



Recursos genéticos de cacao tipo Nacional en Ecuador: una revisión sistemática

Genetic resources of cacao Nacional type in Ecuador: a systematic review

Lady Sornoza Vélez¹, Leidy Valencia Carreño¹, Liliana Corozo-Quiñónez¹, Fernando Sánchez Mora¹, Carlos Salas-Macías¹, Geover Peña Monserrate²

¹Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Manabí, Km 15 vía Portoviejo-Santa Ana, Lodana, Ecuador.

²Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Portoviejo,

Correspondencia para autor: liliana.corozo@utm.edu.ec

Recibido: 11/08/2022. Aceptado: 07/11/2022
Publicado el 27 de diciembre de 2022

Resumen

Con la finalidad de recopilar información relacionada al cacao tipo Nacional, la siguiente revisión aborda i) importancia del cacao en Ecuador, ii) bancos de germoplasma y caracterización de genotipos del cacao tipo Nacional, iii) principales zonas de producción y iv) materiales recomendados para las diferentes zonas de producción. Se realizó una búsqueda sistemática de literatura desde 1937 hasta 2022 en bases de datos científicas, como Scopus, Scielo, Redalyc, Latindex. Además, se recopilaron documentos en repositorios de universidades e institutos de investigación nacionales e internacionales. Para el análisis de la información se realizaron estadísticas descriptivas y multivariantes. La revisión sistemática realizada permite concluir que: i) los recursos genéticos de este tipo de cacao son muy importantes para el sector cacaotero, ii) las principales variables reportadas como discriminantes fueron: número y peso de semillas y menos del 50% de las accesiones han sido caracterizadas genéticamente iii) las principales provincias productoras de cacao tipo Nacional en Ecuador son Manabí, Guayas, Los Ríos y Esmeraldas y iv) los clones INIAP-EETP-800 e INIAP-EETP-801 (con 2.5 y 2.0 t ha⁻¹ año⁻¹ respectivamente) han reportado rendimientos superiores al clon CCN51. La presente revisión pretende concientizar al sector cacaotero y consumidor sobre la importancia de mantener este importante recurso genético.

Palabras clave: germoplasma; clones; cacao arriba

Abstract

In order to compile information related to Nacional type cocoa, the following review addresses i) importance of cocoa in Ecuador, ii) germplasm banks and characterization of Nacional type cocoa genotypes, iii) main production areas and iv) recommended materials for the different production areas. A systematic literature search was conducted from 1937 to 2022 in scientific databases such as Scopus, Scielo, Redalyc, Latindex. In addition, documents were collected in repositories of national and international universities and research institutes. Descriptive and multivariate statistics were used to analyze the information. The systematic review carried out allows concluding that: i) the genetic resources of this type of cocoa are very important for the cocoa sector, ii) the main variables reported as discriminant were: number and weight of seeds and less than 50% of the accessions have been genetically characterized iii) the main producing provinces of Nacional type cocoa in Ecuador are Manabí, Guayas, Los Ríos and Esmeraldas and iv) the clones INIAP-EETP-800 and INIAP-EETP-801, with 2.5 and 2.0 t ha⁻¹ year⁻¹ respectively, have reported higher yields than clone CCN51. This review aims to raise awareness among the cocoa sector and consumers about the importance of maintaining this important genetic resource.

Keywords: germplasm; clones; cocoa above

Introducción

Los recursos genéticos vegetales representan la fuente primaria utilizada para el desarrollo de nuevas variedades con características de interés comercial, por ejemplo, variedades más productivas, adaptadas a condiciones climáticas adversas (estrés abióticos) y con mayor resistencia a plagas y enfermedades (estrés bióticos) (Vasconcelos *et al.*, 2005). Estos recursos tienen una función cada vez más importante en la seguridad alimentaria y en el desarrollo económico mundial y junto con las especies silvestres relacionadas, representan el depósito de variabilidad genética potencial para los programas de mejoramiento genético de plantas cultivadas que aseguran el medio de subsistencia de una gran proporción de mujeres y hombres que dependen de la agricultura (FAO, 2019).

En Ecuador, el estado los recursos genéticos, representa una base fundamental para la toma de decisiones políticas y de investigación por parte de las autoridades del país, y alberga la gran diversidad biológica presente en el territorio nacional para su uso y conservación (INIAP, 2008). Uno de los cultivos de mayor interés en el país es el cacao (*Theobroma cacao* L.), especie alógama, cultivada comercialmente por pequeños agricultores en los trópicos húmedos (Argout *et al.*, 2010; Dantas & Guerra, 2010; Durango *et al.*, 2019; Motamayor *et al.*, 2002), y que también, contribuye significativamente a la economía de muchas regiones del mundo, incluyendo países de África Occidental, Asia, América del Sur y Central y el Caribe (FAO, 2018).

El cultivo de cacao fue domesticado en América Central en tiempos precolombinos y los indios nativos lo consideraban de origen divino. Por ello, en 1753 Linneo designó su nombre científico, *Theobroma*, que significa alimento de los dioses (Bekele & Phillips-Mora, 2019). En Ecuador en los últimos años, varias investigaciones han centrado su atención al origen de la domesticación y dispersión del cacao Nacional Fino de Aroma, considerada en la actualidad una variedad representativa de la costa ecuatoriana (Coe, 2020; Lanaud *et al.*, 2012; Loor-Solorzano *et al.*, 2012; Motamayor *et al.*, 2002). Demostrando que dicha variedad tiene una larga historia de cultivo en la alta Amazonía (Zarrillo *et al.*, 2018).

De acuerdo con Loor-Solorzano *et al.* (2012), el cacao silvestre sobrevivió a la última era glacial en remanentes de bosque tropical en los Andes orientales en el sur de Colombia, Ecuador y el norte del Perú. Posteriormente, desde este refugio se extendieron al resto de la Amazonía, Centroamérica y Mesoamérica.

En Ecuador, la variedad autóctona Nacional fue la única que se plantó a principios de la década de 1890. El cultivo comenzó comercialmente en los tramos bajos del Río Guayas y se extendió hacia arriba, hasta las orillas de sus afluentes: los ríos Daule y Babahoyo. Como resultado, el grano de cacao ganó el pseudónimo de “Arriba” en el mercado internacional, que está relacionado a su lugar de origen. La variedad que le da origen a este cacao se conoce como nacional y, botánicamente,

es miembro del grupo de plantas conocidas como forasteros amazónicos (Loor Solorzano *et al.*, 2012; Quingaísa & Riveros, 2007; Rosero, 2002). El tipo Nacional es una de las más antiguas poblaciones cultivadas comercialmente y fundamentalmente se encuentran en las regiones costeras del Ecuador, al oeste de los andes.

Para el año 2020, en Ecuador, se estimó una producción de 327,903 toneladas de cacao en grano. Aumentando su producción en aproximadamente un 15.6% con un rendimiento de 621.8 kg ha⁻¹ y un total de área cosechada de 527,347 ha⁻¹ lo cual “representa tan solo 5% de la producción mundial, sin embargo, en ese porcentaje se encuentra el 70% de la producción mundial de cacao fino de aroma” (FAOSTAT, 2021). El hecho de que Ecuador ocupe el primer lugar en calidad de cacao es particularmente notable porque también produce chocolate con un fuerte aroma además del cacao fino. Este doble significado lo eleva a la cima, de acuerdo con los chocolateros internacionales más respetados (FAO, 2020).

