

Rafael Correa Delgado
Presidente Constitucional de la República del Ecuador

Javier Ponce Cevallos
Ministro de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca

Juan Manuel Domínguez
Director Ejecutivo del INIAP



ecuador
ama la vida



GOBIERNO NACIONAL DE
LA REPÚBLICA DEL ECUADOR



Secretaría de
Educación Superior,
Ciencia y Tecnología

ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE

BOLETÍN TÉCNICO N° 167



**DESARROLLO DE UNA VARIEDAD
POLICLONAL DE CAFÉ ROBUSTA (*Coffea
canephora* P.) PARA QUEVEDO Y OTRAS ZONAS
AGROCLIMÁTICAS SIMILARES DE LA
COSTA ECUATORIANA.**

Rey G. Loor S., PhD
Luis F. Plaza A., Ing. Agri.
Hilton E. Guerrero C., Ing. Agro.
Fanny G. Zambrano F., Ing. Agro.

**QUEVEDO-LOS RÍOS - ECUADOR
2015**

Revisión técnica:

Comité de Publicaciones de la EET-Pichilingue del INIAP.

Ing. Ángel Anzules Sánchez

Ing. Alfonso Vasco Medina

Ing. Wuellins Durango Cabanilla

Diseño y diagramación:

Programa Nacional de Cacao y Café, Luis Plaza y Rey Loo.

Impresión:

Impresos Digitales "Independiente", E-mail: independ82@hotmail.com

Portada:

Los autores.

Fotografías:

Archivo fotográfico del Programa Nacional de Cacao y Café del INIAP.

Boletín técnico N° 167

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
Estación Experimental Tropical Pichilingue
Km5 vía Quevedo – El Empalme, Los Ríos, Ecuador
web: <http://www.iniap.gob.ec>
Correo electrónico: pichilingue@iniap.gob.ec

Primera Impresión, 500 ejemplares.

Esta obra debe citarse así: Loo R, Plaza L, Guerrero H. y Zambrano, F. 2015. Desarrollo de una variedad policlonal de café robusta (*Coffea canephora* P.) para Quevedo y otras zonas agroclimáticas similares de la costa ecuatoriana. Quevedo-Ecuador, Boletín Técnico N° 167, 32 p.

Los criterios expresados en este boletín son de responsabilidad exclusiva del INIAP.

CONTENIDO	Pág.
AGRADECIMIENTOS	i
INTRODUCCIÓN	1
1. RESEÑA HISTÓRICA DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA LOCAL Y SU USO EN PROGRAMAS DE MEJORAMIENTO DEL CULTIVO	3
2. ORÍGEN DE LOS NUEVOS CLONES SELECCIONADOS	6
2.1. Prueba experimental	6
2.2. Parámetros de selección	7
2.2.1. En campo: Características agronómicas, productivas y sanitarias	7
2.2.2. En laboratorio: Análisis genético, bioquímico y organoléptico	16
3. INDIVIDUOS ÉLITES Y POLICLON SELECCIONADO	20
2.1. Principales atributos identificados	20
4. INNOVACION TECNOLÓGICA GENERADA Y RESULTADOS ESPERADOS EN CAMPO DE AGRICULTORES	27
5. RECOMENDACIONES PARA OPTIMIZAR EL MANEJO Y PRODUCCIÓN COMERCIAL DEL POLICLON RECOMENDADO.	28
6. DISPONIBILIDAD DEL MATERIAL GENÉTICO Y COSTO ESTIMADO DE PRODUCCIÓN	29
7. LITERATURA CITADA	30

AGRADECIMIENTOS:

A la **Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT)**: por su apoyo financiero en el marco del proyecto PIC-12-INIAP-010 “Evaluación, desarrollo y entrega de clones superiores de café robusta (*Coffea canephora* P.) para el sector cafetalero Nacional”.

A **Solubles Instantáneos Compañía Anónima (SICA)**: en las personas del Sr. Jorge Salcedo e Ings. Jorge Guamán, Fernando Morocho y Janine Ordoñez, por haber compartido sus conocimientos y su valiosa contribución en este trabajo de investigación.

Al **Consejo Cafetalero Nacional (COFENAC)**, en las personas de los Ings. Luis Duicela, Diana Farfán, Ciro Verduga y Rubén Corral, por el aporte desinteresado de conocimientos que contribuyeron en el desarrollo de este trabajo de investigación.

Al **Centro Francés de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD)**, por los análisis de identidad genética realizados en este trabajo.

A la **Estación Experimental Santa Catalina (EESC)** del INIAP, en la persona de la Dra. Susana Espín, por su colaboración en los procesos de análisis químicos efectuados en los árboles élitos y cabeza de clon.

INTRODUCCIÓN

Las plantas del género *Coffea* son originarias de la antigua Etiopía, pertenecen a la familia de las rubiáceas y agrupan a más de 80 especies, pero solo dos de ellas: *Coffea arabica* L. (Café arábigo) y *Coffea canephora* Pierre (Café robusta), representan hoy en día una de las actividades agrícolas de mayor importancia económica a nivel mundial.

En el caso de *C. canephora*, el árbol fue descubierto a fines del siglo XIX creciendo de manera silvestre en las zonas tropicales de lo que hoy en día corresponde a Guinea y El Congo. Se distribuyó por la mano del hombre hacia zonas tropicales húmedas del mundo, entre ellas el Ecuador, a donde según reportes históricos “no oficiales” se introdujo por primera vez en el año 1943 por medio de semillas en la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EET-Pichilingue) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y desde donde la especie inició su diseminación progresiva en el territorio ecuatoriano.

Las primeras producciones del grano de *C. canephora* en el país se registraron desde 1950, pero es a partir de 1970 que el cultivo se intensificó en las zonas de colonización de la Costa, particularmente en Los Ríos (Quevedo, Mocache y Ventanas), Santo Domingo de los Colorados, Quinindé y Esmeraldas; además de varias zonas en el norte de la región Amazónica (Napo, Sucumbíos y Orellana).

Históricamente, el cultivo de café ha tenido altos y bajos, debido especialmente a la caída de los precios internacionales, el cual fue el detonante que provocó el más reciente desinterés por continuar con la actividad cafetalera en Ecuador, pasando de 350000 hectáreas en 1992 a 199215 hectáreas en el 2012, de las cuales sólo unas 62830 hectáreas corresponderían a la especie *C. canephora* (COFENAC, 2012).

