

2. MARCO GENERAL DE LA DIVERSIDAD GENETICA DEL CACAO

2.1 La especie Cacao (*Theobroma cacao* L.)

2.1.1 Descripción botánica.

El Cacao es una especie diploide ($2n = 20$ cromosomas), de porte alto (8 - 20 m de altura) y de ciclo vegetativo perenne. Crece y se desarrolla usualmente bajo sombra en los bosques tropicales húmedos de América Sur. El árbol completo se muestra en la Fig. 1a

2.1.1.1 Raíces.- La raíz principal es pivotante y puede alcanzar de 1.5 - 2.0 m. de profundidad Las raíces laterales en su mayoría se encuentran en los primeros 30 cm del suelo alrededor del árbol, pudiendo alcanzar los 5 – 6 m de longitud horizontal

2.1.1.2 Tallo.- El tallo, en su primera fase de crecimiento, es ortotrópico (vertical) que perdura por 12-15 meses. Luego, este crecimiento se interrumpe para dar lugar a la formación de 4 - 5 ramitas secundarias (“horqueta”), que son de crecimiento plagiotrópico (horizontal) (Fig. 1b). Debajo de la horqueta aparece con frecuencia brotes ortotrópicos (verticales) o “chupones” que darán lugar a una nueva horqueta y este evento, puede repetirse por 3 a 4 veces consecutivas

2.1.1.3 Hojas.- Las hojas son enteras, de 15 – 50 cm de longitud y de 5 – 20 cm de ancho, con ápice acuminado o romo; simétricas en el brote ortotrópico y/o asimétricas en las ramas plagiotrópicas (Fig.1c). La forma del limbo puedes ser: elíptica, ovada o abovada, con peciolo que presentan dos engrosamientos, denominados “pulvínulos”, uno en la inserción con el tallo, y otro en la inserción con el limbo foliar. En las ramas plagiotrópicas, los dos pulvínulos están casi unidos. Los brotes tiernos generalmente presentan pigmentación antociánica, con excepción de árboles mutantes, que son completamente despigmentados.

2.1.1.4 Flores.- Las flores, son hermafroditas, pentámeras (5 sépalos, 5 pétalos, 5 estaminodios, 5 estambres, y 5 lóculos por ovario), completas (todos sus verticilios florales) y perfectas (con androceo y gineceo). Estas aparecen en el tronco en forma solitaria o en grupos (“cojines florales”) (Fig. 1d). Su diámetro oscila entre 1 – 1.5 cm de Los sépalos son de prefloración valvar con o sin pigmentación antociánica. Los pétalos son de prefloración imbricada y presentan dos partes distintas, una basal cóncava y otra apical con el extremo inferior unguiculado, y el superior amplio y con el ápice redondeado. Los 5 estambres están bifurcados en el ápice y cada bifurcación posee una antera biteca. Los 5 estaminodios son infértiles y actúan como órganos de atracción de insectos y/o protección del gineceo El ovario es súpero, pentacarpelar y pentalocular. Cada lóculo contiene dos series de óvulos anátropos de placentación axial, pudiéndose encontrar en promedio de 30 – 60 óvulos por ovario.

2.1.1.5 Frutos.-Los frutos son bayas (Fig. 1e), con tamaños que oscilan de 10 – 42 cm, de forma variable (oblonga, elíptica, ovada, abovada, esférica y oblata); de superficie lisa o rugosa, y de color rojo o verde al estado inmaduro, que depende de los genotipos. El ápice puede ser agudo, obtuso, atenuado, redondeado, apezonado o dentado; la cáscara gruesa, delgada o intermedia; de surcos superficiales, intermedios o profundos. El epicarpio y el endocarpio son carnosos estando separados por un mesocarpio fino y leñoso.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Fig. 1 Organos vegetativos y reproductivos del cacao