El cacao cuenta con una gran diversidad genética y esta comprende un conjunto de poblaciones silvestres y domesticadas, con distinto origen genético y grado de evolución, así mismo esta diversidad genética juega un papel importante para la conservación de germoplasma nativo y mejorado y la utilización de estos últimos con fines de propagación clonal (Bekele & Phillips-Mora, 2019). Históricamente, el cacao se ha dividido en dos grandes grupos genéticos llamados “Criollo” y “Forastero” basados en características físicas y orígenes geográficos. Se han identificado los híbridos “Criollo” X “Forastero” que conforman el tercer grupo, conocido como “Trinitario” (Herrera-García *et al.*, 2015).

Los botánicos identificaron simultáneamente dos subespecies: *cacao* y *sphaeocarpaceum*, también conocidos como “Criollo” y “Forastero”, que algunos escritores afirman que se originaron en Centro y Sur América, respectivamente. Según algunos escritores, “Criollo” y “Trinitario” son más apropiadamente considerados como cultivares tradicionales que como agrupaciones genéticas. Sin embargo, de acuerdo con la clasificación de Motamayor *et al.* (2008), se identificaron diez genotipos: “Amelonado, Contamana, Criollo, Curaray, Guiana, Iquitos, Maraón, Nacional, Nanay y Purús, luego de evaluar 735 individuos provenientes de esta región.

La estrategia de mejoramiento en la mayoría de los países productores de cacao se ha basado en la selección de árboles éliticos y la formación de híbridos (Bekele & Phillips-Mora, 2019; Paulin & Eskes, 1995; Sánchez-Reyes, 2012). Para ello, se han adoptado varias técnicas para la multiplicación de clones a los agricultores, tales como: esquejes enraizados, injertos en árboles adultos en campo e injertos en plantas jóvenes en vivero (Sena *et al.*, 2015). Sin embargo, pese a todo esto, el rendimiento de los materiales mejorados ha estado cuestionado por problemas fitosanitarios como la monilia (*Moniliophthora roreri* (Cif.) (Evans *et al.*, 1978) y escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa* (Stahel

(Phillips-Mora *et al.*, 2006), las cuales pueden ocasionar hasta un 80% de pérdidas en la producción, los cuales requieren cantidades considerables de agrotóxico para su control, afectando la economía de los productores cacaoteros (Quiroz, 2016). Actualmente en Ecuador, “se cultivan algunos tipos de cacao, pero la variedad conocida como Nacional es la más reconocida” por la industria chocolatera, por la calidad de sus granos y su aroma (Dostert *et al.*, 2012; Quingáisa & Riveros, 2007; Rangel-Fajardo *et al.*, 2012). Dicha variedad actualmente está desapareciendo de las huertas tradicionales ecuatorianas debido a varios factores como los son: ineficiente manejo técnico que ha conllevado a bajas producciones, árboles muy viejos, la introducción de genotipos de otros países que ha creado un complejo hoy en día denominado complejo nacional. Sin embargo, esfuerzos través del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) han rescatado genotipos nacionales que reposan en los bancos de germoplasmas de sus estaciones experimentales. Además, varios de estos genotipos han sido liberados en los últimos 30 años nuevamente para el uso en diferentes lugares del país.

Este trabajo es una revisión sistemática de los recursos genéticos de las variedades de cacao tipo Nacional en el Ecuador con la finalidad de informar cuál ha sido el avance científico en el desarrollo de conocimiento del cultivo destacando los principales desafíos y las perspectivas futuras.

Metodología

Para el análisis bibliométrico, en primera instancia se realizó una exploración general en la base de datos SCOPUS, utilizando solo la palabra “cacao” como criterio de búsqueda. Posteriormente, con la finalidad de concentrar información específica sobre “cacao nacional” se buscó coincidencias en títulos, resúmenes y palabras clave de los artículos adscritos a la misma base de datos SCOPUS, utilizando varias rutas para la búsqueda: i) [(“Theobroma cacao” OR “tipo Nacional” OR “tipo Nacional”) AND (“Ecuador”), ii) [(“cacao” OR “fino” OR “aroma”) AND (“caracterización” OR “evaluación”), iii) [(“Ecuador” OR “Equador”) AND “variedades de cacao” OR “cultivares de cacao” OR “tipo Nacional”), iv) [(“Ecuador” OR “Equador”) AND “bancos de germoplasma de cacao” OR “colección de cacao”), v) [(Fine AND Flavour AND Nacional AND Theobroma AND cacao), vi) [(aroma AND cacao OR cacao AND nacional OR cacao AND arriba)]. Se realizó una búsqueda sistemática de literatura desde 1937 hasta 2022 en las bases de datos científicas, como WoS Scopus, Scielo, Redalyc, Latindex.

La información relacionada con la producción y exportación del cacao fueron tomadas desde el año 2019 de bases de datos nacionales como el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de Ecuador (INEC), Banco Central del Ecuador, la Asociación Nacional de Exportadores de Cacao (ANECACO), el Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones (PRO ECUADOR) así como de instituciones

internacionales como la Organización Internacional del Cacao (ICCO). Se consultó el repositorio virtual del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador (INIAP) y boletines del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) para considerar información relacionada con los recursos genéticos del cacao tipo Nacional, variedades recomendadas y condiciones agroclimáticas para cada zona de producción en Ecuador.

Los datos relacionados con los bancos de germoplasma se consideraron de publicaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), La Base de datos Internacional de Germoplasma de Cacao (ICGD) y la Red Global para los Recursos Genéticos del Cacao (CacaoNet). Para el análisis de la información se utilizó inicialmente estadística descriptiva y luego multivariante. Con la información obtenida de las variables morfológicas discriminantes en diferentes estudios se generó una matriz de datos binarios que fue analizada mediante un análisis canónico (CA). Para la matriz de rendimiento de almendras en clones comerciales de cacao se realizó el análisis clúster (HCA), utilizando la distancia euclidiana y el método de agrupamiento UPGMA. Los análisis estadísticos fueron realizados en el programa R versión 4.2 (R Core Team, 2021).

Desarrollo

El cacao es una especie tropical de gran importancia para la economía de varios países del mundo. En el continente africano se produce el 73% del cacao, siendo su área sembrada un 64% del total. “Costa de Marfil, Ghana, Camerún y Nigeria” son los principales países productores. En América, se produce un 17% del cacao mundial, produciéndose mayormente en seis países (Belice, Brasil, Costa Rica, Ecuador, México y Perú). El restante 10% se produce en Asia (Sulawesi y Sumatra Central los de mayor producción) (FAOSTAT, 2021; Fountain & Huetz-Adams, 2020). El cultivo del cacao es una tradición de larga data en varios países de América Latina y el Caribe (ALC), ya que ha sido un importante motor económico desde la época colonial cuando se producía para la exportación. Además de sus ventajas económicas, el cacao es visto como una posible solución para combatir los efectos del cambio climático y sustituir las prácticas agrícolas ilícitas (Durango *et al.*, 2019)

El sondeo inicial sobre investigaciones en torno a la temática “cacao”, dio como resultado un total de 12,548 artículos publicados entre 1837 y 2022, observando que el 83.97 % de estos se realizaron a partir del año 2000 y el mayor número de publicaciones se dio lugar en el 2012 (650) y en el 2013 (635). Adicionalmente, fue posible establecer que poco más del 57% de las publicaciones fueron realizadas por instituciones ubicadas en Estados Unidos, Estados Unidos, Brasil, Reino Unido, Alemania, Guyana Francesa, Francia, España, Italia, Indonesia, Ghana. En este aspecto, Ecuador se encuentra en el número 24 de países que han publicado

sus investigaciones en revistas adscritas a la base de datos SCOPUS.

