

**MEJORAMIENTO Y HOMOLOGACIÓN  
DE LOS PROCESOS Y PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN,  
VALIDACIÓN Y PRODUCCIÓN DE SERVICIOS EN CACAO Y CAFÉ**

Estación Experimental Tropical Pichilingue  
Programa Nacional Cacao y Café  
Publicación Miscelánea No. 433



Rey Loor Solórzano, PH.D.  
Teresa Casanova Mendoza, Mgs.  
Luis Plaza Avellán, Ing. Agr.  
INIAP - Estación Experimental Tropical Pichilingue



# MEJORAMIENTO Y HOMOLOGACIÓN DE LOS PROCESOS Y PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN, VALIDACIÓN Y PRODUCCIÓN DE SERVICIOS EN CACAO Y CAFÉ

Rey Gastón Loor Solórzano, Ph.D.

Teresa de Jesús Casanova Mendoza, Mgs.

Luis Fernando Plaza Avellán, Ing. Agr.

**2016**

# **MEJORAMIENTO Y HOMOLOGACIÓN DE LOS PROCESOS Y PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN, VALIDACIÓN Y PRODUCCIÓN DE SERVICIOS EN CACAO Y CAFÉ**

Rafael Correa Delgado, Ph.D.  
PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

Scigo. Javier Ponce Cevallos  
MINISTRO DE AGRICULTURA, GANADERÍA, ACUACULTURA Y PESCA

Juan Manuel Domínguez, Ph.D.  
DIRECTOR EJECUTIVO DEL INIAP

## Cita bibliográfica:

Loor, R; Casanova, T; Plaza, L. 2016. Mejoramiento y homologación de los procesos de investigación, validación y producción de servicios en cacao y café. Eds. Publicación Miscelánea No. 433, 1ª ed. INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias), EET-Pichilingue, Mocache, Ecuador. 103 p. ISBN: 978-9942-22-103-2.

## Editores:

Rey Gastón Loor Solórzano, Ph.D  
Teresa de Jesús Casanova Mendoza, Mgs.  
Luis Fernando Plaza Avellán, Ing. Agr.

## Revisores técnicos:

Comité de Publicaciones EET-Pichilingue  
Dirección de Investigaciones INIAP  
Dirección de Transferencia de Tecnología INIAP

## Editor técnico:

Loor Solórzano Rey Gastón

## Diseño gráfico:

Loor Rey y Casanova Teresa

## Fotografías:

Archivo del Programa Nacional Cacao y Café

## Fecha de impresión:

Diciembre, 2016

## Tiraje:

1000 ejemplares

## Impreso en:

Periódico Tierra Grande, Quito - Ecuador

## PREFACE ORIGINAL VERSIÓN

On behalf of Bioversity International it is an honour to write this brief preface. This important INIAP publication of “MEJORAMIENTO Y HOMOLOGACIÓN DE LOS PROCESOS Y PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN, VALIDACIÓN Y PRODUCCIÓN DE SERVICIOS EN CACAO Y CAFÉ” offers a clear set of methodologies to systematically capture production and post-harvest processes in cacao and coffee. Not only is this document important for standardizing the work on cacao and coffee in Ecuador, but also a very useful reference tool for other countries in the region and beyond.

Cacao and coffee producers have often limited access to quality planting materials that are resistant to prevailing pests and diseases, and offer the productivity, flavour and quality potential from which such producers would benefit. The future of cacao and coffee economies significantly depends on the more comprehensive conservation and sustainable use of a much broader genetic base. Breeders and related stakeholders need access to diverse germplasm and linked information on characterization and evaluation work on interesting traits, in order to supply the industry with high-quality products demanded by consumers. The benefits of conserving and utilizing cacao and coffee genetic diversity will only be realized if such diversity is made freely and safely available to researchers engaged in germplasm breeding and improvement programmes. And Ecuador is particularly blessed with its cacao diversity.

Bioversity coordinates the Global Network for Cacao Genetic Resources (CacaoNet) that led the development of the Global Strategy for the Conservation and Use of Cacao Genetic Resources published in 2012. This Strategy mirrors and addresses these same needs to strengthen the use of cacao genetic resources by providing support to breeders and key users through improved characterization, evaluation within collections and supporting population enhancement programmes.

Thanks to the strong commitment and efforts of INIAP we have a set of standardized protocols to assist us in evaluating and using valuable genetic resources through research, breeding and the development of improved planting materials.



Dr Stephan Weise  
Deputy Director General – Research  
Bioversity International, Rome, Italy



# PREFACIO

## VERSIÓN ORIGINAL

En nombre de Bioversity International es un honor escribir este breve prefacio. Esta importante publicación del INIAP sobre el “MEJORAMIENTO Y HOMOLOGACIÓN DE LOS PROCESOS Y PROTOCOLOS DE INVESTIGACIÓN, VALIDACIÓN Y PRODUCCIÓN DE SERVICIOS EN CACAO Y CAFÉ” ofrece un claro conjunto de metodologías con el fin de captar sistemáticamente los procesos de producción y post-cosecha del cacao y el café. Este documento no es sólo importante para estandarizar el trabajo con el cacao y café en Ecuador, sino también una herramienta muy útil de referencia para otros países de la región y de más allá.

A menudo, los productores de cacao y café tienen acceso limitado a materiales de sembrado de calidad que sean resistentes a las plagas y enfermedades predominantes y que ofrezcan productividad, sabor y calidad potencial de la que dichos productores se beneficiarían. El futuro de las economías basadas en el cacao y café depende significativamente de la mayor comprensión de la conservación y el uso sostenible de una más amplia base genética. Los cultivadores y partes interesadas relacionadas a ellos necesitan acceso a la variedad de germoplasma e información vinculada al trabajo de caracterización y evaluación de los rasgos interesantes, con la finalidad de abastecer a la industria con productos de alta calidad demandados por los consumidores. Los beneficios que derivan de la conservación y la utilización de la diversidad genética del cacao y el café se alcanzarán solamente si tal diversidad se hace disponible, en modo libre y seguro, a los investigadores comprometidos en los programas de mejoramiento en el cultivo del germoplasma. Y el Ecuador es un país particularmente bendecido por la diversidad de su cacao.

Bioversity coordina la Red Global de Trabajo en Recursos Genéticos del Cacao “Global Network for Cacao Genetic Resources” (CacaoNet), que condujo al desarrollo de la Estrategia Global para la Conservación y Uso de los Recursos Genéticos del Cacao “Global Strategy for the Conservation and Use of Cacao Genetic Resources” publicado en el 2012. Dicha estrategia refleja y direcciona estas mismas necesidades para fortalecer el uso de los recursos genéticos del cacao a través de brindar apoyo a los mejoradores de cultivo y usuarios clave mediante el mejoramiento de la caracterización, la evaluación dentro de las colecciones y programas para la mejora de apoyo a la población.

Gracias al fuerte compromiso y los esfuerzos del INIAP tenemos una serie de protocolos estandarizados que nos ayudan en la evaluación y el uso de valiosos recursos genéticos a través de la investigación, la mejora en el cultivo y el desarrollo de mejorados materiales de sembrado.



Dr Stephan Weise  
Director General Adjunto – Investigación  
Bioversity International, Roma, Italia



## AGRADECIMIENTOS

Por los comentarios y sugerencias que permitieron mejorar el contenido y la organización de esta Publicación Miscelánea, expresamos nuestra profunda gratitud a:

- El Comité de Publicaciones de la EET-Pichilingue.
- La Dirección de Investigaciones del INIAP.
- La Dirección de Transferencia de Tecnología del INIAP.

La impresión de esta Publicación Miscelánea ha sido posible gracias al soporte financiero otorgado por la Hacienda “La Chola”, empresa comprometida con la investigación y desarrollo cacaotero del Ecuador.

Los Editores

# CONTENIDO

PREFACE .....	i
PREFACIO .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
CONTENIDO .....	iv
LISTA DE FOTOS .....	v
ANTECEDENTES .....	vii
<b>SECCIÓN UNO.</b> Definición de protocolos .....	01
Rubro Cacao	
Protocolo 1. Características agronómicas.....	03
Protocolo 2. Características productivas.....	07
Protocolo 3. Características de compatibilidad genética .....	09
Protocolo 4. Evaluación de enfermedades en campo .....	13
Protocolo 5. Beneficio post-cosecha .....	17
Protocolo 6. Calidad integral del grano y derivados .....	21
Protocolo 7. Métodos de multiplicación de plantas clonales de cacao.....	31
Rubro Café	
Protocolo 1. Características agronómicas.....	35
Protocolo 2. Características productivas.....	39
Protocolo 3. Características sanitarias .....	41
Protocolo 4. Beneficio post-cosecha .....	47
Protocolo 5. Calidad integral del grano y derivados .....	49
Protocolo 6. Multiplicación clonal en campo de individuos seleccionados de café robusta ( <i>Coffea canephora</i> )	57
Protocolo 7. Multiplicación sexual en campo de individuos seleccionados de café arábigo ( <i>Coffea arabica</i> ).....	63
<b>SECCIÓN DOS.</b> Nuevo enfoque de trabajo.....	69
Responsabilidad en territorio de cada Estación Experimental en función de su área de influencia y POA 2016 .....	72
Condiciones necesarias para armonizar el trabajo de Investigación, Transferencia y Producción.....	73
<b>SECCIÓN TRES.</b> Compromisos actuales y futuros .....	75
A. Presentación de Notas Conceptuales de Investigación.....	77
B. Desarrollo e incorporación de plataforma informática .....	77
C. Acciones en marcha .....	77
<b>ANEXOS</b> .....	79
1. Formatos para registro de datos agronómicos en cacao .....	81
2. Formato para evaluación de compatibilidad genética en cacao .....	82
3. Formato para registro de datos productivos y sanitarios en cacao.....	83
4. Formato para registro de datos de evaluación física de las almendras de cacao.....	84
5. Formato para registro de datos de evaluación sensorial en licor de cacao .....	85
6. Formato para evaluación de datos agronómicos en café .....	86
7. Formato para evaluación de datos productivos en café .....	87
8. Formato para evaluación de principales plagas en café .....	88
9. Formato para evaluación de la incidencia y severidad de roya en café.....	89
10. Formato para evaluación de análisis físico de café oro.....	90
11. Formato para evaluación de análisis químico en café.....	91
12. Formato para catación de café (SCAA).....	92
13. Formato para registro de datos de defectos físicos en café verde “oro” .....	93
14. Materiales requeridos para realizar la polinización en cacao.....	94
15. Materiales requeridos para realizar la multiplicación clonal de cacao.....	94



## LISTA DE FOTOS

Foto 1. Medición de la altura de planta de un árbol híbrido de cacao.....	03
Foto 2. Medición de la altura de planta de un árbol de cacao clonal .....	03
Foto 3. Medición del diámetro del tallo de una planta híbrida de cacao.....	04
Foto 4. Medición del diámetro del tallo de una planta de cacao clonal.....	04
Foto 5. Medición del diámetro de la corona foliar de una planta de cacao clonal .....	04
Foto 6. Medición del ángulo de inserción del verticilo de una planta de cacao .....	05
Foto 7. Formas de la copa de una planta híbrida de cacao.....	05
Foto 8. Formas de la copa de una planta de cacao clonal .....	05
Foto 9. Cosecha de mazorcas sanas.....	07
Foto 10. Peso de cacao fresco por planta durante la cosecha.....	07
Foto 11. Botones florales aislados .....	09
Foto 12. Botones convertidos en flores .....	09
Foto 13. Autopolinización de una flor con polen de la misma flor o del mismo árbol .....	10
Foto 14. Polinización de una flor con polen de otro árbol (cruzamiento) .....	10
Foto 15. Emasculación de una flor de cacao .....	10
Foto 16. Protección de flor polinizada.....	10
Foto 17. Identificación de flor polinizada .....	10
Foto 18. Flor transformada en mazorca .....	10
Foto 19. Plantas de cacao afectadas por: escoba de bruja vegetativa, cojinetes florales y fruto chirimoya.....	13
Foto 20. Mazorcas de cacao afectadas por: Monilia, escoba de bruja y pudrición negra .....	14
Foto 21. Fermentación de almendras de cacao en cajas de madera .....	17
Foto 22. Fermentación de almendras de cacao en tendal.....	17
Foto 23. Micro-fermentación de almendras de cacao en cajas grandes, utilizando bolsas de nylon.....	17
Foto 24. Fermentación de almendras de cacao utilizando cajas Rohan .....	18
Foto 25. Remoción de almendras de cacao durante el proceso de fermentación .....	18
Foto 26. Pre-secado de almendras de cacao CCN 51.....	18
Foto 27. Secado de almendras de cacao utilizando tendales de cemento y marquesinas.....	18
Foto 28. Almacenamiento de almendras de cacao fermentadas y secas utilizando bolsas de tela de malla .....	19
Foto 29. Determinación del contenido de humedad de las almendras de cacao.....	21
Foto 30. Clasificación de almendras fermentadas.....	21
Foto 31. Pesaje y sacado de cascarilla de almendras de cacao.....	21
Foto 32. Pesaje de almendras de cacao.....	22
Foto 33. Determinación del pH del cotiledón .....	22
Foto 34. Preparación de licor de cacao .....	28
Foto 35. Molienda, conchado y colocación en moldes de la pasta de cacao .....	28
Foto 36. Evaluación sensorial del licor de cacao .....	29
Foto 37. Lectura espectrométrica de infrarrojo cercano (NIRS) de muestras de cacao en polvo, utilizando un espectrofotómetro Foss 6500 .....	29
Foto 38. Lectura espectrométrica de almendras de cacao, utilizando la técnica de luz visible (equipo DIGIEYE) ..	30
Foto 39. Preparación del sustrato.....	31
Foto 40. Llenado de fundas con sustrato.....	32
Foto 41. Siembra de semillas patrón .....	32
Foto 42. Recolección de varetas porta-yemas.....	32
Foto 43. Preparación del patrón previo a su injertación.....	33
Foto 44. Proceso de injertación de un patrón .....	33
Foto 45. Aclimatación de plantas de cacao injertadas, previo a la siembra en campo.....	33
Foto 46. Medición de la altura de planta de café.....	35
Foto 47. Medición del diámetro del tallo de planta de café.....	35
Foto 48. Cantidad de ramas por árbol .....	35
Foto 49. Cantidad de ramas productivas.....	36
Foto 50. Medición de la longitud de rama.....	36
Foto 51. Número de nudos en la rama .....	36
Foto 52. Distancia de entrenudos .....	36
Foto 53. Distancia entre ramas .....	37



Foto 54. Tallo principal de árboles de café con diferentes estados de inclinación .....	37
Foto 55. Cosecha de café cereza .....	39
Foto 56. Evaluación del porcentaje de grano vano.....	39
Foto 57. Fruto con broca.....	41
Foto 58. Hojas afectadas con Minador .....	42
Foto 59. Presencia de escamas en café .....	42
Foto 60. Ramas con daños por presencia del taladrador .....	43
Foto 61. Planta de cafeto joven .....	43
Foto 62. Descripción de toma de muestras en planta adulta .....	43
Foto 63. Incidencia de roya en las hojas del cafeto .....	44
Foto 64. Frutos de café con ojo de gallo.....	44
Foto 65. Frutos de café con mancha de hierro .....	44
Foto 66. Despulpado de café .....	47
Foto 67. Fermentado de café .....	47
Foto 68. Lavado del café .....	47
Foto 69. Secado del café .....	48
Foto 70. Marquesina para secado de café.....	48
Foto 71. Secado de café cereza .....	48
Foto 72. Café bola seca .....	48
Foto 73. Determinación de humedad.....	49
Foto 74. Peso de café bola.....	49
Foto 75. Trillado de café bola.....	49
Foto 76. Peso de café pilado.....	50
Foto 77. Peso de café oro .....	50
Foto 78. Prueba de tamizaje.....	51
Foto 79. Retiro de los granos de café en las zarandas.....	51
Foto 80. Peso de granos retirados de las zarandas .....	51
Foto 81. Defectos físicos de granos de café .....	52
Foto 82. Tostado del café .....	53
Foto 83. Café tostado.....	53
Foto 84. Café molido.....	54
Foto 85. Proceso de catación del café.....	54
Foto 86. Selección de rama, corte de vareta y obtención de esquejes .....	58
Foto 87. Siembra de esqueje.....	58
Foto 88. Planta de café robusta agobiada .....	58
Foto 89. Esqueje de café robusta .....	59
Foto 90. División del esqueje .....	59
Foto 91. Ejemplos de cortes realizados en las hojas para reconocer los diferentes clones de esquejes .....	60
Foto 92. Esqueje enraizado .....	60
Foto 93. Base de piedra .....	60
Foto 94. Medio de enraizamiento (sustrato con arena).....	61
Foto 95. Cierre de cámaras de enraizamiento.....	61
Foto 96. Camas de endurecimiento de esquejes con raíces .....	62
Foto 97. Plantas madre .....	63
Foto 98. Cosecha de frutos maduros .....	63
Foto 99. Cerezas seleccionadas .....	64
Foto 100. Prueba para determinación de frutos vanos.....	64
Foto 101. Proceso post-cosecha .....	64
Foto 102. Defectos físicos de los granos de café pergamino .....	65
Foto 103. Semillero o germinador.....	65
Foto 104. Sustrato del semillero .....	65
Foto 105. Siembra de café en semilleros o germinadores .....	66
Foto 106. Estado de plántulas de café en semilleros .....	66
Foto 107. Sustrato y llenado de fundas .....	66
Foto 108. Distribución de fundas en vivero .....	67
Foto 109. Trasplante de chapolas de café a las fundas.....	67

## ANTECEDENTES

Con más de medio siglo desde su creación en el INIAP, el Programa Nacional de Cacao, actualmente integrado con Café “PNCC”, tiene como misión: “Producir conocimiento, información y tecnología para promover la sostenibilidad ecológica, estabilidad agronómica y competitividad económica de los sistemas de producción basados en ambos rubros”.

La problemática que atañe a cada cultivo “cacao o café” es indudablemente muy compleja, por lo que es necesario diseñar y coordinar estrategias que permitan establecer y definir políticas de trabajo científico y técnico acorde a las distintas realidades que enfrentan las diversas zonas agroecológicas de producción en ambos rubros. Para lo cual, la conformación de equipos de trabajos especializados, con capacidad para presentar propuestas innovadoras e integradoras de tipo multidisciplinario por territorio, es vital para mejorar los índices de impacto positivo que el INIAP puede generar en beneficio de este sector agropecuario del país.

Hasta ahora, a pesar que el PNCC es uno solo en el INIAP, ha resultado evidente que cada Estación Experimental (EE) propone su propio plan y objetivos de trabajo (Plan Operativo Anual - POA), lo que en ocasiones ha causado duplicidad de esfuerzos y, como consecuencia, un desgaste generalizado de recursos económicos, logísticos y humanos.

En este contexto, para mejorar su desempeño, trabajo y cobertura técnica/científica, el PNCC del INIAP identificó como prioritaria la materialización de un documento que desde una perspectiva técnica y científica, tenga como objetivo “orientar los trabajos de investigación, validación y producción que desarrolla el equipo multidisciplinario del INIAP en los rubros cacao y café sobre el territorio nacional”.

Para lograr alcanzar el objetivo planteado, se reunió a un grupo de profesionales que cuentan con una larga trayectoria y reconocida experiencia en investigación y desarrollo en ambos rubros, quienes en su mayoría cuentan con títulos de cuarto nivel (MSc o PhD) en sus respectivas áreas de especialización. Con estos especialistas, se organizaron talleres y reuniones, en donde se abrieron espacios de trabajo y discusiones con un enfoque inductivo y deductivo, basado en la experiencia de campo y laboratorio de los participantes.

Se abordaron sistemáticamente temas relacionados a las estrategias de trabajo e intervención de cada EE y la necesidad o no de modificar, eliminar o incluir nuevas variables en los procedimientos de evaluación

tradicionalmente utilizados. En este proceso, se realizó una revisión integral y detallada de cada una de las variables disponibles, utilizando como apoyo básico la literatura publicada, para guiar las discusiones y enriquecer el contenido de los protocolos a definir, tratando de facilitar con ilustraciones su aplicación y comprensión por parte del público lector en general.

Este esfuerzo permitió homologar y definir de manera precisa criterios técnicos y científicos, que se traducen en siete protocolos para el rubro cacao y siete protocolos para el rubro café, todos desarrollados con criterio y rigor científico, para poder conducir pruebas experimentales y entregar servicios tecnológicos objetivos, que cuenten con estándares de excelencia en sus procedimientos. Por otro lado, se logró también realizar una distribución espacial del área de responsabilidad a cargo de cada EE del INIAP, donde funciona el PNCC. En consecuencia, también se presenta un mapa de intervención por territorio, que desde la perspectiva de esta guía facilitará la gestión institucional con una mejor y ordenada planificación, intervención e interacción entre las estaciones experimentales que desarrollan actividades de I+D en los rubros cacao y café, lo que seguro ayudará a obtener resultados más relevantes en función de sus respectivas áreas de influencia en el territorio nacional.

Con estos antecedentes, la presente guía debe ser considerada como una primera edición que puede ser mejorada en un futuro con nuevas aportaciones, en la medida que vaya evolucionando la tecnología, los nuevos escenarios y el Instituto en sí. Esta guía se encuentra dividida en tres secciones que se sumarizan a continuación:

- **SECCIÓN UNO:** Definición de protocolos: Cubre los diferentes tópicos concernientes a los criterios de evaluación (protocolos de investigación) tanto a nivel de campo y laboratorio, para ambos rubros; así como también protocolos para la producción de servicios tecnológicos en cacao y café.
- **SECCIÓN DOS:** Nuevo enfoque de trabajo: Se definen las responsabilidades en territorio de cada Estación Experimental, en función de su área de influencia, identificando las actividades exclusivas del PNCC y las que se llevarán en conjunto con el Departamento de Transferencia de Tecnología.
- **SECCIÓN TRES:** Compromisos actuales y futuros: Comprende la presentación de propuestas de trabajo, elaboración de notas conceptuales que identifiquen potenciales proyectos de I+D+i que pudieran ser desarrollados, plataforma informática y acciones complementarias de seguimiento que permitan asegurar el compromiso de contar con un solo POA en estos rubros.



## SECCIÓN 01

### Definición de protocolos

El registro de datos de las variables a tomar en los ensayos de cacao y café, se realizará en cada uno de los tratamientos de la parcela neta de la unidad experimental, sin considerar las plantas fuera de tipo, muertas, resiembras y enfermas.





# RUBRO CACAO

## Protocolo 1 Características agronómicas

Loor, R.<sup>1</sup>; Tarqui, O.<sup>1</sup>; Zambrano, I.<sup>1</sup>; Benavides, J.<sup>1</sup>; Quijano, G.<sup>1</sup>; Casanova, T.<sup>1</sup>; Sotomayor, I.<sup>1</sup>,. Garzón, I.<sup>2</sup>; Quiroz, J.<sup>3</sup>; Mestanza, S.<sup>3</sup>; Párraga, J.<sup>4</sup>; Subía, C.<sup>5</sup>; Calderón, D.<sup>5</sup>

### 1.1. Altura de planta “AP” (cm)

Híbridos: Se mide desde el nivel del suelo hasta la altura de formación del verticilo (molinillo u horqueta), utilizando una regla graduada en centímetros (Foto 1).