2.1.1.6 Semillas.- Las semillas, o almenras son de tamaño variables (1.2 – 3 cm), cubiertas con un mucílago o pulpa de color blanco cremoso, de distintos sabores y aromas (floral, frutal) y grados de acidez, dulzura y astringencia. Al interior de la almendra están los cotiledones, que pueden ser de color morado, violeta, rosado o blanco, según el genotipo. (Fig. 1f)

2.1.2 Origen, domesticación y dispersión.

El cacao (*Theobroma cacao L*), es una especie endémica de América del sur cuyo centro de origen está localizado en la región comprendida entre las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo y Napo, tributarios del río Amazonas (Fig. 2)

En esta región se han encontrado los más diversos tipos de frutos, algunos parecidos al cv. Criollo, denominados "criollos de montaña", "amelonados" grandes como el cv. Nacional del Ecuador, "angoletas" parecidos a los clones `Parinaris` y otros tipos de "amelonados".



Fig. 2 Centro de origen del cacao

Algunos investigadores han señalado que el centro primario de diversidad del cacao, se encuentra en la región nororiental de Perú; sin embargo, la existencia de una gran diversidad de poblaciones silvestres y nativas dispersos en la región central y sur de la Amazonía Alta, apoyaría la hipótesis de que el centro de origen no solo estaría confinado a dicha región, sino que además incluiría la región centro y suroriental del Perú; i.e., las cuencas de los ríos Huallaga, Ucayali y Urubamba.

Desde la década del '60 se estableció que la región de domesticación del cacao fue en Centroamérica. La domesticación por los indígenas de Centroamérica (Fig. 3), se realizó durante la época pre-colombina, siendo cultivado desde el siglo VI. Ellos lo utilizaban como bebida y como moneda en sus transacciones.

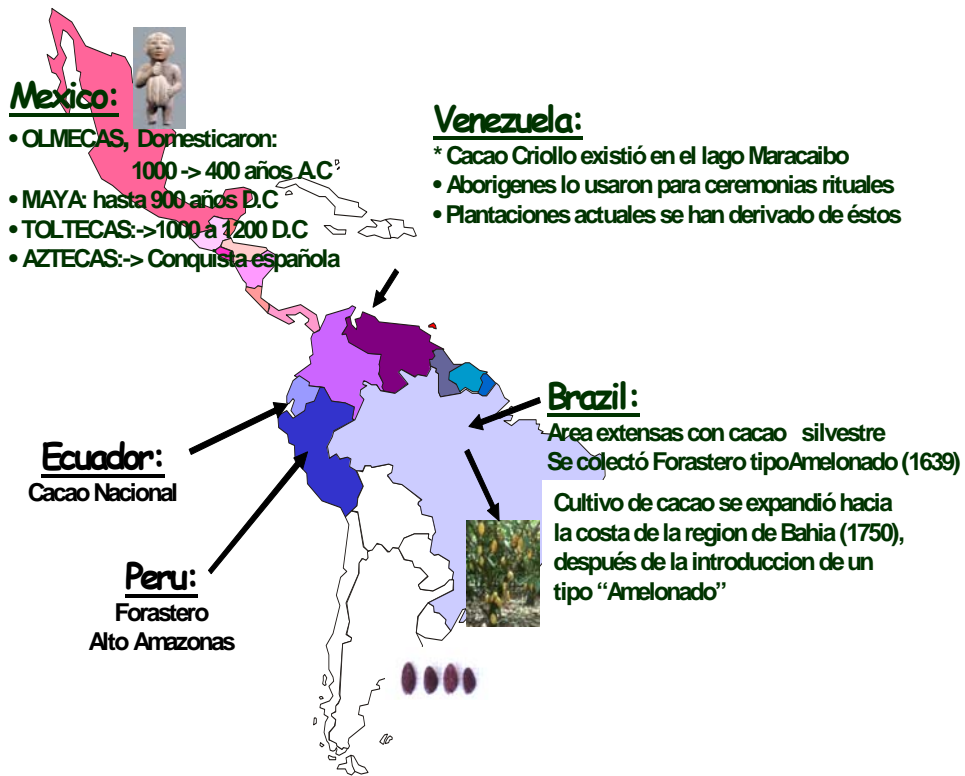


Fig. 3. Países de domesticación y cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.)