En la actualidad se estima que el déficit en nuestro país, sólo en café robusta sobrepasa el medio millón de sacos de 60 kg, por lo que la industria nacional se ha visto obligado a cubrir su demanda

con importación de materia prima proveniente de Vietnam o Brasil. Este déficit es en buena medida fomentado por la baja producción por hectárea y por la interacción de varios factores, entre los que se pueden citar: falta de disponibilidad de materiales mejorados; avanzada edad de las plantaciones; problemas fitosanitarios; la cual bordea los 250 kg de café oro ha⁻¹; abandono de las plantaciones debido a los bajos precios y sustitución por cultivos más rentables, como: palma aceitera, maracuyá, cacao, piña, plátano, pastos, entre otros.

Ante la situación descrita, el Programa Nacional de Cacao y Café del INIAP viene desarrollando desde el año 2009 una estrategia de “Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I)” para alcanzar en el menor tiempo posible un mejoramiento integral de la producción basada en el rubro café robusta (Figura 1). Dentro de esta estrategia, los primeros resultados se hacen tangibles con la identificación del nuevo material genético que se da a conocer en el presente boletín técnico.

En síntesis, este documento describe de una manera cronológica el uso y valoración que se le ha dado a la diversidad genética en un total de 249 individuos de *C. canephora* presentes en la EET-Pichilingue, como parte del Banco de Germoplasma del INIAP. Los individuos de esta población fueron evaluados individualmente por más de tres años consecutivos, dentro de una prueba experimental diseñada para el efecto. Se han identificado árboles élitos, algunos de los cuales han sido seleccionados como cabezas de clon para iniciar procesos de multiplicación masiva, que permitan el incremento de nuevas áreas de siembra que potencien la productividad del pequeño y mediano productor, con material genético probado y adaptado a las condiciones particulares del sector y zonas agroclimáticas similares de la costa ecuatoriana.

1. RESEÑA HISTÓRICA DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA LOCAL Y SU USO EN PROGRAMAS DE MEJORAMIENTO DEL CULTIVO.

La especie *C. canephora* se caracteriza por una gran variación de fenotipos y genotipos que evidencian una mayor resistencia al ataque de plagas y enfermedades, en comparación con la especie *C. arabica*, por lo que han sido descritos como robustas. La alta variabilidad presente en *C. canephora* tiene su explicación y base científica en el sistema de reproducción de la especie, de naturaleza alógama “polinización cruzada” estimulada principalmente por problemas de auto-incompatibilidad que caracterizan a sus individuos.

Dentro de *C. canephora*, han sido identificados dos grupos genéticos y geográficos, ambos evidenciando una alta variabilidad: el grupo Guinense procedente de África Occidental y el grupo Congolense originario de África Central (Bertaud, 1986). Estudios adicionales han confirmado también, la existencia de cuatro sub-grupos dentro del gran grupo Congolense (Montagnon et al. 1992; Dussert et al. 1999).

En Ecuador, sin tomar en cuenta las introducciones “no oficiales” de germoplasma realizadas por iniciativas privadas, las únicas introducciones formales y documentadas de germoplasma de *C. canephora* se reportan para los años 1951, 1977 y 1984; las dos primeras realizadas desde el CATIE-Costa Rica y la última desde Brasil con material del tipo Conilon, las que en su conjunto constituyen el corazón del Banco de Germoplasma del INIAP en esta especie.

El desarrollo de plantaciones comerciales de café robusta en Ecuador se dio principalmente en el norte de la Amazonia y con menor intensidad en la zona central del Litoral (INIAP, 1998), pero de manera generalizada aprovechando las plantas que emergen bajo cafetos en producción “lechugines”. Este hecho y considerando la biología reproductiva propia de la especie, explicaría también elevada variabilidad observada en las progenies segregadas a partir de las introducciones originales realizadas en Ecuador .

Sin embargo, dentro de estas mismas progenies segregadas se han podido identificar y coleccionar en el norte de la Amazonía ecuatoriana, individuos con características interesantes con los que se ha estado enriqueciendo durante la última década el Banco de Germoplasma del INIAP, principalmente en la EET-Pichilingue.

A pesar de lo anterior, en el país no ha existido hasta ahora un programa formal y constante que a través del tiempo se haya enfocado en el mejoramiento integral de esta especie, a diferencia de lo que sí ha ocurrido en otros países productores del grano de *C. canephora*, tales como: Indonesia – Isla de Java, Uganda, Congo, Costa de Marfil y más recientemente Brasil (Montagnon *et al.* 1998), en donde el accionar en mejoramiento genético del cultivo se ha concentrado ya sea en la selección adaptativa de materiales o en la creación de nueva variabilidad; esta última a través de la recombinación (dirigida) de caracteres favorables entre genotipos seleccionados.

En el caso de Ecuador, las únicas iniciativas emprendidas hasta ahora en *C. canephora* se han concentrado en la selección adaptativa, ejemplo de esto es la evaluación y selección hecha por los años 1980's con materiales introducidos desde Costa Rica, los cuales fueron evaluados en la Estación Experimental Napo Payamino del INIAP (ahora Estación Experimental Central de la Amazonía) y que concluyó con la selección de ocho individuos que fueron posteriormente identificados con las siglas NP (Chiguano y Jativa, 1998), siendo éstos los únicos materiales que hasta el momento ha recomendado el INIAP para su comercialización.

De otras instituciones, se puede rescatar las iniciativas de mejoramiento hechas en la última década por: el Consejo Cafetalero Nacional (COFENAC), con colecta y evaluación de materiales en el norte de la Amazonía y una prueba clonal establecida en el cantón Isidro Ayora, provincia del Guayas, y por la Corporación Ecuatoriana de Cafetaleros (CORECAF), en la zona de Sucumbíos, pero se desconoce si en esta última, los individuos han pasado por algún rigor científico y estadístico de selección.