Una búsqueda más específica sobre publicaciones realizadas en torno al “cacao nacional” demostró que existen 255 artículos publicados en el periodo comprendido entre 1938 y 2022. Mediante la información de las afiliaciones institucionales se pudo mapear la distribución geográfica de las publicaciones. Los países que cuentan con mayor aporte bibliográfico en el tema cacao Nacional, en orden descendente, son: Ecuador, Francia, Estados Unidos, Venezuela, Colombia, México, Alemania, España, Bélgica y Perú que en conjunto logran poco más del 71.28 % de las publicaciones realizadas durante el periodo en estudio (Figura 1).

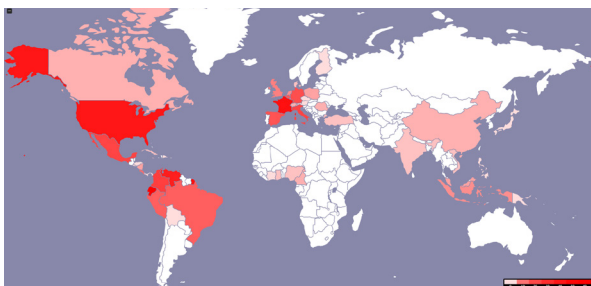


Figura 1. Ubicación de instituciones y afiliaciones de autores de 255 publicaciones en la base de datos SCOPUS sobre Cacao Nacional.

Importancia del cacao en Ecuador

En Ecuador, el cacao tiene importancia económica como producto de exportación al generar divisas y fuentes de empleo (Abad *et al.*, 2020; CFN, 2021). Debido a sus condiciones geográficas y riqueza en recursos biológicos, es el principal productor mundial de cacao fino y de aroma, que representa el 63 por ciento de la producción mundial. Los mayores fabricantes de chocolate eligen este tipo de cacao debido a su aroma y sabor distintivo (Anecacao, 2021). Por su excelente calidad, delicado aroma floral y exquisito sabor “Arriba”, la producción de granos de cacao ha sido una actividad históricamente significativa y económicamente significativa para varias regiones de la costa ecuatoriana (Acebo, 2016). Como resultado, la producción de granos de cacao se ha vuelto cada vez más significativa (Mazeira, 2013).

Ecuador es un actor importante en el mercado mundial del cacao; según datos de la Organización Internacional del Cacao (ICCO, 2022), “el precio promedio del cacao en el mes de agosto de 2021 fue de \$ 2,4843 USD ton⁻¹”. Dos categorías de cacao en gránulos se venden a escala global: “cacao fino” o “de aroma” y “cacao común” o “al granel”, considerándose como tal al primer productor de cacao fino (CFN, 2021). La demanda de cacao ecuatoriano está aumentando en países como “Indonesia y Malasia”, pero desde 2020, las ventas en “Estados Unidos se han ido recuperando. Como resultado, las exportaciones aumentaron un 11% en 2021 de 91,821 a 101,605 toneladas”. El aumento en términos económicos es de

\$223.3 millones a \$262.5 millones. En medio de la pandemia, en 2020, las ventas comerciales alcanzaron las 345,000 toneladas, que fue el nivel más alto en los últimos cinco años (Anecacao, 2020). “Según la Encuesta de Producción Agropecuaria Superficial y Continua (INEC, 2021)”, “Los Ríos, Guayas, Manabí, Esmeraldas y Santo Domingo” de los Tsáchilas fueron las principales provincias productoras de Ecuador, con 590,579 hectáreas de cacao plantadas a escala nacional. Aproximadamente el 80% de la producción del país se concentra en estas cinco provincias (Figura 2).

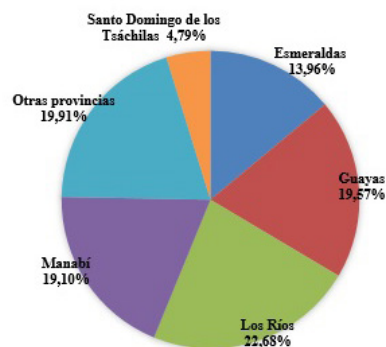


Figura 2. “Participación en la superficie plantada total de cacao en Ecuador. Fuente: Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua - ESPAC 2020”.

El cacao ha tenido un rol importante en la economía e historia ecuatoriana y junto al banano, camarón y el petróleo constituyen la tríada más importante de productos primarios de exportación, elementos claves para la articulación del Ecuador con la economía mundial (Abad *et al.*, 2020).

Bancos de germoplasma y caracterización de genotipos del cacao tipo Nacional

Desde principios del siglo XX, tareas de conservación y recolección de cacao se han realizado en bancos de genes de campo. Sin embargo, las primeras colecciones tuvieron como objetivo primordial, identificar especies útiles (resistentes). Actualmente, las actividades de recolección se han centrado en capturar la diversidad genética en poblaciones geográficamente aisladas (End *et al.*, 2021). Durante las décadas de 1970 y 1980, la Comisión Internacional sobre Recursos Fitogenéticos (IBPGR), ahora Bioversity International, estableció formalmente un ‘registro de colección’ (IFPRI, 2022). La Unidad de Investigación de Cacao de la Universidad de las Indias Occidentales (CRU/UWI) y el Centro de Investigación y Enseñanza Superior en Agricultura Tropical (CATIE) establecieron acuerdos auspiciados por la FAO para garantizar que el germoplasma designado sea de dominio público, y se almacene de forma segura durante periodos largos de tiempo, de acuerdo con los estándares internacionales y que esté disponible para programas de fitomejoramiento y otros usuarios (Bekele & Phillips-Mora, 2019; End *et al.*, 2021).

Los bancos de germoplasma son centros orientados a

la representación de la variabilidad genética de una especie determinada y se les consideran una herramienta real y concreta para planes de restauración ecológica (Aikpokpodion, 2019), son de vital importancia ya que permiten capturar la máxima diversidad genética, rescatando la agro biodiversidad a través de la recolección, estudio, conservación y potenciación de muestras de plantas cultivadas (Monteros-Altamirano *et al.*, 2018; Priyanka *et al.*, 2021).

Para muchas especies, el germoplasma puede almacenarse en forma de semillas secas y a baja temperatura (almacenamiento “ortodoxo” de semillas). Pero las semillas de cacao son recalcitrantes, es decir, que normalmente germinan en cuanto se sacan de la vaina y no pueden sobrevivir al proceso de secado y/o al almacenamiento a baja temperatura. Por lo tanto, el germoplasma del cacao tiene que conservarse de manera *ex situ*, como árboles vivos en bancos de genes de campo, como tejidos o embriones *in vitro* y de manera *in situ* en los campos de los agricultores o como poblaciones en áreas protegidas como reservas naturales (Laliberté *et al.*, 2018). “Los bancos de germoplasma de cacao han sido creados a nivel internacional con el fin de proteger variedades nativas y especies silvestres”, además de garantizar la conservación de la biodiversidad y satisfacer las necesidades de la comunidad científica y de los agricultores (Nieves *et al.*, 2019).

A nivel mundial existen bancos pequeños de germoplasma que proporcionan semillas a nivel nacional y local encargados de los recursos genéticos del cacao, de esta misma forma se existen los pertenecientes al Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (Consultative Group for International Agricultural Research (CGIAR)) formado por quince centros sin fines de lucro, presentes principalmente en países en vía de desarrollo, y otros grandes bancos nacionales como los de Australia, Brasil, Canadá, China, Alemania, Holanda, Federación Rusa, Estados Unidos y el Banco Nórdico o el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) ubicado en Costa Rica que distribuyen muestras a nivel internacional (CacaoNet, 2022; Van-Alfen, 2014). De acuerdo con End *et al.* (2021) y CacaoNet, (2022) existen más de 24,370 accesiones de cacao de colecciones *ex situ* en el mundo.

