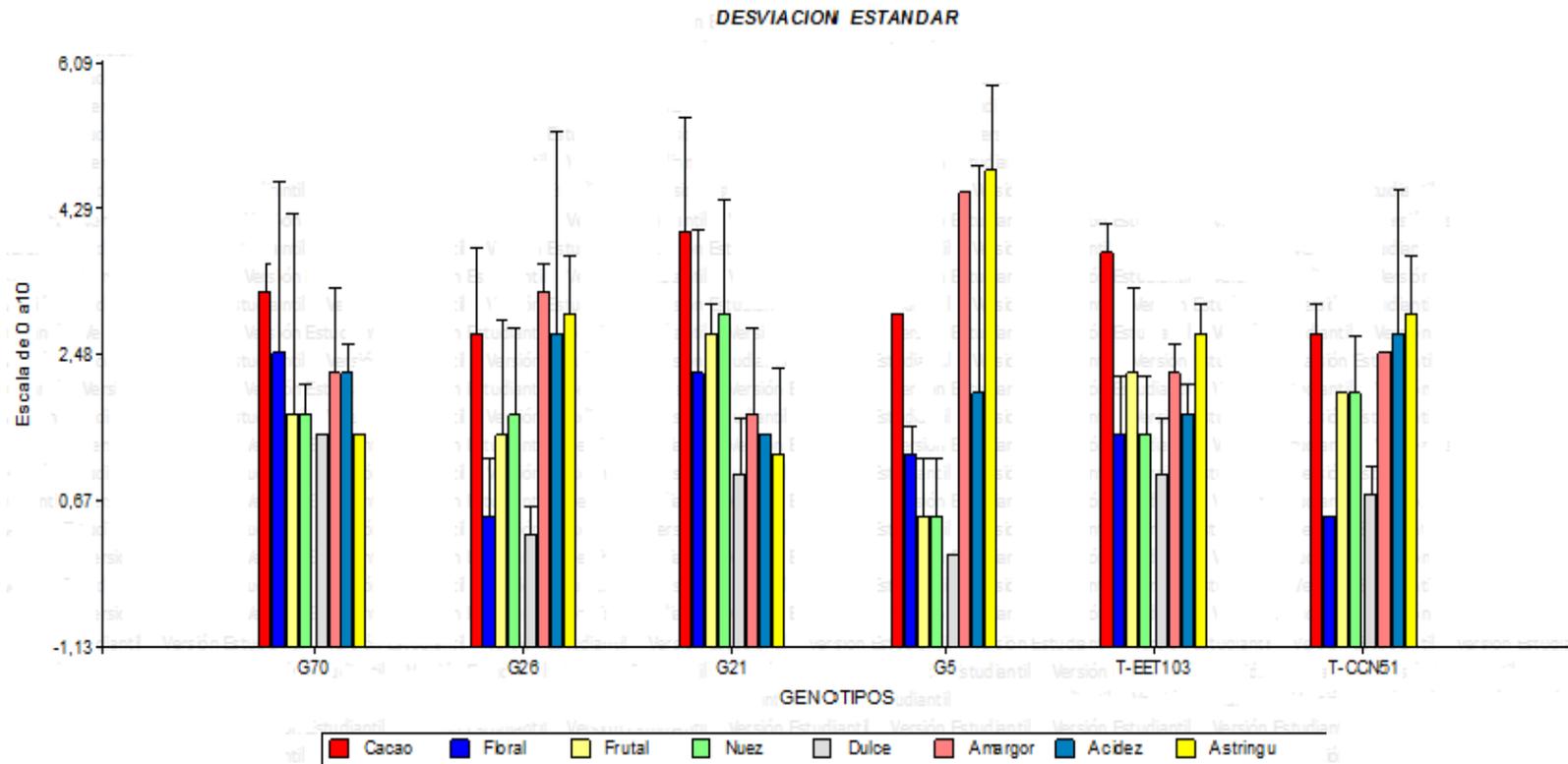
Figura 2. Posición de las variables con respecto a los componentes principales para las variables sensoriales en función de los diferentes genotipos considerados en el estudio.



b. Desviación Estándar

La Figura 3, indica la combinación de sabores cacao, floral, frutal y nuez presentes en los 4 genotipos más dos testigos; donde la mayor intensidad de estos perfiles se encontró en el genotipo G-21; también se encontró intensidades moderadas de amargor, acidez y astringencia, lo que permitió mejor facilidad para la identificación de los perfiles deseados. Mientras que los otros genotipos las características menos deseadas fueron las más pronunciadas como se observaron en los genotipos G-5 y G-35 con mayor astringencia y amargor; en los testigos se encontró niveles similares entre los genotipos evaluados.