Por su parte, el INIAP a través de la EET-Pichilingue retoma desde el año 2009 su trabajo científico en *C. canephora* y diseña un Programa de mejoramiento genético integral a nivel nacional (Figura 1), mismo que en una primera fase concentra su accionar en la caracterización, evaluación y selección de individuos élitos (Plaza 2012, Zambrano 2014) dentro del Banco de Germoplasma disponible, cuyos resultados son sintetizados en el presente boletín técnico

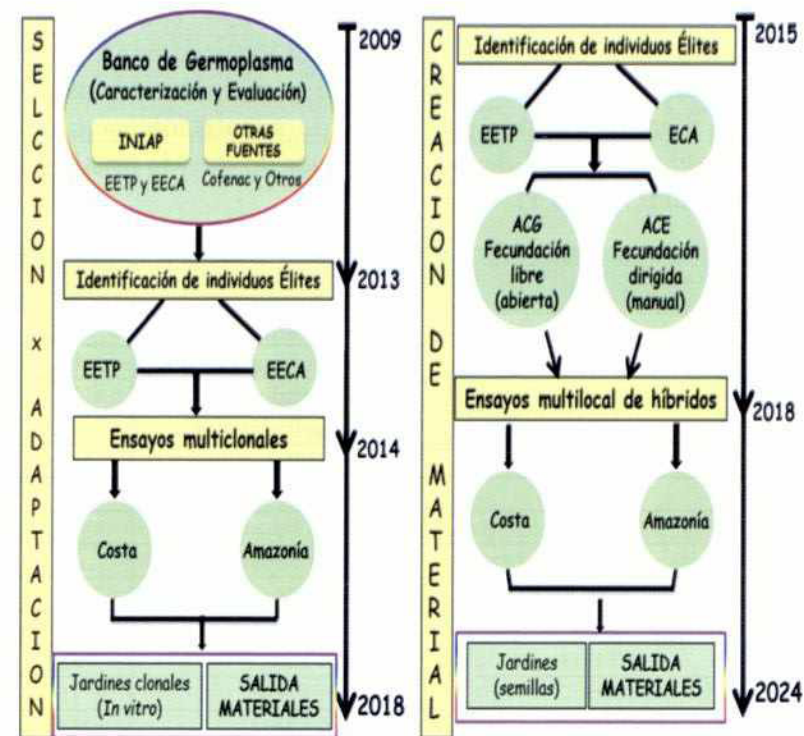


Figura 1. Representación esquemática del 1er. y 2do. ciclo de selección del esquema de Selección Recurrente Recíproca diseñado para el mejoramiento de la especie *Coffea canephora*.

2. ORIGEN DE LOS NUEVOS CLONES SELECCIONADOS

2.1 Prueba experimental.

En Abril 2007 fueron sembrados en la EET-Pichilingue un total de 384 individuos de *C. canephora*, los cuales representaban a 16 accesiones reportadas como provenientes del INIAP, COFENAC y EMBRAPA. En inicio, cada accesión fue considerada como clon y estaba conformada por 24 plantas; sin embargo, para el año 2009 el número de plantas descendió fuertemente por problemas de adaptación en campo hasta llegar a un total de 249 individuos en toda la prueba experimental (Cuadro 1).

Nº	CÓDIGOS	PROCEDENCIA	Nº de Árboles
1	CRP-1	EET-Pichilingue	10
2	CRP-2	EET-Pichilingue	14
3	CRP-3	EET-Pichilingue	13
4	CRP-4	EE-Napo Payamino	17
5	CRP-5	EE-Napo Payamino	18
6	CRP-6	EE-Napo Payamino	19
7	CRP-7	EE-Napo Payamino	12
8	CRP-8	EE-Napo Payamino	17
9	CRP-9	EE-Napo Payamino	18
10	CRP-10	EE-Napo Payamino	20
11	CRP-11	COFENAC	19
12	CRP-12	COFENAC	16
13	CRP-13	COFENAC	14
14	CRP-14	COFENAC	16
15	CRP-15	COFENAC	17
16	CRP-16	Embrapa Rondonia (Brasil)	9
TOTAL			249

A partir del año 2010, debido a la alta variabilidad fenotípica que ya se evidenciaba al interior de cada accesión, se tomó la decisión de realizar evaluaciones periódicas "planta a planta" entre los años: 2010, 2011 y 2012.

Los datos obtenidos de cada variable evaluada fueron analizados en una primera fase a través de la estadística descriptiva univariada, considerando los siguientes parámetros: promedio, desviación estándar, coeficiente de variación y valores mínimo y máximo. En una segunda fase los datos se analizaron a través de la estadística multivariada: Componentes Principales, Análisis de Correlación y Análisis de Conglomerados utilizando el algoritmo ligamiento promedio (Average linkage).

2.2 Parámetros de selección

2.2.1. En campo: Para la identificación y selección de clones superiores de café robusta se registraron y evaluaron caracteres agronómicos y sanitarios con una frecuencia semestral (enero-junio); mientras que los caracteres productivos fueron evaluados con una frecuencia quincenal, una vez iniciada la producción y cosecha de frutos.

Agronómicos: altura de planta, diámetro del tallo, total de ramas por árbol, total de ramas productivas, longitud de rama productiva, total de nudo, distancia de entrenudos, grado de compactación y resistencia al acame.

Sanitarios: minador de la hoja (*Perileucoptera coffeella*), taladrador de la ramilla (*Xilosandrus morigerus* Blandford), broca (*Hypothenemus hampei*), y mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*). **Productivos:** rendimiento de café cereza por planta, diámetro de cereza y porcentaje de grano vano.

Siguiendo el procedimiento descrito para cada parámetro de selección, se obtuvieron resultados que evidenciaron para la mayoría de los casos una alta variabilidad entre los individuos de la población

de *C. canephora*, la cual es representada gráficamente por medio de histogramas de distribución de frecuencias absolutas y relativas para facilitar el grado de comprensión de la forma, tendencia y dispersión de la variabilidad existente.

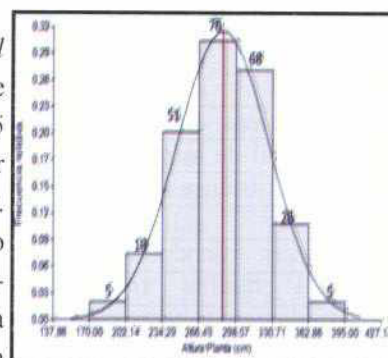
Para la identificación y selección de individuos élitos se consideró como variables discriminatorias a cada uno de los parámetros de selección presentados en los histogramas de frecuencias. Además, se realizaron análisis estadísticos de tipo multivariado, con los cuales se determinaron las posibles relaciones entre los parámetros de selección y los individuos mismos. Así, fueron preseleccionados un grupo de 15 individuos élitos.

Resultados:

a. Características Agronómicas:

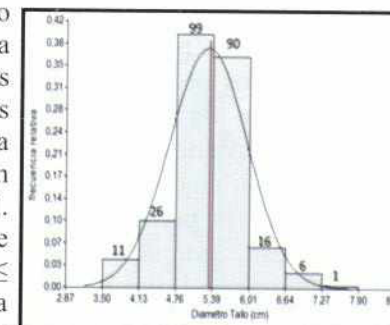
• Altura de planta.