En el cuadro 1, se muestran los países y centros de investigación con más de 200 colecciones. El Banco de germoplasma del CATIE, conserva más de 1,146 accesiones (principalmente “Trinitarios” y “Criollos”), y el Banco de germoplasma de la Unidad de Investigación de Cacao (CRU) de la Universidad de las Indias Occidentales (Trinidad y Tobago), conserva más de 2,400 accesiones de cacao, principalmente “Forasteros del Alto Amazona”, “Trinitarios” y “Criollos” (Bekele & Phillips-Mora, 2019; Nieves *et al.*, 2019). En Ecuador, las colecciones de cacao se iniciaron por los años cuarenta del siglo 20, cuando varios investigadores vieron la necesidad de seleccionar material de calidad y resistencia a las enfermedades de Escoba de bruja y Moniliasis (Loor Solorzano *et al.*, 2012). Actualmente el INIAP cuenta

con uno de los principales Bancos de germoplasma de cacao a nivel mundial, con más de 2,000 accesiones de todos los grupos (naturales y artificiales) y colecciones internacionales (introducidas) de otros países, incluyendo material genético peruano colectado de los tributarios del río Ucayali y Marañón (Nieves, 2019). Varias colecciones están caracterizadas molecularmente, mientras que la totalidad de las accesiones están caracterizadas morfológicamente. Se han identificado materiales con resistencias a las principales plagas (Durango *et al.*, 2019).

El Centro de Cacao de Aroma Tenguel (CCAT), es un banco nacional de germoplasma de diversidad de cacao, considerado el segundo más importante en el país con 3,970 accesiones. Esto hace posible la selección de aquellas introducciones de cacao que destacan en términos de productividad y tolerancia a enfermedades (Amores *et al.*, 2009; Durango *et al.*, 2019).

El Programa Nacional de Cacao, establecido por el INIAP en 1940, ha desarrollado clones de tipo Nacional a partir de la selección de las mejores características productivas, adaptabilidad y resistencia a plagas y enfermedades; todo ello a nivel de colecciones, que luego se establecieron en lotes experimentales. Es así como en 1950 se identificaron, inicialmente, seis clones: “EET-19, EET-48, EET-62, EET-95, EET-96 y EET-103”, los cuales fueron liberados en la década del 70, junto con dos clones Trinitarios denominados EET-111 y EET-275, estos dos últimos con la recomendación de ser sembrados en conjunto. Sin embargo, esta recomendación fue posteriormente modificada debido a la eliminación de clones Trinitarios por incompatibilidad en el manejo postcosecha (INIAP, 1983).

Posteriormente, el INIAP adquirió una colección de muestras genéticas en diversas zonas de la costa ecuatoriana. Por ejemplo, “los clones EET-19, EET-95 y EET-103” se recolectaron en la finca Tenguel en la provincia del Guayas, mientras que “los clones EET-48, EET-62 y EET-96” se obtuvieron en la finca Porvenir, en la provincia de Los Ríos; finalmente, los clones de la serie 500 son de la Colección del Centro de Cacao de Aroma Tenguel (CCAT), que salieron al mercado en el año 2000 y tuvieron como indicación considerar las condiciones específicas del área donde se establecería. De esta manera:

- los clones EET-544 y EET-558 son recomendables para la región Peninsular, donde predominan los arcillosos y calcáreos, con una gran luminosidad.
- los clones EET-559, EET-576 y EET-577” fueron entregados a Organizaciones Cacaoteras de la Zona Central como una alternativa de mercado en la industria del chocolate, luego de que se determinara que tenían un aroma distintivo.
- el clon EET-575, que tiene un buen desempeño en Esmeraldas como material de alta adaptabilidad a

zonas de alta precipitación, y que junto con el EET-103 conforma el policlon recomendado para esta zona.

A finales del 2016, se liberarán los clones “INIAP-EETP 800 Aroma Pichilingue e INIAP-EETP-801 Fino Pichilingue, clones de alto rendimiento y fino de aroma” (Quiroz-Vera *et al.*, 2021).

Cuadro 1. Bancos genéticos de cacao (T. cacao) con más de 200 accesiones.

Continen- te	País	Instituto	Año de la colección	# de Accesiones	Sitio web
África	Ghana	CRIG	1943	1,366	http://www.crig.org.gh/#
	Nigeria	CRIN	1948	1,100	https://crin.gov.ng/
	Togo	CRAF	1968	217	https://fertilogo.tg/itra
América	Brazil	CEPEC-CEPLAC	1967	1,302	
		CEPLAC/SUEPA	1965	2,504	
		CEPLAC/SUERO		773	
	Colombia	AGROSAVIA		745	https://www.agrosavia.co/
	Costa Rica	CATIE	1944	1,146	https://www.catie.ac.cr/index.php
	Costa de Marfil	CNRA	1973	1,605	https://cnra.ci/
	Ecuador	INIAP	1940	2,332	http://www.iniap.gob.ec/
	Guyana Francesa	CIRAD	1980	508	https://www.cirad.fr/
	Trinidad y Tobago	CRU/UWI	1982	2400	https://sta.uwi.edu/cru/
		ICT	1999	607	https://www.ict.org.pe/
	Perú	UNAS	1987	422	
	Estados Unidos	USDA	1930	200	https://www.usda.gov/
	Venezuela	INIA	1994	872	
Asia	India	CPCRI	1970	291	https://cpcri.icar.gov.in/
	Indonesia	Bah Lias	1978	305	
	Indonesia	ICCRI	1995	714	https://iccri.net/
Europa	Reino Unido	ICQC,R	1985	400	http://www.icgd.rdg.ac.uk/icqc/about.php
	Malaysia	MCB	1992	2,263	www.koko.gov.my
Oceanía	Papúa Nueva Guinea	CCI	1994	1,200	

Instituto de Investigación de cacao de Ghana (CRIG), Centro de Investigación Agrícola del Sur (CRIG), Comité Ejecutivo del Plan de Cultivos de Cacao (CEPLAC), Instituto Agronómico de Campinas (ICA), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CNRA), Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAC), Instituto de Investigación de Cultivos de Plantación Central (CPCRI), Instituto de Investigación del Café y Cacao de Indonesia (ICCRI), Junta del Cacao de Malasia (MCB), Instituto de Investigación del Cacao de Nigeria (CRIN), Central Piurana de Cafetaleros (CEPICAFE), Instituto de Cultivos Tropicales (ICT), Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), Centro de Investigación de Horticultura de Chumphon (CHRC), Centro de Investigación Agronómica Zona Forestal (CRAF), Centro Internacional de Cuarentena de Cacao (ICQC,R), Departamento de agricultura de los Estados Unidos (USDA), Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Centre de recherches agricoles Sud Bénin (CRA-SB), Guyana - Mabaruma/Hosororo Organic Cocoa Growers Association (MHOCGA), Bah Lias Research Station, Sumatra, Cocoa and Coconut Institute (CCI), Cocoa Research Unit of the University of the West Indies (CRU/UW)

La investigación tradicional sobre el mejoramiento genético del cacao, basada en la selección clonal han fracasado en la Amazonia ecuatoriana. A pesar de los esfuerzos por difundirla, el impacto ha sido limitado, y actualmente son muy pocas las plantaciones establecidas con estos materiales debido a la falta de aceptación por parte de los productores. La alternativa ha sido fortalecer los procesos de selección participativa en los que los productores y las pequeñas asociaciones juegan un papel importante en la identificación, evaluación y definición de los “árboles notables”. Por ello, se está aprovechando la variabilidad natural presente en las plantaciones y fincas tradicionales, que combinada con el conocimiento de las familias cacaoteras sobre el comportamiento de estos árboles, permite seleccionar materiales de alta calidad con alto potencial productivo para cada zona (Cuadro 2).