FIGURA 3. Perfiles sensoriales de los genotipos más productivos comparados con los controles EET-103 y CCN-51.



V. DISCUSIÓN

La amplia variabilidad observada para las características vinculadas al rendimiento y sanidad sugiere oportunidades interesantes para seleccionar genotipos que combinen atributos de interés y minimicen los rasgos que los desfavorecen.

El comportamiento productivo de los genotipos con mayor rendimiento de PF (G-70, G-26, G-21 y G-5) en el mismo orden, depende estrechamente del número de mazorcas sanas cosechadas mediatizado por el %ME. Los coeficientes de correlación estadísticamente significativos para ambas asociaciones, respaldan esta afirmación. En otras palabras, la influencia del %ME recorta los valores tanto a PF como a MS.

Más allá de los cuatro genotipos más rendidores, el decrecimiento es gradual, con cambios pequeños entre ellos a medida que el PF disminuye. Este resultado podría estar señalando que los grandes saltos de rendimiento de PF al inicio de la lista tienen un fuerte componente genético. Después de todo, el rendimiento es una característica multigénica dependiente de alelos que pueden presentar abundancia en estados de recombinación (Daymond y Hadley, 2002)

A primera vista, el número de ME y %ME son características cuya variación se desvincula de los cambios en el rendimiento de PF. Igual cosa se podría decir de los cambios observados en EB y Nsem. Esta ausencia de patrones asociativos con el rendimiento parece ser resultado de los controles genéticos en alguna medida independientes y originados en distintas partes del cromosoma (Madison y Mogrovejo, 1987). La selección de genotipos con niveles favorables de sanidad, aunque su rendimiento de PF sea bajo permitiría contar con parentales para

planes de mejoramiento genético destinados a reducir las pérdidas de cosecha por las enfermedades (Enríquez, 1984).

La correlación significativa y negativa entre el IS y Nsem revela un hecho novedoso. Significa que mientras más semillas hay en una mazorca el IS es menor. Sería contraproducente entonces seleccionar por el número de almendras en la mazorca. Es mejor concentrarse en monitorear el IS con fines de selección. Si bien el número de semillas por mazorca es considerado un componente del rendimiento, su influencia parece ser mucho menor al compararse con aquella del peso promedio de la almendra (IS).

De acuerdo a la manera como están distribuidos en el plano definido por el primero y segundo componente principal derivados de ACP, los factores PF y MS ejercen la mayor influencia en la ubicación de G-70, G-26 y G-21 como genotipos más productivos. En cambio, la ubicación de G-5, el cuarto genotipo más productivo, está determinada principalmente por el IS, confirmando lo mencionado en el párrafo anterior, acerca de la fuerza que ejerce este índice como componente del rendimiento.

Aunque el genotipo G-21 es dueño de un buen nivel de rendimiento de PF e interesante equilibrio sensorial, sin que dominen notas de sabor que por su intensidad pueden afectar su calidad (amargor, astringencia, acidez), tiene como contra balance su bajo IS. De esta contraposición se puede deducir que hay distintos controles genéticos regulando la expresión de las características de rendimiento y calidad sensorial. La variabilidad de la expresión sensorial sugiere que ésta característica tiene una base genética compleja como lo han revelado varios estudios (Cros, 2004; Braudeau 1970).

El perfil del G-70 se beneficia de un moderado equilibrio sensorial al compararse con el G-21. De acuerdo a su ubicación en el plano definido por los dos primeros componentes principales del ACP, ambos están fuertemente influenciados por notas (cacao, floral, frutal, dulce) que enriquecen la expresión sensorial del cacao como materia prima del chocolate. La magnitud de los vectores de estas notas sensoriales favorables, subraya la fuerza de su influencia segregando los genotipos G-70 y G-21 hacia la derecha del eje que corresponde al primer componente principal, así como también a otro grupo de genotipos (alrededor de 12) con perfiles sensoriales más favorecidos por el sabor a cacao y otras notas aromáticas. En este caso, su afectación por el amargor, astringencia y acidez es menor, debido a los bajos valores de estos marcadores sensoriales con referencia a tales genotipos.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

