



INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES

CITEcacao y otros cultivos tropicales

**"DESARROLLO DE CTI EN FRUTALES NATIVOS AMAZÓNICOS-
PATRIMONIO AMBIENTAL Y ALIMENTARIO"**

Del 29 al 31 de octubre 2018

**"CACAO SILVESTRE
Patrimonio Genético estratégico
para el Perú"**



**CITEcacao y otros
cultivos tropicales**



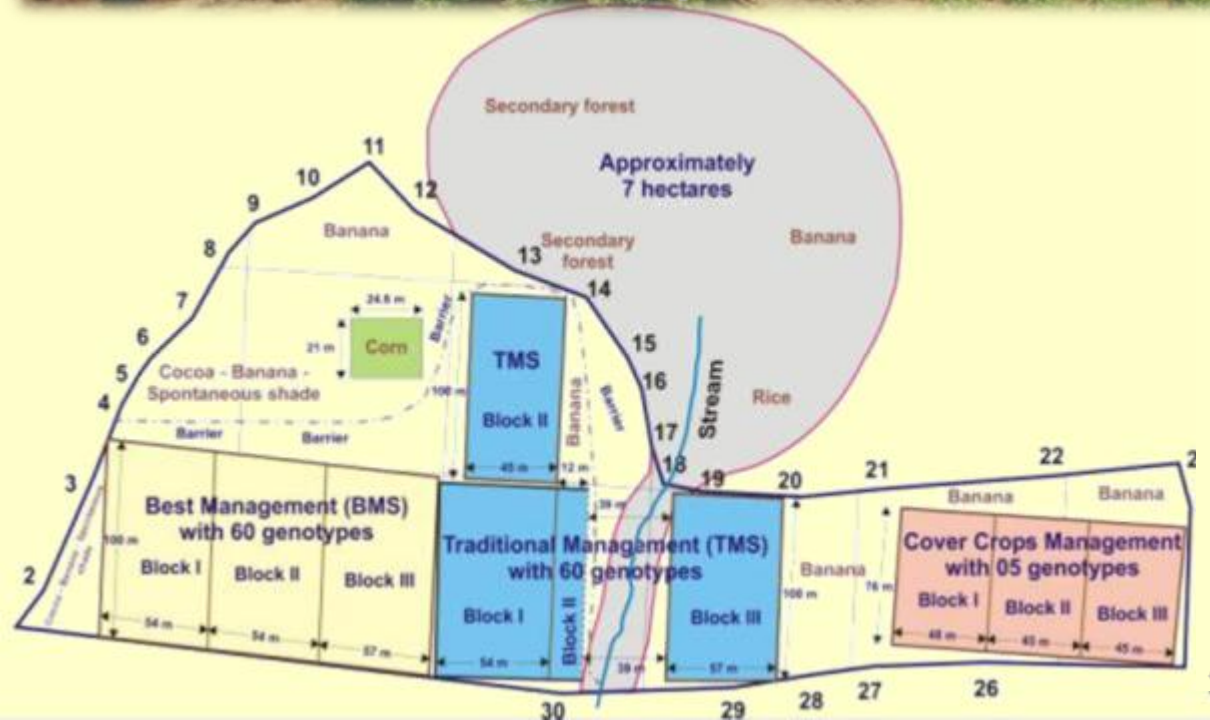
Enrique Arévalo Gardini Ph.D.
enrique.arevalog@gmail.com
www.ict-peru.org



INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES



ESTACIONES EXPERIMENTALES
ICT - INL / USDA-ARS
(64 ha)