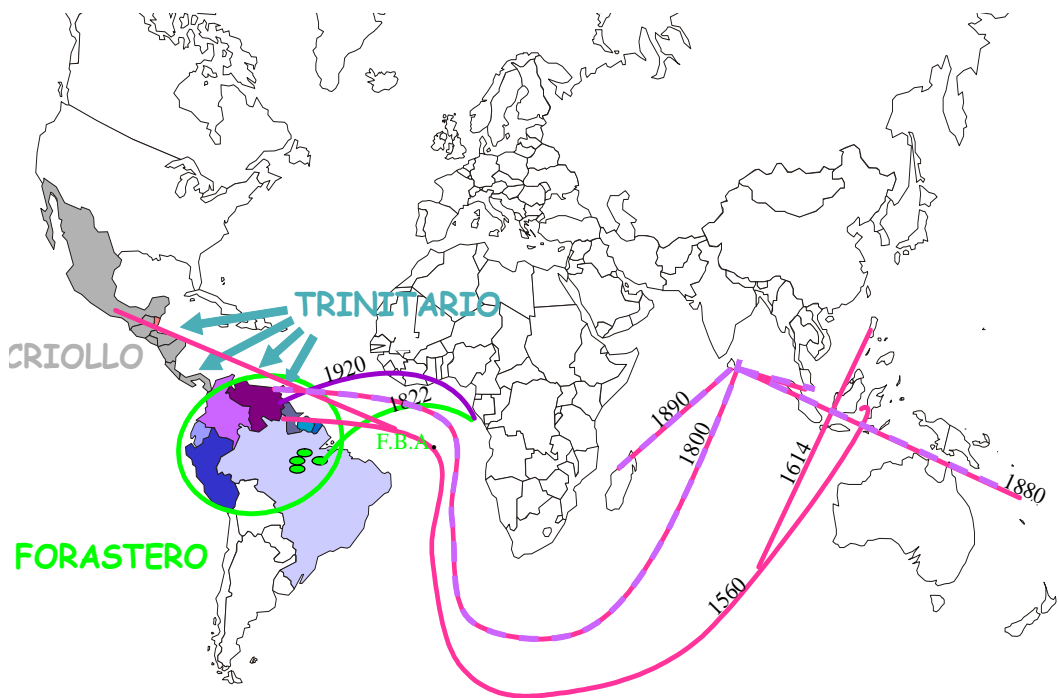


Fig. 4 Dispersión de grupos germoplásmicos de cacao

Después que México fuera conquistado por los españoles, los cultivares de cacao Criollo de América central, fueron introducidos, primero en la región del Caribe y Venezuela y después a las Filipinas, Indonesia, India y Madagascar. (Fig. 4)

El cultivo de los Forasteros del Bajo Amazonas, particularmente del cacao “amelonado” empezó en Brasil en el siglo XVIII. En 1822, el cacao “amelonado” fue introducido al Africa, Santo Tomás y después a Ghana, Nígerla y Costa de Marfil.

En Ecuador, el tipo de cacao local denominado Nacional, se empezó a cultivar a comienzos del siglo XIX. Los híbridos entre Criollo x Forasteros, denominados Trinitarios, aparecieron en Trinidad alrededor de 1800

2.1.3 Complejos germoplásmicos o grupos de cacao

En circunstancias en que los estudios de caracterización morfológica, no resultaban muy consistentes en dilucidar y/o diferenciar la diversidad genética de los principales grupos de cacao. Lachenaud, en 1997, mediante estudios moleculares y argumentos paleoclimáticos, paleogeográficos y etnobotánicos, elaboró una propuesta de clasificación de los grupos de cacao, estableciendo 4 grupos o complejos germoplásmicos naturales: *Criollo*, *Amazonas o Forastero del Alto Amazonas*, *Guyanas o Forastero del Bajo Amazonas*, y *Nacional*; así como, su distribución geográfica (Tabla 1, Fig. 5)

Un tercer grupo, el *Trinitario*, resultó ser una población segregante que se originó de una cruce entre una variedad amelonada de la Guyanas (*Forastero del Bajo Amazonas*), y una variedad de *Criollo* de Venezuela.