A la luz de estas evidencias, varios autores han propuesto listas de descriptores morfológicos para identificar y evaluar germoplasma de cacao. Por ejemplo, IBPGR utiliza 65 descriptores, mientras que Phillips-Mora & Enríquez (1988) proponen una lista de 26 descriptores morfológicos y el CIRAD tiene 24. Los descriptores se han utilizado durante la última década para caracterizar las colecciones en varias instituciones de investigación, incluyendo CATIE, ICGT e ICGD (Bekele & Butler, 2000). A partir de los trabajos de caracterización morfológica revisados para este efecto, se realizó un Biplot-logístico que agrupó las variables que mediante investigaciones resultaron ser discriminantes al momento de utilizarlo como criterio de diferenciación de clones de cacao tipo Nacional. Las variables morfológicas mayormente reportadas como discriminantes en los estudios revisados fueron: número y peso de semillas, mientras que la

forma y color de hoja y color de antocianina en el pedicelo fueron reportadas en pocos trabajos (Figura 3).

Por otra parte, genéticamente, los trabajos científicos revisados reportan marcadores como SSR's, AFLP, RAPD y SNP's, para caracterizar molecularmente los clones Nacionales. Sin embargo, en el 63% de las investigaciones se reportan los SSR's como marcadores importantes para estudiar la diversidad genética de los clones de cacao tipo Nacional. Cabe recalcar que, de acuerdo a el Cuadro 3, menos del 50% de las colecciones tipo Nacional en Ecuador han sido caracterizadas molecularmente.

Características agroclimáticas de las principales zonas de producción

El cacao debe ser cultivado en zonas con condiciones ambientales que les permitan prosperar y desarrollar todo su potencial productivo, con climas cálidos y húmedos con precipitaciones 1600 a 2500 mm al año, así mismo con temperaturas de 15°C y 26°C y altitud de hasta 1200 msnm dependiendo de la latitud del sitio y temperatura (Arvelo *et al.*, 2017).

Los clones del tipo Nacional se pueden cultivar a mayor altitud a medida que se acerque a la línea Equinoccial o Ecuatorial de la Tierra. Sin embargo, considerando la sensibilidad del cacao al viento, especialmente en sistemas de cultivo a cielo abierto, se recomienda para la siembra, zonas sin viento fuertes debido a que vientos mayores a 14 km/h aumentan la pérdida excesiva de agua y caída prematura de las hojas (López-Ulloa *et al.*, 2021; Quiroz-Vera *et al.*, 2021).

Cuadro 2. Nuevas iniciativas de árboles sobresalientes de cacao (*T. cacao*) del complejo Nacional (Quiroz-Vera *et al.*, 2021).

Clon	Descubridor	Origen	Has sembradas	Provincias	Rendimiento
JHV-10	Luis Olmedo León	Milagro	5000	Guayas, Tena, Sucumbíos	+ 2 Ton/ha
Súper árbol	Edwin Sánchez	Joya de los Sachas	1500	Napo, Orellana, Sucumbíos, Sto. Domingo	+ 1 Ton/ha
Martínez 02	Milton Martínez	Arosemena Tola provincia de Napo	320	Napo, Orellana, Pastaza, Sucumbíos, Sto. Domingo	+ 1 Ton/ha
Pincay (PMA 12)	Máximo Pincay	Quinindé-Esmeraldas	1000	Esmeraldas, Imbabura, Carchi, Joya de los Sachas	+ 1 Ton/ha

Según Quiroz-Vera *et al.* (2021), para la siembra de cacao se recomiendan suelos fértiles con 2 m de profundidad de texturas medias: franco, franco-limoso, franco-arcilloso (evitar los suelos arenosos), nivel freático mayor a 1.5 m, suelos con pH de 6 a 7, con un mínimo de 3 a 5% de materia orgánica, relación carbono/nitrógeno de 9 y altos contenidos de nutrientes. Mientras que López-Ulloa *et al.* (2021) mencionan que el suelo debe estar libre de metales pesados u otros contaminantes.

A pesar de las generalidades mencionadas, existen particularidades en las “principales provincias productoras de cacao en Ecuador de acuerdo” con MAGAP, (2016), como por ejemplo la máxima precipitación y altas temperaturas en Los Ríos y Guayas respectivamente (Cuadro 4).

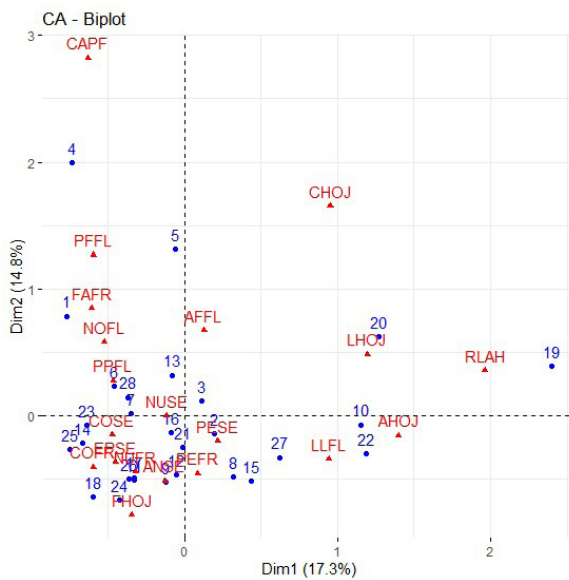


Figura 3. Biplot-logístico para datos binarios relacionados con caracteres morfológicos discriminarias estudiadas en diferentes investigaciones relacionadas al cacao tipo Nacional.

¹Quiroz-Vera (1994); ²Lerceteau *et al.* (1997); ³Quiroz-Vera (2002); ⁴Loor-Solorzano (2002); ⁵Peña-Monserrate (2003); ⁶Calderon-Peña (2004); ⁷Calderon-Peña *et al.* (2006); ⁸Jácome-Vasquez (2018); ⁹Ortiz *et al.* (2018); ¹⁰Quevedo *et al.* (2020); ¹¹Ortega y Jumbo (2017); ¹²Campi-Vera (2013); ¹³Martínez (2017); ¹⁴Ramírez *et al.* (2017); ¹⁵Ballestero-Possu (2011); ¹⁶Montaleza *et al.* (2020); ¹⁷Oliva *et al.* (2021); ¹⁸Ramos *et al.* (2019); ¹⁹Macías y Bravo (2021); ²⁰Mena (2022); ²¹Bartra- Perea (2009); ²²Quiroz (2002); ²³Perez *et al.* (2015); ²⁴Rojas (2020); ²⁵Ramos *et al.* (2004); ²⁶Perez y Friele(2017); ²⁷Tello (2021); ²⁸Montaleza *et al.* (2020)”

Materiales recomendados para las diferentes zonas de producción

Las zonas de producción de cacao en Ecuador son Guayas, Esmeraldas, Manabí, El Oro, Los Ríos, Santo Domingo, Santa Elena, Bolívar, Cañar, Chimborazo, Azuay, Pichincha, Loja, Imbabura, Orellana, Napo, Pastaza, Zamora Chinchipe,