LABORATORIOS

FITOPATOLOGIA, BIOTECNOLOGIA,

SUELOS Y AGUAS

NAS-ICT / CICAD-OEA / USDA-ARS

**FITOPATOLOGIA-
CONTROL
BIOLOGICO**



**MICROBIOLOGIA &
BIOTECNOLOGIA**

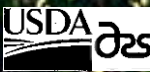


**SUELOS, AGUAS Y
TEJIDOS VEGETALES**



ÁMBITO DE ACCIÓN DEL ICT



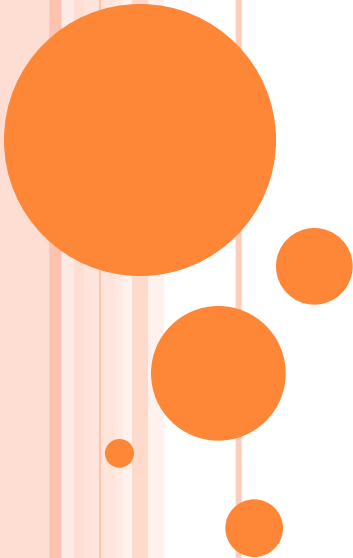


ASISTENCIA TECNICA

**REHABILITACION – RENOVACION PLANTACIONES DE CACAO
EN EL VALLE DEL HUALLAGA**

EXTENSIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA





SITUACIÓN ACTUAL DEL CACAO EN EL PERÚ



Cacao: Sur América - 2016

Country	Area Total (1000ha)	Production (1000 Tm)	Yield (kg/ha)	Brecha tecnológica*
Bolivia	10.292	6.143	596.9	40%
Brazil	720.053	213.843	297	70%
Colombia	165.844	56.163	338.7	66%
Ecuador	454.257	177.551	390.9	61%
Peru	125.58	107.922	859.4	14%
Venezuela	64.462	23.254	360.7	64%
Costa de Marfil**	2851.084	1472.313	516.4	48%
Ghana**	1683.765	858.72	510	49%