a. Conclusiones

1. Como resultado de la comparación se seleccionaron genotipos dotados de alta productividad, particularmente aquellos codificados como G-70, G-26, G-21 y G-5, en el mismo orden, aunque las distancias entre ellos son muy amplias. Dichas selecciones se encuentran afectadas por una incidencia moderada de enfermedades y el G-21 además por un bajo índice de semilla que le resta valor.
2. El genotipo G-21, aunque afectado por un bajo IS, es favorecido por un balance sensorial más equilibrado, mientras que el G-70 se beneficia de un equilibrio moderado. Por el contrario G-26 y G-5, aunque productivos, tiene una calidad sensorial afectada en buena medida por el amargor, acidez y astringencia. Los genotipos G-67 y G-57 poseen un sabor floral muy alto a diferencia de los otros genotipos con valor bajos.
3. Aunque con bajo rendimiento de PF, unos cuantos genotipos se benefician de una baja incidencia de enfermedades, buenos valores de IS y perfiles sensoriales moderadamente equilibrados, difícilmente integrados en un solo genotipo.

b. Recomendaciones

1. Siguiendo este esfuerzo para desarrollar las accesiones de la Colección Chalmers con fines de mejoramiento genético y selección, es necesario estudiar el nivel de compatibilidad del genotipo G-70 para determinar si se justifica continuar con su validación en parcelas grandes de al menos 100 plantas. Después de todo, no hay que olvidar que hay un solo árbol disponible para este clon. Igual camino hay que seguir para G-26, teniendo en la mira su posible integración en planes futuros de mejoramiento genético, para aumentar la calidad sensorial de las actuales variedades comerciales y otras nuevas.
2. Es necesario ampliar el número de plantas de aquellos genotipos con poca productividad pero con ventajas en cuanto a la resistencia a enfermedades y equilibrio sensorial. En el futuro pueden convertirse en parentales de interés para nuevos esfuerzos de mejoramiento genético que busquen incrementar la frecuencia alélica, de aquellos genes que controlan la expresión de ambas características.

VII. RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP, ubicada en el Km. 5 ½ de la vía Quevedo –El Empalme, Provincia de los Ríos. El estudio tuvo como objetivo general, determinar si entre las accesiones de cacao silvestre Alto Amazónico presentes en la colección Chalmers hay genotipos que se destacan del resto por su mejor desempeño en los ámbitos productivo, sanitario y sensorial. Los objetivos específicos fueron: 1). Comparar el comportamiento productivo y sanitario de los genotipos bajo estudio incluyendo sus respectivos índices de mazorca y semilla. 2). Determinar los perfiles sensoriales de aquellos genotipos con suficiente producción que permitan el estudio de las diferencias entre perfiles de sabor y ocurrencia de alguna nota o perfil sensorial específico.

Se evaluaron las características productivas, sanitarias y sensoriales de 73 genotipos de cacao Alto Amazónico, utilizando los controles comerciales EET-103, CCN-51, IMC-67 e ICS- 95 como referencia al interpretar las variables sensoriales. Los datos se tomaron durante el periodo Diciembre 2011- Diciembre 2012. Las variables utilizadas en la caracterización y evaluación fueron: peso fresco (PF), número de mazorcas sanas (MS), número de mazorcas enfermas (ME), porcentaje de mazorcas enfermas (%ME), número de escobas bruja (EB), número de semillas por mazorca (Nsem), porcentaje de cascarilla o testa (%testa), índice de mazorca (IM) e índice de semillas (IS). Los análisis estadísticos se basaron en: Estadística Descriptiva, Análisis de Correlación y Análisis de Componentes principales.

La correlación más alta observada se presentó entre mazorcas sanas (MS) y peso fresco (PF) con el 0,98 de significancia, las demás presentaron una correlación

negativa. En el análisis de componentes principales se pudo notar una variabilidad de genotipos asociadas por su similitud en cada una de las variables.

La comparación de genotipos, permitió la selección de genotipos dotados de alta productividad, los cuales se codifican como G-70, G-26, G-21 y G-5, en el mismo orden, aunque las distancias entre ellos son muy amplias. Estas selecciones se encuentran afectadas por una incidencia moderada de enfermedades y el G-21 por tener un bajo IS. Aunque existieron genotipos con bajo rendimiento, poca incidencia de enfermedades, buenos índices de semilla y perfiles de sabor moderados, es difícil encontrar un genotipo que reúna todas esas cualidades.

La base de datos de los estudios para las variables sensoriales, permitió la selección de cuatro genotipos dotados de perfiles sensoriales adecuados. El G- 2 afectado por tener un índice de semilla bajo, presentó una combinación de los sabores cacao, floral, frutal y nuez; mientras que el G- 70 se benefició de un equilibrio moderado para aquellos sabores. Los genotipos G-26 y G-5 con buena productividad, tiene sus perfiles sensoriales afectados por poseer elevados sabores básicos.