Los Trinitarios vigorosos fueron diseminados a numerosos países e introducidos alrededor de 1850 al Africa occidental donde fueron cruzados con los “amelonados” que años antes ya habían sido introducidos

Tabla 1. Complejos germoplásmicos naturales de cacao (Lachenaud, 1997)

GRUPO DE CACAO	DISTRIBUCION GEOGRAFICA
1. Criollo	América centra, Colombia y Venezuela
2. Amazonas o Forastero del Alto Amazonas	Perú, Ecuador Colombia, Bolivia y Brasil
3. Guyanas o Forastero del Bajo Amazonas	Guyanas, Venezuela, Surinam, Guyana Francesa y Brasil
4. Nacional	Ecuador (zona costera)

Recientes estudios han revelado nuevos conocimientos sobre la taxonomía, especiación y dispersión geográfica del cacao. Es así que mediante marcadores bioquímicos y moleculares (Fig. 6), se ha confirmado la naturaleza híbrida del tipo *Trinitario* (cruce: *Criollo x Forastero*)

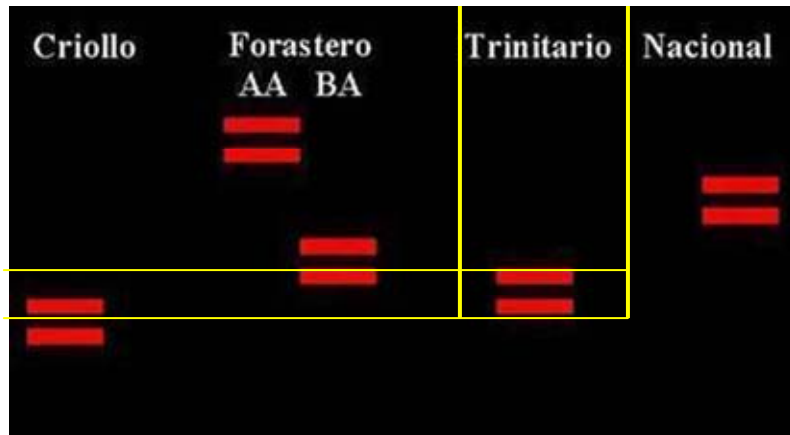


Fig. 5 Confirmación del origen híbrido del grupo Trinitario mediante marcadores moleculares