Clones: Se mide desde el nivel del suelo hasta el ápice de la planta (hoja más alta), utilizando una regla graduada en centímetros. Se realizan tres mediciones puntuales: a los 6, 12 y 18 meses, antes de la primera poda de formación (Foto 2).



Foto 1. Medición de la altura de un árbol híbrido de cacao.



Foto 2. Medición de la altura de un árbol de cacao clonal.

1 Programa Nacional Cacao y Café EE-Tropical Pichilingue  
2 Departamento de Biotecnología EE-Tropical Pichilingue  
3 Programa Cacao y Café EE-Litoral Sur  
4 Programa Cacao y Café EE-Portoviejo  
5 Programa Cacao y Café EE-Central Amazónica



## 1.2. Diámetro del tallo “DT” (cm)

Híbridos: Se realiza la medición del diámetro del tallo principal, a una altura de 40 cm sobre el nivel del suelo, utilizando un calibrador Vernier (Foto 3). Se realiza a los 6, 12 y 18 meses de edad.



Foto 3. Medición del diámetro del tallo de una planta híbrida de cacao.

Clones: Se considera la sumatoria de los diámetros de las ramas principales, medidos a una altura de 40 cm sobre el nivel del suelo, utilizando un calibrador Vernier (Foto 4). Se realiza a los 6, 12 y 18 meses de edad.



Foto 4. Medición del diámetro del tallo de una planta de cacao clonal.

## 1.3. Diámetro de la corona foliar “DCF” (cm)

Tanto en híbridos como en clones, se mide la longitud existente entre el ápice de las hojas ubicadas en las dos ramas más distantes, al nivel del tercio medio de la planta, utilizando una regla o cinta métrica (Foto 5). Esta variable se registra conjuntamente con las variables altura de planta y diámetro de tallo a los 6, 12 y 18 meses de edad.



Foto 5. Medición del diámetro de la corona foliar de una planta de cacao clonal.

## 1.4. Circunferencia del tallo “CT” (cm)

Para obtener el valor de circunferencia del tallo (C) se realiza la conversión del valor obtenido en la variable diámetro del tallo, aplicando la siguiente fórmula:

$$C = D * \pi$$

Donde:

C = Circunferencia del tallo

D = Diámetro del tallo

$\pi$  = 3.1416

## 1.5. Índice de Vigor “IV”

Es una medida que hace referencia al volumen de biomasa de la planta. Tanto en híbridos como en clones, se determina en la época seca (julio-agosto). Se registra a los 6, 12 y 18 meses de edad de la planta, utilizando los datos de circunferencia de tallo, altura de



planta y diámetro de corona foliar, aplicando la siguiente fórmula:

$$IV = \frac{C^2}{4} \sqrt{H^2 * \frac{L^2}{4}}$$

Donde:

IV = Índice de vigor

C = Circunferencia del tallo (cm)

H = Altura de planta (cm)

L = Diámetro de corona foliar (cm)

### 1.6. Ángulo de inserción del verticilo “AIV” (° grados)

Esta variable se evalúa en plantas provenientes de semilla (híbridos), plantas somáticas y plantas provenientes de estacas ortotrópicas. Se registra luego del aparecimiento del verticilo (molinillo u horqueta), considerando el promedio del número de grados del ángulo formado en el punto de inserción de las ramas principales y el tallo de la planta, utilizando un graduador (Foto 6).



Foto 6. Medición del ángulo de inserción del verticilo de una planta de cacao.

### 1.7. Forma de la copa “FC”

Tanto en híbridos (Foto 7) como en clones (Foto 8), se registra en la época seca (julio) mediante observación visual, utilizando la siguiente escala:

1=Copa horizontal

2=Copa semi-erecta

3=Copa erecta.

#### Híbridos

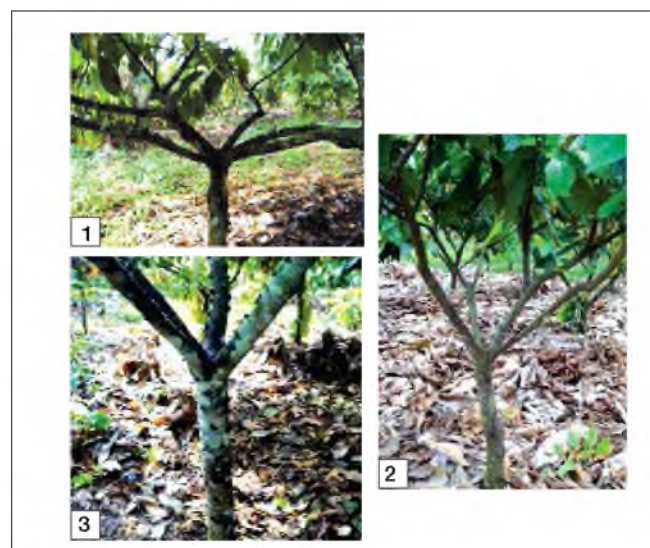


Foto 7. Formas de la copa de una planta híbrida de cacao.

#### Clones

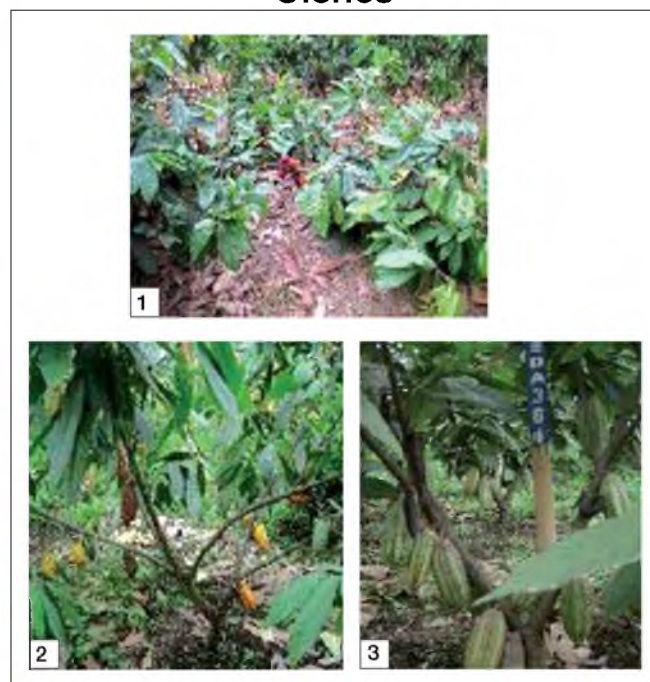


Foto 8. Formas de la copa de una planta de cacao clonal.



## BIBLIOGRAFÍA

- Campi, C. 2013. Caracterización fenotípica de 49 accesiones clonales de Cacao (*Theobroma cacao* L) para desarrollar su capacidad de uso. Tesis para obtención de título de Ingeniero Agrónomo. Quevedo, Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 69 p.
- Casanova, J. 2003. Evaluación de barreras físicas provenientes de desechos orgánicos en el combate al gusano barrenador de las raíces (*Zagalaza valida*) en palma africana. Tesis de grado. Portoviejo, Ecuador. Universidad Técnica de Manabí. 30 p.
- Castro, C. 2014. Efecto de los fertilizantes de liberación controlada sobre el desarrollo de plantas de cacao (*Theobroma cacao*), en vivero, en Santo Domingo de Los Tsáchilas. Tesis Ing. Agrop. Santo Domingo de Los Tsáchilas, Ecuador. ESPE, Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura, Carrera de Ingeniería Agropecuaria. p. 74
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). 2010. CACAO ORGÁNICO. Guía para productores ecuatorianos. Manual Nro. 54. 2da. Edición. ISBN: 9978-43-493-3. Quito, Ecuador. 407 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. 121 p.
- Saucedo A. 2003. Comportamiento de híbridos de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional en la zona de Quevedo. Babahoyo, Ecuador. Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Babahoyo. 83 p.
- Tarqui, O. 2010. Evaluación de clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) provenientes de plántulas híbridas seleccionadas por resistencia a la enfermedad Escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*). Quevedo, Ecuador. Facultad de ciencias Agrarias. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 50 p.

# Protocolo 2

## Características productivas

Loor, R.<sup>1</sup>; Tarqui, O.<sup>1</sup>; Zambrano, I.<sup>1</sup>; Benavides, J.<sup>1</sup>; Quijano, G.<sup>1</sup>; Casanova, T.<sup>1</sup>; Sotomayor, I.<sup>1</sup>; Garzón, I.<sup>2</sup>; Quiroz, J.<sup>3</sup>; Mestanza, S.<sup>3</sup>; Párraga, J.<sup>4</sup>; Subía, C.<sup>5</sup>; Calderón, D.<sup>5</sup>

### 2.1. Número de mazorcas sanas “NMS”

Se contabiliza el número total de mazorcas sanas fisiológicamente maduras por árbol, en función del pico y frecuencia de cosecha (Foto 9).



Foto 9. Cosecha de mazorcas sanas.

### 2.2. Peso de cacao fresco (g) por planta “PCF”

En cada evento de cosecha, se registra el peso total de cacao fresco por árbol, sin maguay (Foto 10).



Foto 10. Peso de cacao fresco por planta durante la cosecha.

### 2.3. Índice de mazorca (IM)

Es el número de mazorcas maduras y sanas necesarias de cada genotipo, para obtener un kg de cacao seco. Esta variable se calcula dos veces al año, en coincidencia con cada pico de cosecha (uno en invierno y otro en verano). Para su cálculo, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de mazorca (IM)} = \frac{(\text{Número de mazorcas} \times 1000)}{(\text{Peso (g) de las almendras secas})}$$

### 2.4. Índice de semilla “IS”

Es el peso de una semilla fermentada y seca. Para determinar esta característica, se registra el peso en gramos de 100 almendras tomadas al azar. Para efectos de cálculo, se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de semilla (IS)} = \frac{\text{Peso (g) de 100 almendras}}{100 \text{ almendras}}$$

## BIBLIOGRAFÍA

- Campi, C. 2013. Caracterización fenotípica de 49 accesiones clonales de Cacao (*Theobroma cacao* L) para desarrollar su capacidad de uso. Tesis para obtención de título de Ingeniero Agrónomo. Quevedo, Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 69 p.
- Castro, C. 2014. Efecto de los fertilizantes de liberación controlada sobre el desarrollo de plantas de cacao (*Theobroma cacao*), en vivero, en Santo Domingo de Los Tsáchilas. Tesis Ing. Agrop.. Santo Domingo de Los

1 Programa Nacional de Cacao y Café EE-Tropical Pichilingue  
2 Departamento de Biotecnología EE-Tropical Pichilingue  
3 Programa Cacao y Café EE-Litoral Sur  
4 Programa Cacao y Café EE-Portoviejo  
5 Programa Cacao y Café EE-Central Amazónica



Tsáchilas, Ecuador. ESPE, Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura, Carrera de Ingeniería Agropecuaria. p. 74

- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). 2010. CACAO ORGÁNICO. Guía para productores ecuatorianos. Manual Nro. 54. 2da. Edición. Quito, Ecuador. 407 p. ISBN: 9978-43-493-3.
- 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. 121 p.
- Saucedo A. 2003. Comportamiento de híbridos de cacao (*Theobroma cacao L.*) tipo Nacional en la zona de Quevedo. Quevedo. Ecuador. Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Babahoyo. 83 p.
- Tarqui, O. 2010. Evaluación de clones de cacao (*Theobroma cacao L.*) provenientes de plántulas híbridas seleccionadas por resistencia a la enfermedad Escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*). Quevedo, Ecuador. Facultad de ciencias Agrarias. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 50 p.

# Protocolo 3

## Características de compatibilidad genética

Loor, R.<sup>1</sup>; Quijano, G.<sup>1</sup>; Quiroz, J.<sup>2</sup>

La compatibilidad se la traduce como la capacidad de una planta de cacao para producir semillas, ya sea por autopolinización (AP) o polinización cruzada (PC), las cuales, en ambos casos se pueden dar por métodos naturales (viento, insectos) o artificiales (mano del hombre).

Con base en los eventos de polinización descritos (AP y PC), se podrá hacer la siguiente clasificación:

- Plantas autocompatibles. Las flores de un árbol de cacao pueden fecundarse a sí mismas o a otras flores del mismo árbol.
- Plantas autoincompatibles. Las flores de un árbol no pueden fecundarse a sí mismas o a flores del mismo árbol
- Cruces compatibles. El polen de las flores de un árbol de cacao puede fecundar a las flores de otro árbol.
- Cruces incompatibles. El polen de las flores de un árbol de cacao no puede fecundar a las flores de otro árbol.

### Procedimiento para realizar la polinización artificial

#### Día 1. Aislamiento de botones florales

1. En horas de la tarde se aíslan los botones florales, femeninos y masculinos que estén listos para su próxima apertura o antesis (Foto 11).



Foto 11. Botones florales aislados.

#### Día 2. Constatación de botones que se han convertido en flores

2. En la mañana (de 06h00 a 12h00), se constatan aquellos botones que se han abierto completamente hasta convertirse en flor (Foto 12).



Foto 12. Botones convertidos en flores.

3. Se procede a realizar las autopolinizaciones y cruzamientos. Con ayuda de una pinza fina y curva, se frota sobre el estilo/estigma de la flor madre, ya sea el polen de la misma flor o del mismo árbol (Foto 13. autopolinizaciones) o polen del árbol padre (Foto 14. cruzamientos).

1 Programa Nacional Cacao y Café EE-Tropical Pichilingue

2 Programa Cacao y Café EE-Litoral Sur





Foto 13. Autopolinización de una flor con polen de la misma flor o del mismo árbol.



Foto 14. Polinización de una flor con polen de otro árbol (cruzamiento).

4. La emasculación (eliminación de los estambres) es obligatoria en el caso de los cruzamientos, sin que sea necesaria en el caso de las autopolinizaciones (Foto 15).



Foto 15. Emasculación de una flor de cacao.

5. La flor así polinizada se cubre inmediatamente después de terminado el proceso, para evitar la contaminación con polen foráneo o insectos (Foto 16). Esta protección se mantiene durante los tres días posteriores.



Foto 16. Protección de flor polinizada.

6. Cada flor polinizada debe ser debidamente identificada (Foto 17).



Foto 17. Identificación de flor polinizada.

7. Transcurridos 15 días desde la polinización, se observa que la flor se ha transformado en un pequeño fruto, procediendo a retirar el tubo de plástico, para que la mazorca continúe con su desarrollo normal (Foto 18).



Foto 18. Flor transformada en mazorca.

## Pruebas Estadísticas:

Para determinar la compatibilidad, se podrá utilizar cualquiera de las siguientes pruebas estadísticas:

- a. Prueba binomial
- b. Chi Cuadrado

En ambos casos se establece un porcentaje mínimo del 30% de fecundación para considerar a una planta autocompatible o un cruce compatible.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, R. and Bullard, E.T. 1961. Compatibility of interclonal hybrid cacao. American Society for Horticultural Science Caribbean Region. Proceedings 5:100-104.
- Ampuero, P.E. 1960. Producción de mazorcas híbridas interclonales de cacao para distribución a los agricultores. Quevedo, Ecuador. Estación Experimental Tropical Pichilingue. 2 p.
- Azpeitia, M.A.; Barrón, G.Y.; Mirafuentes, H.A.; Castillo, G.R. y López, A.F. 2011. Tecnología adaptada para la formación de híbridos interclonales de cacao en Tabasco. In: XXII Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Villahermosa, Tabasco. 266-270.
- Decker, H.G. 1956. Estudio de la auto-compatibilidad y compatibilidad en cruces para determinar los hábitos de polinizaciones de los clones de cacao de la Estación Experimental Tropical Pichilingue. Tesis Ing. Agr. Guayaquil, Ecuador. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad de Guayaquil. 72 p.
- Maldonado, P.E. 1961. Investigación sobre nuevos métodos de polinización artificial en el cacao. Tesis Ing. Agr. Quito, Ecuador. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Central. 49 p.







## Protocolo 4

# Evaluación de enfermedades en campo

Vera, D.<sup>1</sup>; Navarrete, J.<sup>1</sup>; Pico, J.<sup>2</sup>; Cañarte, E.<sup>3</sup>; Mendoza, A.<sup>3</sup>; Garcés, S.<sup>4</sup>

### 4.1. Evaluación de la enfermedad Escoba de bruja causada por el hongo *Moniliophthora perniciosa* (Stahel) Aime y Phillips-Mora (antes llamada *Crinipellis perniciosa*).

La Escoba de bruja es una enfermedad que afecta los tejidos y brotes en crecimiento de las plantas de cacao. En este sentido, el número de brotes varía según la arquitectura de la planta, ya que está en función del tipo de propagación utilizado. En plantas híbridas o de semilla, se inicia con una evaluación al sexto mes, después de la siembra en campo (previo a la formación del verticilo). Después de la formación del verticilo o molinillo, se evalúa anualmente la incidencia de escobas vegetativas (Foto 19a) y en cojinetes florales. La evaluación de escobas cojinetes (Foto 19b) y chirimoyas (Foto 19c) se realiza a partir del segundo año de evaluación (a la cosecha) o cuando haya flores y frutos.

En el caso de plantas de procedencia clonal, debido a la mayor presencia de brotes desde la primera etapa de desarrollo del cultivo, la evaluación de la incidencia y severidad de Escobas vegetativas se realiza desde el primer año, para lo cual se utiliza la misma metodología propuesta para la evaluación de escobas vegetativas en plantas híbridas adultas.



Foto 19. Plantas de cacao afectadas por escoba de bruja vegetativa (a), cojinetes florales (b) y fruto chirimoya (c).

1 Departamento Protección Vegetal EE-Tropical Pichilingue

2 Departamento Protección Vegetal EE-Central Amazónica

3 Departamento Protección Vegetal EE-Portoviejo

4 Departamento Nacional de Protección Vegetal EE-Santa Catalina



## Incidencia de escobas (%)

Para el efecto, se realizan las siguientes actividades:

- En cada planta se registra el número de escobas vegetativas por número total de brotes encontrados en cada planta.
- Para pruebas de selección de árboles élitos de cacao, se recomienda evaluar la incidencia (porcentaje de escobas) y severidad (estado de desarrollo de las escobas) en plantas desde uno, dos y tres años de edad.
- La incidencia (en porcentaje) se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Incidencia (\%)} = \frac{\text{Número de escobas vegetativas}}{\text{Número total de brotes}} \times 100$$

## Severidad

Se estima la intensidad del ataque de la enfermedad, de acuerdo a la escala de desarrollo de la Escoba de bruja vegetativa en la planta (Cuadro 1).

Cuadro 1. Determinación de la severidad de escoba de bruja en cacao, basados en el estado evolutivo (vigor) de las escobas vegetativas.

Escala	Representación	Característica del nivel
1	Infección leve	Inicial engrosamiento anormal del brote apical.
2	Infección moderada	Engrosamiento anormal de brote apical y deformación de hojas en brote apical.
3	Infección elevada	Escoba completamente formada en brote apical.

## 4.2. Evaluación de enfermedades de la mazorca

- Las mazorcas pueden ser afectadas por un sinnúmero de agentes bióticos, que son causales de enfermedades; sin embargo, la Monilia (Foto 20a), Escoba de bruja (Foto 20b) y la Pudrición negra (Foto 20c) son las más comunes.

- Los estados iniciales de Monilia y Escoba de bruja pueden ser fácilmente confundidos entre ellos y, en menor proporción con otros problemas fitosanitarios como la Pudrición negra causada por *Phytophthora* y *Lasiodiplodia* o Carbón.

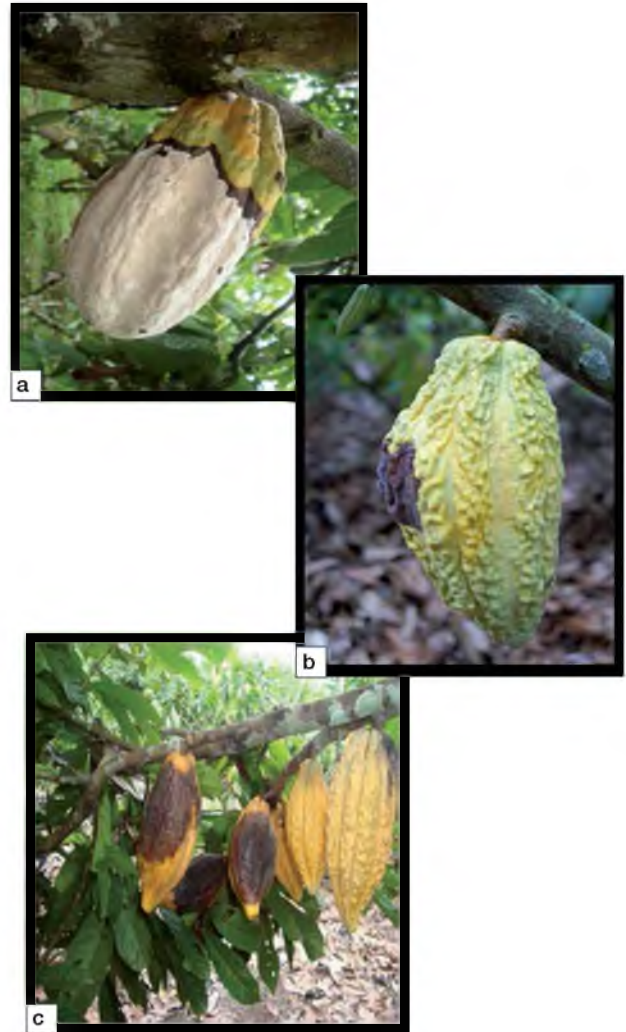


Foto 20. Mazorcas de cacao afectadas por: Monilia (a), Escoba de Bruja (b) y Pudrición negra (c).

### a. Incidencia de Monilia causada por *Moniliophthora perniciosa* [(Cif y Par) Evans et al.].

- La incidencia de Monilia se registra junto con la cosecha de frutos sanos y/o eliminación de frutos enfermos. Se calcula en porcentaje.
- El porcentaje de incidencia se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Incidencia (\%)} = \frac{\text{Número de mazorcas con síntomas y signos}}{\text{Número total mazorcas colectadas}} \times 100$$

- Si se efectúa la remoción semanal de frutos enfermos, se registra este dato de frutos con síntomas y signos de la enfermedad, valor que se adiciona a los frutos enfermos en la siguiente cosecha. Para discriminar los frutos con *Monilia*, se los deja partidos al pie del árbol para luego de dos días revisar la presencia de signos de *Monilia* (micelio blanco y esporas).