SUMMARY

The present study took place at the Pichilingue Tropical Experiment Station of INIAP, located at Kilometer 5.5 on the Quevedo–El Empalme highway in the province of Los Ríos, Ecuador. The study had as its overall objective the determination if in the High Amazon wild cacao accessions in the Chalmers collection there are outstanding genotypes in the areas of productivity, health, and flavor. Specific objectives were: 1). Understand and compare the productive and sanitary behavior of the genotypes, including the respective indices for pods and seeds. 2). Determine sensory profiles of sufficiently productive genotypes which allow the study of differences between profiles and taste note occurrence of any specific.

Characteristics of productivity, health and sensory aspects of 73 genotypes of High Amazon cacao were evaluated using as commercial controls EET-103, IMC-67, and ICS-95 as reference for interpreting sensory variables. Measurements were taken between Dec. 2011–Dec. 2012. Variables used in the characterization and evaluation were: fresh weight (PF), number of healthy pods (MS), number of diseased pods (ME), percentage of diseased pods (%ME), number of witchesbroom (EB), number of seeds per pod (Nsem), percent cascarilla or testa (%testa), pod index (IM), and seed index (IS). Statistical analysis was based on descriptive statistics, correlation analysis, and principal component analysis.

The highest observed correlation was between healthy pods (MS) and fresh weight (PF) with 0.98 significance, other correlations were negative. In the principal component analysis genotypic variability was associated with its similarity to each one of the variables.

The comparison of genotypes permitted the selection of genotypes with high productivity, which were coded as G-70, G-26, G-21, and G-5, in that order, although the distance between them was very broad. These selections were affected by moderate incidence of diseases, and the selection G-21 from having a low IS. Although genotypes with low yield, little incidence of disease, good seed indices and moderate taste profiles exist, it is difficult to find a single genotype that combines all these qualities.

The database from the study of sensory variables led to selection of four genotypes with adequate sensory profiles. G-2, with a low seed index, had a combination of cacao, floral, fruity, and nut flavors; while G-70 had a moderate balance of these flavors. Genotypes G-26 and G-5 both with good productivity, had sensory profiles with elevated basic flavors.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Amores, F. 2004. Cacaos finos y ordinarios. In Taller Internacional de Calidad Integral de cacao Teoría y Práctica (15 - 17 nov. / 2004). Memorias INIAP. Quevedo, Ecuador.
- Armijos, A. 2002. Caracterización de acidez como parámetro químico de calidad en muestras de cacao (*Theobroma cacao L.*) fino y ordinario de producción Nacional durante la fermentación, Tesis Lic. en Química, Quito, Ecuador, Pontificia Universidad Católica 103 p.
- Amarilla, J. 2011. Estudios de productividad, sanidad y perfiles organoléptico de clones internacionales de cacao (*Theobroma cacao L.*) introducidos en la zona de Quevedo. 20 p.
- Braudeau, J. 1970. El Cacao, Traducido por A. Hernández C., Barcelona, España, Editorial Blumé, 185 - 234 p.
- Calderón, L. 2002. Evaluación de los compuestos fenólicos del cacao (*Theobroma cacao L.*) de tipo fino y ordinario de producción Nacional durante la fermentación en relación con la calidad. Tesis Lic. en Química, Quito Ecuador, Pontificia Universidad Católica.
- Calderón, D. 2004. Caracterización y evaluación de accesiones de cacao Amazónico con énfasis en su comportamiento sanitario y productivo. Tesis de grado Facultad de Ingeniería Agronómica. Babahoyo, Los Ríos. Universidad Técnica de Babahoyo 1, 27, 29 p.
- Cros, E. 2004. Factores que afectan el desarrollo del sabor a cacao bases bioquímicas del perfil aromático. Memoria. Taller Internacional calidad Integral del cacao: Teoría y Práctica INIAP / EET-P Quevedo, Ecuador.