“Medida desde el suelo hasta el ápice de la planta”: fue altamente variable, desde 170 cm hasta 395 cm para los individuos de menor y mayor altura, respectivamente. Un total de 76 individuos (algo más del 30% de la población) presentaron valores cercanos a la altura promedio de la población (287 cm). Aquellos individuos situados en el extremo derecho de la curva del diagrama de frecuencias fueron descartados debido a su excesivo crecimiento.



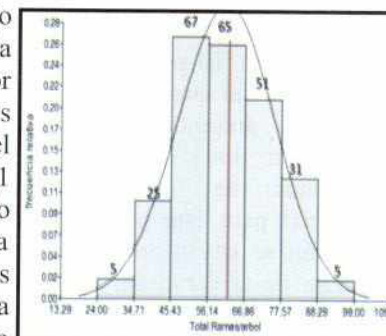
♦ Diámetro del tallo.

“Medido a 5 cm del suelo”: estuvo en el rango de 3,5 cm a 7,9 cm para los individuos que presentaron los tallos más delgados y gruesos respectivamente. Esta característica fue analizada para asegurar un mayor soporte del peso del árbol. Todos aquellos árboles que presentaron un diámetro de tallo ≤ 4 cm fueron descartados para disminuir la presencia de problemas por agobio/acame de plantas, especialmente por el aumento de peso de ramas por el llenado de frutos.



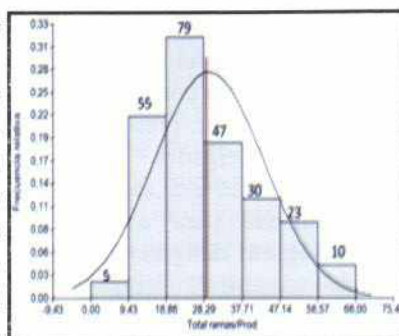
♦ Número total de ramas por árbol.

En ciertos casos fue demasiado bajo (24), debido principalmente a la pérdida de ramas por el taladrador de la ramilla (*Xilosandrus morigerus*); sin embargo, el promedio de la población fue de 61 ramas por individuo, llegando inclusive a identificar árboles hasta con 99 ramas. En términos generales, más del 60% de la población presentó un número superior a 57 ramas por árbol.



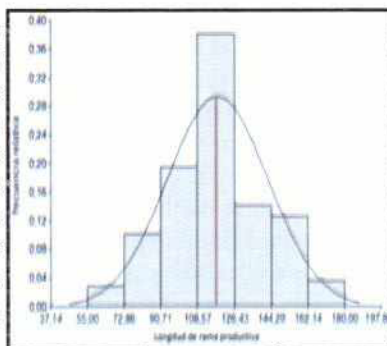
♦ *Número total de ramas productivas por árbol.*

Varió desde cero hasta 66. Este parámetro permitió identificar a los individuos productivos e improductivos de la población. El promedio de la población fue de 29,49 ramas productivas por árbol; sin embargo, más de la mitad de la población bajo estudio está por debajo del promedio general. Por lo tanto, aquellos individuos situados en el extremo derecho de la curva del diagrama de frecuencias fueron preseleccionados para análisis complementarios subsiguientes.



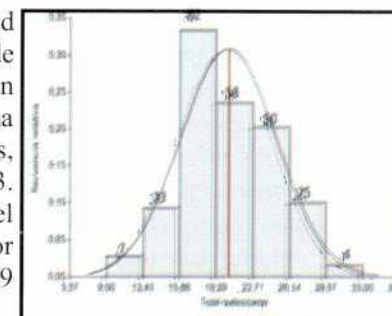
♦ *Longitud de las ramas productivas.*

“Registrado del tercio medio de la planta” se movió en el rango de 55 cm a 180 cm. El promedio fue de 118,37 cm, del cual, el 65% de la población presentan ramas que sobrepasan los 108 cm. Los individuos de mayor interés comercial para este parámetro de selección se sitúan en el extremo derecho de la curva del diagrama de frecuencias.



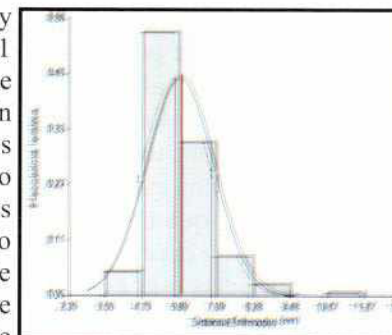
♦ *Total de nudos/cojinetes florales por rama productiva.*

Mostró una amplia variabilidad entre individuos. Los individuos de mayor interés comercial se sitúan en el extremo derecho del diagrama de distribución de frecuencias, cuyo valor máximo llegó a 33. Mientras que el mínimo y el promedio de nudos registrados por rama fue de 9 y 20,39 respectivamente.



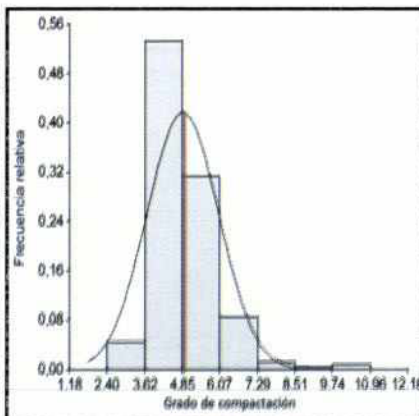
♦ *Distancia entre nudos en la rama productiva.*

Estuvo concentrada entre 3,5 y 11,87 cm. El promedio fue de 5,91 cm, aunque hay que destacar que 144 individuos de la población (57.83%) presentaron valores inferiores a este promedio, por lo que en este grupo y en especial los que se encuentran en el extremo izquierdo del diagrama de distribución de frecuencias, se encuentran los individuos de interés comercial.



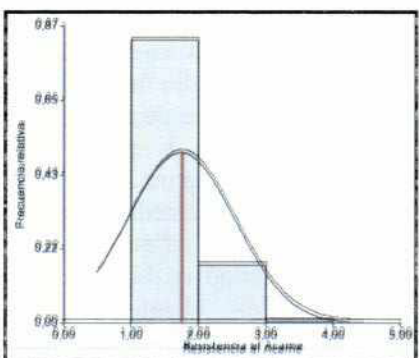
♦ *Grado de compactación.*

“La altura de planta dividida por el número de ramas”, tuvo un rango de variación que fue de 2,4 cm a 10,96 cm. La mayoría de individuos presentaron valores que se aproximaron al promedio de la población (4,86 cm), pero aquellos que evidenciaron valores inferiores fueron preseleccionados para posteriores análisis complementarios. Por otra parte, los individuos que presentaron más de 7 cm en este parámetro, fueron descartados para todo proceso de análisis y selección posterior.