## b. Incidencia de frutos enfermos.

- La incidencia de frutos enfermos se obtiene mediante el conteo de todos los frutos que presenten síntomas de necrosis, pero que no desarrollan signos de la enfermedad, es decir no hay presencia de micelio y esporas en la parte afectada.
- El total de frutos enfermos se divide para el total de frutos cosechados (sanos y enfermos) y se multiplica por cien. La evaluación de incidencia de frutos enfermos se realiza al momento de la cosecha.
- El porcentaje de incidencia se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Incidencia (\%)} = \frac{\text{Número de mazorcas enfermas con síntomas y signos diferentes a Monilia}}{\text{Número total mazorcas colectadas}} \times 100$$

## BIBLIOGRAFÍA

- Departamento Nacional de Protección Vegetal. 1996. Manejo Integrado de enfermedades en cacao. Seminario taller de Manejo de Plagas y Enfermedades. Quevedo, Ecuador. Estación Experimental Tropical Pichilingue. Agosto 13-14.
- López, O. 2007. Determinación de grados de resistencia a la moniliasis en varios genotipos de cacao mediante la inoculación artificial de las mazorcas con *Moniliophthora*

*roreri*. Tesis para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Quevedo, Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

- Phillips-Mora, W.; Galindo, J. 1990. Effect of temperature and type of inoculum on zoospore production of *Phytophthora palmivora* in vitro. *Phytopathology* 80: 516.
- Revelo, S. 2010. Ajuste de metodologías de evaluación temprana para la búsqueda de resistencia a *Moniliophthora perniciosa* (Stahel). Tesis para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Quito, Ecuador. Universidad Central del Ecuador.
- Sánchez, J. 1987. Metodología para la inoculación de mazorcas con el hongo *Moniliophthora roreri*. 10° Conferencia Internacional de Investigación en Cacao, p. 467-471.
- Saquicela, D, F. 2010. Evaluación económica de los componentes del manejo integrado para el control de enfermedades de cacao tipo nacional. Tesis para la obtención del título de ingeniero agrónomo. Santo Domingo de Los Tsáchilas, Ecuador. Escuela Politécnica del Ejército.





# Protocolo 5

## Beneficio post-cosecha

Jiménez, J.<sup>1</sup>; Rodríguez, G.<sup>1</sup>; Saltos, R.<sup>1</sup>

El beneficio post-cosecha en cacao inicia con la cosecha o recolección de los frutos, los cuales son denominados comúnmente como mazorcas. En sí, el beneficio post-cosecha es un proceso que se puede dividir en tres etapas: fermentación, secado y almacenamiento. En su conjunto, este proceso genera información complementaria a los procesos de evaluación agronómica, sanitaria y productiva, lo que permitirá describir las propiedades particulares de los diferentes genotipos bajo evaluación.

### 5.1. Fermentación

Son cambios que sufren las almendras de cacao por la acción de microorganismos (levaduras y bacterias) que descomponen la pulpa, transforman el azúcar en alcohol, éste a su vez en ácido acético, y aumentan la temperatura de la masa. Estos factores conducen a la muerte del embrión y a la formación de sustancias precursoras del sabor y aroma a chocolate. El tiempo de fermentación es de cuatro días para el cacao Nacional y para la variedad CCN 51 de seis días. Los métodos más comunes son: cajas de madera y montones; para investigación se utiliza micro-fermentaciones y el método de cajas Rohan modificado.

**Cajas de madera.** Cajas de madera con tres divisiones internas: 70x70x70 cm de largo, ancho y alto, respectivamente, por cada división y una capacidad de 150 kg (Foto 21).



Foto 21. Fermentación de almendras de cacao en cajas de madera.

**Montones de cacao.** Se acostumbra a amontonar el cacao sobre el tendal hasta 4 m de largo y 0,50 m de alto, aproximadamente 450 kg, y se cubrirá con un caballete de madera (Foto 22).



Foto 22. Fermentación de almendras de cacao en tendal.

**Micro-fermentación.** La micro-fermentación se realiza dentro de las cajas grandes; se colocan bolsas de nylon hasta 2 kg de muestra en cuatro niveles de la caja. Para la separación de las muestras, se debe utilizar masa de cacao de la misma variedad (Foto 23).



Foto 23. Micro-fermentación de almendras de cacao en cajas grandes, utilizando bolsas de nylon.

<sup>1</sup> Programa Nacional Cacao y Café EE-Tropical Pichilingue



**Cajas Rohan.** Con medidas de 128x87x10 cm de largo, ancho y alto, respectivamente, con 20 divisiones internas de 15x20 cm y cada una tiene capacidad para 2 kg de muestra (Foto 24). El tipo de madera más recomendada es Laurel blanco, pero también se puede utilizar otros tipos de madera blanda, como por ejemplo Guayacán blanco.



Foto 24. Fermentación de almendras de cacao utilizando cajas Rohan.

## Remociones de la masa en proceso de fermentación

Consiste en mover el cacao para que el proceso de fermentación de las almendras sea homogénea. En cacao Nacional se realizan dos remociones: la primera a las 24 horas y la segunda a las 72 horas después de haber iniciado el proceso. En el cacao pre-secado se realiza una sola remoción a las 48 horas (Foto 25).



Foto 25. Remoción de almendras de cacao durante el proceso de fermentación.

## 5.2. Secado

### a. Pre-secado

Es una técnica aplicada para las almendras de CCN 51. Consiste en colocar las almendras recién cosechadas directamente al secado por un espacio de 4 a 8 horas y luego se coloca

en las cajas para continuar con la fermentación por cuatro días (Foto 26).



Foto 26. Pre-secado de almendras de cacao CCN 51.

### b. Secado de las almendras

El propósito del secado es disminuir la humedad hasta el 7%, para facilitar el almacenamiento y transporte posterior del cacao. Se realiza en tendales de cemento (Foto 27a) y en lugares de mucha precipitación se utilizan marquesinas (Foto 27b). Esta labor debe ser lenta y pausada. El tiempo que toma el secado natural depende de la intensidad de los rayos solares, usualmente entre 6 y 10 días. Al iniciar el secado, las almendras recién fermentadas se deben colocar en capas de hasta 5 cm de espesor en el primer día (Foto 27c), pero removiéndolas cada hora para uniformizar la pérdida de agua por evaporación. A medida que pasan los días, el grosor de la capa de almendras disminuye hasta aproximadamente 2 cm.



Foto 27. Secado de almendras de cacao utilizando tendales de cemento (a) y marquesinas (b).

### 5.3. Almacenamiento

Las muestras de almendras de cacao se almacenan fermentadas y secas en bolsas de tela de malla, con su respectiva identificación, lo que permite detectar fácilmente si existe contaminación por insectos o humedad (Foto 28a). Las almendras son higroscópicas, es decir que absorben vapor de agua del ambiente; por esta razón, su contenido de humedad puede aumentar sobre el 7% en condiciones de almacenamiento inadecuadas. También, el cacao puede contaminarse fácilmente por la absorción de olores extraños. Esta condición demanda que para el almacenamiento del cacao se destine un lugar exclusivo (Foto 28b), cerrado, limpio y ventilado, con una temperatura menor a 25 °C y humedad relativa entre 50-70%. En condiciones climáticas superiores a los valores mencionados, las muestras de cacao no deben permanecer almacenadas más de seis meses.



Foto 28. Almacenamiento de almendras de cacao fermentadas y secas utilizando bolsas de tela de malla.

### BIBLIOGRAFÍA

- Amores, F.; Jiménez, J.; Saltos, A. 2007. Comportamiento del perfil organoléptico de los cacaos CCN 51 y Nacional en respuesta a la introducción del pre-secado de almendras en el protocolo de la fermentación. Reporte final. INIAP. Quevedo, Ecuador. Estación Experimental Tropical Pichilingue. 6 – 7 p.
- Jiménez, J. 2000. Efecto de dos métodos de fermentación sobre la calidad de tres grupos de cacao *Teobroma cacao* L. cultivado en la zona de Quevedo provincia de los Ríos. Tesis Ing. Agr. Guaranda, Ecuador. Universidad Estatal de Bolívar. p. 20.
- Jiménez, J; Amores, F; Nicklin, C.; Rodríguez, D.; Zambrano, F.; Bolaños, M.; Reynel, V.; Dueñas, A.; y Cedeño, P. 2011. Micro fermentación y análisis sensorial para la selección de árboles superiores de cacao. Boletín Técnico No. 140. Quevedo, Ecuador. INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue. 20–21 p.







# Protocolo 6

## Calidad integral del grano y derivados

Jiménez, J.<sup>1</sup>; Rodríguez, G.<sup>1</sup>; Saltos, R.<sup>1</sup>; Brito, B.<sup>2</sup>; Espín, H.<sup>2</sup>; Samaniego, I.<sup>2</sup>

### 6.1. Análisis físico

#### a. Contenido de humedad en la almendra seca

Es el porcentaje de humedad que se encuentra en las almendras de cacao después del secado. La medición se realiza utilizando un determinador de humedad (Foto 29a). Las almendras están listas para el almacenamiento cuando éstas tengan una humedad inferior al 7% (Foto 29b).

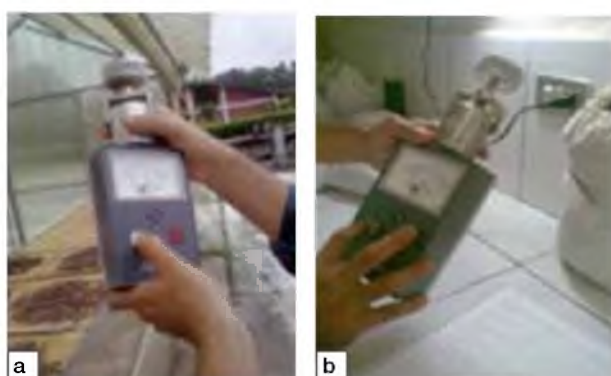


Foto 29. Determinación del contenido de humedad de las almendras de cacao.

#### b. Porcentaje de fermentación

Es el grado de fermentación que adquirieron las almendras durante el beneficio. Una forma de evaluar el porcentaje de fermentación es mediante la técnica de la prueba de corte en 100 almendras tomadas al azar; las mismas se pesarán y posteriormente se realizará el corte longitudinal. Según las características físicas internas del grano se determinará el porcentaje de fermentación (Foto 30). En este mismo proceso, se realizará la clasificación y conteo (basados en la Norma INEN 176), de acuerdo al siguiente detalle:

Almendra bien fermentada		Almendra medianamente fermentada	
Almendra color violeta		Almendra no fermentada de color pizarra	

Foto 30. Clasificación de almendras fermentadas.

#### c. Porcentaje de cascarilla o Testa (%)

Es el contenido de cascarilla que posee la almendra de cacao una vez seca. Para determinar este porcentaje se pesarán 30 g de almendras (Foto 31a), se sacará la cascarilla (Foto 31b) y se pesará por separado los cotiledones y la cascarilla. La diferencia se dividirá para el peso de las almendras completas y se multiplicará por 100. Los rangos de referencia comercial son: mínimo 10% y máximo 15%.



Foto 31. Pesaje (a) y sacado de cascarilla de almendras de cacao (b).

1 Programa Nacional Cacao y Café EE-Tropical Pichilingue  
2 Departamento de Nutrición y Calidad EE-Santa Catalina



### Fórmula:

$$\% \text{ Cascarilla} = \frac{P1-P2}{P1} \times 100$$

P1 = Peso de las almendras

P2 = Peso de los cotiledones sin cascarilla

### d. Índice de frecuencia del peso de las almendras

Se pesan individualmente 300 almendras para clasificarlas de acuerdo al peso y tamaño y ubicarlas dentro de las categorías de exportación para el cacao Nacional. Referencia Norma INEN 176 (Foto 32). La variedad CCN 51 no se clasifica.

ASE R = 1,0 – 1,19 g

ASS R = 1,20 – 1,29 g

ASSS R = 1,30 g.....



Foto 32. Pesaje de almendras de cacao.

### e. pH del cotiledón

Es el valor de la acidez residual del cacao. Su evaluación se realizará en los cotiledones transformados en cacao en polvo, para lo cual se toma 10 g, se mezcla con agua destilada en proporciones de 10 a 1 (Foto 33a). De la solución se toman 10 ml. Las lecturas se realizan con un potenciómetro (Foto 33b).

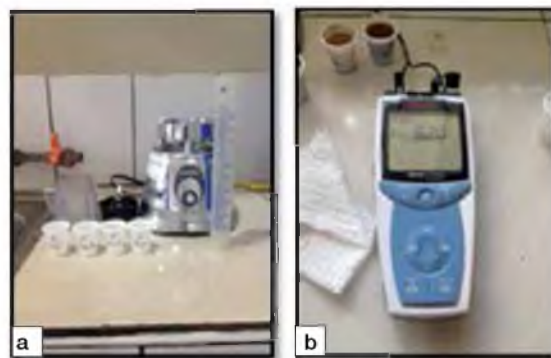


Foto 33. Determinación del pH del cotiledón.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amores, F.; Palacios, A.; Jiménez, J.; Zhang, D. 2009. Entorno ambiental, genética, atributos de calidad y singularización del cacao en el Nororiente de la provincia de Esmeraldas. Boletín Técnico No. 135. Quevedo, Ecuador. INIAP. Estación Experimental Tropical Pichilingue. 50 p.
- INEN. 2006. Cacao en grano. Requisitos. Técnica Ecuatoriana (NTE) 176. Cuarta revisión. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Norma. Quito, Ecuador. 1-3 p.
- Jiménez, J.; Amores, F.; Solórzano, E. 2014. Componentes de identidad para reconocer las diferencias del cacao que se produce en varias regiones del Ecuador. Boletín Técnico No. 164. Quevedo, Ecuador. INIAP. Estación Experimental Tropical Pichilingue. 12-20 p.

## 6.2. Análisis químico

### 1. Polifenoles

#### a. Principio del método

Los polifenoles totales del polvo de cacao son extraídos con una solución acuosa de metanol al 70%, mediante agitación magnética continua por 45 minutos. El extracto obtenido se filtra, se toma una alícuota del mismo y se realiza una reacción colorimétrica con el reactivo de

Folin & Ciocalteu, obteniendo una coloración azul, la misma que es cuantificada en un Espectrofotómetro UV-VIS, a una longitud de onda de 760 nm.

### b. Reactivos

- Metanol grado reactivo al 99.5 %.
- Estándar Ácido Gálico Monohidratado 97,5 – 102,5%
- Reactivo de Folin & Ciocalteu,
- Carbonato de Sodio 99.5%,
- Agua destilada.
- Éter de Petróleo (Rango de ebullición de 40 –60 °C)

### c. Preparación de reactivos

- Solución carbonato de Sodio al 20%: Transferir cuantitativamente 20 g de Carbonato de Sodio en un balón volumétrico de 100mL, disolver y completar a volumen con agua bidestilada.
- Solución Acuosa de Metanol: Transferir cuantitativamente 700 mL de metanol en un balón volumétrico de 1000 mL, completar a volumen con agua bidestilada. (densidad de la solución 0.872 g/mL)
- Solución Estándar Primario de Ácido Gálico (200 ppm): Transferir cuantitativamente 0.020 g de ácido gálico, en un balón volumétrico de 100 mL, disolver y completar a volumen con agua destilada.
- Soluciones Estándar para curva de calibración: A partir de la solución estándar primario de 200 ppm, se realiza la curva de calibración desde 5 a 140 ppm mediante diluciones.

### d. Procedimiento

#### Extracción de la muestra

- En un Erlenmeyer de 125 mL se pesa 1 g de muestra desengrasada.

- Se adiciona 75 mL de solución acuosa de metanol al 70% y se coloca en un agitador magnético.
- Se lleva la muestra a la plancha de agitación y se agita por 45 minutos a temperatura ambiente.
- Se filtra el extracto a través de papel Whatman N° 4, en un balón volumétrico de 100 mL, se lava el filtrado y se afora con solución acuosa de metanol al 70%.

### Cuantificación en el Espectrofotómetro UV-VISIBLE

- Transferir cuantitativamente 1 mL del extracto a un tubo de ensayo, añadir 9 mL de agua destilada (dilución A).
- Tomar 1 mL de la dilución A, añadir 6 mL de agua destilada y 1 mL de reactivo de Folin & Ciocalteu, luego de tres minutos añadir 2 mL de la solución de Carbonato de Sodio al 20%, inmediatamente agitar en vortex y calentar en baño maría a 40°C por 2 minutos (este procedimiento se realiza tanto para las muestras como para los estándares).
- Pasar la solución a una cubeta de vidrio y cuantificar en el Espectrofotómetro UV-VIS bajo las siguientes condiciones:
  - Longitud de Onda: 760 nm.
  - Temperatura: ambiente
  - Slit: 0.2 nm

### e. Cálculos y expresión de los resultados

La cuantificación se realiza utilizando una curva de calibración realizada previamente en el equipo, utilizando la siguiente fórmula:

$$\frac{mg}{g} \text{ Acido Gálico} = \frac{a*b*d*f}{P}$$

Donde:

a = Concentración de ácido gálico obtenida a partir de la curva de calibración (mg/L)  
b = Volumen total de extracto (100 mL)



d = Factor de dilución (10)  
f = Factor para transformar unidades (f = 0.001)  
p = Peso de la muestra (g)

## 2. Determinación de alcaloides

### a. Principio del método

El polvo de cacao es desengrasado mediante extracción soxhlet por doce horas con éter de petróleo; los alcaloides de cacao, Teobromina y Cafeína, son extraídos del polvo de cacao desengrasado con agua bidestilada en ebullición; el extracto obtenido es filtrado en un balón volumétrico y se afora con agua bidestilada a 100 mL; una alícuota del extracto se pasa por membrana Millipore de 0,22  $\mu\text{m}$  y es analizado por HPLC, utilizando columna cromatográfica ODS II, con detector UV - VIS (273 nm).

### b. Reactivos

- Agua bidestilada
- Metanol grado HPLC
- Cafeína Anhidra 99.9 %
- Teobromina Anhidra 99.9 %
- Teofilina Anhidra 99.9 %
- Éter de Petróleo (rango de ebullición de 40 a 60 °C)

### c. Preparación de reactivos

- Solución Estándar Interno: Transferir cuantitativamente 100 mg de teofilina al 99.9 %, en un balón volumétrico de 200mL, completar a volumen con agua bidestilada.
- Solución Estándar Madre: Transferir cuantitativamente 20 mg de cafeína anhidra al 99.9 % y 20 mg de teobromina al 99,9%, en un balón volumétrico de 200 mL y completar a volumen con agua bidestilada.
- Solución Estándar 100 ppm: Transferir cuantitativamente 10 mg de cafeína anhidra al 99.9 % y 10 mg de teobromina al 99,9%, en un balón volumétrico de 100 mL, añadir

10 mL de estándar interno y completar a volumen con agua bidestilada.

- Solución Carrez 1: Transferir cuantitativamente 15 g de hexacianoferrato de potasio trihidratado en un balón volumétrico de 100 mL y completar a volumen con agua bidestilada.
- Solución Carrez 2: Transferir cuantitativamente 30g de sulfato de zinc dihidratado en un balón volumétrico de 100 mL, y completar a volumen con agua bidestilada.
- Solución Fase Móvil; Metanol: Agua. 25:75 (v/v). Mezclar 250 mL de Metanol grado HPLC + 750 ml de agua. Homogenizar y filtrar a través de membrana millipore de 0,22  $\mu\text{m}$ , desgasificar la solución en un baño ultrasonido por 10 minutos.
- Soluciones Estándar para curva de calibración: A partir de la solución estándar madre se realiza la curva de 5 a 100 ppm.

### d. Procedimiento

#### Extracción de la Muestra.

- En un Erlenmeyer de 250 mL se pesa 0.3 g de muestra desengrasada.
- Se adiciona 90 mL de agua bidestilada y 10 mL de estándar interno.
- Se conduce la muestra a la plancha de calentamiento y se hierve por 30 minutos aproximadamente hasta que el volumen se reduzca a la mitad (50 mL).
- Inmediatamente después de sacar el Erlenmeyer con el extracto de la plancha de calentamiento, se añade 1 mL de solución Carrez 1 y Carrez 2.
- Se filtra el extracto a través de papel Whatman N° 4 en un balón volumétrico de 100 mL, se lava el filtrado y se afora con agua bidestilada.
- Se toma una alícuota del filtrado, se pasa por membrana millipore de 0,22  $\mu\text{m}$  y se coloca en un vial para inyección en HPLC.

- El extracto restante se tapa y almacena en refrigeración.

### Cuantificación por Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC).

- Se inyecta 20 µL en el HPLC bajo las siguientes condiciones:
  - Columna: STR ODS II; 150 mm x 4,6 mm ID.
  - Temperatura de Columna: ambiente
  - Detector UV-VIS: Longitud de Onda 273 nm
  - Fase móvil: Metanol:agua (25:75 v/v)
  - Flujo: 1 mL /minuto
  - Volumen de Inyección: 20 µL
  - Tiempo de Cromatografía 15 minutos

### e. Cálculos y expresión de los resultados

La cuantificación se realiza utilizando una curva de calibración realizada previamente en el equipo, utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Alcaloide} = \frac{a*b*f}{p} * 100$$

Donde:

- a = Concentración de alcaloide obtenida a partir de la curva de calibración (mg/L)
- b = Volumen total de extracto (100 mL)
- f = Factor para transformar unidades (f = 0.000001)
- p = Peso de la muestra g.

## 3. Grasa

### a. Principio del método

La materia grasa del polvo de cacao se extrae con éter de petróleo mediante extracción continua en soxhlet por 12 horas, se recupera el solvente del extracto etéreo y a continuación se seca la grasa en una estufa por dos horas, la grasa seca se pasa a un desecador a enfriar y se pesa.

### b. Reactivos

- Agua destilada
- Éter de Petróleo (rango de ebullición de 40 a 60 °C)

### c. Procedimiento

- Se coloca en la estufa a 105 °C un balón de destilación con dos núcleos de ebullición durante dos horas.
- Se saca el balón de destilación a un desecador, se deja enfriar y se pesa.
- Se dobla el papel filtro de 16 cm formando un sobre y se introduce en el dedal de extracción.
- Se pesa 5 gramos de polvo de cacao en el dedal de extracción.
- Se cierra el sobre de papel filtro, se cubre el dedal de extracción con algodón y se coloca dentro del extractor soxhlet.
- Se mide en una probeta 180 mL de éter de petróleo y se pasa al balón de destilación.
- Se une el soxhlet con el balón de destilación y se conecta al refrigerante.
- Se coloca el equipo completo sobre el dispositivo de calentamiento, se abre el paso de agua para el refrigerante, se extrae por ocho horas.
- Se saca el cartucho del soxhlet, se recupera el solvente y se saca el balón con grasa a una estufa a 105°C por dos horas.
- Se saca los balones de la estufa a un desecador, se deja que se enfríe y se pesa.

### Observaciones:

- Para el pesado de la muestra se debe tomar en consideración tres cifras decimales.
- El polvo de cacao se obtendrá siguiendo el método de preparación de muestras señalado en el numeral 4. Preparación de muestras para análisis químico de cacao.