Morona Santiago; en las cuales se siembran determinadas variedades de cacao (Barrera *et al.*, 2019; Quiroz-Vera *et al.* (2021); Quiroz, 2000). Algunas variedades recomendadas de cacao sembradas en las diferentes provincias del Ecuador provienen de los clones de los materiales de cacao tradicionalmente conocidos y sembrados en fincas de productores. En la tabla 5 se detallan los materiales recomendados en las zonas productoras de acuerdo con los ensayos de interacción genotipo x ambiente desarrollados por el INIAP. Es de resaltar que los clones fueron liberados por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Todos los materiales de siembra recomendados en las diferentes provincias tienen la característica de ser tolerantes a las enfermedades más conocidas del cacao que son la escoba de bruja, monilla y el mal del machete. Sin embargo, los clones que recientemente fueron liberados (Aroma Pichilingue EETP-800 y fino Pichilingue EETP-801) han sido recomendados por el INIAP por los excelentes rendimientos que presentan. Existe en Ecuador un clon de tipo Trinitario (CCN51) que en promedio produce 1.3 a 1.8 t/ha (García-Briones *et al.* (2021) que se ha expandido por la mayoría de las zonas productoras de cacao de Ecuador (Jaimez *et al.*, 2022); sin embargo, Quiroz-Vera *et al.* (2021) reporta rendimientos superiores en los clones comerciales tipo Nacional EETP 800 – y EETP 801, con 2.5 y 2 t/ha/año respectivamente. Esto competir al cacao tipo Nacional como un cacao de excelente productividad, y podría reducir las sustituciones de estas plantaciones y así evitar la erosión genética en este tipo de cacao exclusivo del Ecuador (Figura 4)

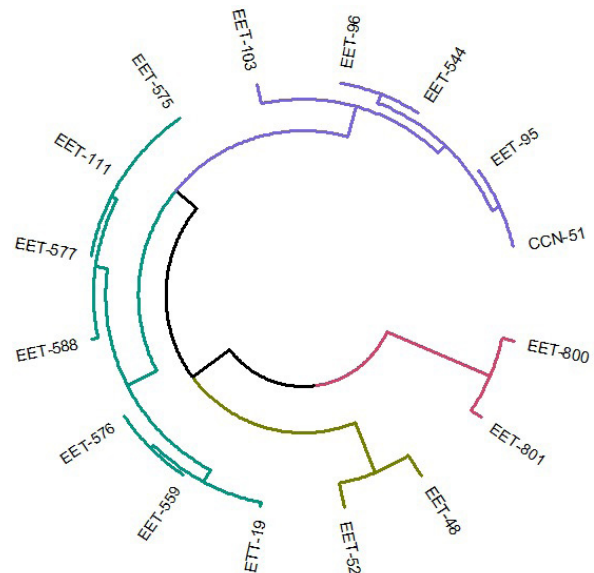


Figura 4. Cluster para datos de rendimientos de clones estudiadas en diferentes investigaciones relacionadas al cacao tipo Nacional.

Cuadro 3. Marcadores moleculares empleados en el estudio de la diversidad genética del cacao tipo Nacional.

Autores	Año	Tipo de marcador	Número de accesiones	Número de marcadores
Jarrín-Escudero	2013	SSRs	44	8
Rosero-Galarraga	2013	SSRs	17	31
Lozada-Vargas	2014	SSRs	400	20
Loor-Solorzano <i>et al</i>	2014	SSRs	308	40
Romero <i>et al</i>	2010	SSRs	41	9
Quiroz-Vera	2002	AFLP	63	7
Rosero <i>et al</i>	2013	SSRs	10	20
Loor-Solorzano	2002	SSRs	37	15
Carranza <i>et al</i>	2020	SNPs	80	96
Zhang <i>et al</i>	2008	SSRs	482	15
Carranza <i>et al</i>	2008	RAPD	20	14
Lerceteau <i>et al</i>	1997	RAPD	60	18
Lerceteau <i>et al</i>	1997	AFLP	60	17
Delgado <i>et al</i>	2003	RAPD	10	9
Loor-Solorzano <i>et al</i>	2009	SSRs	322	40
Motamayor <i>et al</i>	2008	SSRs	952	106

Cuadro 4. Condiciones agroecológicas de las principales provincias productoras de cacao tipo Nacional en Ecuador.

Provincia	Temperatura °C	Precipitación mm	Velocidad del viento km/h	Tipo de suelo	pH	Referencia
Manabí	20 a 32	200 a 2000	9.5 a 16.5	arcillosos, francos arenosos, franco arcilloso, arcilloso arenoso y arcilloso limoso	6-8.6	MAGAP, 2016; Quiroz-Vera <i>et al.</i> 2021; Rodríguez <i>et al.</i> 2010; Vera <i>et al.</i> 2019; Motato-Alarcón & Pincay-Menéndez <i>et al.</i> 2015
Guayas	21 a 40	2321 a 2813	12,3 a 15,4	arcillosos, limosos, de arenisca o de origen volcánico	6.8 y 7.6	MAGAP, 2016; Quiroz-Vera <i>et al.</i> 2021
Los Ríos	21 a 32	2.000 y 4000	8 a 12,0	arcillosa a franco arcilloso, francos limosos	ligeramente ácido y altamente fértiles	MAGAP, 2016; Quiroz-Vera <i>et al.</i> 2021
Esmeraldas	26 a 31	158 a 283	6,5	Franco a franco limoso	6	Guerrero, 2012; MAGAP, 2016; Quiroz-Vera <i>et al.</i> (2021)

Tabla 5. Materiales genéticos recomendados para las principales zonas productoras del Ecuador de acuerdo a Quiroz-Vera *et al.*, (2021)

Provincia	Materiales recomendados	Rendimiento t ha ⁻¹
Guayas	“EET-95, EET-96, EET-103, EET-544, EET-558, EET-559, EET-576, EET-577, EETP-800, EETP-801”	1.60 a 2.50
Los Ríos	“EET-19, EET-48, EET-62, EET-95, EET-96, EET-103, EET-576, EET-577”	1.60 a 2.5
Esmeraldas	“EET-95, EET-96, EET-103, EET-575”	1.60 a 2.50
Manabí	“EET-19, EET-48, EET-95, EET-96, EET-103, EET-450, EET-454, EET-575, EET-576, EETP-800, EETP-801”	0.9 a 2.5
El Oro	“EET-19, EET-95, EET-96, EET-103”	0.35 a 0.62
Santo Domingo	“EET-95, EET-96, EET-103”	0.136
Bolívar	“EET-19, EET-96, EET-103, EET-576”	3.5 a 4.0
Santa Elena	“EET-95, EET-96, EET-103, EET-544, EET-558”	1.3
Cotopaxi	“EET-19, EET-95, EET-96, EET-103, EET-544, EET-575”	0.136 a 0.136
Cañar	“EET-95, EET-96, EET-103”	1.82 a 1.902
Chimborazo	“EET-95, EET-96, EET-103”	1.10 a 1.3
Azuay	“EET-95, EET-96, EET-103”	0.17
Loja	“EET-95, EET-96, EET-103”	
Pichincha	“EET-95, EET-96, EET-103, EET-800, EETP-801”	2 a 2.5
Imbabura	“EET-96, EET-103”	0.88
Sucumbíos	“EET-95, EET-103, EET-111, EET-576”	0.40
Orellana	“EET-95, EET-103, EET-111, EET-576”	0.32
Napo	“EET-95, EET-103, EET-576”	0.33
Pastaza	“EET-95, EET-96, EET-103, EET-111”	0.19
Morona Santiago	“EET-19, EET-48, EET-95, EET-96, EET-103, EET-400, EET-576”	0.48
Zamora Chinchipe	“EET-19, EET-48, EET-95, EET-96, EET-103, EET-400, EET-576”	0.66