♦ *Resistencia al acame.*

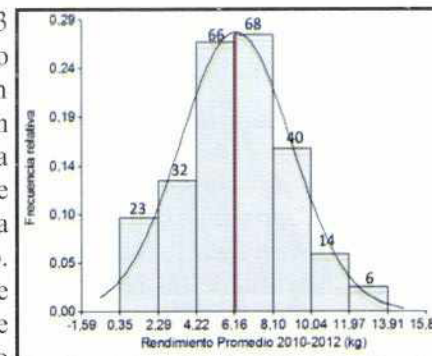
Fue satisfactoria para alrededor del 82% de los individuos de la población, pues este porcentaje lo conforman individuos que en plena época de llenado de frutos se mostraron totalmente vertical (107) y con una ligera inclinación (99) que no sobrepasa los 20°. Con excepción de un solo individuo que evidenció problema de acame (*muy inclinado* > 45°), los 42 restantes mostraron una *inclinación mediana*, que para fines comerciales no resulta interesante debido a su alto costo de manejo en campo.



b. Características Productivas:

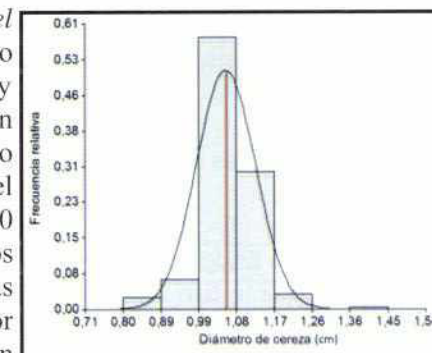
♦ *Rendimiento de café cereza por planta.*

Se obtuvo del promedio de 3 años consecutivos de registro de datos. Se identificaron árboles con una producción anual que va desde 0,35 a 13,91 kg de cereza, lo que demuestra una amplia variación para este parámetro. Todos aquellos individuos que registraron una producción de cereza inferior al promedio (6,24 kg) de la población fueron descartados; mientras que, los de mayor producción ubicados en el extremo derecho del diagrama de distribución de frecuencias fueron incluidos para análisis posteriores de selección.



♦ *Diámetro de la cereza.*

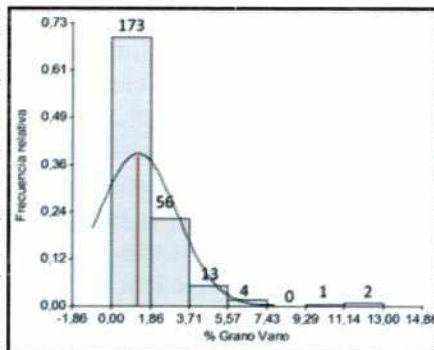
“Los datos resultan del promedio de 10 cerezas”, lo cual permitió identificar y separar a los individuos en función del tamaño de grano que producen. Es así que, el rango de variación fue de 0,80 cm a 1,45 cm para los individuos que producen las cerezas de menor y mayor diámetro, respectivamente; sin embargo, 145 individuos que representan al 58,23% de la



población presentaron un diámetro de cereza que va de 0,99 cm a 1,08 cm, valores muy cercanos al promedio de población (1,05 cm), considerada aceptable en términos comerciales para desarrollar una variedad policlonal.

♦ Porcentaje de grano vano.

“Número de cerezas que flotan de un total de 100 sumergidas en agua”, estuvo para la mayoría de los casos dentro de los parámetros comercialmente aceptables. Por un lado, el 69,48% de la población no superó el 1,86%; mientras que por otro, el 22,49% de los individuos tuvo como límite el 3,71% de granos vanos. Sin embargo, el 8,03% restante de la población presentó un rango de 3,72% a 13% de granos vanos; por lo que estos individuos quedaron descartados para todo proceso de análisis y selección posterior.



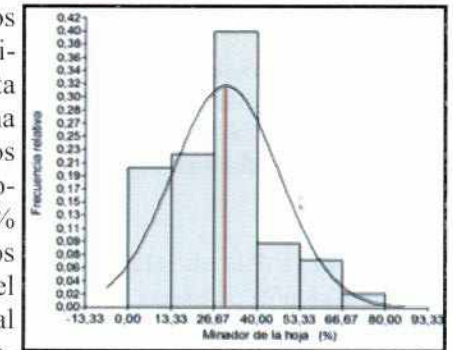
c. Características Sanitarias:

Se determinó observando el número de hojas afectadas en los últimos cinco nudos de una rama del tercio medio de cada planta, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ daño} = \text{N}^\circ \text{ hojas afectadas} / \text{total hojas observadas} \times 100.$$

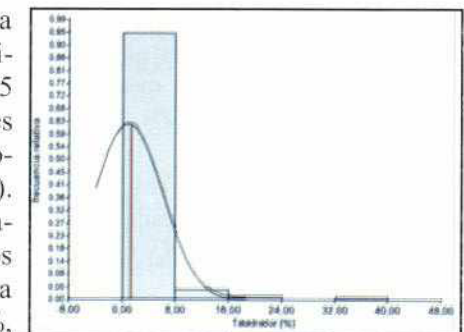
• Minador de la hoja del cafeto (*Perileucoptera coffeella*)

No estuvo presente en ciertos árboles, pero en otros se estimó un ataque que llegó hasta el 80%, lo que demuestra una alta variabilidad entre los individuos. El promedio poblacional se situó en 30,31% y un total de 99 individuos fueron los que presentaron el rango de ataque (26,67% al 40%) más cercano al promedio.



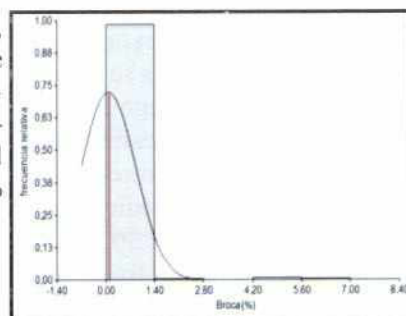
• Taladrador de la ramilla (*Xilosandrus morigerus*)

No fue significativo para la gran mayoría de los individuos, ya que un total de 235 árboles evidenciaron niveles de ataque por debajo del promedio poblacional (0.92%). A pesar de esto, se constataron dos árboles considerados susceptibles a este problema por presentar 32 y 40%, mientras que los 12 individuos restantes fluctuaron entre 8.01% y 24% de ataque.