#### d. Cálculos y expresión de los resultados

La cuantificación se realiza utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Grasas} = \frac{P1-P2}{P} * 100$$

Donde:

P1 = Peso del balón con grasa (g)

P2= Peso del balón vacío tarado (g)

P = Peso de la muestra (g)

#### 4. Preparación de muestras para análisis químico de cacao

##### a. Campo de aplicación

Polvo de almendras de cacao secas, fermentadas, no fermentadas y licor de cacao

##### b. Reactivos

- Nitrógeno líquido
- Éter de petróleo p.a. (rango de ebullición de 40 a 60 °C)

##### c. Equipos y materiales

- Molino de café , Mr. Coffee, IDS-S
- Molino Retch Z200
- Tamiz de malla proporcional a 42 y 100 mesh
- Bisturi
- Brochas
- Espátula plástica
- Recipientes plásticos para almacenamiento de muestras
- Marcador permanente
- Cinta adhesiva para rotulado
- Congelador
- Equipo Automático, Sieve Shaker model S-2
- Balones de destilación de 250 mL
- Equipo de extracción Soxhlet

- Dedales de celulosa 33 mm x 88 mm libre de grasa
- Papel filtro cualitativo

#### d. Procedimiento

##### d.1. Descascarillado y molienda

- a) Utilizando un bisturí, remover manualmente las cáscaras de las almendras de cacao. Se puede también utilizar un equipo descascarillador que facilita el proceso.
- b) Tomar un frasco de plástico limpio y rotular con el código de laboratorio correspondiente a la muestra.
- c) Pasar las almendras peladas a un recipiente plástico, tapar y con cuidado insertar el mismo en el termo de Nitrógeno líquido por aproximadamente 5 minutos.
- d) Sacar el recipiente del termo de Nitrógeno líquido, abrir con cuidado la tapa del mismo y pasar las almendras congeladas al molino; moler por 2 minutos aproximadamente.
- e) Pasar el polvo de cacao obtenido de la molienda al equipo de agitación automático para tamizar y separar partículas de 0.38 y 0.149 mm.
- f) Recolectar en un frasco de plástico el polvo de cacao tamizado con el tamaño de partícula requerido. El residuo que no pasa por el tamiz, vuelva a moler siguiendo los pasos c, d y e, hasta finalizar toda la muestra
- g) Una vez concluida la molienda y tamizaje, cerrar herméticamente el frasco que contiene la muestra molida y tamizada, colocar en el congelador a -18°C, hasta el momento de realizar los análisis, en caso de que éstos no se realicen de manera inmediata

##### Observaciones:

- Utilizar guantes, mascarilla y franela para manipular el recipiente con las almendras durante el proceso de congelación utilizando nitrógeno líquido.

## d.2. Desengrasado de la muestra por el método Soxhlet

Se parte de la muestra molida y tamizada, aplicando el siguiente procedimiento:

- a) Doblar el papel filtro de 16 cm formando un sobre e introducir en el dedal de extracción.
- b) Pesar 10 gramos de polvo de cacao y transferir al dedal de extracción
- c) Cerrar el sobre de papel filtro, cubrir el dedal de extracción con algodón y colocar dentro del extractor Soxhlet de capacidad 250 ml
- d) Medir en una probeta graduada 180 mL de éter de petróleo y transferir al balón de destilación.
- e) Unir el Soxhlet con el balón de destilación y conectar al refrigerante.
- f) Colocar el equipo completo sobre el dispositivo de calentamiento, abrir el paso de agua para el refrigerante y extraer por ocho horas.
- g) Retirar el polvo desengrasado del dedal de extracción y colocar en una caja petri de 125 mm de diámetro en un desecador por lo menos durante 24 horas.
- h) Transferir el polvo desengrasado en viales de vidrio provistos de tapa rosca hermética y almacenar a  $-18^{\circ}\text{C}$  si en caso los análisis no se realizan de manera inmediata.

### Observaciones:

- Para la operación de pesado de la muestra se debe tomar en consideración tres cifras decimales.

## 5. Determinación del contenido de purinas

Se realiza mediante Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC). En un frasco de 500 ml se agrega 2 g de muestra, se adiciona 270 l de cloroformo y 10 ml de solución de amoniaco al 10%. La humedad se evita agregando 12 g de Sulfato de Sodio Anhidro, se agita y se deja reposar toda la noche. Se filtra al vacío y se lava con 100 ml de cloroformo. Se separa

el disolvente por destilación con roto vapor. Se retira las trazas finales del mismo en horno a  $100^{\circ}\text{C}$ . Las lecturas del contenido de la teobromina y la cafeína se realizan directamente con el HPLC.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amores, F.; Butler D.; Ramos, Sukha, D.; G.; Espín, S.; Gómez, A.; Zambrano A.; Jiménez, J.; Hollywood N.; Van Loo R. and Seguíne E. 2007. Project to establish the physical, chemical and organoleptic parameters to differentiate between fine or flavour and bulk cocoa. Quevedo, Ecuador. Completion report. Prepared by INIAP.
- Amores, F.; Palacios, A.; Jiménez, J.; Zhang, D. 2009. Entorno ambiental, genética, atributos de calidad y singularización del cacao en el Nororiente de la provincia de Esmeraldas. Boletín Técnico No. 135. Quevedo, Ecuador. INIAP. Estación Experimental Tropical Pichilingue. 51–53 p.
- Samaniego, I.; Espín, S. 2015. Manual de Métodos de Análisis Químico de Cacao. Quito, Ecuador. INIAP. Laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación en Alimentos. LSAIA.

## 6.3. Perfil sensorial

La evaluación sensorial es la identificación del perfil de sabores en un determinado genotipo. Se realiza en muestras de licor de cacao por panelistas o catadores con la debida experiencia.

### 1. Preparación de licor de cacao

El licor de cacao es la transformación de las almendras de cacao tostadas y peladas en una solución semilíquida. Para dicho propósito, se pesan 200g de cacao, la torrefacción se realiza en una estufa con circulación de aire en su interior. Las almendras se colocan sobre una bandeja de acero inoxidable provista de orificios en el fondo, para el ingreso y circulación de



aire al contorno de los granos. Las bandejas conjuntamente con las almendras se introducen en la estufa. La combinación de los factores temperatura y el tiempo de tostado (Foto 34a) son ejecutados en función del porcentaje de cascarilla y el tamaño del grano.

Se utilizan regímenes de temperatura de 110°C por 12 minutos para almendras pequeñas y para almendras de tamaño grande 115 ° C por 15 minutos. Transcurrido el tiempo indicado y una vez enfriadas las almendras (Foto 34b),



Foto 34. Preparación de licor de cacao.

se procede a la trituración de las almendras y limpieza de la cascarilla utilizando el equipo catador (Foto 34c). Los nibs sin la cascarilla son utilizados para la obtención de diferentes subproductos a base de cacao.

Para la molienda de los nibs y el conchado de la pasta de cacao se utiliza un molino mortero RM 200 (Foto 35d), con el cual la textura alcanza entre los 40 - 80  $\mu$  (Foto 35e). Luego, la pasta se coloca en moldes para la solidificación (Foto 35f); se retira la pasta solidificada de los moldes para empacar en papel aluminio y almacenarlos hasta obtener un número de muestras suficiente y luego se realizan las cataciones.



Foto 35. Molienda (d), conchado (e) y colocación en moldes (f) de la pasta de cacao.

## 2. Evaluación sensorial de licor de cacao

La calificación para todos los sabores se basa en la escala hedónica internacional para evaluar alimentos Liria, M. (2007). La misma se detalla de la siguiente manera:



- 0 = ausente
- 1–2 = intensidad baja
- 3–5 = intensidad media
- 6–8 = intensidad alta
- 9–10 = intensidad muy alta



Foto 36. Evaluación sensorial de licor de cacao.

A continuación se describen los criterios de los sabores que más se destacan en el análisis sensorial del cacao.

Sabores	Criterios
Cacao	Se describe como el sabor típico de una barra de chocolate sin azúcar y sin saborizantes.
Floral	Son aquellos licores con sabor a flores, casi perfumado. Ejemplo: Lila, violetas, flores de cítricos.
Frutal	Se caracteriza por contener sabor a fruta madura, esto describe una nota de aroma a dulce agradable.
Nuez	Son aquellos sabores típicos de los frutos secos con ligeros notas dulces: nueces, macadamia, almendras etc.
Amargo	Se describe como sensación fuerte relacionado con los compuestos no volátiles específicamente con la cafeína y la quinina.
Astringente	Se describe una sensación fuerte y áspera, generalmente debido a la falta de maduración del fruto o debido a sus propias características.
Ácido	Sensaciones activadas por la presencia de ácidos volátiles. En cacao una insuficiente fermentación produce este sabor.

Fuente: Liria, M., 2007.

## BIBLIOGRAFÍA

- Baño, S. 2010. Evaluación de 61 progenies híbridas de cacao en base a características organolépticas. Tesis Ing. Agr. Quevedo, Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 73 p.

- Cedeño, P. 2010. Determinación de perfiles organolépticos en ocho grupos de cacao mediante la degustación de licor de cacao y chocolates oscuros elaborados artesanalmente. Calceta, Ecuador. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. 45 p.
- Liria, M. 2007. Guía para la evaluación sensorial de alimentos. Lima, Perú. Nutri-salud. 149 p.

## 6.4. Perfil espectrométrico

### a. Espectrometría del Infrarrojo Cercano (NIRS)

Las lecturas espectrométricas del infrarrojo cercano se realizan en muestras de 3 g de cacao en polvo (Foto 37a), preparadas a partir de granos secos sin tostar y molidos. Para obtener estas lecturas se utiliza un espectrofotómetro Foss 6500 (Foto 37b), que barre un intervalo de longitud de onda desde 400 a 2500 nm. Cada 2 nm se produce una lectura y con el conjunto de estas lecturas se forma el perfil espectral de cada muestra (CIRAD, 2012).

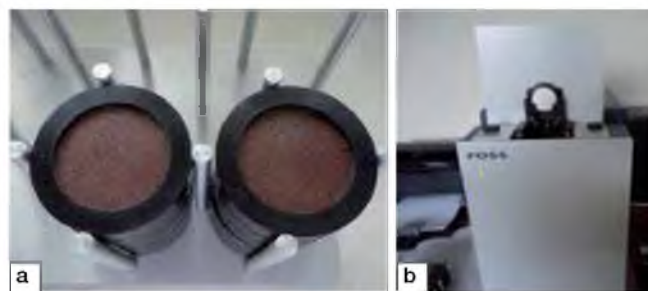


Foto 37. Lectura espectrométrica de infrarrojo cercano (NIRS) de muestras de cacao en polvo (a), utilizando un espectrofotómetro Foss 6500 (b).

### b. Espectrometría de luz Visible (DIGIEYE)

Las lecturas espectrales con la técnica de luz visible se realizan en 50 almendras cortadas longitudinalmente por la mitad (Foto 38a), sobre éstas se captura la imagen con el DigiEye, sistema de medición del color de una imagen. La longitud de onda cubre un intervalo de



400 a 700 nm, con espacios de cada 10 nm produce una lectura que refleja la ubicación de la muestra sobre el eje tridimensional  $L^*$ ,  $b^*$   $a^*$  (Foto 38b), formando el perfil espectral, que al ser comparado con un modelo estándar emite valores correspondientes a la diferencia de luminosidad y sus componentes cromáticos, saturación, tono y ángulo (Foto 38c), y de esta manera determina su origen genético. (Rodríguez, 2011).

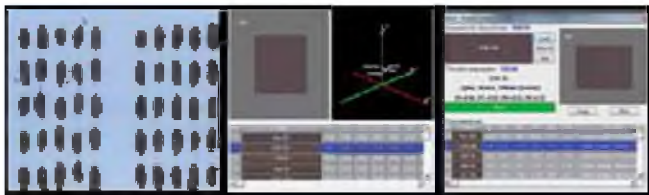


Foto 38. Lectura espectrométrica de almendras de cacao, utilizando la técnica de luz visible (equipo DIGIEYE).

## BIBLIOGRAFÍA

- CIRAD. 2012. Discrimination of cocoa genotypes using near infrared spectroscopy. Application to CCN51 and Nacional cocoa from Ecuador. Montpellier, France. Final report. Convenio de Cooperación INIAP-CIRAD. Fase II. 54 p.
- Davrieux, F.; Jiménez, J.C.; Assemat, S.; Hue, C.; Kapitan, A.; Amores, F. 2013. Ecuador Nacional fine cocoa authentication using Nirs spectra and multivariate classification methods. CIRAD/Qualisud. Montpellier, France. INIAP/Estación Experimental Tropical Pichilingue. 8 p.
- Rodríguez, G. 2011. Estudio de la aplicación de una metodología espectrofotométrica para detectar mezclas de almendras de cacao de las variedades Nacional y CCN 51 en 15 zonas. Tesis Ing. Agroind. Quevedo, Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 211 p.

# Protocolo 7

## Métodos de multiplicación de plantas clonales de cacao

López, D.<sup>1</sup>; Tarqui, O.<sup>2</sup>; Zambrano, I.<sup>2</sup>; Benavides, J.<sup>2</sup>; Quijano, G.<sup>2</sup>; Casanova, T.<sup>2</sup>; Sotomayor, I.<sup>2</sup>; Garzón, I.<sup>3</sup>; Quiroz, J.<sup>4</sup>; Párraga, J.<sup>5</sup>; Subía, C.<sup>6</sup>; Calderón, D.<sup>6</sup>; Loor, R.<sup>2</sup>

El proceso de multiplicación clonal tiene especial importancia en *Theobroma cacao* L., ya que al ser una especie naturalmente heterocigótica, la clonación permite reproducir, por medio de la réplica del ADN, toda la información genética de la planta progenitora. Por lo tanto, un clon puede definirse como un material genéticamente uniforme, derivado de un solo individuo y que se propaga de modo exclusivo por medios vegetativos, entre los que se puede señalar: acodos, estacas/ramillas y micro-propagación por injertos.

La propagación vegetativa en cacao se puede dar de manera natural (sin la intervención del hombre) o artificial (mano del hombre). De manera particular, esta guía hace referencia al método seleccionado actualmente por el INIAP para la multiplicación comercial de clones de cacao: “La Injertación”.

### Injertación

Es un método de propagación vegetativa artificial, que consiste en la colocación y contacto adecuado de una porción de tejido de la planta progenitora (variedad o injerto propiamente dicho) sobre otra planta receptora (patrón o porta-injerto). Existen varios tipos de injertos, entre los que se destacan los de yema y púa, en sus diferentes modalidades. El método de púa es el utilizado actualmente por el INIAP.

### Procedimiento para la injertación

#### Preparación de sustrato

La obtención de plantas vigorosas depende de la riqueza del sustrato a utilizar. Para su preparación, se debe tener en cuenta los siguientes aspectos: Debe ser tierra de la capa superficial del suelo (20-30 cm), si es negra mejor; se mezcla con abono orgánico de cualquier tipo. En caso de no tener acceso a estos abonos, se recomienda usar aserrín de balsa, tamo de arroz o tamo de café, en proporción de tres a uno respectivamente (3 partes de tierra y 1 de aserrín o tamo de arroz o café) (Foto 39).



Foto 39. Preparación de sustrato.

Adicionalmente a los sustratos ya mencionados, la propagación de plantas clonales de cacao es posible efectuarla utilizando sustratos alternativos, los cuales no hacen uso de suelo. Estos sustratos están basados en la utilización de materiales de descarte, como el “aserrín”, en combinación con “pomina o cascajo fino”, en una proporción de 2:1. Para efectos de uniformizar el grosor y lograr una mejor combinación entre el aserrín y la pomina, es recomendable tamizar cada uno de estos componentes, utilizando una malla de construcción. Generalmente, los

1 Programa de Producción y Venta de Bienes y Servicios Agropecuarios EE-Tropical Pichilingue  
2 Programa Nacional Cacao y Café EE-Tropical Pichilingue  
3 Departamento de Biotecnología EE-Tropical Pichilingue  
4 Programa Cacao y Café EE-Litoral Sur  
5 Programa Cacao y Café EE-Portoviejo  
6 Programa Cacao y Café EE-Central Amazónica



aserrines disponibles constituyen una mezcla de varios tipos de maderas suaves y/o semi-suaves aserradas (Laurel, Guayacán blanco, Melina, Pachaco, Samán) y no es indispensable que se encuentren descompuestos. La única consideración es que esta mezcla no contenga aserrines de maderas duras como Teca, Moral Fino, etc., que se conoce contienen sustancias tóxicas para el cultivo de cacao.

Previo a su utilización, ya sea para el enraizamiento de estacas y/o para la formación de patrones, el sustrato debe ser humedecido a profundidad, y posteriormente mantener la humedad con frecuencias de riego que deben ser ajustadas en función del estado de desarrollo de las plantas.

### Llenado de fundas

Se utilizan fundas de polietileno de color negro, perforadas, con medidas de 6x8 o 8x12 pulgadas. Es necesario desinfectar el sustrato para evitar la presencia de enfermedades y plagas, para lo cual se utilizan varias técnicas físicas y productos químicos que combaten la acción negativa de los mismos. Una vez llenadas las fundas con el sustrato, se ubican debajo del invernadero y se acomodan en hileras dobles, en forma vertical (Foto 40).



Foto 40. Llenado de fundas con sustrato.

### Siembra de semillas patrón

Las semillas que se utilizan para patrón deben ser obtenidas de los materiales EET 399, EET 400, Pound 12 e IMC 67, material genético que ha sido evaluado como resistente

a “Mal de Machete”. Es recomendable utilizar preferentemente mazorcas sanas y grandes, no sobre maduras y de cualquier parte del árbol. La siembra se realiza a una profundidad de 2 cm, en posición vertical, con el embrión hacia abajo. Transcurrido el período de 3 a 4 meses, los patrones están listos para la injertación (Foto 41).



Foto 41. Siembra de semillas patrón.

### Material vegetativo para la injertación

La recolección de varetas porta-yemas se realiza en las primeras horas de la mañana y su diámetro debe ser similar al del patrón. Para el traslado de las varetas al propagador se envuelven en papel periódico o yute húmedo (Foto 42). En caso de transportarse a lugares distantes, se aplica parafina en los extremos de la vareta, para evitar la deshidratación. Se limpian las varetas con una solución fungicida a base de un producto cúprico.



Foto 42. Recolección de varetas porta-yemas.

Antes y durante el proceso de injertación se mantienen las varetas bajo sombra.

## Preparación del patrón

Antes de iniciar este proceso de injertación se debe preparar el patrón que consiste en eliminar las hojas en mal estado, que se encuentran en la parte superior. Posteriormente, se despunta el patrón, con la finalidad de dejar entre dos a tres hojas/patrón. Estas hojas se las conserva como fuente de reserva para el desarrollo del injerto, por medio del proceso de fotosíntesis. Además, también sirven para estimular la cicatrización de la herida del injerto, mediante mayor flujo de sabia (Foto 43). Se debe desinfectar con alcohol las herramientas que se utilizan al momento de injertar.



Foto 43. Preparación del patrón previo a su injertación.

## Injertación

- Se realiza un corte en forma de bisel en el patrón con la navaja o estilete, bajo la cicatriz cotiledonal.
- En la vareta se realizan dos cortes rápidos a los lados laterales en el extremo inferior, formando la púa o la cuña.
- Se inserta la cuña de la vareta porta yema en el patrón, haciendo coincidir la corteza del patrón con la corteza de la cuña.
- Es importante realizar un buen amarrado de plástico para que cicatrice mejor el injerto.

A los 21 días de realizado el injerto, se procede a sacar el plástico que cubre el injerto y se verifica si la vareta ha prendido.

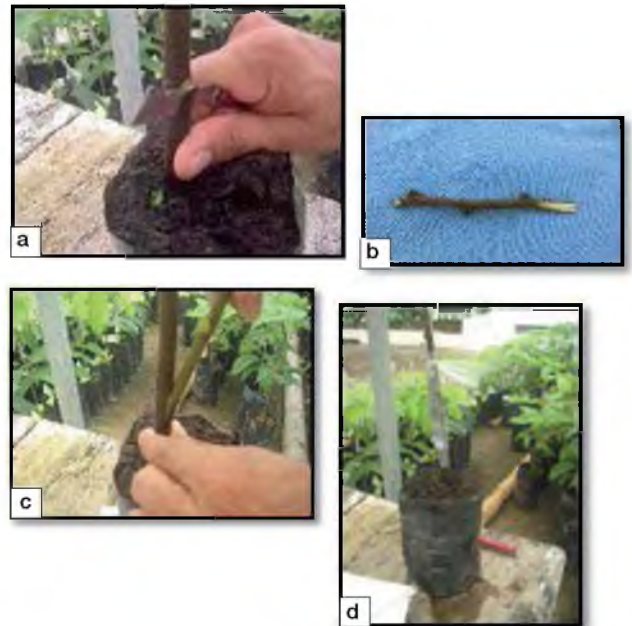


Foto 44. Proceso de injertación de un patrón.

## Aclimatación

Después que el injerto ha cumplido entre 4 a 6 semanas, contando desde el momento en que se saca el plástico, se debe eliminar el patrón en su totalidad, quedando solamente el nuevo injerto. Estos injertos deben cumplir un período de aclimatación final de 12 semanas, bajo condiciones de vivero o invernadero, para luego ser sembradas en el campo (Foto 45).



Foto 45. Aclimatación de plantas de cacao injertadas, previo a la siembra en campo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Campi, C. 2013. Caracterización fenotípica de 49 accesiones clonales de Cacao (*Theobroma cacao* L) para desarrollar su capacidad de uso. Tesis para obtención



de título de Ingeniero Agrónomo. Quevedo, Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 69 p.

- Castro, C. 2014. Efecto de los fertilizantes de liberación controlada sobre el desarrollo de plantas de cacao (*Theobroma cacao*), en vivero, en Santo Domingo de Los Tsáchilas. Tesis Ing. Agrop.. Santo Domingo de Los Tsáchilas, Ecuador. ESPE, Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura, Carrera de Ingeniería Agropecuaria. p. 74
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). 2010. CACAO ORGÁNICO. Guía para productores ecuatorianos. Manual Nro. 54. 2da. Edición. Quito, Ecuador. ISBN: 9978-43-493-3. 407 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. 121 p.
- Saucedo A. 2003. Comportamiento de híbridos de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional en la zona de Quevedo. Babahoyo, Ecuador. Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Babahoyo. 83 p.
- Tarqui, O. 2010. Evaluación de clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) provenientes de plántulas híbridas seleccionadas por resistencia a la enfermedad Escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*). Quevedo, Ecuador. Facultad de ciencias Agrarias. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 50 p.

# RUBRO CAFÉ

## Protocolo 1 Características agronómicas

Plaza, L.<sup>1</sup>; Loor, R.<sup>1</sup>; Guerrero, H.<sup>1</sup>; Quijano, G.<sup>1</sup>; Quiroz, J.<sup>2</sup>; Párraga, J.<sup>3</sup>; Subía, C.<sup>4</sup>; Calderón, D.<sup>4</sup>; Fernández, F.<sup>5</sup>

El registro de datos de las características agronómicas, se iniciará al primer año de establecimiento y luego se realizará cada seis meses.

### 1.1. Altura de planta “AP” (cm)

Esta variable se mide desde el nivel del suelo hasta el ápice de la planta, empleando una regleta graduada en centímetros (Foto 46). Se debe asegurar el desarrollo de un solo tallo por planta, así como también se debe dejar crecer o manejar una sola rama productiva.

En ensayos establecidos en terrenos con pendientes, la persona que realiza la lectura de esta variable debe ubicarse y hacer la medición desde el sitio hacia donde está la pendiente.



Foto 46. Medición de la altura de planta.

### 1.2. Diámetro del tallo “DT” (cm)

Esta variable se registra en el tallo de los cafetos, a 5 cm sobre el nivel del suelo, empleando un calibrador tipo “Vernier” graduado en milímetros, según la metodología descrita por Berlinger et al (2008) (Foto 47).



Foto 47. Medición del diámetro del tallo.

### 1.3. Total de ramas por árbol “TRA”

Se contabiliza el número total de ramas principales presentes por planta de cafeto (Foto 48).



Foto 48. Cantidad de ramas por árbol.

1 Programa Nacional Cacao y Café EE-Tropical Pichilingue

2 Programa Cacao y Café EE-Litoral Sur

3 Programa Cacao y Café EE-Portoviejo

4 Programa Cacao y Café EE-Central Amazónica

5 Núcleo Transferencia de Tecnología EE-Central Amazónica



#### 1.4. Total de ramas productivas “TRP”

Se contabiliza en cada planta solamente las ramas con granos (Foto 49).