* In base to the minimal optimal of 1Tm/ha

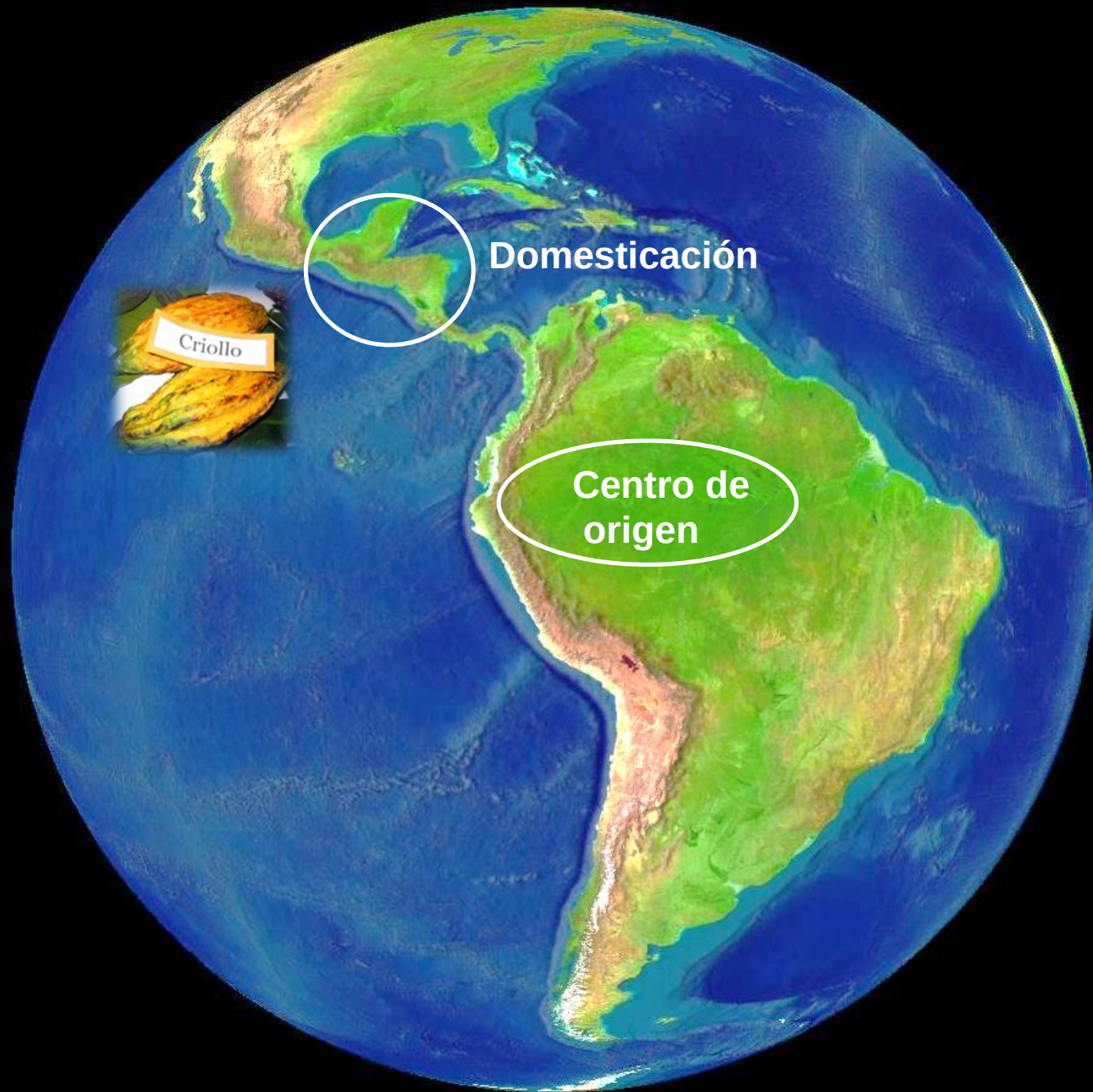
** African Countries

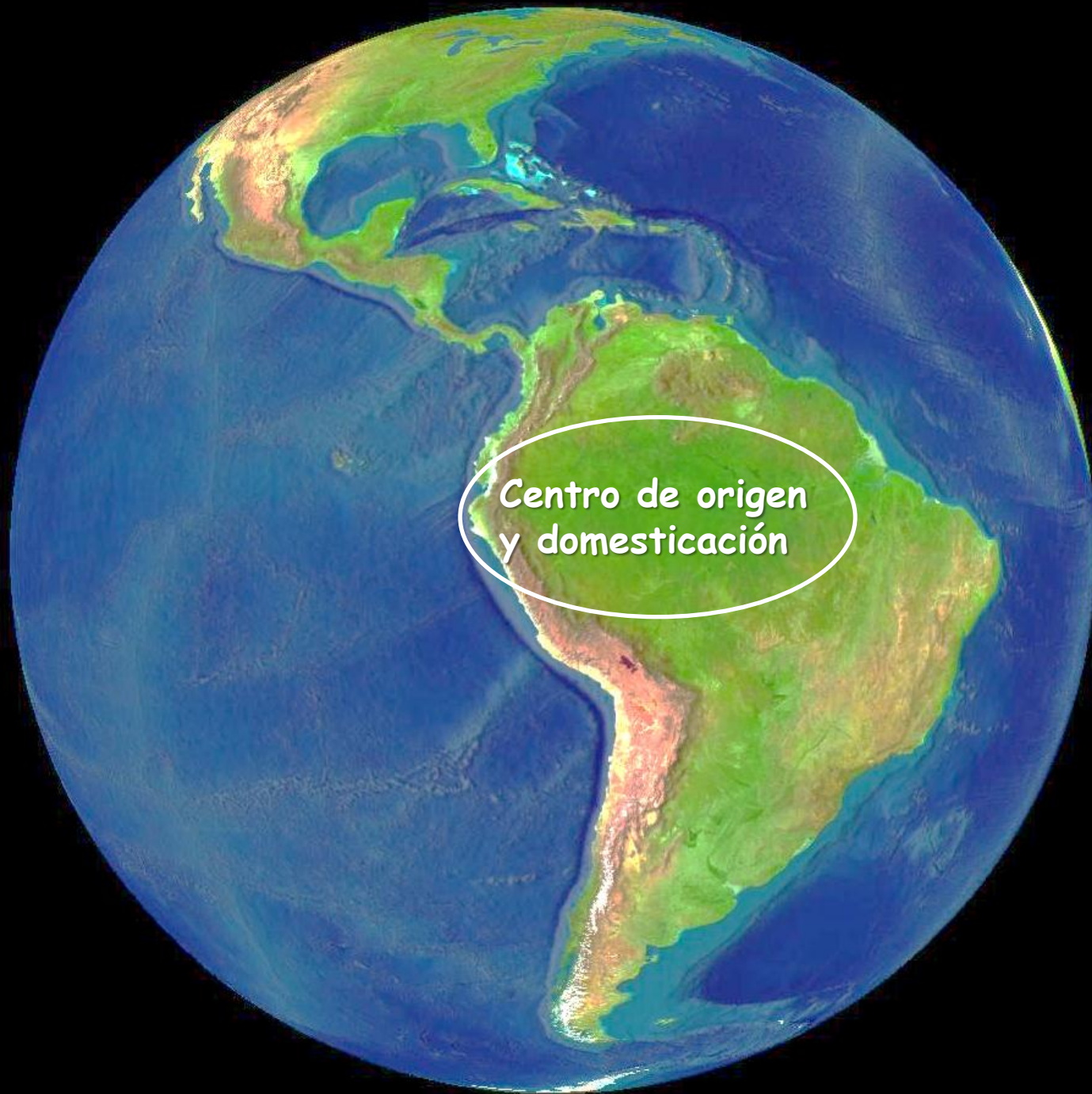
Source: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (11/04/2018)