- Enríquez, G. 1995. Beneficio del cacao, Quito, Ecuador. INIAP. Boletín Divulgativo N° 254. 11 p.
- 1984. Mejoramiento genético para resistencia a cinco enfermedades de cacao. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie materiales de enseñanza N°9-26 p.
- IPGRI 1995. Molecular genetic techniques for plant resources. Report of IPGRI Workshop, Roma Italy, Eds. W, Ayad; T Hodgkin; A. Janadat; V. Rao.
- 2000. Etapas de la conservación ex situ de recursos fitogenéticos, Manejo del germoplasma conservado. In: Módulo de capacitación: Conservación ex situ de recursos fitogenéticos. 61 – 66 p.
- Mogrovejo, E; Maddison, A. 1987, Brotación e incidencia de escoba de bruja en híbridos jóvenes de cacao, In Conferencia Internacional. Santo Domingo, República Dominicana, 617 – 622 p.
- Moreira, D. M. 1994. La Calidad del Cacao, Revista INIAP No 4: 24 –26 p.
- Moreno, L. J. y Sánchez, J. A. 1989. Beneficio del Cacao. Fundación Hondureña de Investigaciones Agrícolas. Fascículo N° 6. 26 p.
- Pinto, J. y Álvarez, C. 2001. Comparación de parámetros físico-químicos de granos tostados de cacao (*Theobroma cacao L.*) de dos zonas del Estado Aragua, Memorias del primer Congreso Venezolano del Cacao y su Industria, disponible en www.Cacao.sian.info.ve/memorias/html/18html.
- Portillo, E; Graziani L. y Cros E. 2006. Efectos de algunos factores post-cosecha sobre la calidad sensorial del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao L.*). Revista digital de la Facultad de Agronomía. Vol. 23 N° 1. Caracas-Venezuela.

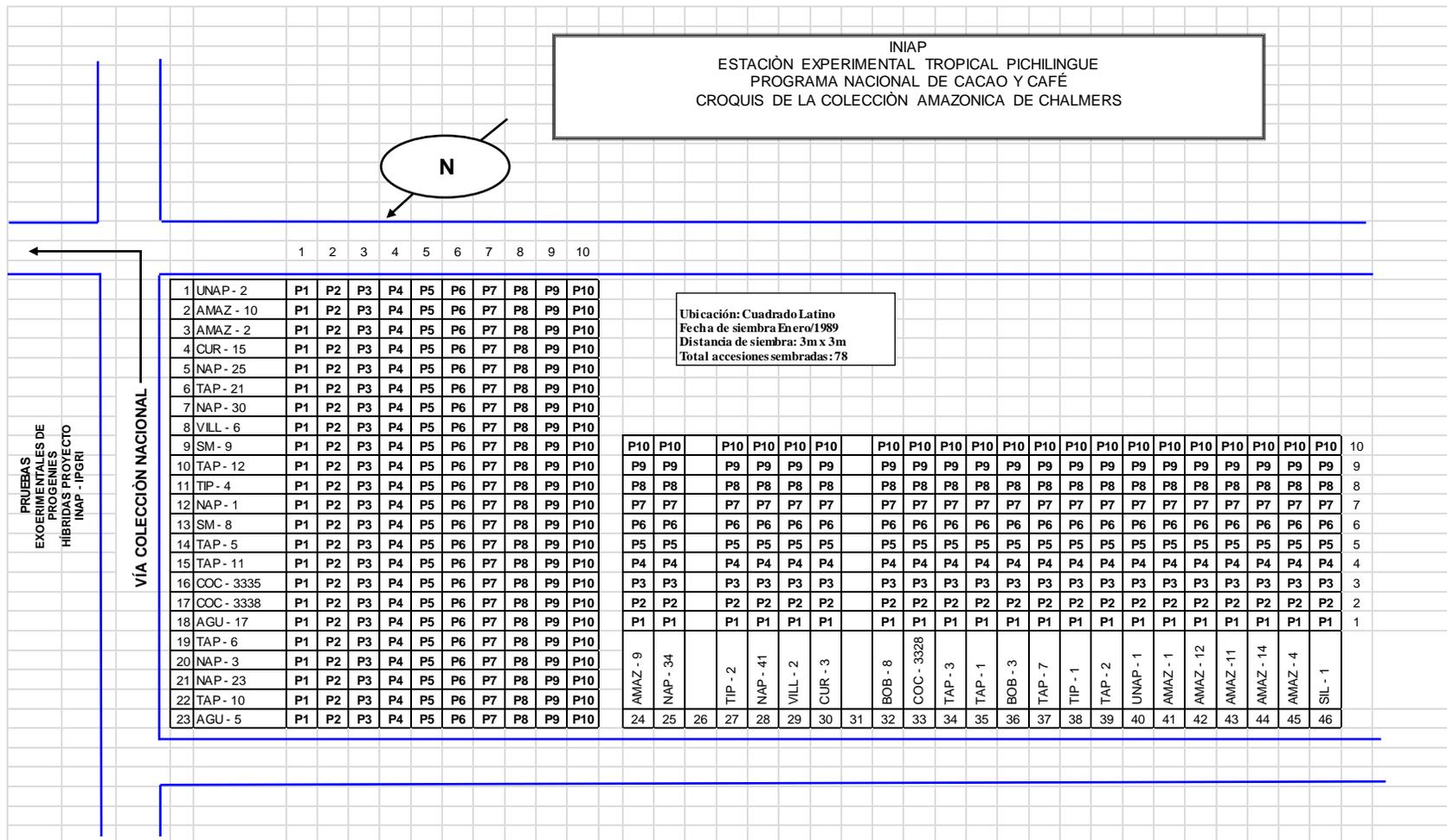
- Pastorelly, D. M. 1992. Evaluación de algunas características del cacao tipo Nacional de las colecciones de la zona de Tenguel. Tesis Ing. Agr. Guayaquil, Ecuador. Universidad Agraria del Ecuador 114 p.