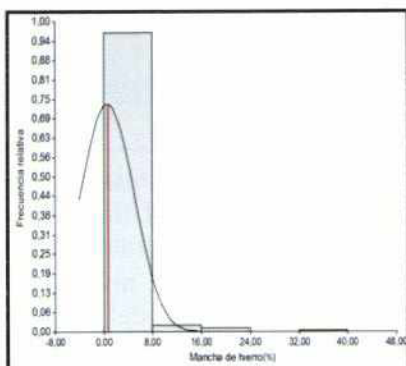
- *Broca (Hypotenemus hampei).*

Presentó bajos niveles de ataque, pues el porcentaje máximo fue de 7% y en un solo caso. Se identificaron individuos que no presentaron rastros de esta plaga: así, el promedio general fue menor al 1% (0.08%).



- *Mancha de hierro (Cercospora coffeicola)*

No tuvo incidencia significativa para el 96.39% de la población, dentro de este porcentaje se identificaron individuos que no evidencian presencia de la enfermedad. El porcentaje de individuos restantes (9), evidenció una mayor susceptibilidad, con niveles que van desde el 8,01% hasta el 40%.



2.2.2. En laboratorio: Tres fases de análisis fueron realizadas: a) Genéticas, b) Bioquímicas y c) organolépticas (calidad de taza).

a. Análisis genético: Muestras foliares fueron enviadas durante el 2011-2012 a los laboratorios del CIRAD, en Montpellier-Francia, para a través de pruebas de ADN determinar el perfil genético de los 249 individuos de *C. canephora* que conforman el Banco de Germoplasma de la EET-Pichilingue.

La técnica de biología molecular utilizada fue la de “Microsatélites o Simple Sequence Repeats, SSRs por sus siglas en inglés”, usando para esto un secuenciador ABI y 12 marcadores SSRs. En los casos donde las muestras reflejaron resultados dudosos o de difícil interpretación, fueron re-analizadas por electroforesis en geles de acrilamida, usando un equipo LICOR que revela resultados por fluorescencia.

Los resultados obtenidos (peso molecular de alelos) fueron analizados considerando su disimilaridad genética, con la ayuda del software DARwin5, con el cual se construyó la Figura 2, en la cual los individuos que comparten un mismo color corresponden a los representantes de cada accesión en particular identificada en el Banco de Germoplasma.

Con base en lo observado en la figura 2, de manera general se puede aseverar que:

Existe “mezcla de plantas” en mayor o menor grado, tanto al interior de cada accesión como entre accesiones.

En conclusión,

Se confirmó la presunción de mezclas dentro y entre accesiones (Figura 2.), por lo que la decisión de evaluar “planta a planta” fue la correcta, con el propósito de hacer selección de árboles cabeza de clon.

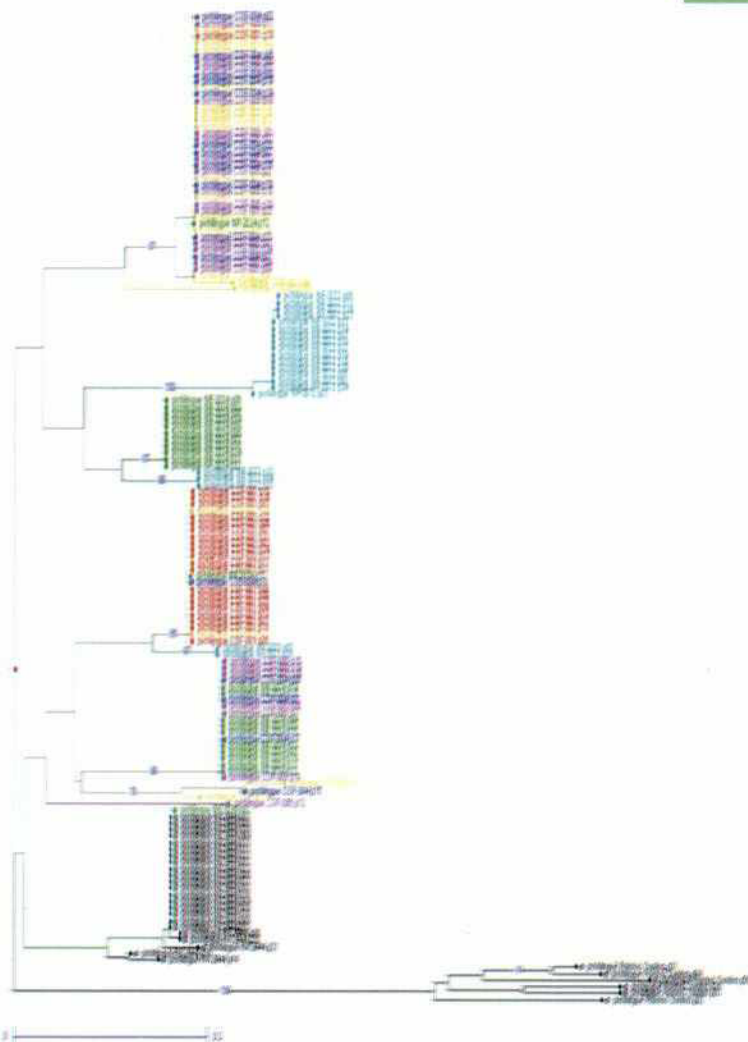


Figura 2. Árbol de agrupamiento con base en la distancia genética (disimilaridad) calculada entre los individuos de la población analizada. Individuos de un mismo color representan una accesión en campo.

b. Análisis bioquímicos: De cada genotipo seleccionado se utilizó un total de 300 g/planta de café oro, que fueron enviados al laboratorio de Calidad y Nutrición de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, para los análisis respectivos.

Las características químicas que presenta el policlón seleccionado son: 2.18% de contenido promedio de cafeína, mientras que para carbohidratos, el contenido promedio de Sacarosa, Glucosa y Fructosa fue del orden de 4.46%, 0.26% y 0.13%, respectivamente. Estos valores, según Ramírez L. (2008), son niveles normales característicos en los cafés de tipo robusta; además, este autor menciona que el porcentaje de carbohidratos en una taza de café depende de la mezcla, el nivel de tueste y el modo de preparación.

c. Análisis organolépticos (calidad de taza): Este atributo de interés para la industria y el consumidor final fue evaluado en cada uno de los árboles que por su comportamiento en campo fueron identificados como individuos élites. Este trabajo se realizó con la ayuda de un panel de catadores (2) especializados de la compañía cafetalera Solubles Instantáneos, C.A. con la participación de técnicos del INIAP, que fueron capacitados para el efecto (Foto 1).