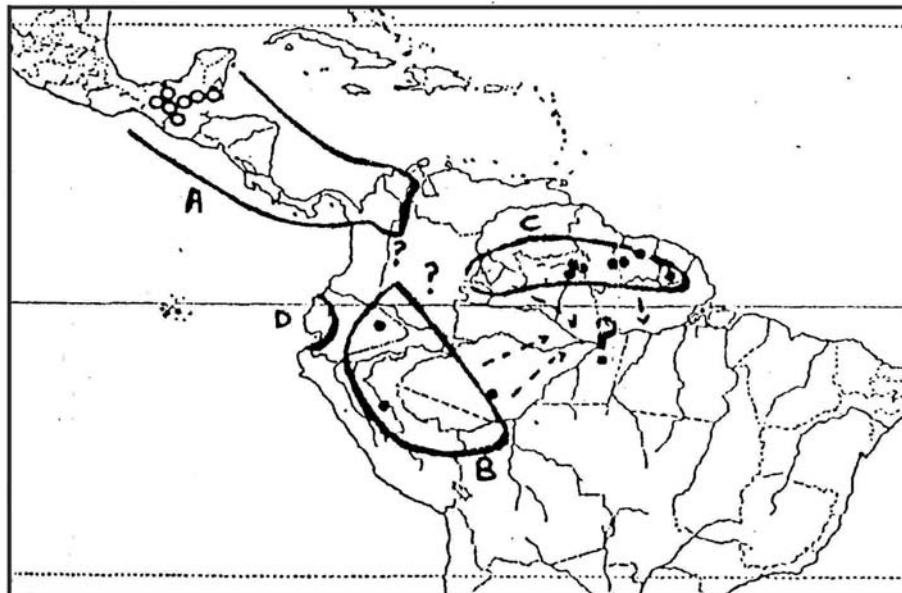


Fig. 6 Grupos germoplásmicos naturales de cacao (Lachenaud, 1997)

- A) Criollo
 B) Amazonas o Forasteros – A.A.
 C) Guyanas o Forasteros – B.A.
 D) Nacional

2.1.3.1 Naturales.

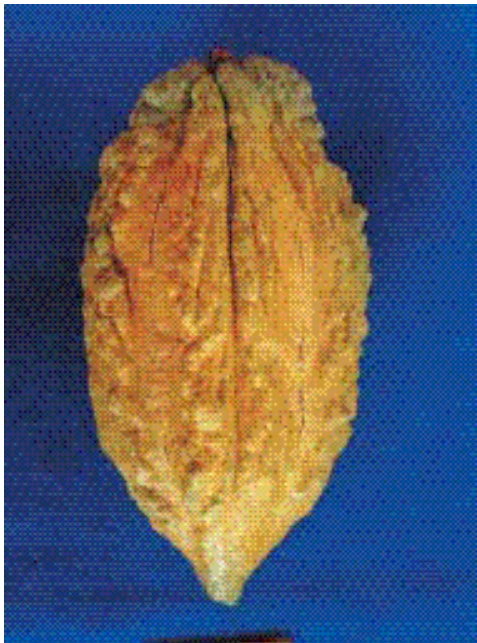
2.1.3.1.1 Criollos.- Crecen bajo condiciones semi-silvestre y se distribuyen desde México hasta Colombia y Venezuela. Son árboles poco vigorosos, de lento crecimiento y más susceptibles a las enfermedades e insectos que los *Forasteros*, y se caracterizan por su alta diversidad morfológica. El fruto (Fig. 7a), es de forma variable (los hay alargados, amelonados y cundeamor), con un ápice acuminado; de superficie lisa o rugosa; las mazorcas son rojas o verde al estado inmaduro y tienen un pericarpio ligeramente lignificado



(a) Cacao Criollo



(b) Cacao Forastero - A.A



(c) Cacao Forastero - BA



(d) Cacao Nacional

Fig. 7 Frutos representativos de 4 grupos germoplasmicos naturales de cacao

Las almendras son generalmente grandes y gruesas, con cotiledones blancos o rosados y tienen mejor calidad de chocolate que los *Forasteros*.

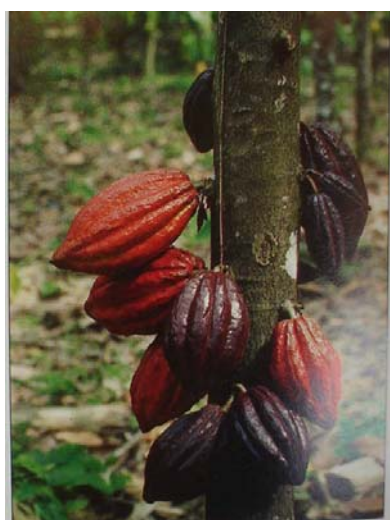
2.1.3.1.2 Forastero del Alto Amazonas.- Crecen al estado silvestre y domesticado en la Amazonía Alta (Perú, Ecuador y Colombia). Son árboles vigorosos con frutos verdes (Fig. 7b), y de forma variable. En los *Forasteros* del Alto Amazonas, pueden existir mazorcas con mayor rugosidad y constricción basal acentuada. Las almendras son generalmente pequeñas, con ciertas excepciones, grandes; con sección transversal aplanada y cotiledones morado o violeta. Ciertamente hay excepciones en el color de los cotiledones, pudiéndose encontrar cotiledones blancos como en el cv. Porcelana de Piura (Perú). En general, los cacaos *Forasteros* del Alto Amazonas producen un chocolate de calidad corriente o básica.