Foto 49. Cantidad de ramas productivas.

#### 1.5. Longitud de ramas productivas “LRP” (cm)

Esta variable se registra tomando al azar dos ramas productivas del tercio medio, desde la inserción de la rama hasta el ápice de las mismas, promediando ambos datos. Se mide con una regla graduada en centímetros (Foto 50).



Foto 50. Medición de la longitud de rama.

#### 1.6. Número de nudos por rama “NNR”

Se registra en las mismas ramas de la variable anterior, contabilizando la cantidad de nudos presentes (Foto 51).



Foto 51. Número de nudos en la rama.

#### 1.7. Distancia entre nudos “DEN”

Esta variable se obtiene al dividir el promedio obtenido en la variable “Longitud de ramas productivas” para el valor obtenido en la variable “Número de nudos por rama” (Foto 52).



Foto 52. Distancia de entrenudos.



## 1.8. Grado de compactación “GC” (cm)

Se la obtiene dividiendo la altura de planta para el número total de ramas de cada árbol (Foto 53).



Foto 53. Distancia entre ramas.

## 1.9. Resistencia al acame “RA”

Esta variable se la evaluará en función del grado de inclinación del tallo principal, con una regla graduada (Foto 54). Para determinar la forma de crecimiento del cafeto, se utilizará una escala arbitraria que se detalla a continuación:

- 1 = Vertical
- 2 = Ligeramente inclinada (< de 20°)
- 3 = Medianamente inclinada (hasta 45°)
- 4 = Muy inclinada (> a 45°)

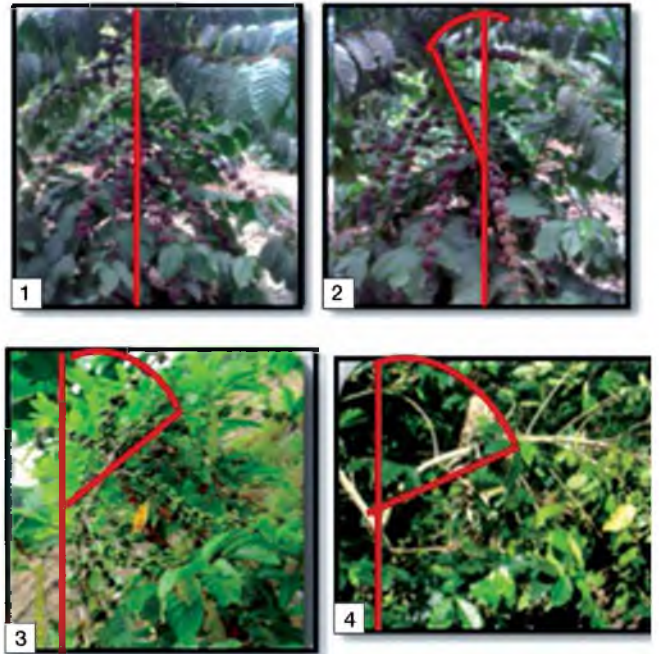


Foto 54. Tallo principal de árboles de café con diferentes estados de inclinación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Berlingeri C. Alvarado, C. Silva, R. Marín, C. La Cruz, L. Duran, D. Medina, A. y Bustamante, J. 2007, evaluación agronómica de 18 líneas de café en la localidad de la Vitu, Estado Trujillo, Bioagro, Venezuela. pág. 28.
- Duicela, L; Corral, R; Amores, F.; Guerrero, H. 2004. Crianza de plántulas de café en el vivero. Quevedo, Ecuador. INIAP-COFENAC-PROMSA. 36 p.
- COFENAC 2008. Centro Experimental de café robusta, Informe técnico. Portoviejo, Ecuador. COFENAC, DUBLINSA. pág. 6-7.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). 1993. Manual del cultivo de café. 1ra edición. Quevedo, Ecuador. 224 p.
- 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 por el título de Ingeniero Agrícola. Calceta, Ecuador. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. p. 26-37.





# Protocolo 2

## Características productivas

Guerrero, H.<sup>1</sup>; Plaza, L.<sup>1</sup>; Fernández, F.<sup>2</sup>; Quijano, G.<sup>1</sup>; Zambrano, F.<sup>1</sup>; Párraga, J.<sup>3</sup>; Subía, C.<sup>4</sup>; Calderón, D.<sup>4</sup>; Loo, R.<sup>1</sup>

En el caso de híbridos, el registro de datos se realizará en cada una de las plantas de la parcela útil. Para clones o variedades estabilizadas, se considerará el promedio de la parcela útil. Estos datos se tomarán en cada pase de cosecha, la que se realizará las veces que sea necesarias, en base a la maduración del fruto.

### 2.1. Rendimiento de café cereza “RCC”

Se registra el peso de la cosecha en cada una de las plantas de la parcela útil. La producción se determina en kg de cereza/planta/año, luego se estima el rendimiento en kg/ha, en base a la densidad poblacional del ensayo (Foto 55), para lo cual se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Kilos/café cereza/planta} \times \text{Densidad de planta} = \text{kilos/café cereza/ha/año}$$



Foto 55. Cosecha de café cereza.

### 2.2. Porcentaje de granos vanos “PGV”

De la cosecha de cada tratamiento de la parcela útil, se toman 100 cerezas al azar.

Luego, se colocan en un recipiente con agua, para posteriormente contabilizar el número de cerezas que flotan (Foto 56). Se registra esta variable en cada pase de cosecha. El porcentaje (%) máximo aceptado de granos vanos es del 5% para el caso de café robusta y 8% para arábigo.

Si la planta no tiene el número requerido de frutos, se la evaluará en la cosecha siguiente.



Foto 56. Evaluación del porcentaje de grano vano.

## BIBLIOGRAFÍA

- Berlinger C. Alvarado, C. Silva, R. Marín, C. La Cruz, L. Duran, D. Medina, A. y Bustamante, J. 2007, evaluación agronómica de 18 líneas de café en la localidad de la Vitu, Estado Trujillo, Bioagro, Venezuela. pág. 28.
- Duicela, L; Corral, R; Amores, F.; Guerrero, H. 2004. Crianza de plántulas de café en el vivero. Quevedo, Ecuador. INIAP-COFENAC-PROMSA. 36 p.
- COFENAC 2008. Centro Experimental de café robusta, Informe técnico. Portoviejo, Ecuador. COFENAC, DUBLINSA. pág. 6-7.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). 1993. Manual del cultivo de café. 1ra edición. Los Ríos, Ecuador. 224 p.

1 Programa Nacional Cacao y Café EE-Tropical Pichilingue  
2 Núcleo Transferencia de Tecnología EE-Central Amazónica  
3 Programa Cacao y Café EE-Portoviejo  
4 Programa Cacao y Café EE-Central Amazónica



- 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 por el título de Ingeniero Agrícola. Calceta, Ecuador. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. p. 26-37.

## Protocolo 3

# Características sanitarias

Cañarte, E.<sup>1</sup>; Navarrete, J.<sup>1</sup>; Mendoza, A.<sup>1</sup>; Pico, J.<sup>2</sup>; Fernández, F.<sup>3</sup>; Guerrero, H.<sup>4</sup>; Plaza, L.<sup>4</sup>; Quijano, G.<sup>4</sup>; Párraga, J.<sup>5</sup>; Subía, C.<sup>6</sup>; Calderón, D.<sup>6</sup>; Loo, R.<sup>4</sup>

El registro de datos de las características sanitarias se realizará con frecuencia mensual. En la evaluación de problemas fitosanitarios en café, será importante considerar la uniformidad de la parcela en relación al suelo, edad de la planta, manejo cultural, así como las plantas deberán pertenecer al mismo cultivar. Considerando los esquemas de los experimentos de café y el número de variables fitosanitarias a registrar, el esfuerzo de muestreo será mínimo de un 15% de la parcela experimental, que corresponde a cinco plantas dentro del área útil de cada parcela (INIAP, 2015).

### 3.1. Metodología para la evaluación de principales plagas de café

#### 3.1.1. Infestación de la broca del café "IBC" *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae)

Esta información se registra durante el periodo de formación del fruto y cosecha. Para el efecto, se sigue el siguiente procedimiento:

- El inicio de las evaluaciones depende del estado de madurez del fruto, pudiéndose considerar oportuno a partir de la presencia de frutos verdes (exceptuando el estado acuoso, semilechoso y lechoso), sazones (pastosos), maduros o secos.
- Se escogen al azar cinco plantas de la parcela útil y en cada una se evalúa, de manera alternada, una rama del tercio medio o superior, donde se cuenta el:

- Número total de frutos (NTF)
- Número de frutos brocados (NFB)
- Número de frutos sanos (NFS)



Foto 57. Fruto con broca.

- El porcentaje de infestación de la broca del café (IBC), se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$\% IBC = \frac{NFB}{NTFE} \times 100$$

Donde:

% IBC = Porcentaje de infestación de la broca del café.

NFB = Número de frutos brocados.

NTFE = Número total de frutos evaluados.

1 Departamento Protección Vegetal EE-Portoviejo  
2 Departamento Protección Vegetal EE-Central Amazónica  
3 Núcleo Transferencia de Tecnología EE-Central Amazónica  
4 Programa Nacional Cacao y Café EE-Tropical Pichilingue  
5 Programa Cacao y Café EE-Portoviejo  
6 Programa Cacao y Café EE-Central Amazónica



### 3.1.2. Infestación del minador de la hoja del café "IMHC" *Leucoptera coffella* Guérin-Méneville, 1842 (Lepidoptera: Lyonetiidae).

- Se seleccionan al azar cinco plantas de la parcela útil.
- En cada planta se escoge una rama del tercio medio, determinando la presencia de hojas con evidencia de minas activas (larvas vivas presentes) (Foto 58).
- El porcentaje de infestación se establece con la siguiente fórmula:

$$\% IMHC = \frac{NRHM}{NTRE} \times 100$$

Donde:

% IMHC = Porcentaje de infestación del minador de la hoja del café.

NRHM = Número de ramas con hojas minadas.

NTRE = Número total de ramas evaluadas.



Foto 58. Hojas afectadas con minador.

### 3.1.3. Infestación de la escama verde del café "IEVC" *Coccus viridis* Green, 1889 (Hemiptera: Coccidae).

- Se escogen al azar cinco plantas de la parcela útil.
- Se selecciona el brote terminal de cada planta, donde se determina la presencia de la escama verde ubicada en el brote, hojas o peciolo (Foto 59).

- El porcentaje de infestación se determina con la siguiente fórmula:

$$\% IEVC = \frac{NPEV}{NTPE} \times 100$$

Donde:

% IEVC = Porcentaje de infestación de la escama verde del café.

NPEV = Número de plantas con presencia de escama verde del café.

NTPE = Número total de plantas evaluadas.



Foto 59. Presencia de escamas en café.

### 3.1.4. Daño del taladrador de la rama del café "DTRC" *Xylosandrus morigerus* Blandford, 1894 (Coleoptera: Curculionidae).

- Se escogen al azar cinco plantas de la parcela útil.
- En cada planta, se selecciona una rama del tercio superior y en ella se determina la presencia y no presencia del taladrador, con sus características galerías (Foto 60).
- El porcentaje de daño se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\% DTRC = \frac{NRDT}{NTRE} \times 100$$

Donde:

% DTRC = Porcentaje de daño del taladrador de la ramilla del café.

NRDT = Número de ramas con daño del taladrador.

NTRE = Número total de ramas evaluadas.



Foto 60. Ramas con daños por presencia del taladrador.

## 3.2. Metodología para la evaluación de principales enfermedades en café

### 3.2.1. Incidencia de enfermedades presentes en hojas

- Roya (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome)
- Mancha de hierro (*Cercospora coffeicola* Berk & Cooke)
- Mal de hilachas (*Pellicularia koleroga* Cooke)
- Antracnosis (*Colletotrichum coffeanum* Noak)
- Ojo de gallo (*Mycena citricolor* BERK. & CURTIS)

El registro de datos se realizará en cinco plantas de la parcela útil, con una frecuencia mensual.

En plantas jóvenes, ( $\leq 1$  año, donde aún no se define la parte superior, media e inferior):

- Las ramas se seleccionan de la parte media de la planta. Deben ser codificadas para hacer el seguimiento de la evaluación.
- De las ramas seleccionadas, se realiza el conteo de todas las hojas sanas y con presencia de la enfermedad (Foto 61).



Foto 61. Planta de cafeto joven.

En plantas formadas (superior a 1.5 metros):

- En cada planta se seleccionan tres ramas (parte baja, media y alta), las que deben ser codificadas.
- Se debe ubicar el entrenudo corto (Avelino et al. 1991) de cada rama (Foto 62).
- Se realiza el conteo de hojas sanas y hojas con presencia de roya (generalmente los primeros cuatro nudos de afuera hacia dentro de la rama).
- Para determinar el porcentaje de incidencia, se aplica la siguiente ecuación.

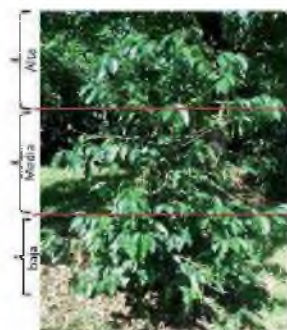


Foto 62. Descripción de toma de muestras en planta adulta.

$$IEPH (\%) = \frac{\text{Número de hojas enfermas}}{\text{Número total de hojas observadas}} \times 100$$

### Severidad de roya "SR" (*Hemileia vastatrix* Berkeley & Broome)

Para evaluar la severidad de roya en hojas se utiliza la escala propuesta por SAGARPA (2013), modificada por Mendoza (Investigación no publicada, 2014) (Foto 63):

Valor	Hoja (% daño)
0	Sana, sin síntomas
1	>1 punto clorótico (0.5 – 1%)
2	1-5% de área afectada
3	6-20% de área afectada
4	21-50% de área afectada
5	> 50% de área afectada



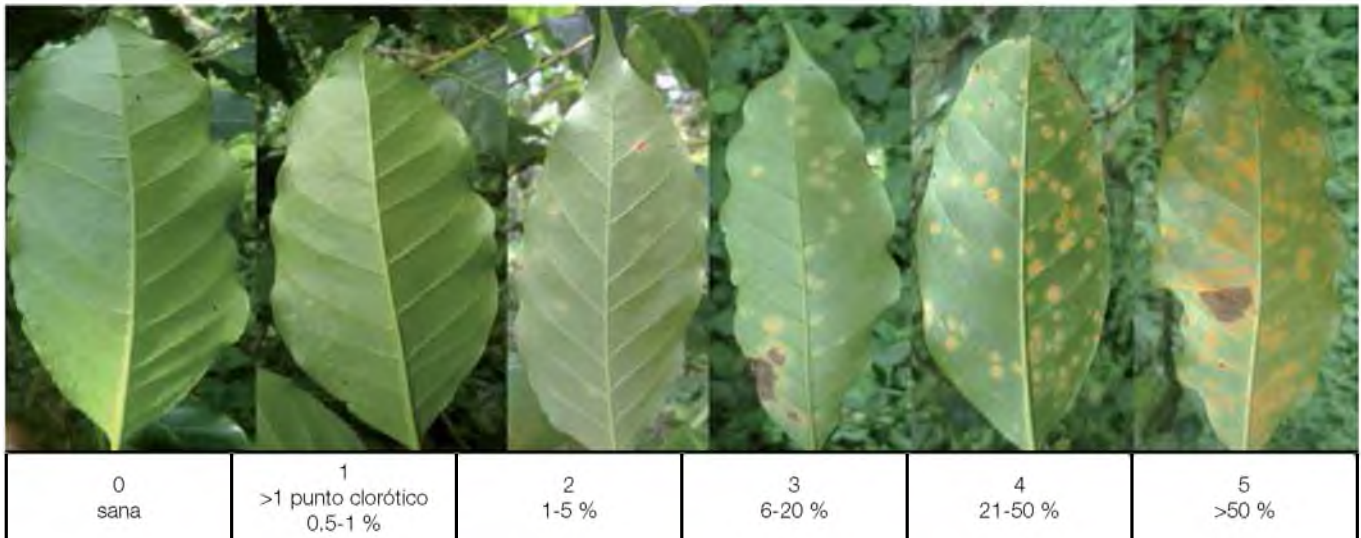


Foto 63. Severidad de roya en las hojas del café.

### 3.2.2. Incidencia de enfermedades presentes en frutos

- Mancha de hierro (*Cercospora coffeicola* Noak)
- Ojo de gallo (*Mycena citricolor* BERK. & CURTIS)

\* En cada planta se seleccionan tres ramas (parte baja, media y alta). Se puede emplear las mismas ramas en las que se evalúa incidencia de enfermedades en hojas.

\* Se realiza el conteo de todos los frutos sanos y frutos con presencia de la enfermedad (Mancha de hierro, Ojo de gallo) (Fotos 64 y 65).

\* Para determinar el porcentaje de incidencia, se aplica la siguiente ecuación:

$$IEPH (\%) = \frac{\text{Número de frutos enfermos}}{\text{Número total de frutos observados}} \times 100$$



Foto 64. Frutos de café con ojo de gallo.



Foto 65. Frutos de café con mancha de hierro.



## BIBLIOGRAFÍA

- Anchundia L. 1994. Estudio de fluctuación poblacional del minador de la hoja del café *Perileucoptera coffella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) y sus enemigos naturales. Tesis Ing. Agr. Portoviejo, Ecuador. Universidad Técnica de Manabí. 83p.
- Avelino, J.; Muller, R.; Cilas, C.; Velasco Pascual, H. 1991. Développement et comportement de la rouille orangée du caféier (*Hemileia vastatrix* Berk. et Br.) dans des plantations en cours de modernisation, plantées de variétés naines, dans le sud-est du Mexique. Café, Cacao, Thé (1): 21-42.
- Capucho, A.; Zambolim, L.; Duarte, H.; Vaz, G. 2011. Development and validation of a standard area diagram set to estimate severity of leaf rust in *Coffea arabica* and *C. canephora* Plant Pathology.60(6): 1144-1150.
- Dirección general de sanidad vegetal. 2013. Manual técnico para el manejo preventivo de la roya del cafeto. México, 26p. Disponible en línea: <http://royacafe.lanref.org.mx/Documentos/Manualtecnicoroya.pdf>
- INIAP. 2015. Informe Técnico Anual. Departamento Nacional de Protección Vegetal-Sección Entomología. Estación Experimental Portoviejo, EC. pp 32-37.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Informes Anuales EET-Pichilingue y EE-Portoviejo.
- Kushalappa, A.C.; Chaves, G.M. 1980. An analysis of the development of coffee rust in the field. Fitopatologia Brasileira (1): 95-103.
- SECRETARÍA DE AGRICULTURA GANADERÍA DESARROLLO RURAL PESCA Y ALIMENTACIÓN (SAGARPA). 2013. Ficha técnica del cafeto (*Hemileia vastatrix*) Berkeley & Broome. Dirección general de sanidad vegetal. Centro nacional de referencia fitosanitaria, sistema nacional de vigilancia epidemiológica fitosanitaria. México, 28p. Disponible en línea: <http://amecafe.org.mx/downloads/FichaT%C3%A9cnicaRoyadelCafeto.pdf>
- Vega, M. 1993. Estimación de las pérdidas ocasionadas por la broca del café *Hypothenemus hampei* en la producción de *Coffea arábica* y *C. canephora* a nivel de campo. Tesis Ing. Agr. Portoviejo, Ecuador. Universidad Técnica de Manabí. 83p.





## Protocolo 4

### Beneficio post-cosecha

Zambrano, F.<sup>1</sup>; Guerrero, H.<sup>1</sup>; Plaza, L.<sup>1</sup>; Jiménez, J.<sup>1</sup>; Loo, R.<sup>1</sup>

#### 4.1. Coffea arabica

- a. Vía seca: No es recomendable realizar el beneficio post-cosecha por esta vía. De requerirse utilizar este método, se puede considerar el proceso señalado en la variedad *Coffea canephora*.
- b. Vía húmeda: El beneficio húmedo convencional es un proceso de transformación del café cereza maduro café pergamino húmedo que involucra el boyado, despulpado, fermentación y lavado para obtener el café pergamino húmedo; que luego del secado y trillado da como producto final el café lavado.

Este proceso se inicia inmediatamente después de la cosecha, mediante el despulpado de las cerezas, empleando una maquina despulpadora bien calibrada (Foto 66).



Foto 66. Despulpado de café.

Posteriormente, el café despulpado se coloca en tinas o baldes plásticos, se agrega un poco de agua que cubra todo el nivel de café despulpado para alcanzar un grado de fermentación adecuado (el tiempo de fermentación es 16 a 24 horas) (Foto 67).



Foto 67. Fermentado de café.

Una vez finalizada la fermentación, se procede a lavar el café en un balde plástico, con abundante agua limpia, hasta que se haya removido por completo el mucílago adherido al pergamino (Foto 68).



Foto 68. Lavado del café.

Luego del lavado, el café pergamino húmedo es secado en zarandas o en marquesinas con entablillado de madera, caña guadúa, o malla metálica y cubierta de plástico removiendo continuamente de 3 a 4 veces al día, hasta que quede seco (10 a 12% de humedad) para su recolección (Foto 69).

<sup>1</sup> Programa Nacional Cacao y Café EE-Tropical Pichilingue





Foto 69. Secado del café.

## 4.2. *Coffea canephora*

- a. Vía seca: El beneficio por la vía seca consiste en cosechar el café cereza en su pleno estado de madurez y deshidratarlo por medios naturales hasta un nivel en que pueda ser sometido a una trilladora, para la eliminación física de las envolturas del almendro.

El secamiento natural se realiza en zarandas o en marquesinas con entablillado de madera, caña guadúa, o malla metálica y cubierta de plástico (Foto 70).



Foto 70. Marquesina para secado de café.

La muestra de café se seca en capas delgadas (4 a 7 cm), removiendo uniformemente, varias veces al día (Foto 71).



Foto 71. Secado de café cereza.

El secado termina cuando el café alcance el estado conocido como “bola seca” (12% de humedad) (Foto 72).



Foto 72. Café bola seca.

## BIBLIOGRAFÍA

- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). 2012. NTE INEN-ISO 10470:2012. Café verde. Tabla de referencia de defectos: Clasificación y requisitos. Quito, Ecuador.
- \_\_\_\_\_. 2013. NTE INEN-ISO 4150:2013. Café verde. Análisis de granulometría – tamizado manual (IDT) Quito, Ecuador.
- SCAA (Specialty Coffee Association of America). 2008. Protocolo de catación de SCAA.
- Zambrano F. 2014. Determinar la calidad de granos de selecciones avanzadas de café robusta (*Coffea canephora*), Tesis de Grado para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Quevedo, Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. p. 95-107.

# Protocolo 5

## Calidad integral del grano y derivados

Zambrano, F.<sup>1</sup>; Guerrero, H.<sup>1</sup>; Plaza, L.<sup>1</sup>; Jiménez, J.<sup>1</sup>; Loo, R.<sup>1</sup>

### 5.1. Análisis físico

#### 5.1.1 Determinación de humedad

Para garantizar la calidad, el café debe secarse hasta llegar a una humedad de 10 a 12 %. Para medir la humedad se utilizan equipos electrónicos (determinador de humedad para café) (Foto 73).