Principales desafíos y perspectivas futuras de cacao tipo Nacional

El éxito y la sostenibilidad futura del cultivo del cacao tipo Nacional, dependerán en gran medida de la disponibilidad de materiales de plantación mejorados para las próximas generaciones de cacaoteros. Son varios los desafíos que enfrenta el sector, entre los que se incluye: i) involucrar a los pequeños agricultores en los debates relacionados a la importancia de conservar el cacao tipo Nacional, ii) mejorar la resistencia a plagas y enfermedades en este tipo de cacao, iii) realizar otras investigaciones en parámetros de calidad del grano, precocidad, productividad y en la facilidad de establecimiento, iv) ampliar estudios genéticos y caracterización con marcadores moleculares. Los avances en cualquiera de estas áreas serán fundamentales para mejorar los estudios relacionados con los recursos genéticos de esta especie. A pesar de que la situación es bastante compleja por la falta de apoyo al sector por parte de gobiernos seccionales, las perspectivas futuras son lograr que las colecciones sigan aumentando de tamaño, considerando la eliminación de duplicados. De la misma manera, se espera que las colecciones adquieran proporcionalmente más accesiones de parientes silvestres, considerando que las silvestres, suelen ser más

difíciles y costosas de mantener que las accesiones cultivadas. Además, podría ser posible reducir el costo de conservación de las colecciones clonales mediante la criopreservación, y otras tecnologías aun conociendo que estas tecnologías representarán un costo considerable.

Referencias bibliográficas

- Abad, A., Acuña, C., & Naranjo, E. (2020). El cacao en la Costa ecuatoriana: estudio de su dimensión cultural y económica. *Estudios de La Gestión. Revista Internacional de Administración*, 7(7), 59–83. <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.7.3>
- Acebo, M. (2016). Estudios industriales y orientación estratégica para la toma de decisiones para la Industria de cacao. In *Escuela Politécnica del Litoral*. <https://url2.cl/1Ug8n>
- Aikpokpodion, P. (2019). Cocoa Breeding and Genetic Resources Utilization. In P. Aikpokpodion (Ed.), *Theobroma Cacao: Deploying Science for Sustainability of Global Cocoa Economy* (First, pp. 101–103). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.73761>

- Amores, F., Agama, J., Francisco, M., Jimenez, J., Loor, G., & Quiroz, J. (2009). Nuevos Clones de Cacao Nacional para la producción bajo riego en la península de Santa Elena. In INIAP - Estación Experimental Pichilingue.
- Anecacao (2021). Cacao Fino de Aroma Ecuatoriano, Calidad insuperable. Asociación Nacional de Exportadores de Cacao - Ecuador. <http://www.anecacao.com/index.php/es/inicio.html>
- Argout, X., Salse, J., Aury, J.-M., Guiltinan, M. J., Droc, G., Gouzy, J., Allegre, M., Chaparro, C., Legavre, T., Maximova, S. N., Abrouk, M., Murat, F., Fouet, O., Poulain, J., Ruiz, M., Roguet, Y., Rodier-Goud, M., Fernandes Barbosa-Neto, J., Sabot, F., ... Lanaud, C. (2010). The genome of *Theobroma cacao*. *Nature Publishing Group*, 43(2). <https://doi.org/10.1038/ng.736>
- Arvelo, M. A., González, D., Maroto, S., Delgado, T., & Montoya, P. (2017). Manual técnico del cultivo de cacao: prácticas Latinoamericanas. In Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). <https://repositorio.iica.int/handle/11324/6181>
- Barrera, V., Casanova, T., Domínguez, J., Escudero, L., Loor, G., Peña, G., Rarraga, J., Arevalo, J., Tarqui, O., Plaza, L., Sotomayor, I., Zambrano, F., Rodríguez, G., García, C., & Racines, M. (2019). La cadena de valor del cacao en y el bienestar de los productores de la provincia de Manabí-Ecuador. In Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) (1st ed.). Libro Técnico No. 171. ARCOIRIS Producciones Gráficas. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5382>
- Bekele, F.L., & Butler, D. (2000). Proposed short list of cocoa descriptors for characterization. In Working procedures for cocoa germplasm evaluation and selection. Proceedings of the CFC/ICCO/IPGRI Project Workshop. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), 41–48. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20001611520>
- Bekele, F., & Phillips-Mora, W. (2019). Cacao (*Theobroma cacao* L.) Breeding. In J. Al-Khayri, S. M. Jain, & D. Johnson (Eds.), *Advances in Plant Breeding Strategies: Industrial and Food Crops* (1era ed., Vol. 6, pp. 409–487). Springer Nature Switzerland AG. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23265-8_10
- CacaoNet (2022, April 17). Cacao Collections: Global Network for Cacao Genetic Resources. CacaoNet. <https://www.cacaonet.org/cacao-collections>
- CFN (2021). Ficha sectorial Cacao y chocolate. In Corporación Financiera Nacional (Vol. 1, Issue 1). <https://doi.org/10.18779/cyt.v1i1.222>
- Coe, S. (2020). *The True History of Chocolate*. Thames & Hudson.
- Dantas, L. G., & Guerra, M. (2010). Chromatin differentiation between *Theobroma cacao* L. and *T. grandiflorum* Schum. *Genetics and Molecular Biology*, 33(1), 94–98. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572009005000103>
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M., & Weigend, M. (2012). Hoja botánica: Cacao (*Theobroma cacao* L.) (pp. 1–20).
- Durango, W., Caicedo, M., Sotomayor, I., Saini, E., & Chávez, E. (2019). La cadena del valor del cacao en América Latina y El Caribe (C. I. Víctor Hugo Sánchez, José Luis Zambrano (ed.); primera). Fontagro. https://www.fontagro.org/new/uploads/adjuntos/Informe_CACAO_linea_base.pdf
- End, M., Daymond, A., & Hadley, P. (2021). Technical Guidelines for the Safe Movement of Cacao Germplasm. Revisde from the FAO/IPGRI Technical Guidelines No. 20 (Vol. 20, Issue August).
- Evans, H., Stalpers, J., Samson, R., & Benny, G. (1978). On the taxonomy of *Monilia roleri*, an important pathogen of *Theobroma cacao* in South America. *Journal of Botany*, 56(20), 2528–2532. <https://doi.org/https://doi.org/10.1139/b78-305>
- FAO (2018). Plataforma multiagencia de cacao para América Latina y el Caribe “Cacao 2030-2050.” <https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/1402133/>
- FAO (2019). The state of the World’s. Biodiversity for food and agriculture in brief. In Organización de las Naciones Unidas para la alimentación. Commission on genetic resources for food and agriculture (Vol. 1, Issue 4).
- FAO (2020, June 24). El encanto del chocolate de origen ecuatoriano. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura. <https://www.fao.org/ecuador/noticias/detail-events/ar/c/1295417/>
- FAOSTAT (2021). Base de datos de la FAO sobre agricultura, comercio y alimentación. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación. <http://www.fao.org/faostat/es/#home>
- Fountain, A., & Huetz-Adams, F. (2020). Barómetro del Cacao 2020.
- GAD-Durán (2014). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial. In Gobierno Autónomo Descentralizado. Municipio del Cantón Durán.
- GAD-Montalvo, (2011). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial 2015-2020.
- García-Briones, A., Pico-Pico, B., & Jaimez-Arellano, R. (2021). La cadena de producción del Cacao en Ecuador: Resiliencia en los diferentes actores de la producción. *Novasinerгия Revista Digital De Ciencia, Ingeniería Y Tecnología*, 4(2), 152–172. <https://doi.org/10.37135/ns.01.08.10>
- Guerrero, R. (2012). Aplicación de Sistemas de Información Geográfica en la Zonificación Agroecológica Económica como herramienta para el Ordenamiento Territorial: caso de aplicación en la provincia de Sucumbíos. Universidad San Francisco de Quito.
- Herrera-García, K., Aragón-Obando, E., & Aguilar-Bustamante, V. (2015). Diversidad genética en 105