Foto 1. Evaluación de calidad de taza por integrantes del panel de catadores.

Para clasificar a cada una de las muestras, se aplicó la escala establecida por la Organización Internacional del Café (Cuadro 2), que otorga un puntaje que permite describir y clasificar la calidad del café robusta.

Cuadro 2. Tabla de clasificación por calidad de café robusta.

Puntuación total	Descripción de calidad	Clasificación
90-100	Excepcional	Muy fino
80-89	Fino	Fino
70-79	Muy bueno	Prima
60-69	Calidad media	Buena calidad corriente
50-59	Regular	Buena calidad corriente
40-49	Regular	Comercial

3. INDIVIDUOS ÉLITES Y POLICLON SELECCIONADO

3.1. Principales atributos identificados

Los resultados obtenidos de los parámetros de selección evaluados en campo y laboratorio (análisis genéticos), permitieron identificar un total de 15 individuos élitos (Cuadro 3), que se destacaron por presentar la mayor cantidad de atributos de interés para su desarrollo comercial. A este grupo de individuos preseleccionados se les aplicó un análisis de frecuencia de doble entrada (Cuadro 3), considerando la relación existente entre los dos caracteres descritos por los agricultores como los de mayor interés por facilitar sus labores de campo: “producción y altura de plantas”.

Cuadro 3. Relación entre la producción de café oro en kg ha^{-1} y la altura de los cafetos, de los árboles de café robusta seleccionados como “cabeza de clon”, en la EET-Pichilingue 2012.

Clases	Rendimiento promedio kg/ha					
	≤ 270	271-300	301-330	331-360	$361 \geq$	
Altura de planta (cm)	≤ 2750					
	CRP-6 (P15)					
	2751-2880	CRP-4 (P4)				
		CRP-15 (P19)				
		CRP-14 (P10)	CRP-8 (P8)			
			CRP-15 (P21)			
2881-3010						
3011-3200		CRP-6 (P10)				
3201-3350			CRP-13 (P15)			
			CRP-14 (P15)			
3351-3500				CRP-14 (P9)		
$3500 <$						
						CRP-15 (P16)



Foto 2. Genotipo seleccionado CRP-13 - Árbol 15



Foto 3. Genotipo seleccionado CRP-6- Árbol 10



Foto 4. Genotipo seleccionado CRP-14 - Árbol 15



Foto 5. Genotipo seleccionado CRP-4 - Árbol 4

Los atributos sensoriales que poseen tres de los árboles que conforman el policlon recomendado, son presentados como un diagrama de araña que describe el perfil y la calificación obtenida para cada parámetro sensorial (perfiles de taza) evaluado por muestra (Figuras 3, 4 y 5).

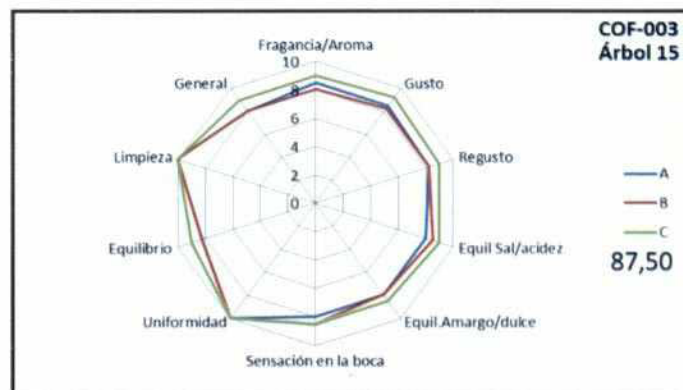


Figura 2. Perfil sensorial y puntuación obtenida del clon que conforma el policlon CRP-13 - Árbol 15.

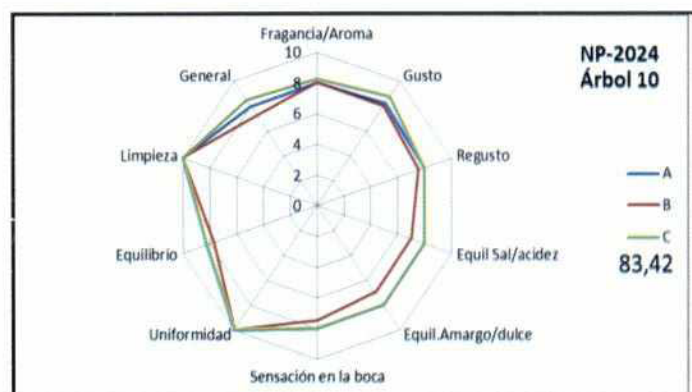
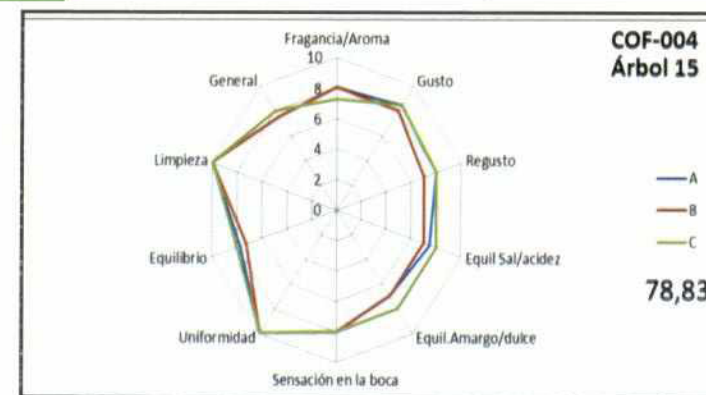


Figura 3. Perfil sensorial y puntuación obtenida del clon que conforma el policlon CRP-6, Árbol 10.



Figuras 4. Perfil sensorial y puntuación obtenida del clon que conforma el policlon CRP-14 - Árbol 15.

4. INNOVACIÓN TECNOLÓGICA GENERADA Y RESULTADOS ESPERADOS EN CAMPO DE AGRICULTORES.

La identificación de estos cuatro genotipos cabezas de clon representa una alternativa tecnológica para producir café robusta de alta calidad industrial, bajo un sistema de siembra policlonal. Es recomendado como una buena opción de material de siembra para todos los productores cafetaleros de Quevedo y zonas agroecológicas similares del trópico húmedo de la costa ecuatoriana. Los datos muestran que este policlon tiene varias diferencias y ventajas comparativas sobre los materiales tradicionalmente usados por los agricultores, pero la principal es su rendimiento alto y consistente, que con una densidad poblacional de 1333 plantas/hectárea promedia una producción anual cercana a las tres toneladas de café oro por hectárea.