CACAO EN EL PERU - 2017



Departamento	SUPERFICIE COSECHADA (ha)	(%)	PRODUCCIÓN (t)	(%)
TOTAL NACIONAL	147,306		121,813	
AMAZONAS	7,854	5.3%	6,352	5.2%
AYACUCHO	7,552	5.1%	5,056	4.2%
CAJAMARCA	1,217	0.8%	996	0.8%
CUZCO	21,142	14.4%	8,707	7.1%
HUANUCO	13,943	9.5%	8,912	7.3%
JUNIN	18,292	12.4%	21,801	17.9%
LA LIBERTAD	26	0.0%	30	0.0%
LAMBAYEQUE	67	0.0%	32	0.0%
LORETO	595	0.4%	589	0.5%
M. DE DIOS	1081	0.7%	919	0.8%
PASCO	1,678	1.1%	1,824	1.5%
PIURA	1,315	0.9%	599	0.5%
PUNO	801	0.5%	663	0.5%
SAN MARTIN	54,159	36.8%	51,440	42.2%
TUMBES	624	0.4%	648	0.5%
UCAYALI	16,960	11.5%	13,245	10.9%

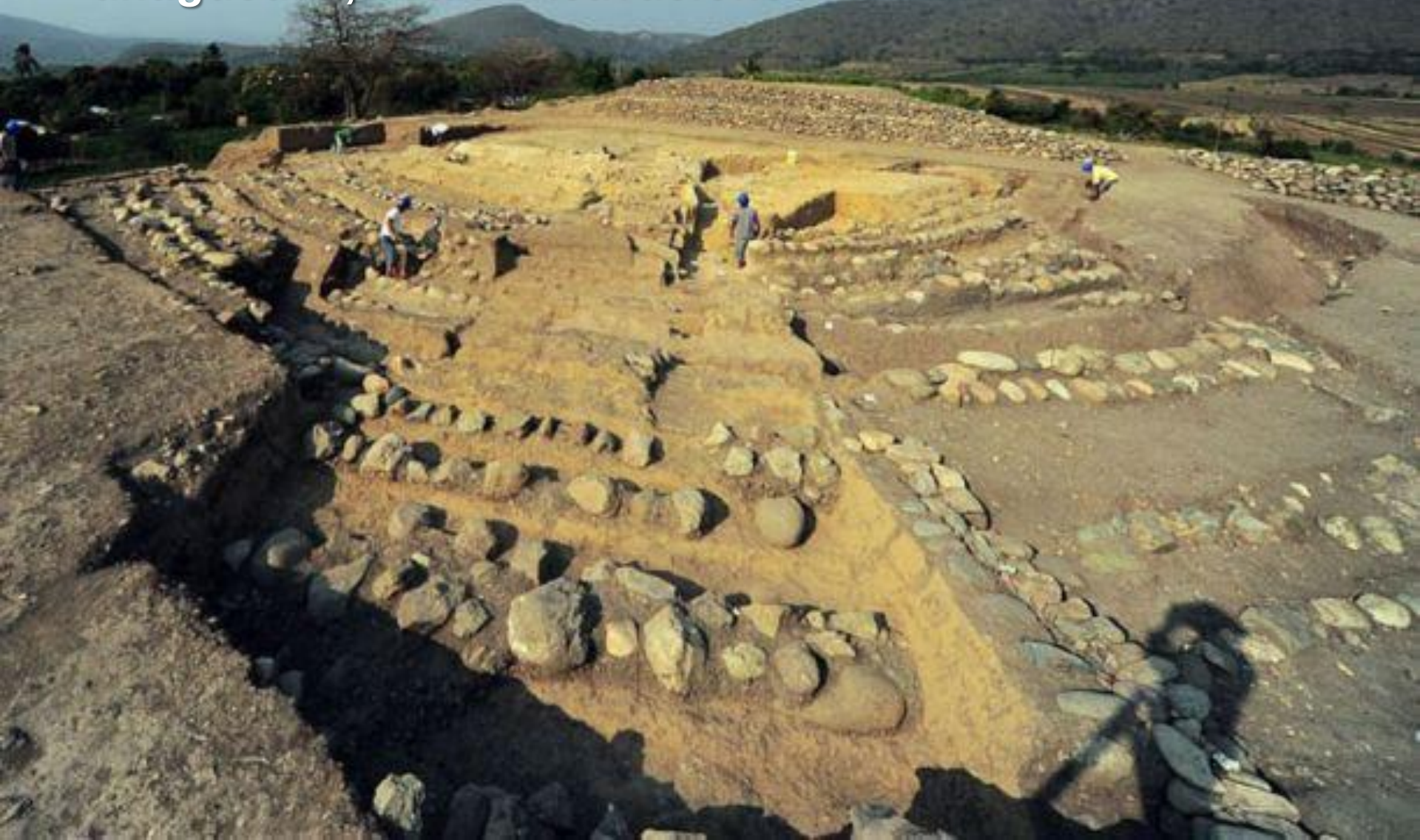




Centro de origen
y domesticación



Complejo Arqueológico de Monte Grande, en Jaén, donde arqueólogo peruano Quirino Olivera, encontró restos funerarios que incluirían semillas de cacao de más de 5.000 años de antigüedad, estas excavaciones se iniciaron en el 2016



Variedades Pre-Colombinas en las Americas

Criollo: Pentagona, Lagarto...

Amelonado: Catongo, Indio, Calabacillo, Comun, Cacao del Pais, Laranja...

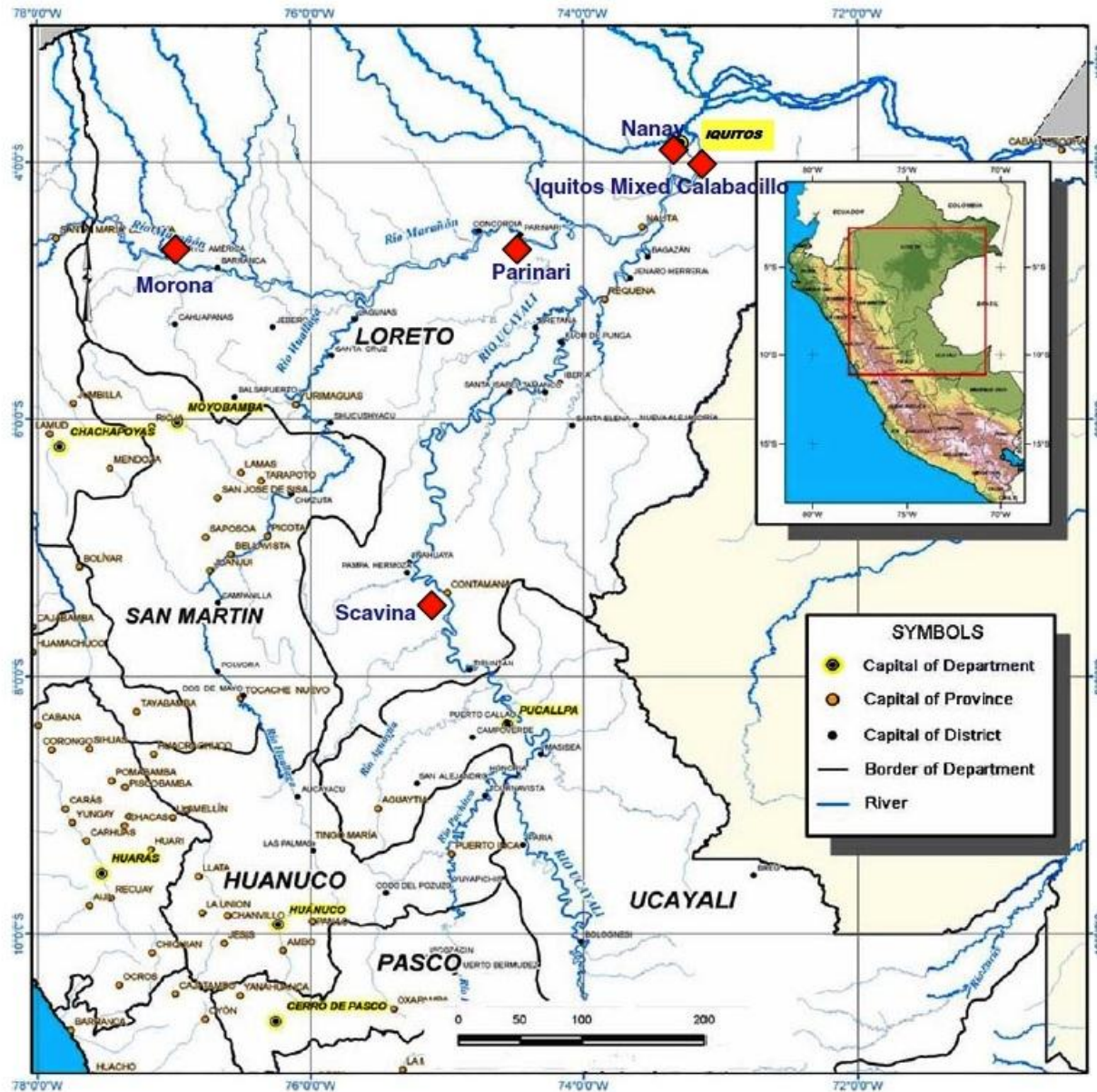
Nacional: Arriba, Balao, Blanco, Machala, Manabi**Nacional**