- Peña, M. G. 2003. Caracterización Morfológica de 57 accesiones de cacao (*Theobroma cacao L.*) Tipo Nacional del Banco de Germoplasma de la Estación Experimental Tropical Pichilingue. Portoviejo. Ecuador. Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Manabí.
- Ramos, G. 2004. La Fermentación, el Secado y Almacenamiento del Cacao. En Taller Internacional de Calidad Integral de cacao Teoría y Práctica (15 - 17 nov. / 2004, Quevedo – Ecuador). Memorias INAP. Quevedo, Ecuador.
- Romero, G. 2004. Mercadeo nacional e internacional del cacao. In Taller Internacional de Calidad Integral de cacao Teoría y Práctica (15 - 17 nov. / 2004, Quevedo – Ecuador). Memorias INAP. Quevedo, Ecuador.
- Rivera, J. 1995. Evaluación de las reacciones de los materiales promisorios de cacao de origen nacional a Escoba de Bruja *Crinipellis pernicioso* (Stahel) Singer. Tesis Ing. Agr. Guayaquil, Ecuador. Universidad Agraria del Ecuador.
- Sanchez, V. 2007 Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao L.*) para la selección de árboles con perfiles de sabores de interés comercial. Tesis Ing. Agr. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Los Ríos-Ecuador.
- Sanchez, C. 2012. Cultivo y producción del cacao. El chocolate. EDICIONES RIPALME. Biblioteca Nacional de Perú. LIMA PERU.111 p.
- Saltos, A. (2005). Efecto de métodos de fermentación, frecuencias de remoción y volúmenes variables de masa fresca de cacao sobre la calidad física y organoléptica del “Complejo Nacional x Trinitario”. Tesis Ing. Agr. Universidad de Guayaquil, Vices – Ecuador. 18- 19 p.
- Stevenson, C.; Corven, J. y Villanueva, G. 1993. Manual para Análisis de cacao en Laboratorio. San José de Costa Rica.