Con base en lo anterior y teniendo en cuenta las experiencias compartidas por otros centros de investigación extranjeros en relación a la respuesta del café robusta ante la presencia de agua/irrigación, se esperaría que este policlon eleve considerablemente

su nivel de productividad reportado, en el caso de que sea sometido a una producción comercial intensiva que contemple: riego, fertilización, mayor densidad de siembra, etc.

La adopción de este policlon como material de siembra en zonas con características agroecológicas similares a la zona de Quevedo, sería adicionalmente un aporte significativo al cambio de la matriz productiva del país, ya que aportaría con materia prima local a las industrias ecuatorianas dedicadas a la elaboración de cafés solubles, que hasta el momento se ven obligadas a realizar anualmente importaciones de este grano para cubrir sus necesidades. Por lo tanto, se generaría un beneficio económico en diferentes eslabones de la cadena, pero principalmente en los productores del grano.

5. RECOMENDACIONES PARA OPTIMIZAR EL MANEJO Y PRODUCCIÓN COMERCIAL DEL POLICLON RECOMENDADO.

La tecnología de producción recomendada para el presente policlon es similar a la de los clones de robusta (NP) recomendados por INIAP para el caso de la Amazonía norte. Sin embargo, se hace énfasis en las siguientes recomendaciones:

- a. Usar para la siembra plantas certificadas que garanticen la originalidad y pureza del policlon para asegurar el nivel de productividad, homogeneidad y la calidad del grano.
- b. Identificar la fecha oportuna de siembra, la cual de preferencia debe coincidir con el inicio de la época de lluvias en la región.
- c. La densidad de siembra puede variar entre agricultores, pero se recomiendan 1333 (3 m x 2,5 m) o 1600 (2,5 m x 2,5 m) plantas por hectárea.

- d. Incorporar al sistema de producción: riego, control sanitario (malezas, insectos plaga, enfermedades) y dosis de fertilizantes, en base a los resultados de los análisis de suelo/ foliares y recomendaciones técnicas específicas, para asegurar e inclusive elevar los resultados de producción reportados en este documento.
- e. En condiciones medio-ambientales normales y siguiendo la recomendaciones emitidas para el manejo del cultivo, el policlon estaría iniciando su etapa productiva antes de los 24 meses posteriores a la siembra y luego concentrando su periodo de cosecha de frutos entre los meses de junio y octubre de cada año.

6. DISPONIBILIDAD DEL MATERIAL GENÉTICO Y COSTO ESTIMADO DE PRODUCCIÓN

Se están realizando procesos de multiplicación masiva de plantas a través de métodos convencionales y biotecnológicos implementados paralelamente en la Estación Experimental Tropical Pichilingue, para contar en el 2016 con jardines clonales certificados que permitan atender requerimientos elevados de plantas, por medio de contratos específicos de compra-venta de material de siembra, ya sean varetas o plantas. Adicionalmente, estará a disposición personal técnico capacitado que pueda orientar a los productores interesados en la producción comercial del grano o material de siembra.

El costo estimado de venta para los agricultores interesados se estima en: \$ 0,25 USD por vareta y de \$ 0.60 USD por planta. El costo anual de producción para una hectárea durante el primer año es de aproximadamente \$ 2500 USD (incluye costo de plantas y establecimiento del cultivo) y para los 4 años siguientes un promedio anual de \$ 1820 USD. (Duicela, L. et al. 2014).

7. LITERATURA CITADA.

- Berthaud J. 1986. Les ressources génétiques pour l'amélioration des caféiers africains diploïdes. Evaluation de la richesse génétique des populations sylvestres et de ses mécanismes organisateurs. Conséquences pour l'application. ORSTOM, Paris, France.
- Chiguno, C. y Játiva, M. 1998. Plantaciones clonales de café robusta en sistemas agroforestales de la Amazonía Ecuatoriana. Guía técnica. Primera edición por ECORAE. Francisco de Orellana, Ecuador. p 64.
- COFENAC (Concejo Cafetalero Nacional, EC) 2012. El sector cafetalero ecuatoriano (Diagnóstico). Portoviejo, Ecuador. Consultado el 22 de abril del 2013. Disponible en la página web. <http://www.cofenac.org/wp.../09/Diagnostico-Sector-Cafe-Ecu2012.pdf>.
- Duicela, L; Corral, C. 2014. Guía Técnica para la producción y poscosecha del Café Robusta, 1 ed. Ecuador, COFENAC. p, 251-257
- Dussert D, Lashermes P, Anthony F, Montagnon C, Trouslot P, Combes MC, Berthaud J, Noirot M, Hamon S. 1999. Le caféier, *Coffea canephora*. In: Hamon P, Seguin M, Perrier X, Glaszmann JC (eds) Diversité génétique des plantes tropicales cultivées. CIRAD, Montpellier, pp 175-194.
- INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, EC) 1998. Oferta de tecnologías agroforestales para la Amazonía Ecuatoriana. Boletín Divulgativo. Primera Edición. Publicado por GTZ Francisco de Orellana, Ecuador. p19.

- Montagnon C, Leroy T, Yapo A. 1992. Diversité génétique et phénotypique de quelques groupes de caféiers (*Coffea canephora* Pierre) en collection. Conséquences sur leur utilisation en sélection. Café Cacao Thé 36:187-198.
- Montagnon C, Guyot B, Cilas C, Leroy T. 1998. Genetic parameters of several biochemical compounds from green coffee, *Coffea canephora*. Plant Breed 117:576-578.
- Plaza L. 2012. Caracterización fenotípica y selección de genotipos superiores de *Coffea canephora* Pierre en el Banco de Germoplasma de la EET-Pichilingue del INIAP. Tesis de Grado para optar el título de Ingeniero Agrícola. ESPAM. Calceta, Ecuador. p 26-37
- Ramírez, L. 2008. Evaluación del rendimiento de extracción y caracterización del aceite fijo de café tostado tipo genuino anti-gua obtenido por el proceso de prensado. Tesis de grado para optar el Título de ingeniera química Universidad de san Carlos de Guatemala, Guatemala. 2008. Consultado el 10 de marzo del 2013. Disponible en la página web. Biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1093_Q
- Zambrano F. 2014. Determinar la calidad de granos de selecciones avanzadas de café robusta (*Coffea canephora*), Tesis de Grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo. UTEQ. Quedo, Ecuador. p 95-107.