Foto 73. Determinación de humedad.

#### 5.1.2. Cálculo del rendimiento

Para calcular el rendimiento del café se procede de la siguiente manera:

Se pesan 300 gramos de café “bola seca” o “pergamino seco” (Peso 1) (Foto 74).



Foto 74. Peso de café bola.

Los 300 gramos de café se trillan en una máquina descascaradora (Foto 75).



Foto 75. Trillado de café bola.

<sup>1</sup> Programa Nacional Cacao y Café EE-Tropical Pichilingue



El café pilado se pesa en gramos (Peso 2) (Foto 76).



Foto 76. Peso de café pilado.

La cantidad inicial de café de 300 gramos (Peso 1), se divide para el peso de café pilado (Peso 2) (Foto 77).



Foto 77. Peso de café oro.

El valor obtenido de la relación  $\text{Peso 1}/\text{Peso 2}$ , se define como el rendimiento del café verde.

### 5.1.3. Tamaño de grano (granulometría)

La clasificación del grano por tamaño se realiza mediante la prueba de tamizaje o granulometría, empleando un conjunto de zarandas, según la Norma ISO 4150. Los números de las zarandas a emplearse y el diámetro de las perforaciones, se indican en el cuadro 1.

Cuadro 1. Zarandas con sus diámetros de perforaciones usadas para la clasificación de los granos de café por tamaño

Orden	No. de Zaranda	Diámetro (mm)
1	20	8,00
2	19	7,50
3	18	7,10
4	17	6,70
5	16	6,30
6	15	6,00
7	14	5,60
8	13	5,16
9	12	4,75
10	11	4,36
11	10	4,00
12	base	0,00

Fuente: Norma ISO 4150:2011

Para la prueba de tamizaje, se procede de la siguiente manera:

- Se pesan 100 gramos de café oro en una balanza de precisión.
- Se seleccionan y ordenan los tamices (zarandas), en forma secuencial, según su número, de mayor (arriba) a menor (abajo).
- Los 100 gramos de café oro se colocan sobre el juego de tamices (Foto 78).



Foto 78. Prueba de tamizaje.

- Se agita manualmente el juego de tamices, conteniendo los granos, con movimiento oscilatorio horizontal, durante 1 minuto, para que los granos de café se distribuyan uniformemente sobre las superficies perforadas de las zarandas (Foto 79a).
- Se golpea ligeramente el juego de tamices en forma vertical, sobre la superficie de trabajo, para que los granos retenidos en los agujeros caigan al tamiz siguiente (Foto 79b).



a



b

Foto 79. Retiro de los granos en las zarandas.

- Se toma el peso de los granos de café retenidos en cada uno de los tamices según su número, teniendo cuidado de sacar los granos que quedan retenidos en las perforaciones de los tamices; dichos granos pertenecen al tamiz en el cual quedaron retenidos (Foto 80).
- Este proceso se repite por tres veces para cada muestra de café y luego se calcula un promedio.
- Los resultados del peso por tamiz se expresan en porcentaje.



Foto 80. Peso de granos retirados de las zarandas.

#### 5.1.4. Determinación de la densidad

La determinación de la densidad del café se realiza de la siguiente forma:

- Los granos de café verde se colocan en un recipiente medida de un litro, hasta su nivel a ras.
- Se golpea el recipiente-medida por espacio de un minuto, para que la muestra de café se compacte.
- Se añaden granos de café hasta completar nuevamente la marca de un litro.
- Este proceso se repite hasta que no bajen más los granos de café en el recipiente-medida; es decir, estén bien compactados.
- Posteriormente, se toma el peso de los granos contenidos en el recipiente-medida de un litro.
- El valor obtenido se expresa en gramos/litro, que corresponde a la densidad del café.



### 5.1.5. Análisis de defectos físicos del café verde “oro”

Este análisis se realiza en una muestra de 300 gramos de café oro, siguiendo un procedimiento como el que proporciona la NTE INEN-ISO 10470:2012 (Cuadro 2), determinándose la pérdida de masa real e impacto sensorial. Para efectuar el análisis de defectos, se realiza el siguiente procedimiento:

- Se pesan 300 gramos de café oro.
- Los 300 gramos de café pilado se colocan sobre una superficie plana, de color naranja o negro, y se examinan bajo luz natural difusa (no luz del sol directa).
- Se revisa manualmente, en forma sistemática, grano por grano, y se separan todos los defectos encontrados, los cuales se catalogan separadamente (Foto 81).
- Se pesa cada categoría de material extraño y defectos y se calcula la fracción de masa en porcentaje.
- Los valores obtenidos son equivalentes a “Unidades de Impacto en la Calidad”

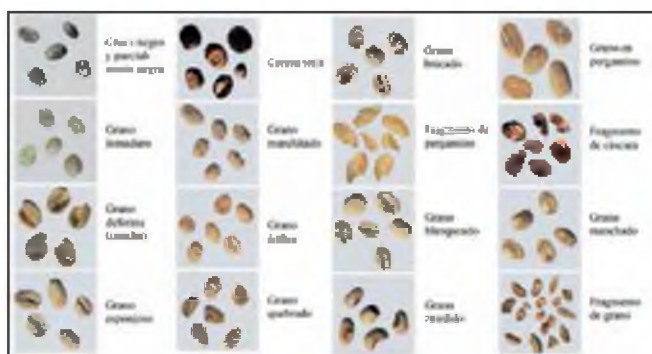


Foto 81. Defectos físicos de granos de café.

Cuadro 2. Tabla de referencia de defectos INEN-ISO (10470:2012).

Defectos	Pérdida de masa	Impacto Sensorial
	Coficiente	Coficiente
Piedras	1	0
Palos	1	0
Terrones	1	0
Materias metálicas	1	0
Otras materias extrañas distintas a mencionadas anteriormente	1	0
Grano en pergamino	0,5	0
Fragmento de pergamino	0,5	0
Cereza seca (coco)	0,5	0
Fragmento cáscara	0,5	0
Grano deforme, concha y oreja	0	0,5
Fragmento de grano	0,5	0,5
Grano quebrado	0,5	0,5
Grano dañado por insectos	0	0,5
Grano infestado por insectos	0	0,5
Grano mordido durante el despulpado, grano cortado	0	0,5
Grano negro y grano parcialmente negro	0	1
Grano negro-verde	0	1
Grano marrón ("ardido")	0	1
Grano ambar	0	0,5
Grano inmaduro; grano "queker"	0	0,5
Grano ceroso	0	0,5
Grano jaspeado; grano manchado	0	0,5
Grano marchitado	0	0,5
Grano esponjoso	1	0,5
Grano blanco	0	0,5
Grano que produce mal olor o sabor a fermento	0	1
Grano que produce otros sabores extraños	0	1
Total de defectos (g)		
Granos sanos (g)		
Total de muestra		

## 5.2. Análisis químico

### 5.2.1. Porcentaje de cafeína:

La determinación del contenido de cafeína se realiza mediante lecturas en Cromatografía Líquida de alta resolución (HPLC)



### 5.2.2. Porcentaje de glucosa

La determinación del contenido de azúcares se realiza mediante lecturas en un espectrofotómetro a 520 nm, el mismo que realiza una curva de la glucosa a 300 ppm.

### 5.2.3. Porcentaje de fructuosa y sacarosa

Para la determinación del porcentaje de fructuosa y sacarosa, los análisis se realizan mediante el método de Antora (Pereira, 1994).

### 5.2.4. Ocratoxina A

A 2,0 g de café tostado y molido se le agrega 5,0 ml de HCl 1 N y se agita por 5 minutos. Se agrega 10 ml de diclorometano y se agita por 15 minutos, luego se centrifuga a 3500 g por 15 minutos. Se elimina la capa superior y se filtra, se agrega 10 ml de NaHCO<sub>3</sub> 0.13 M pH 8.1 y se agita por 15 minutos. Se centrifuga 5 minutos a 3500 g y se utiliza 50  $\mu$ l para el análisis de absorbancia a 450 nm, mediante el método de ELISA.

## 5.3. Análisis sensorial

### 5.3.1. Preparación de la muestra

#### a. Tostación

- La muestra se debe tostar con una antelación máxima de 24 horas a la sesión de cata y se le debe dejar reposar por lo menos 8 horas (Foto 82).
- El perfil de la tostación debe ser de claro a claro-medio.
- La tostación debe llevarse a cabo en 8 minutos por lo menos y en no más de 12 minutos. No deben aparecer granos quemados (chamuscados).
- La muestra debe ser enfriada inmediatamente (sin utilización de agua).

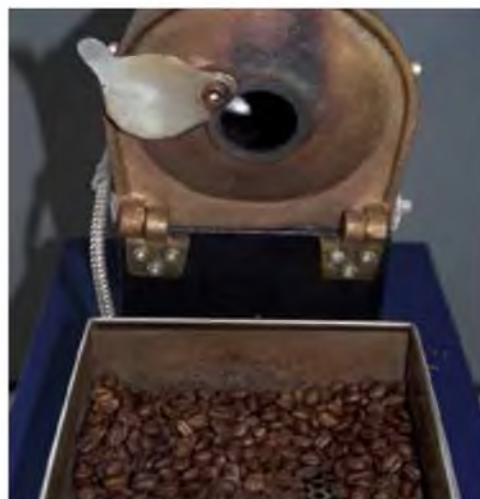


Foto 82. Tostado del café.

- Cuando la muestra alcance la temperatura ambiente (aprox. 75° F o 24° C), se debe almacenar en envases herméticos o en bolsas no permeables, hasta que se caten, para reducir al mínimo la exposición al aire y prevenir la contaminación (Foto 83).
- Las muestras deben ser almacenadas en un lugar oscuro fresco, pero no se deben refrigerar ni congelar.



Foto 83. Café tostado.

### 5.3.2. Establecimiento de medidas

#### a. Molienda

- La molienda debe ser homogénea (Foto 84).
- La composición de las partículas debe tener un diámetro equivalente a 500  $\mu$  (molienda media).



- Para evitar la mezcla de muestras de café, se debe limpiar el interior del molino, introduciendo una pequeña cantidad de café por evaluar y accionar el interruptor. Este café se debe descartar, ya que lleva partículas de una muestra de café molida con anterioridad.
- Se debe limpiar cada vez el molino, con parte de la muestra que se va evaluar.



Foto 84. Café molido.

### b. Pesaje de la muestra

- La cantidad de café molido debe ser 5,5% del total de la infusión.
- Se emplean 11 gramos de café molido por 200 mililitros de agua (8,25g / 150ml)
- En la catación se utilizan 5 tazas de café y cada una debe tener la misma concentración de café-agua.

### c. Agua para catación

- El agua debe ser limpia y de dureza media.
- Para preparar la infusión se usa agua hirviendo.

### d. Catación de café: Procedimiento

Paso 1: La muestra se examina visualmente para verificar el grado de tostación, de acuerdo a los siguientes niveles de coloración del tostado ([www.cafelanacional.com/nosotros/tueste-a-la-medida/](http://www.cafelanacional.com/nosotros/tueste-a-la-medida/)):



Paso 2: Se evalúa la fragancia seca, oliendo los granos molidos secos dentro de un periodo de 15 minutos después que la muestra se ha molido (Foto 85a).

Paso 3: Se coloca agua hirviendo en las tazas con café tostado y molido.

Paso 4: Después de la infusión con agua, la capa superior de sólidos se deja intacta de 3-5 minutos.

Paso 5: La ruptura de la taza se hace revolviendo tres veces, permitiendo después que la espuma se deslice hacia abajo por la parte posterior de la cuchara, mientras que se percibe el aroma.

Paso 6: Cuando la muestra se ha enfriado alrededor de 71 °C, de 8-10 minutos de preparada la infusión, se debe comenzar la evaluación de la bebida (Foto 85b).



Foto 85. a-b Proceso de catación del café.

La evaluación sensorial del café enfatiza los caracteres deseables: aroma, sabor, acidez y cuerpo. Para evaluar cada una de las características organolépticas se emplea la siguiente escala ordinal:

Escala de calidad			
Buena	Muy buena	1ra. calidad	Excepcional
6,00	7,00	8,00	9,00
6,25	7,25	8,25	9,25
6,50	7,50	8,50	9,50
6,75	7,75	8,75	9,75

Sistema de calificación (SCAA)

- Zambrano F. 2014. Determinar la calidad de granos de selecciones avanzadas de café robusta (*Coffea canephora*), Tesis de Grado para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador. p. 95-107.

## BIBLIOGRAFÍA

- Café la Nacional. Disponible en la página [www.cafelanacional.com/nosotros/tueste-a-la-medida/](http://www.cafelanacional.com/nosotros/tueste-a-la-medida/), consultado el 14 de diciembre del 2015.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). 2006. NTE INEN 1123:2006. Café tostado y molido, Requisito. Quito, Ecuador.
- \_\_\_\_\_. 2012. NTE INEN-ISO 10470:2012. Café verde. Tabla de referencia de defectos: Clasificación y requisitos. Quito, Ecuador.
- \_\_\_\_\_. 2013. NTE INEN-ISO 4150:2013. Café verde. Análisis de granulometría – tamizado manual (IDT) Quito, Ecuador.
- Jiménez, J. 2000. Efecto de dos métodos de fermentación sobre la calidad de tres grupos de cacao *Theobroma cacao* L. cultivado en la zona de Quevedo provincia de los Ríos. Tesis Ing. Agr. Guaranda, Ecuador. Universidad Estatal de Bolívar. p. 20.
- Pereira, N.A.M. 1994. Selecao de genotipos para producao de manteiga de cacao no vale de Ribeira Sao Paulo. Itubuna, Bahía, Brasil. CEPLAC. p. 6.
- SCAA (Specialty Coffee Association of America). 2008. Protocolo de catación de SCAA.





# Protocolo 6

## Multiplicación clonal en campo de individuos seleccionados de café robusta (*Coffea canephora*)

Guerrero, H.<sup>1</sup>; Plaza, L.<sup>1</sup>; Quijano, G.<sup>1</sup>; Párraga, J.<sup>2</sup>; Subía, C.<sup>3</sup>; Calderón, D.<sup>3</sup>; Loor, R.<sup>1</sup>

### 6.1. Propagación vegetativa

La multiplicación por vía vegetativa permite la reproducción integral de todas las características de un genotipo de café seleccionado, en otras palabras su “Clonación”. Esto último, daría la posibilidad de a partir de un solo individuo generar cientos, miles o hasta millones de copias idénticas, las mismas que tendrán igual comportamiento que la planta de café originalmente seleccionada o también llamada “cabeza de clon”: capacidad de producción, respuesta al medio (suelo, clima, sanidad), calidad organoléptica, etc.

La multiplicación o propagación vegetativa puede realizarse usando diferentes metodologías, pero en café robusta sin duda la más usada es la de “esquejes”, sin dejar de lado otras técnicas como: acodos o injertos (realizados en árboles viejos con las estacas que en ocasiones son cultivadas específicamente para este propósito).

La plantación así obtenida, será entonces de tipo clonal y una combinación de varios genotipos “policlon” es indispensable en el caso del cultivo de café robusta que se caracteriza por ser auto-incompatible o auto-estéril. El respetar esta recomendación proporcionará un aumento sustancial en la precocidad y productividad de la plantación.

#### a. Esquejes

Actualmente es el modo de multiplicación vegetativa más ampliamente utilizado en café

Robusta. Ha sido perfeccionado a través de los años y debido a sus buenos resultados de reproducibilidad, su uso (principalmente en Asia) llega a niveles casi industriales.

El uso de esquejes implica la utilización de los entrenudos de brotes/ramas ortotrópicas (no plagiotrópicas, pues producen sólo arbustos a ras del suelo) tomados de clones seleccionados, que en la mayoría de casos se cultivan especialmente en jardines clonales.

La producción intensiva de ramas ortotrópicas supone que los clones parentales fueron seleccionados en función de su idoneidad para ser multiplicados por medio de esquejes. Las ramas ortotrópicas son seleccionadas (Foto 86a), cortadas en varetas (Foto 86b) y posteriormente en estacas (Foto 86c) que desarrollan raíces en un sustrato poroso de propagación (bandejas, cámaras de enraizamiento, etc.). Los esquejes enraizados son posteriormente trasplantados en bolsas de plástico para su endurecimiento bajo sombra y ambiente húmedo (Foto 87), en donde permanecen 6-8 meses bajo una sombra clásica antes del trasplante al sitio definitivo en campo.

1 Programa Nacional Cacao y Café EE-Tropical Pichilingue

2 Programa Cacao y Café EE-Portoviejo

3 Programa Cacao y Café EE-Central Amazónica





Foto 86. Selección de rama (a), corte de vareta (b) y obtención de esquejes (c).



Foto 87. Siembra de esqueje.

El detalle para la realización de todo este proceso hortícola se presenta en la sección de selección y preparación de esquejes.

## b. Jardín clonal

El jardín clonal debe ser establecido en una parcela donde el terreno haya sido cuidadosamente preparado: sin malezas, terreno suelto y nivelado. La presente recomendación incluye el estaquillado para

la siembra de 18.000 plantas clonales de esquejes por hectárea, siguiendo la disposición y distribución de plantación que se esquematiza a continuación (figura 1).

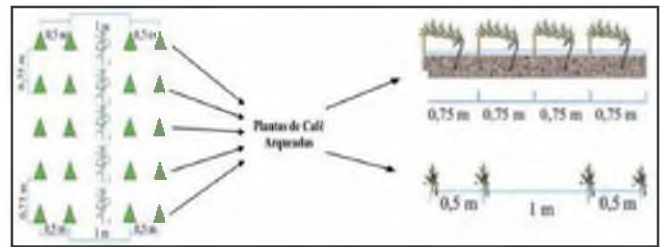


Figura 1. Diseño de una plantación para la instalación de una hectárea de jardín clonal con selecciones de café Robusta.

La posición inclinada de la planta favorece la rápida aparición de brotes ortotrópicos (Foto 88), sino esto es provocado por el arqueado que posteriormente se realiza. Se recomienda el uso de cubierta vegetal (cáscaras de café, arroz, etc.) para inhibir el crecimiento de las malas hierbas y mantener la humedad del suelo.



Foto 88. Planta de café robusta arqueada.

En el manejo del jardín clonal, es crucial eliminar cualquier tipo de vegetación que no produzca una rama o brote ortotrópico útil (por ejemplo ramas plagiotrópicas o brotes rastreros), para asegurar el arqueado de un tallo principal que emitirá los brotes/esquejes para su clonación; y además, su futura sustitución por un nuevo brote, cuando el tallo inicial haya agotado sus reservas de yemas axilares productoras de retoños.

Es importante considerar el aporte de fertilizante nitrogenado (100 g x planta dividido en cuatro aplicaciones al año, en otras palabras 25 g de Urea después de cada corte de ramas y/o una aplicación durante el período

de descanso, temporada seca) que ayudará considerablemente a mejorar las condiciones de producción y cosecha de brotes. En caso de evidenciarse problemas de clorosis bronceada de las hojas más viejas, sería necesaria la aplicación suplementaria de un aporte de Magnesio.

La explotación del jardín clonal puede comenzar después de 6-9 meses; sin embargo, la plena producción en robusta se sitúa alrededor de los 15-18 meses, cuya producción anual aproximada es de 150 esquejes por planta, o sea 2,7 millones de esquejes por hectárea y por año, pudiendo esta cifra inclusive ser superior en dependencia de un buen manejo agronómico.

Siguiendo las recomendaciones previas y con base en las experiencias en África y Asia, la cosecha de brotes en cada planta del jardín clonal se debe llevar a cabo cada tres meses; sin embargo, una rotación de cosecha debe ser considerada con el fin de alimentar regularmente los propagadores.

El corte de los brotes en campo debe realizarse en la mañana y si la preparación y el enraizamiento se retrasan, es de vital importancia conservarlos en bolsas de polietileno dentro de un lugar fresco y sombreado.

### c. Detalles técnicos para la selección y preparación de esquejes

Esta fase incluye la selección de las ramas/brotes en campo, que poseen entrenudos que van de verdes a semi-maduros, con 4-6 nudos bien desarrollados e identificados con 15 días previos a la cosecha de los brotes (Foto 86a). Esto da como resultado segmentos cortos, de 7 a 10 cm, con un solo nudo y dos hojas cortadas a la mitad o un tercio de su longitud para limitar la evapotranspiración (Foto 89). La sección de la parte superior debe estar tan cerca como sea posible a las axilas de las hojas, para evitar el desarrollo de ramas/brotes naciendo de yemas primarias, extra-axilares, situadas de 0,5 a 1 cm de la axila.



Foto 89. Esqueje de café robusta.

Posteriormente, se procede a seccionar cada esqueje, es decir, dividirlos en dos segmentos longitudinales donde cada uno tendrá una hoja (Foto 90 a-b). Esta operación sólo es posible con esquejes de diámetro suficiente. Para diferenciar entre clones, una estrategia puede ser cortar de manera diferenciada las hojas de cada clon (Foto 91 a-b-c). Una vez realizada la siembra de los esquejes en las camas de propagación (Foto 87), en un lapso promedio de dos meses, los esquejes han emitido raíces (Foto 92) y están listos para su trasplante



Foto 90. a-b. División del esqueje





Foto 91. a-b-c. Ejemplos de cortes realizados en las hojas para reconocer los diferentes clones de esquejes.



Foto 92. Esqueje enraizado.

#### d. Propagadores

Se trata de bordes convencionales que pueden ser contruidos de cemento o simplemente caña y/o madera para abaratar costos. En ambos casos, son contruidos sobre el suelo bajo sombra permanente “viveros”, también llamadas “camas de enraizamiento”, cuyo tamaño por lo general es de: 100 cm de ancho pero con un largor que puede variar considerablemente.

En el interior de esta estructura, se debe alternar piedras y capas de grava para facilitar el drenaje (foto 93), las cuales dan soporte al medio de enraizamiento que se deposita en la parte superior (Foto 94). El medio de enraizamiento se compone de una capa de materia porosa, químicamente inerte, con al menos 20 cm de espesor (tierra montaña, aserrín fermentado, arena gruesa de río, cáscaras de arroz, café y abono) de sustrato que debe ser esterilizado una vez al año (por calor, vapor o productos clorados) contra las infestaciones de nemátodos y/o bacterias, terminando con un lavado para poner fin a la limpieza periódica.



Foto 93. Base de piedra.





Foto 94. Medio de enraizamiento (sustrato con arena).

Finalmente, los esquejes son “sembrados” en la cama de enraizamiento (Foto 87) y confinados dentro de la ahora denominada “cámara de enraizamiento” recubierta por una cobertura plástica de polietileno.

Es importante que la superficie superior del sustrato esté cerca de la cobertura, pero nunca en contacto con el plástico de polietileno, el cual debe ser transparente (150cm ancho, espesor 20/100 mm).

La sombra establecida sobre los propagadores debe estar a 2-3 m por encima del suelo, deberá interceptar 2/3 de la luz. Esto es muy importante y condicionará la tasa de éxito del enraizamiento. Además, los propagadores deberán estar orientado de norte a sur para garantizar la misma captación solar para todas las futuras plantas. Esto puede ser complementado por una cubierta vegetal o plástica en los laterales de la cámara de enraizamiento.