Tapia, C. 1998. Caracterización morfológica y molecular de la diversidad genética de la colección de *Pachyrhizus tuberosus* (LAM) SPRENG. del CATIE. Tesis Ms. Sc. Turrialba, Costa Rica 157 p.

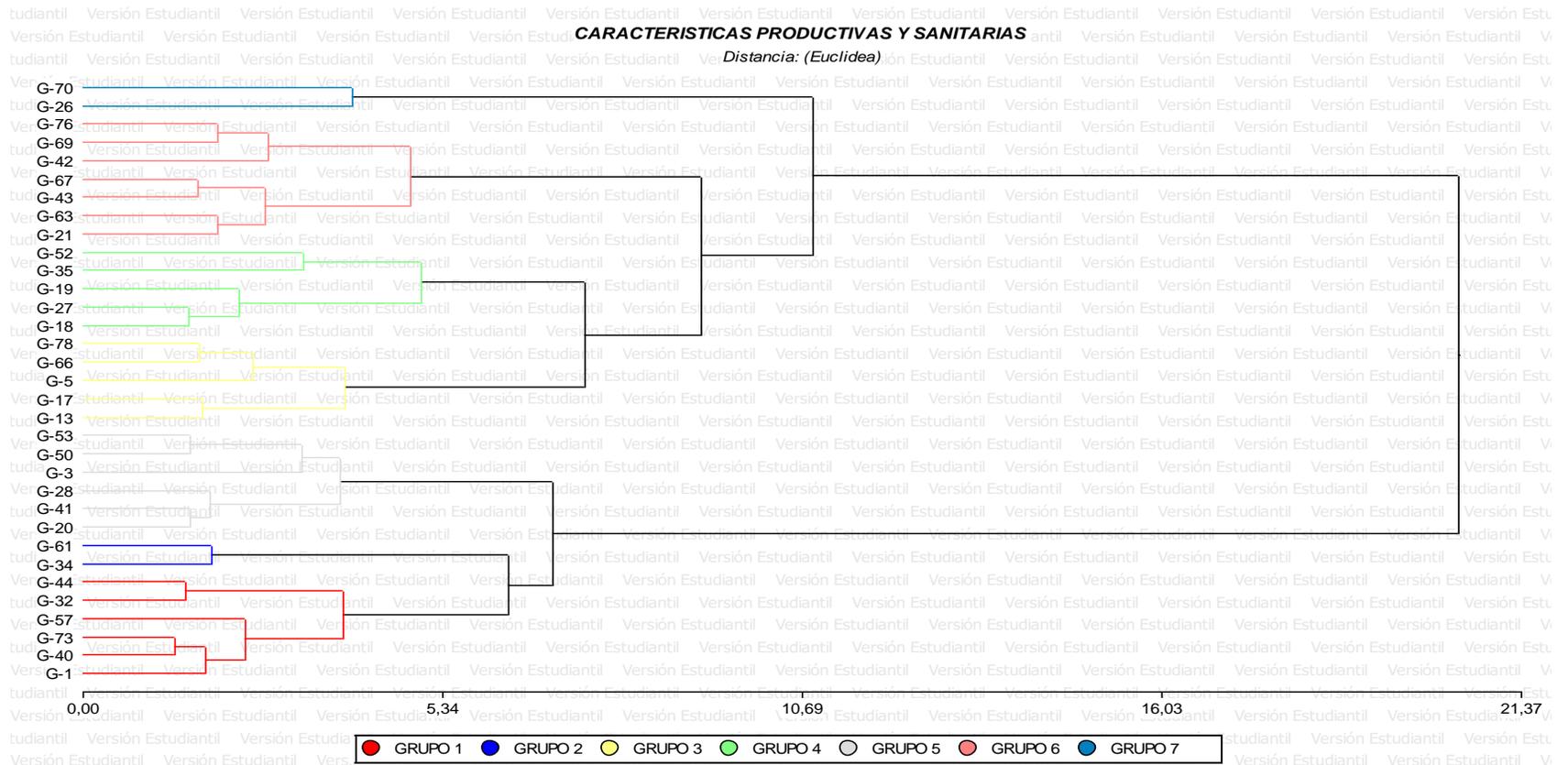
Smilja Lambert, Mars, Inc. Métodos de fermentación en cacao www.canacacao.org/modules/smartsection/visit.php?fileid=96. Consultado el lunes 6 de febrero del 2012.