- accesiones de cacao (*Theobroma cacao* L.) colectadas en Nicaragua, utilizando 10 marcadores moleculares tipo SSR. *La Calera*, 15(25), 54–62. <https://doi.org/10.5377/CALERA.V15I25.5972>
- INIAP (1983). Formación y mantenimiento de recursos genéticos del cacao. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.
- INIAP (2008). Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación en Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.
- Jaimez, R., Barragan, L., Fernández-Niño, M., Wessjohann, L. A., Cedeño-García, G., Cantos, I. S., & Arteaga, F. (2022). *Theobroma cacao* L. cultivar CCN 51: a comprehensive review on origin, genetics, sensory properties, production dynamics, and physiological aspects. *PeerJ*, 9, 1–23. <https://doi.org/10.7717/peerj.12676>
- Laliberté, B., End, M., Cryer, N., Daymond, A., Engels, J., Bernardus Eskes, A., Gilmour, M., Lachenaud, P., Phillips-Mora, W., Turnbull, C., Umaharan, P., Zhang, D., & Weise, S. (2018). Conserving and exploiting cocoa genetic resources: the key challenges. In P. Umaharan (Ed.), *Archiving sustainable cultivation of cocoa* (Issue October 2020, pp. 19–46). Cocoa Research Center. <https://doi.org/10.19103/as.2017.0021.02>
- Lanaud, C., Loor, R. G., Zarrillo, S., & Valdez, F. (2012). Origen de la domesticación del cacao y su uso temprano en el Ecuador. *Nuestro Patrimonio*, 34, 12–14.
- Loor-Solorzano, R., Fouet, O., Lemainque, A., Pavék, S., Boccara, M., Argout, X., Amores, F., Courtois, B., Risterucci, A. M., & Lanaud, C. (2012). Insight into the Wild Origin, Migration and Domestication History of the Fine Flavour Nacional *Theobroma cacao* L. Variety from Ecuador. *PLOS ONE*, 7(11), e48438. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0048438>
- Loor-Solorzano, R. G., Fouet, O., Lemainque, A., Pavék, S., Boccara, M., Argout, X., Amores, F., Courtois, B., Risterucci, A. M., & Lanaud, C. (2012). Insight into the Wild Origin, Migration and Domestication History of the Fine Flavour Nacional *Theobroma cacao* L. Variety from Ecuador. *PLoS ONE*, 7(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048438>
- López-Ulloa, M., Jaimez, R., & Orozco, L. (2021). Selección del sitio para el cultivo de cacao. *Caja de herramientas para la prevención y mitigación de la contaminación de cadmio en la cadena de cacao-Ecuador* (1.a ed., pp. 1-16). (p. 22). Unión Europea; Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). www.ecociencia.org
- MAGAP (2016). La política agropecuaria ecuatoriana. Hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015-2025. In M. Naranjo (Ed.), *Ministerio de Agricultura y Ganadería* (1st ed., Issue 44). Ministerio de Agricultura y Ganadería. <http://www.fao.org/3/i5778s/i5778s.pdf>
- Mazeira, F. (2013). Compatibilidad genética en arboles de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional in situ en la zona de Valencia durante la época seca. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Monteros-Altamirano, A., Tacán, M., Peña, G., Tapia, C., Paredes, N., & Lima, L. (2018). Guía para el manejo de los recursos fitogenéticos en Ecuador. *Protocolos. Publicación moscelánea N. 432*. <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>
- Motamayor, J. C., Lachenaud, P., da Silva e Mota, J. W., Loor, R., Kuhn, D. N., Brown, J. S., & Schnell, R. J. (2008). Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree (*Theobroma cacao* L.). *PLoS ONE*, 3(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003311>
- Motamayor, J., Risterucci, A., Lopez, P., Ortiz, C., Moreno, A., & Lanaud, C. (2002). Cacao domestication I: The origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity*, 89(5), 380–386. <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800156>
- Nieves, Y., Vega, C., Villanueva, S., & Henríquez, M. (2019). Banks of Germplasm of *Theobroma Cacao*, importance and definition. *Ciencia En Revolución*, 5(15), 35–42.
- Paulin, D., & Eskes, A. . (1995). Le cacaoyer: stratégies de sélection. 1–14. https://agritrop.cirad.fr/388091/1/document_388091.pdf
- Phillips-Mora, W., Cawich, J., Garnett, W., & Aime, M. C. (2006). First report of frosty pod rot (moniliasis disease) caused by *Moniliophthora roreri* on cacao in Belize. *Plant Pathology*, 55(4), 584–584. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2006.01378.x>
- Phillips-Mora, W., & Enríquez, G. (1988). Catálogo de cultivares de cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Priyanka, V., Kumar, R., Dhaliwal, I., & Kaushik, P. (2021). Germplasm conservation: Instrumental in agricultural biodiversity—a review. *Sustainability (Switzerland)*, 13(12), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su13126743>
- Quingaisa, E., & Riveros, H. (2007). Estudio de caso: denominación de origen “cacao arriba.” In *FAO-IICA*. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A7704E/A7704E.PDF>
- Quiroz-Vera, J., Mestanza, S., Parada-Vera, N., Morillo, E., Samaniego, I., & Garzón, I. (2021). Catálogo de cultivadores de cacao en Ecuador (L. Peñaherrera, D. Navia, E. Quiala, R. Moreira, E. Baqué, C. Noriega, & J. Parreño (eds.); 1st ed.). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). www.iniap.gob.ec
- Quiroz, J. (2000). Características agronómicas de clones recomendados por el INIAP (p. 5). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).
- Quiroz, J. (2016). El Cultivo de Cacao en Ecuador y sus enfermedades. *El Productor*. <https://elproductor.com/2016/04/el-cultivo-de-cacao-en-ecuador-y-sus-enfermedades/>
- R Core Team. (2021). *R: a language and environment for*

- statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available at. www.R-project.org
- Rangel-Fajardo, M. A., Zavaleta-Mancera, H. A., Córdova-Téllez, L., López-Andrade, A. P., Delgado-Alvarado, A., Vidales-Fernández, I., & Villegas-Monter, Á. (2012). Anatomía e histoquímica de la semilla del cacao (*Theobroma cacao* L.) Criollo mexicano. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(3), 189–197.
- Rosero, J. L. (2002). La ventaja comparativa del cacao ecuatoriano. Banco Central del Ecuador, Dir. General de Estudios.
- Sánchez-Reyes, C. (2012). Cultivo y Producción del Cacao (Ripalme E-). Ripalme.
- Sena, A. R., Andrade, G., Guitinan, M., Lockwood, R., & Maximova, S. (2015). Supplying new cocoa planting material to farmers: A review of propagation methodologies. In *Bioversity International*.
- Van-Alfen, N. (2014). *Encyclopedia of agriculture and food systems* (N. Van-Alfen (ed.); First, Vol. 4, Issue 1). University of California, Davis, CA, USA.
- Vasconcelos, M., dos Santos, L. A., Okabe, E. T., & Pires, J. R. (2005). Variability in genetic resources of cacao in Rondônia, Brazil. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 5, 318–324.
- Alarcón, N. M., & Menéndez, J. P. (2015). Calidad de los suelos y aguas para riego en áreas cacaoteras de Manabí. *La técnica*, (14), 6-23.