#### **e. Siembra, mantenimiento y selección de esquejes enraizados**

Los esquejes preparados son dispuestos lado a lado, en filas paralelas, sembrados verticalmente en el sustrato previamente humedecido hasta que el peciolo de la hoja toque parcialmente el sustrato. Esta disposición es esencial para evitar una caída de la hoja, un fenómeno que es equivalente a la falta de enraizamiento. Una apropiada densidad para la siembra se sitúa entre 400-500 esquejes por metro cuadrado.

Cuando un compartimiento del propagador se llena, se debe realizar el riego y luego se cierra cuidadosamente con la cobertura plástica (Foto 95).



Foto 95. Cierre de cámaras de enraizamiento.

Todas las mañanas, los esquejes deben ser humedecidos con agua pulverizada (neblina) a razón de 0,5 litros por cada 1000 esquejes (todo exceso resulta en pérdidas de esquejes). La pulverización debe cesar tan pronto como las microgotas depositadas en las hojas comienzan a reunirse y rodar a través de ellas. Este detalle de trabajo tiene por objetivo no sólo mantener la humedad ambiental, sino también estabilizar la temperatura en el interior de la cámara, entre 25-30°C.

En el periodo seco, una segunda pulverización debe ser prevista en la tarde.

Después de veinte días, las yemas axilares comienzan a activarse para brotación y en la cicatriz del corte inferior que esta en contacto con el sustrato, comienzan a aparecer los primeros callos para el desarrollo posterior de raíces (Foto 92).

La extracción de esquejes enraizados puede comenzar después de seis a ocho semanas, con una retirada total de esquejes a los tres meses (los esquejes que no hayan emitido raíces deben ser eliminados), para la renovación integral de todo el lote.

Las tasas de éxito varían de acuerdo al genotipo de cada clon o línea y a la condición fisiológica de los brotes preparados. Normalmente bordea el 60% en ocho semanas y 80% después de



doce semanas. En un proyecto de instalación comercial, dadas las incertidumbres del entorno, se puede esperar un rendimiento promedio de 50%. Todo resultado inferior, resulta de una o más fallas graves en el entorno de: instalación, preparación y establecimiento de esquejes o del mantenimiento de los mismos. Estos problemas deben ser bien identificados, analizados y en lo posible eliminados para mejorar el rendimiento en un nuevo lote de esquejes a enraizar.

#### f. Trasplante y endurecimiento

Los esquejes enraizados son trasplantados en un sustrato de tierra enriquecida en vivero (1/3 tierra franco arcillosa, 1/3 de arena, 1/3 de estiércol/humus o compost) contenidos en bolsas de polietileno negro de 5/100 de espesor, con perforaciones, cuya dimensión puede ir de: 105 S.40x250 (estancia de 6-8 meses) hasta 105 S.45x275 (para estancias más largas), perfectamente llenas hasta el borde y bien distribuidas en su interior.

Las estacas se entierran hasta la mitad del segmento de su tallo; las raíces (eventualmente acortadas a 7 cm) se disponen cuidadosamente sin torsión, mediante el uso de un plantador. La tierra es enseguida llenada con los dedos y el conjunto total de las estacas ya en bolsas, es transportada bajo sombra tipo estándar (50% de la luz y sombra lateral) para la cría final; las bolsas son dispuestas en camas a ras del suelo en filas dobles de 140 cm de largo, separadas por pasillos 50 cm de ancho.

Durante las tres primeras semanas de cría, las plantas en vivero se someten a la aclimatación o endurecimiento bajo un túnel de plástico, período correspondiente al establecimiento del sistema de raíces de los esquejes. Este desarrollo se logra sin la pérdida de la atmósfera húmeda y confinada y una sombra homóloga a la de los propagadores. A falta del túnel de plástico, una buena atmósfera puede ser obtenida gracias a una sombra doble que puede ser mantenida justo por encima de las estacas. Este dispositivo (no impermeable),

requiere aclimataciones múltiples durante las tres semanas de aclimatación contrariamente a lo ocurrido en el túnel de plástico. Después del endurecimiento (foto 96), los esquejes se descubren y se someten a un tratamiento de mantenimiento idéntico a las plantas de semilla durante toda la duración del cultivo.



Foto 96. Camas de endurecimiento de esquejes con raíces. INIAP-EET-Pichilingue.

# Protocolo 7

## Multiplicación sexual en campo de individuos seleccionados de café arábigo (*Coffea arabica*)

Guerrero, H.<sup>1</sup>; Plaza, L.<sup>1</sup>; Quijano, G.<sup>1</sup>; Subía, C.<sup>2</sup>; Calderón, D.<sup>2</sup>

La selección de semilla es una actividad muy importante, de ella depende en gran parte el futuro de una nueva plantación de café. Esta labor se inicia con la selección de plantas madres de donde se obtiene la semilla tomando en cuenta las características físicas y la producción de los cafetos, considerando los siguientes aspectos:

### 7.1. Selección de plantas madres

Es importante seleccionar plantas jóvenes que presenten buen vigor, completamente sanas y libres de plagas y enfermedades, en especial el Mal de Hilachas (*Pellicularia koleroga*), que conserven las características de la variedad que se desea sembrar, de porte bajo y alta productividad (variedades recomendadas por INIAP). En general, la semilla debe proceder de lotes destinados para este propósito, procurando seleccionar las plantas de la parte central del lote (Foto 97).



Foto 97. Plantas madres.

### 7.2. Cosecha de frutos maduros sanos y bien formados

En las plantas élites presentes en el jardín de multiplicación de semilla, se deben recolectar los frutos maduros, sanos y bien formados, mediante cosecha selectiva de cerezas (pepiteo), evitando con esto dañar las yemas florales ubicadas en las ramas de los cafetos (Foto 98).



Foto 98. Cosecha de frutos maduros

### 7.3. Determinación del índice de frutos vanos

Los frutos de café cosechados de los jardines de multiplicación de semilla (plantas madres), deben ser sometidos a una prueba para determinar el porcentaje de frutos vanos, procediendo para ello a contar los frutos grandes maduros y bien formados (Foto 99), colocándolos en un recipiente que contenga agua, y debido a su peso los frutos caen al fondo del recipiente mientras que los frutos vanos flotan (Foto 100). El límite máximo permitido de frutos para que un cultivar sea aceptado como fuente de semilla es del 8%.

1 Programa Nacional Cacao y Café EE-Tropical Pichilingue

2 Programa Cacao y Café EE-Central Amazónica





Foto 99. Cerezas seleccionadas.



Foto 100. Prueba para determinación de frutos vanos.

#### 7.4. Beneficio de café cereza para obtención de semilla

Para la obtención de semilla de café arábigo se debe realizar el beneficio por vía húmeda. Este proceso se inicia inmediatamente después de la cosecha, mediante el despulpado de las cerezas, empleando una máquina despulpadora bien calibrada (Foto 101a). Posteriormente, el café despulpado se coloca en tinas o baldes plásticos, se agrega agua que cubra todo el nivel del café despulpado hasta alcanzar un grado de fermentación adecuado (Foto 101b). El tiempo de fermentación irá de 16 a 24 horas; después, estas semillas deben ser lavadas con abundante agua, restregándolas entre las manos, repitiendo esta labor de tres a cuatro veces, tratando de eliminar todo el mucílago adherido al pergamino (Foto 101c).

El café lavado destinado para semilla debe secarse en forma natural, bajo sombra y en lugares ventilados, sobre un piso de cemento o madera completamente limpio (sin presencia de polvo, basura, productos químicos, combustible, que puedan contaminar el producto). La semilla debe distribuirse sobre capas de no más de 3 cm de espesor y removerlas 3 a 4 veces al día, para evitar el rehumedecimiento de las semillas y la presencia

de hongos. La semilla debe tener entre un 10 a 12% de humedad para su recolección (Foto 101d).



Foto 101. Proceso post-cosecha

## 7.5. Selección de granos por sus características físicas

Los granos de café pergamino destinados para semilla deben ser seleccionados cuidadosamente, descartando todos los granos anormales denominados: caracoles, monstruos, triángulos y granos brocados. También, se descartan los granos pequeños, picados por la despulpadora o con otros defectos. Para semilla, deben considerarse los granos normales, que presenten buen tamaño, peso y ranura recta (Foto 102).

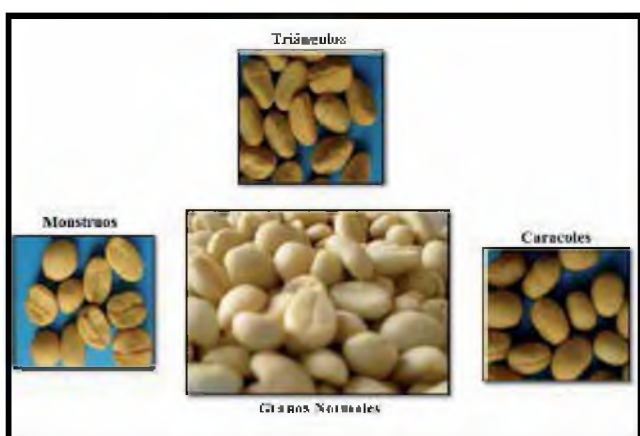


Foto 102. Defectos físicos de los granos de café pergamino.

## 7.6. Almacenamiento

Cuando se requiere conservar las semillas, es recomendable almacenar la semilla en sacos de liencillo o de yute. Estas semillas no deben ser almacenadas por más de dos meses en condiciones naturales y hasta cuatro meses en condiciones de cuarto frío, por cuanto pueden perder su poder germinativo.

## 7.7. Semillero o germinador

El semillero o germinador es el lugar donde se siembran las semillas de café, para inducir la germinación y crecimiento inicial de las plántulas. Los germinadores o semilleros deben ubicarse siempre debajo de un cobertizo o invernadero, para evitar la sobre exposición solar y altas precipitaciones.

Los germinadores pueden construirse a nivel del suelo. El marco se construye con caña guadua

o madera, con las siguientes dimensiones: 1 metro de ancho por 15 cm de altura y la longitud que sea necesaria, de acuerdo al número de semillas que se desea sembrar (Foto 103).



Foto 103. Semillero o germinador.

## 7.8. Sustrato del semillero

Se puede emplear tres tipos de sustratos disponibles, pudiendo ser: tierra de montaña, mezcla de arena y tierra (1:3) o solamente arena de río cernida. Una vez seleccionado el sustrato, se llena el marco del semillero y se lo desinfecta empleando Brassicol 75% (Pentacloro Nitrobenzeno en dosis de 5 g/ litros de agua) (Foto 104).



Foto 104. Sustrato del semillero.

## 7.9. Siembra en el germinador

La semilla de café puede sembrarse por varios métodos: al voleo, en surcos o hileras. El sistema al voleo es empleado cuando se va a utilizar grandes cantidades de semillas, procurando que éstas queden bien distribuidas. La siembra en hileras es recomendable para pequeñas áreas de siembra, distribuyéndolas a 1 cm entre semillas por 5 cm entre hileras. El total de semillas es de 50 por hilera; de esta manera, se siembran 1000 semillas por metro cuadrado. En este método, la semilla se coloca con la cara plana hacia abajo, presionándola



ligeramente sobre la arena. En la siembra al voleo se emplea entre 0,5 a 1 kg de semilla por metro cuadrado (Foto 105).

Después de la siembra, se provee riego a saturación en el germinador. Posteriormente, se colocan latones como soporte sobre los marcos, cubriéndolos con hojas de palma, bijao o sarán.

Esta cobertura sirve para mantener la humedad y temperatura, evitando la emergencia de malezas. En esta fase de germinación es recomendable realizar al menos tres riegos semanales.



Foto 105. Siembra de café en semilleros o germinadores.

## 7.10. Germinación

La semilla de café germina aproximadamente en 45 días para zonas bajas ( $\leq 800$  msnm) y de 50 a 60 días para zonas altas ( $> 800$  msnm). Entre los 45 y 60 días después de la siembra, se tienen las plantitas de café en los estados de “fosforito” y de “chapola”, respectivamente, listas para ser trasplantadas a las fundas en el vivero, siendo el estado de chapolas el más recomendado para realizar el trasplante (Foto 106).

Fosforitos



Chapolas



Foto 106. Estado de plántulas de café en semilleros.

## 7.11. Tamaño y características de la funda

Las fundas a utilizarse son preferiblemente de color negro y perforadas, con un tamaño recomendable de 6 x 8 mm, debiendo tener aproximadamente de 15 a 30 huecos en la mitad inferior de la funda, para el escurrimiento del excedente de agua.

## 7.12. Sustrato, desinfección y llenado de fundas

El sustrato empleado debe provenir de la capa superficial del suelo (hasta 0.15 m de tierra de montaña), cernida o en su defecto mezcla de tierra de montaña más pulpa de café descompuesta, con el fin de que las plántulas tengan un buen medio para su desarrollo radicular. La desinfección del sustrato se realiza con fungicida (Benomil, en dosis de 5 g/litro, usando regaderas) (Foto 107).

Las fundas se deben llenar con el sustrato preparado usando “cucharones” de metal o de caña guadua.



Foto 107. Sustrato y llenado de fundas.

### 7.13. Disposición de las fundas en el vivero

Las fundas deben ser colocadas ordenadamente en hileras dobles, con 20 cm de separación. Cada cama receptora de fundas de tres hileras está separada de la otra con un espacio de 40 cm, con la finalidad de facilitar la realización de labores culturales, como deshierbas, riego y control fitosanitario (Foto 108).



Foto 108. Distribución de fundas en vivero.

### 7.14. Trasplante de plantas de café a las fundas

El trasplante de café a la funda de polietileno se inicia una vez que se ha regado el sustrato, haciendo un hoyo en la parte central de la funda, de 8 a 10 cm de profundidad, empleando un “chuzo” de palo. Luego, se remueve el sustrato con una latilla para facilitar la salida de las chapolas, las cuales deben tener su sistema radicular en un balde con agua. La plantita se coloca cuidadosamente en el hoyo, con la raíz en posición correcta, enterrándose hasta el nivel del cuello, presionando suavemente las partes laterales para evitar las bolsas de aire, que impiden un anclaje y desarrollo normal de las raíces (Foto 109).



Foto 109. Trasplante de chapolas de café a las fundas.

Previo al trasplante de las chapolas a las fundas, éstas son seleccionadas en función de su estado agronómico, sanitario y sistema radicular. Las plantitas con raíces deformes (bifurcadas, pata de gallina), torcidas, sin pelos absorbentes, deben ser eliminadas.

### 7.15. Riego en vivero

Es recomendable tener siempre una adecuada humedad del sustrato. La frecuencia del riego depende de las condiciones de humedad del sustrato, evitando que se reseque o que haya exceso de humedad.

### 7.16. Fertilización

La fertilización química es necesaria para obtener plántulas con buen desarrollo. Se debe realizar a partir del segundo y tercer mes, en cantidad de 5 g/funda de Abono Completo 10-30-10. Estas dosis deben ser colocadas en dos orificios, a 3 cm de profundidad, ubicados en el borde de la funda.

### 7.17. Deshierba

La deshierba debe realizarse manualmente, con el propósito de evitar la competencia de las malezas con las plantitas, ya sea por espacio, luz y nutrición.

### 7.18. Tiempo

Cuando se emplea el sistema de “trasplante”, las plantas permanecen en el vivero por un tiempo de 150-180 días y luego se trasladan al campo para su establecimiento en el terreno definitivo, el cual debe coincidir con la época lluviosa.







## SECCIÓN 02

Nuevo enfoque de trabajo





La iniciativa de talleres y reuniones que dieron origen a este documento también abrieron espacios importantes en donde se mantuvieron discusiones técnicas, científicas y logísticas que permitieron revisar, diseñar y proyectar proactivamente de cara al futuro, el trabajo del INIAP en los rubros cacao y café, tanto en las áreas de “Investigación (I), Transferencia (T) y Producción (P)”.

Se trataron temas relacionados a los paradigmas tecnológicos que en el mundo cacaotero y cafetero nacional y mundial se han ido consolidando a través del tiempo, los cuales solo han sido sustituidos en la medida que otros nuevos han ido apareciendo. Es de resaltar que este hecho, va de la mano con el vertiginoso avance que en los últimos años se ha alcanzado en lo referente a nuevas tecnologías, especialmente en los países más desarrollados.

Para países como Ecuador, el reto se concentra en poder desarrollar localmente información tecnológica que pueda ser compatible para la diversidad de territorios y sistemas de producción en los cuales se desarrollan los cultivos de cacao y café. En otras palabras, existe la necesidad de analizar y mejorar no solamente el entorno productivo, sino también los ámbitos económicos, sociales y culturales, lo cual permitiría enfrentar de mejor manera las problemáticas particulares que atañen a ambos cultivos en las diferentes regiones productoras del país.

Bajo esta premisa, el Programa Nacional de investigaciones y desarrollo en los rubros cacao y café, plantea “Un Nuevo Enfoque de Trabajo”, que busca hibridar entre el conocimiento tradicional y moderno con el propósito de desarrollar nuevas potencialidades y alternativas productivas zonificadas, adaptadas entre otras cosas al cambio climático.

Este nuevo enfoque debe ser considerado también como una “hoja de ruta” cuyo objetivo

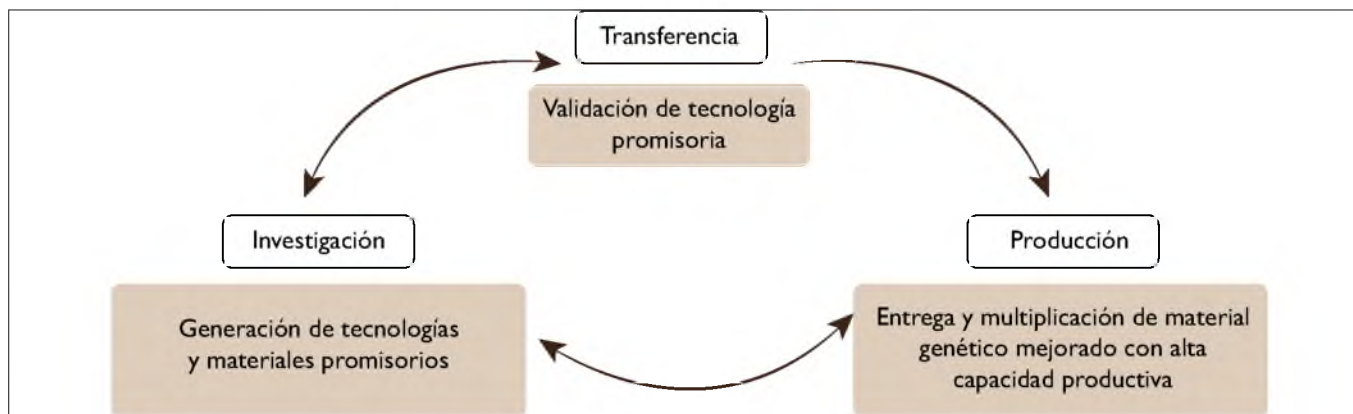
principal es el fortalecimiento y dinamización de las actividades de I+D+i con la participación de diversos actores de las cadenas de cacao y café, pero con un fuerte componente demostrativo de los resultados tecnológicos con aplicación comercial.

Con base en lo anterior, se plantearon posibles escenarios que se podrían tener a corto, mediano y largo plazo, se hizo un análisis anticipado de los mismos y se plantearon los caminos que a criterio de los participantes, se deberían tomar para enfrentar esas nuevas realidades. Es así que, con el afán de fortalecer y modernizar los procesos de I-T-P se identificaron seis puntos prioritarios, que se describen a continuación:

- Tener una visión clara y estratégica de I+D+i en ambos rubros, sustentada en una agenda de trabajo con resultados a obtenerse a corto, mediano y largo.
- Desarrollar talento humano crítico y especializado en distintos aspectos tecnológicos claves para ambos cultivos.
- Mantener una fluida articulación con los diversos actores nacionales e internacionales vinculados a la ciencia y la tecnología.
- Conformar equipos multidisciplinares de trabajo “investigación, transferencia y producción de servicios”.
- Sentar las bases para desarrollar una cultura de evaluación de resultados y su impacto al sector.
- Alianzas estratégicas con actores del sector público y privado.

Para aunar esfuerzos que capitalicen el enfoque propuesto, se ha construido un modelo de interacción que promueve la participación, el flujo de información y acciones desde y entre las áreas de I, T y P del INIAP, con el propósito de crear equipos multidisciplinares de trabajo, que entre otras cosas, permitan incrementar y mejorar de manera más eficiente la capacidad técnica/operativa del instituto.

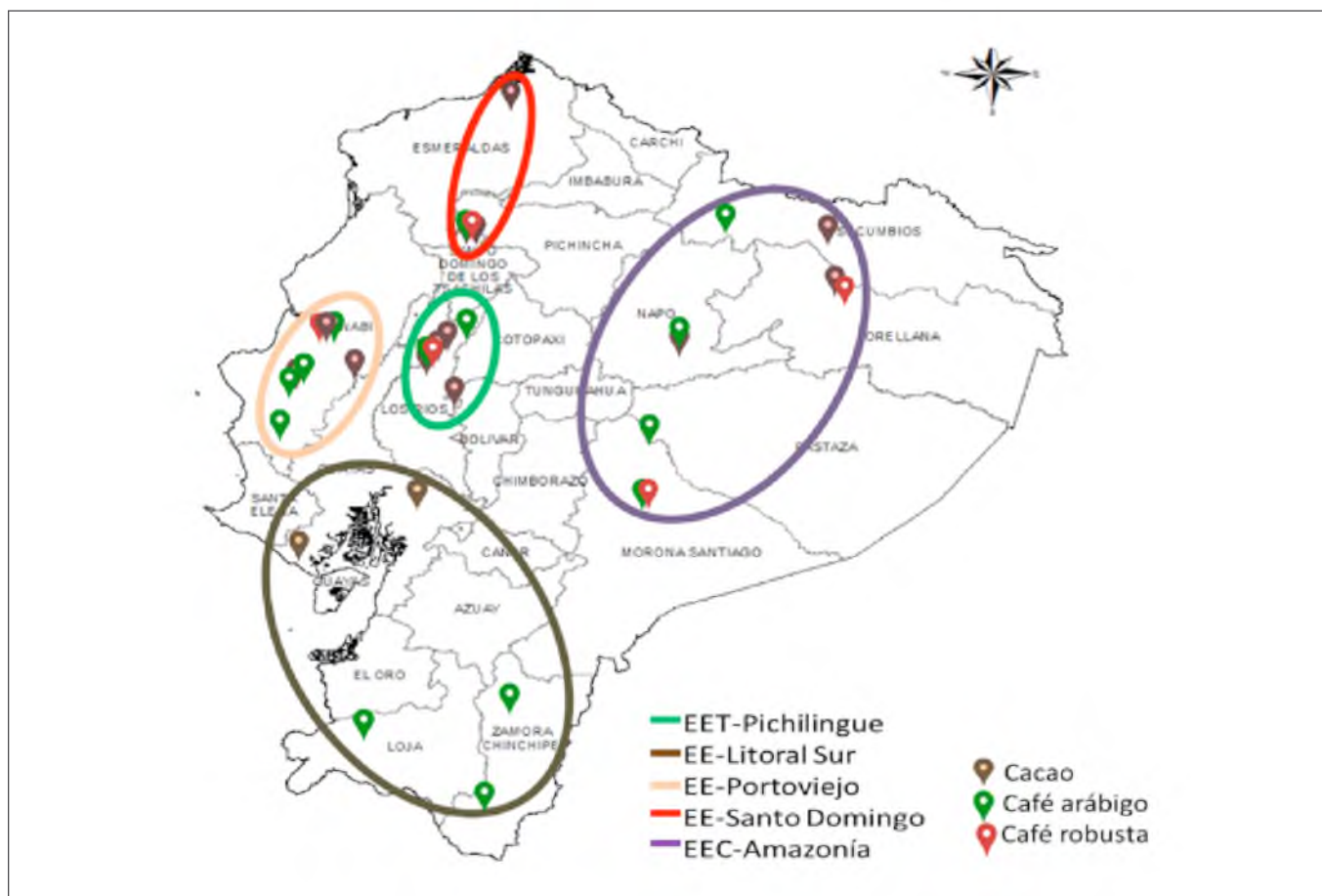




El nivel de éxito que pueda alcanzar la aplicación de este modelo, puede ser variado, pues está fuertemente asociado a la dinámica comercial de ambos rubros, el nivel de desarrollo de cada investigación, el volumen y la calidad de la información experimental desarrollada en las diversas condiciones agroclimáticas en las cuales se desarrollan los rubros cacao y café en el país.