ANEXOS

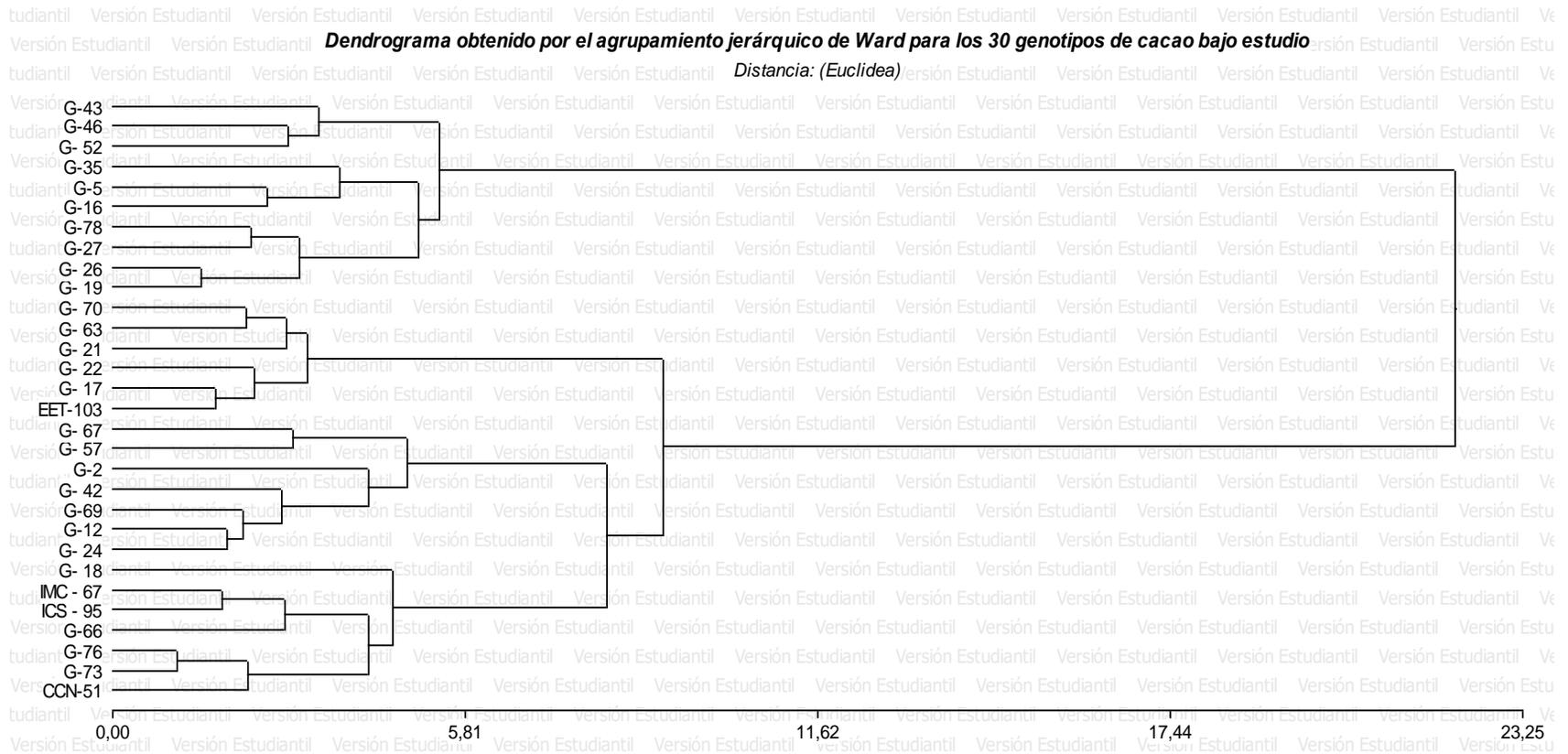
Anexos 2. Croquis de Colección Chalmers antes del análisis molecular.



Anexo 3. Dendrograma de las características productivas y sanitarias de genotipos Amazónicos de la colección Chalmers, INIAP, E.E. Pichilingue.



Anexo 4. Dendrograma obtenido por el agrupamiento jerárquico de Ward para las variables sensoriales en 30 genotipos de cacao con producción en la colección Chalmers.



Anexo 5. Promedios de producción en 15 árboles fuera de tipo evaluados en la colección Chalmers.

N°	MATERIAL	GENOTIPO	N° DE ARBOL	PF	MS	ME	%ME	EB
1	TAP-12	PNM1	9	350	3	22	88	4
2	TIP-4	PNM2	7	780	8	14	63,6	12
3	TIP-4	PNM3	10	0	0	12	100	5
4	NAP-1	PNM4	1	1225	14	0	0	0
5	NAP-1	PNM5	6	500	6	7	53,8	19
6	SM-8	PNM6	9	0	0	31	100	11
7	TAP-11	PNM7	7	750	6	9	60	9
8	COC-3338	PNM8	5	250	4	16	80	34
9	NAP-23	PNM9	8	1350	8	16	66,7	4
10	NAP-23	PNM10	10	0	0	13	100	2
11	TAP-10	PNM11	2	1075	11	3	21,4	3
12	TAP-7	PNM12	4	770	9	39	81,3	1
13	TAP-7	PNM13	10	950	10	4	28,6	0
14	AMAZ-11	PNM14	6	6720	47	45	48,9	7
15	AMAZ-4	PNM15	8	975	13	42	76,4	0

PNM: Planta no Muestreada. **PF:** Peso Fresco. **MS:** Mazorcas Sanas. **ME:** Mazorcas Enfermas. **%ME:** Porcentaje de Mazorcas Enfermas. **EB:** Escoba Bruja.

Anexo 6. Proceso de micro fermentación de las muestras de cada genotipo.



Caja de Fermentación



Muestra de Genotipos



4 muestras por capa de 2 a 3 cm



Masa



Hoja de Plátano para
conservar el calor



Saco de Yute



Remoción de la Masa



Remoción de las Muestras