2.1.3.1.3 Forastero del Bajo Amazonas.- Crecen al estado silvestre y domesticado en la Amazonia Baja (Brasil, Guyana, Guyana Francesa), y a lo largo del Orinoco (Venezuela). Las mazorcas generalmente son de menor tamaño, ligeramente rugosas y de forma amelonada, comparado con los *Criollos*-tipo cundeamor (Fig. 7c). Existe además la forma calabacillo (vg. cv. Pará, Brasil), cuyas mazorcas son pequeñas, redondeadas y de superficie lisa. Las almendras pueden ser pequeñas, intermedias o grandes; de color morado y excepcionalmente, blancas, vg. el cv. `Catongo` (Brasil).

2.1.3.1.4 Nacional.- Es el único grupo natural de cacao que se cultiva en el occidente de Ecuador. Se piensa que este tipo de cacao se originó en la región oriental de la amazonía alta del Ecuador. Por su fina calidad de almendra, éste grupo está más relacionado al grupo Criollo que al grupo Forastero. Los árboles son altos, producen mazorcas grandes semejantes a los “amelonados”, pero con surcos más profundos y las almendras son grandes y de color morado pálido u oscuro o marrón. Las semillas fermentan en 4 días y tienen un intenso aroma floral. (Fig. 7d). Los cultivares Nacional, siempre ha estado plantado con cultivares del grupo Trinitario, desde su introducción en Ecuador, en 1892

2.1.3.2 Artificial

2.1.3.2.1 Trinitarios.- Son árboles que nunca se han encontrado en estado silvestre y generalmente tienen características intermedias entre los Criollos y Forasteros. Los clones Trinitarios han sido obtenidos de cruces naturales entre Criollos de origen desconocido con Forasteros, que probablemente provenían del estado de Bolívar en Venezuela (Fig. 8a y 8b). Los Trinitarios vigorosos fueron diseminados en los países de América Latina y el Caribe, e introducidos alrededor de 1850 en África Occidental donde ellos fueron cruzados con el “amelonado” que fue introducido más antes. Mediante marcadores moleculares se ha confirmado la naturaleza híbrida del tipo *Trinitario* (*Criollo x Forastero*)



(a) Cacao Trinitario



(b) Cacao Trinitario

Fig. 8 Frutos del grupo artificial Trinitario

En la Tabla 2, se muestran algunos caracteres diferenciales entre los grupos de cacao: *Criollo*, *Forastero* y *Trinitario*.

Tabla 2. Caracteres diferenciales de los grupos de cacao: *Criollo*, *Forastero* y *Trinitario* *

ORGANO/ CARACTERISTICA	CRIOULLO	FORASTERO	TRINITARIO
SEMILLA 1. Color cotiledones 2. Forma (sec. transversal)	blanco o violeta redondeada	morado, excepcionalmente blanco aplanada o intermedia	morado variable
FRUTO 1. Color al estado inmaduro 2. Rugosidad 3. Constricción basal 4. Grosor de cáscara 5. Número de semillas	rojo o verde rugoso o lig. liso ausente o ligero delgada-medio 20 - 40	verde o verde pigmentado liso o medio variable grueso o medio 20 - 60	rojo o verde variable variable delgado o medio 30 - 45
AGROINDUSTRIAL 1. Inicio de la producción 2. Periodo de fermentación 3. Sabor y aroma 4. Contenido de grasa	4 - 6° año 3-4 días extrafino – fino bajo (< 54%)	3°- 5° año 5-7 días corriente variable (45-60%)	3°-4° año 5-6 días fino – medio variable (45-57%)

* Elaborado por el autor