Bajo esta premisa, el rol de las Estaciones Experimentales es fundamental para lograr el éxito esperado, lo que sienta las bases para que en este documento también se presente una re-definición del área de cobertura, influencia y/o competencia que estratégicamente debe estar bajo la responsabilidad de cada EE.

### Responsabilidad en territorio de cada Estación Experimental en función de su área de influencia y POA 2016



ESTACIONES EXPERIMENTALES	NÚMERO DE ACTIVIDADES						TOTAL
	ENSAYOS			COLECCIONES			
	Cacao	Café		Cacao	Café		
		Arábigo	Robusta		Arábigo	Robusta	
EET - Pichilingue	6	3	1	9	3	1	23
EET - Litoral Sur	3	3	-	2			8
EE - Portoviejo	4	4	1				9
EE - Santo Domingo	3	1	1				5
EE - Central Amazónica	8	4	4	2		1	19
<b>TOTAL</b>	<b>24</b>	<b>15</b>	<b>7</b>	<b>13</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>64</b>
		46			18		

## Condiciones necesarias para armonizar el trabajo de Investigación, Transferencia y Producción

- Familiarizarse y utilizar los protocolos de investigación definidos.
- Realizar I+D dentro del área de influencia según la ubicación y cobertura geográfica de cada Estación Experimental.
- En el caso de nuevas propuestas de investigación, presentar y socializar a técnicos del Programa Nacional de Cacao y Café.
- Las pruebas experimentales en campo con materiales en estado avanzado de selección (promisorios) y los de validación con material extranjero, deberán ser de responsabilidad compartida entre el Programa Nacional de Cacao y Café y el Núcleo de Transferencia de Tecnología, para acelerar los procesos de liberación tecnológica.
- En los procesos de multiplicación de nuevo material genético, trabajar conjuntamente con el Departamento de Producción de Bienes y Servicios Agropecuarios y Núcleo de Transferencia de Tecnología, para garantizar la disponibilidad de semilla comercial.





## SECCIÓN 03

Compromisos actuales y  
futuros







La producción de cacao y café en Ecuador tiene que hacer frente a una compleja y evolutiva problemática, cuyo abordaje implica una mayor incorporación de conocimientos e innovación en los distintos sistemas productivos en los que se desarrolla cada rubro. En este contexto el INIAP tiene el compromiso de promover la investigación científica, validar y transferir conocimientos y tecnologías que permitan el aumento de la productividad, la diversificación productiva, el incremento del valor agregado y el uso sustentable de los recursos naturales.

La biodiversidad de recursos naturales presentes en Ecuador, es por ejemplo uno de los activos más valiosos con que cuenta el país y para su aprovechamiento sustentable se requiere de una mayor inversión en investigación. En este sentido, si nos concentramos de manera específica solo en los sistemas de producción basados en los rubros cacao y café, se debe reconocer que la biodiversidad presente en ambos rubros, es aún bastante inexplorada por lo que un mayor conocimiento y utilización de ésta, puede ayudar a asumir los retos planteados en este documento, en especial en lo referente a la generación de nuevas alternativas tecnológicas.

En este contexto, se han generado compromisos actuales y futuros entre los que se enfatizan la presentación de “Notas conceptuales de Investigación en los diversos tópicos priorizados” y el “Desarrollo de una plataforma informática” que permita mejorar el trabajo en equipo y la interacción entre sus miembros.

## A. Presentación de Notas Conceptuales de Investigación

Un total de 18 notas conceptuales han sido presentadas hasta la finalización de este documento, las que deberán ser analizadas por los respectivos Comités Técnicos de cada EE. Estas notas conceptuales abarcan una serie de disciplinas que son planteadas para enfrentar problemáticas específicas que están

latentes en el sector cacaotero y cafetalero del Ecuador. Aquellas que pasen los filtros de selección interna del INIAP, serán afinadas en documentos en extenso para ser presentadas ante organismos nacionales e internacionales, con el objetivo de captar recursos financieros que permitan su ejecución.

Estación Experimental	Notas Conceptuales
Tropical Pichilingue	13
Portoviejo	3
Central Amazónica	2
<b>Suman</b>	<b>18</b>

## B. Desarrollo e incorporación de Plataforma Informática

La creación de una plataforma informática permitirá pasar de una gestión de la información hasta ahora basada en papeles (a) a la integración de manera completa y organizada de los datos obtenidos de cada uno de los ensayos experimentales, instalados a nivel nacional (b). Con esta plataforma se pretende maximizar la rentabilidad científica de la información obtenida, promover la estandarización, solucionar los problemas de organización de la información, modernizar los procesos y optimizar el uso de recursos humanos y materiales, compartiendo e intercambiando la información generada en los procesos de investigación, así como también teniendo acceso inmediato a dichos datos (c).

Para el efecto, se tomará como base la experiencia desarrollada en esta área por la Dirección de Transferencia de Tecnología del INIAP (d).

## C. Acciones en marcha

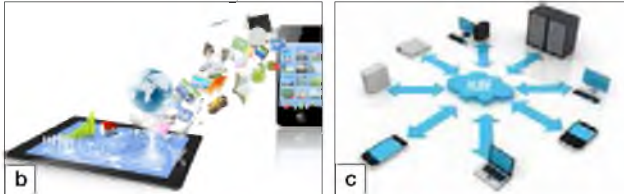
- Planificar POAs unificados de carácter institucional, en materia de Investigación, Desarrollo e Innovación.



Gestión de la información



Avance tecnológico



Recolección, procesamiento y gestión de datos de los ensayos de investigación y validación de tecnologías



- En cada EE se identificará a una persona del PNCC para que reciba capacitación y se responsabilice del registro, almacenamiento y procesamiento de información, quien será la encargada de mantener actualizada dicha información en la plataforma informática.
- En el caso particular de cacao, en base a resultados científicos recientes, se está preparando una nueva recolección y conservación de materiales, para enriquecer las colecciones en las distintas EE, con miras a potenciar los procesos de mejoramiento en este rubro.

**SECCIÓN 04**  
Anexos





## Anexo 1. Formato para registro de datos agronómicos en cacao.

INIAP ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE PROGRAMA NACIONAL DE CACAO Y CAFÉ						
ENSAYO: _____						
FECHA: _____				UBICACIÓN: _____		
CLON: _____				HÍBRIDO: _____		
TRATAMIENTO: _____				REPETICIÓN: _____		
ÁRBOL N°	ALTURA DE PLANTA (H) (cm)	DIÁMETRO DE TALLO (D) (cm)	CIRCUNFERENCIA DEL TALLO (C) (cm - Fórmula)	ÁNGULO DE INSERCIÓN DEL MOLIMILLO (° - grados)	ÍNDICE DE VIGOR (IV) (Fórmula)	FORMA DE LA COPA (Escala)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
Total						
$\bar{X}$						
OBSERVACIONES: _____						
NOTA: Estas variables se registran una vez al año (julio - agosto) antes de la poda.		FÓRMULAS			ESCALA	
		CIRCUNFERENCIA DEL TALLO (C)	ÍNDICE DE VIGOR (IV)		FORMA DE LA COPA	
		$C = D * \pi$ $\pi = 3.1416$	$IV = \frac{C^2}{4} \sqrt{H^2 * \frac{L^2}{4}}$		1=Copa horizontal 2=Copa semi-erecta 3=Copa erecta	



## Anexo 2. Formato para evaluación de compatibilidad genética en cacao.

INIAP ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE PROGRAMA NACIONAL DE CACAO Y CAFÉ FORMATO PARA EVALUACIÓN DE COMPATIBILIDAD GENÉTICA EN CACAO									
Fecha	Material	No. de Polinizaciones *	Nº de Flores por día						% de fecundación a los 15 días
			Fecundadas			No fecundadas			
			3	7	15	3	7	15	

\* Mínimo 20 polinizaciones.

### Anexo 3. Formato para registro de datos productivos y sanitarios en cacao.

INIAP ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE PROGRAMA NACIONAL DE CACAO Y CAFÉ  FORMATO PARA REGISTRO DE DATOS PRODUCTIVOS Y FITOSANITARIOS EN CACAO										
ENSAYO: _____					EVALUADOR: _____					
UBICACIÓN: _____					FECHA: _____					
CLON: _____					HÍBRIDO: _____					
TRATAMIENTO: _____					REPETICIÓN: _____					
ÁRBOL N°	N° Mazorcas Sanas	Peso fresco (g)	N° Mazorcas Molida	N° Mazorcas Enfermas	Total Mazorcas Enfermas	Total Mazorcas	Total Brotos	Escoba de bruja		Observaciones <sup>1</sup>
								Brotos con escoba	Cojinetes con escoba	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
Total										
$\bar{X}$										

1 = Observaciones de problemas fitosanitarios no registrados en la plantilla como muerte regresiva, Ceratosis, etc.

**Observación:** El número de tratamientos, repeticiones y árboles o plantas dependerá de los requerimientos de la prueba a establecerse.



## Anexo 4. Formato para registro de datos de evaluación física de las almendras de cacao.

INIAP ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE PROGRAMA NACIONAL DE CACAO Y CAFÉ  LABORATORIO DE CALIDAD INTEGRAL DE CACAO Y CAFÉ  FORMATO PARA REGISTRO DE DATOS DE EVALUACIÓN FÍSICA DE LAS ALMENDRAS DE CACAO										
Identifi-cación	Código	Humedad (%)	Testa (%)	Peso de 100 Almendras (g)	Fermentación (%)			Defectos (%)		
					Buena	Mediana	TOTAL	Violeta	Pizarra	Moho

Comentarios \_\_\_\_\_

Sugerencias \_\_\_\_\_



## Anexo 5. Formato para registro de datos de evaluación sensorial en licor de cacao.

INIAP  
ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE  
PROGRAMA NACIONAL DE CACAO Y CAFÉ

LABORATORIO DE CALIDAD INTEGRAL DE CACAO

### FORMATO PARA REGISTRO DE DATOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL EN LICOR DE CACAO

Prueba del investigador

Nombre \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Estas muestras están identificadas por medio de un código de tres dígitos. La escala que se utiliza es de 0 a 10 puntos para medir el contenido o intensidad del sabor que se encuentra en cada una de ellas.

Detalle de la calificación:

- 0 = ausente
- 1- 2 = intensidad baja
- 3- 5 = intensidad media
- 6-8 = intensidad alta
- 9-10 = intensidad muy alta

Repita cuantas veces sea necesario para detectar los sabores básicos y específicos que existen en las muestras que utilizó para las degustaciones. Escriba los resultados de acuerdo a la escala indicada. Después de degustar una muestra lávese la boca, descanse un minuto para continuar con la siguiente muestra.

Código	Perfil de Sabores específicos					Perfil de sabores básicos			Sabores adquiridos		
	Cacao	Floral	Frutal	Nuez	Dulce	Amargor	Acidez	Astringencia	Verde	Moho	Otros

Comentarios: \_\_\_\_\_  
Sugerencias: \_\_\_\_\_



## Anexo 6. Formato para evaluación de datos agronómicos en café.

INIAP  
 ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE  
 PROGRAMA NACIONAL DE CACAO Y CAFÉ  
 FORMATO PARA EVALUACIÓN DE DATOS AGRONÓMICOS EN CAFÉ

FECHA DE EVALUACIÓN: \_\_\_\_\_ UBICACIÓN: \_\_\_\_\_  
 NOMBRE DEL MATERIAL GENÉTICO: \_\_\_\_\_ NOMBRE DEL EVALUADOR: \_\_\_\_\_  
 ENSAYO: \_\_\_\_\_

REPETICIÓN (R)	ÁRBOL Nº	ALTURA DE PLANTA (cm)	DIÁMETRO DEL TALLO (cm)	TOTAL DE RAMAS	TOTAL RAMAS PRODUCTIVAS	LONGITUD DE RAMA PRODUCTIVA (cm)	TOTAL NUDOS/RAMA	DISTANCIA ENTRENUDOS (cm)	GRADO DE COMPACTACIÓN
RI	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								
	7								
	8								
	9								
	10								
	$\bar{X}$								
RII	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								
	7								
	8								
	9								
	10								
	$\bar{X}$								
RIII	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								
	7								
	8								
	9								
	10								
	$\bar{X}$								
$\bar{X}$									

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

## Anexo 7. Formato para evaluación de datos productivos en café.

INIAP  
ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE  
PROGRAMA NACIONAL DE CACAO Y CAFÉ

FORMATO PARA EVALUACIÓN DE DATOS PRODUCTIVOS EN CAFÉ

FECHA DE EVALUACIÓN: \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL MATERIAL GENÉTICO: \_\_\_\_\_

ENSAYO: \_\_\_\_\_

Repetición	N° Planta	Rendimiento café cereza por planta (g planta <sup>-1</sup> )				Grano vano (%)			
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
R1	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								
	7								
	8								
	9								
	10								
	$\bar{X}$								
R2	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								
	7								
	8								
	9								
	10								
	$\bar{X}$								
R3	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								
	7								
	8								
	9								
	10								
	$\bar{X}$								
$\bar{X}$									

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_



## Anexo 8. Formato para evaluación de principales plagas en café.

INIAP  
ESTACIÓN EXPERIMENTAL  
PROGRAMA NACIONAL DE CACAO Y CAFÉ  
FORMATO PARA EVALUACIÓN DE PRINCIPALES PLAGAS EN CAFÉ

Experimento: \_\_\_\_\_  
 Provincia: \_\_\_\_\_ Cantón: \_\_\_\_\_ Parroquia: \_\_\_\_\_ Local: \_\_\_\_\_  
 Altitud: \_\_\_\_\_ Latitud: \_\_\_\_\_ Longitud: \_\_\_\_\_  
 Fecha de trasplante: \_\_\_\_\_ Fecha de evaluación: \_\_\_\_\_ Evaluador: \_\_\_\_\_

Rama # / árbol	Broca del café <i>Hypothenemus hampei</i>			Minador de la hoja del café <i>Leucoptera coffeella</i>		Escama verde del café <i>Coccus viridis</i>		Taladrador de la rama del café <i>Xilosandrus morigerus</i>	
	# Total de frutos/ rama	# Frutos sanos/ rama	# Frutos brocados/ rama	Rama con hojas sanas	Rama con hojas minadas	Árbol con brote sano	Árbol con presencia de escama en brote	Rama sana	Rama con presencia de galerías (aserrín)
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
Infestación (%)									

Observación: El número de tratamientos, repeticiones y árboles o plantas dependerá de los requerimientos de la prueba a establecerse.





## Anexo 10. Formato para evaluación de análisis físico de café oro.

INIAP  
ESTACIÓN EXPERIMENTAL  
PROGRAMA NACIONAL DE CACAO Y CAFÉ

### FORMATO PARA EVALUACIÓN DE ANÁLISIS FÍSICO DE CAFÉ ORO

Responsable: \_\_\_\_\_  
Fecha de evaluación: \_\_\_\_\_  
Tipo de café: \_\_\_\_\_  
Humedad del grano: \_\_\_\_\_  
Densidad del café (gramos/litro): \_\_\_\_\_

#### Cálculo de rendimiento

Código de muestra:		
Peso del inicial (g):		
Peso final (g):		

Granulometría (Muestra de 100 gramos)			
Código:			
N° Zaranda	Peso (g)		
Fondo			
TOTAL (g)			

## Anexo 11. Formato para evaluación de análisis químico en café.

INIAP  
ESTACIÓN EXPERIMENTAL  
PROGRAMA NACIONAL DE CACAO Y CAFÉ

### FORMATO PARA EVALUACIÓN DE ANÁLISIS QUÍMICO EN CAFÉ

Análisis	Cafeína	Glucosa	Fructosa	Sacarosa	Ocratoxina A (OTA)	Identificación
Unidad	%	%	%	%	(ppb)	



## Anexo 12. Formato para catación de café (SCAA)

INIAP  
ESTACIÓN EXPERIMENTAL  
PROGRAMA NACIONAL DE CACAO Y CAFÉ

### FORMATO PARA CATACIÓN DE CAFÉ (SCAA)

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

<i>Escala de calidad:</i>				
5,00 – Promedio	6,00 – Buena	7,00 – Muy buena	8,00 – 1ra calidad	9,00 - Excepcional
5,25	6,25	7,25	8,25	9,25
5,50	6,50	7,50	8,50	9,50
5,75	6,75	7,75	8,75	9,75

Muestra #	Grado de tueste de la muestra	Puntuación: Fragancia/Aroma	Puntuación: Gusto	Puntuación: Equilibrio acidez	Puntuación: Equil. amargor dulce	Puntuación: Sensación en la boca	Puntuación: Equilibrio	Puntuación: General	Puntuación Total
		Seca: 5 Caracter: 6 Quebra: 6 3 1	Puntuación: Regusto 7 8 9 10 Salobre Sabroso 1 1	Sal baja: 6 Acidez alta: 6 3 3 1 1	Amargo bajo: 6 Dulzura alta: 6 3 3 1 1	Puntuación: Uniformidad 7 8 9 10 4 4 4 4	Limpieza: 7 8 9 10 Total: 4 4 4 4	Defectos (sustraer) Secundario=2 # tazas Intensidad Capitel=4 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> =	<b>Resultado Final</b>
Notas:									

Muestra #	Grado de tueste de la muestra	Puntuación: Fragancia/Aroma	Puntuación: Gusto	Puntuación: Equilibrio acidez	Puntuación: Equil. amargor dulce	Puntuación: Sensación en la boca	Puntuación: Equilibrio	Puntuación: General	Puntuación Total
		Seca: 6 Caracter: 6 Quebra: 6 3 1	Puntuación: Regusto 7 8 9 10 Salobre Sabroso 1 1	Sal baja: 6 Acidez alta: 6 3 3 1 1	Amargo bajo: 6 Dulzura alta: 6 3 3 1 1	Puntuación: Uniformidad 7 8 9 10 4 4 4 4	Limpieza: 7 8 9 10 Total: 4 4 4 4	Defectos (sustraer) Secundario=2 # tazas Intensidad Capitel=4 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> =	<b>Resultado Final</b>
Notas:									

Muestra #	Grado de tueste de la muestra	Puntuación: Fragancia/Aroma	Puntuación: Gusto	Puntuación: Equilibrio acidez	Puntuación: Equil. amargor dulce	Puntuación: Sensación en la boca	Puntuación: Equilibrio	Puntuación: General	Puntuación Total
		Seca: 6 Caracter: 6 Quebra: 6 3 1	Puntuación: Regusto 7 8 9 10 Salobre Sabroso 1 1	Sal baja: 6 Acidez alta: 6 3 3 1 1	Amargo bajo: 6 Dulzura alta: 6 3 3 1 1	Puntuación: Uniformidad 7 8 9 10 4 4 4 4	Limpieza: 7 8 9 10 Total: 4 4 4 4	Defectos (sustraer) Secundario=2 # tazas Intensidad Capitel=4 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> =	<b>Resultado Final</b>
Notas:									



## Anexo 13. Formato para registro de datos de defectos físicos café verde “oro”.

INIAP ESTACIÓN EXPERIMENTAL PROGRAMA NACIONAL DE CACAO Y CAFÉ FORMATO PARA REGISTRO DE DATOS DE DEFECTOS FÍSICOS CAFÉ VERDE “ORO”						
Defectos	Masa (g)	%	Pérdida de masa		Impacto Sensorial	
			Coficiente	Real	Coficiente	Real
Piedras			1		0	
Palos			1		0	
Terrones			1		0	
Materias metálicas			1		0	
Otras materias extrañas distintas a mencionadas anteriormente			1		0	
Grano en pergamino			0,5		0	
Fragmento de pergamino			0,5		0	
Cereza seca (coco)			0,5		0	
Fragmento cáscara			0,5		0	
Grano deforme, concha y oreja			0		0,5	
Fragmento de grano			0,5		0,5	
Grano quebrado			0,5		0,5	
Grano dañado por insectos			0		0,5	
Grano infestado por insectos			0		0,5	
Grano mordido durante el despulpado, grano cortado			0		0,5	
Grano negro y grano parcialmente negro			0		1	
Grano negro-verde			0		1	
Grano marrón ("ardido")			0		1	
Grano ámbar			0		0,5	
Grano inmaduro; grano "queker"			0		0,5	
Grano ceroso			0		0,5	
Grano jaspeado; grano manchado			0		0,5	
Grano marchitado			0		0,5	
Grano esponjoso			1		0,5	
Grano blanco			0		0,5	
Grano que produce mal olor o sabor a fermento			0		1	
Grano que produce otros sabores extraños			0		1	
<b>Total de defectos (g)</b>						
<b>Granos sanos (g)</b>						
<b>Total de muestra</b>						



## Anexo 14. Materiales requeridos para realizar la polinización en cacao.

- Algodón
- Tubos plásticos
- Pinzas
- Cintas para amarre
- Etiquetas
- Lápiz
- Alfiler
- Tijera



Una característica que deben poseer los materiales es que sean muy ligeros para que no se arranque el pedúnculo de la flor.

## Anexo 15. Materiales requeridos para realizar la multiplicación clonal de cacao.

### Procedimiento para la injertación

- Alcohol
- Algodón
- Parafilm o cinta plástica
- Parafina
- Navaja de injertar o estilete
- Tijera de podar
- Lija de agua # 400
- Franelas





El lanzamiento de esta Publicación Miscelánea es una iniciativa de la Coordinación Nacional de Investigaciones en Cacao y Café, con el objetivo de mejorar y homologar los procesos de investigación, validación y producción en los cultivos de cacao y café, considerados rubros prioritarios dentro de la matriz productiva del Ecuador.

El propósito subsecuente es que esta Publicación sea utilizada en el día a día por los investigadores y transferencistas del INIAP, como una herramienta ágil y precisa, que permita seguir de forma sencilla y didáctica los pasos y/o etapas que se deben cumplir fiel y ordenadamente en cada uno de los protocolos definidos por los investigadores especialistas, autores y ejecutores de los mismos.



Estación Experimental Tropical Pichilingue  
Km 5 vía Quevedo-El Empalme – Casilla Postal 24  
Telf. (593) 05 2783044  
Email: [pichilingue@iniap.gob.ec](mailto:pichilingue@iniap.gob.ec)  
Diciembre, 2016  
Mocache – Los Ríos – Ecuador

ISBN: 978-9942-22-103-2