Eventos Catastroficos causados por plagas

País	Periodo	Causa Atribuída
Venezuela	1630s	Blight 'alhorra'
Cuba, Jamaica	1660s	Sequía, marchitamientos
Trinidad	1725	'Marchitamientos'
Martinique	1727-1732	Hongos radiculares & Comedores de hojas
Ecuador	1920s	Escoba de Bruja & Moniliasis
Ghana	1930s	CSSV (Cacao swollen shoot)
East Java	1936	Broca del Cacao
Brasil	1989-1999	Escoba de Bruja
....		

Colecciones de FJ Pound's en Loreto, Perú, 1937-1938



DR. F. J. Pound

Agrónomo



Dept de Agricultura
Trinidad

Germoplasma de la Colección Pound usada para generar "T clones" en África Occidental en 1944

<u>Nombre</u>	<u>País de Origen</u>	<u>Otros Parentales</u>
AM 2/28	Ecuador	OP
AM 2/38	Ecuador	OP
CLM 19	Ecuador	OP
IMC 24	Peru	OP
IMC 47	Peru	PA 7
IMC 53	Peru	OP
IMC 60	Peru	NA 32, NA 33
IMC 76	Peru	NA 32
JA 79	Ecuador	OP
LZ 2	Ecuador	OP
LV 36	Ecuador	OP
M 8	Surinam	OP
M 253	Surinam	OP
MO 12	Peru	OP
MO 14	Peru	OP
MOQ 6/12	Ecuador	OP
NA 32	Peru	IMC 60, IMC 76, NA 33, PA 7, PA 35, M253
NA 33	Peru	NA 32, NA 34, PA 35, IMC 60, OP
NA 34	Peru	IMC 60
NA 43	Peru	OP
NA 60	Peru	OP
PA 103	Peru	OP
PA 35	Peru	NA 32, NA 33, PA 7
PA 37	Peru	OP
PA 7	Peru	IMC 47, NA 32, PA 35
SCA 12	Peru	OP
SCA 6	Peru	OP



Posnette AF, 1948. Quarterly Report of the West Africa Cocoa Research institute, Oct-Dec, 12.

Amelonado
& Trinitario



"T-Clones"



X

Mejoramiento de Variedades
en Africa Occidental

**Clones Parentales Actualmente usados en Bancos de semillas en
África Occidental para la producción de Semilla híbrida.
Asare et al. (2010)**

Camerun (7)		Ghana (26)		Nigeria (17)	
Clones Parentales	Pedigree	Clones Parentales	Pedigree	Clones Parentales	Pedigree
SNK 13	Trinitario	C20	PA 35 x NA 32	C14	Amelonado
SNK 64	Trinitario	C27	PA 7 x NA 32	C18	Amelonado
SNK 10	Trinitario	C42	PA 7 x NA 32	C24	Trinitario
SNK 16	Trinitario	C67	NA 32 x PA 7	C 20	PA 35 x NA 32
SNK 109	Trinitario	C69	NA 32 x PA 7	C25	Trinitario
IMC 67	IMC 67	C74	PA 35 x NA 32	C 27	PA 7 x NA 32
UPA 134	F2 of T clones	C75	PA 35 x NA 32	C69	NA 32 x PA 7
UPA 143	F2 of T-clones	C77	IMC 60 x NA 34	C74	PA 35 x NA 32
SCA 6	SCA 6	C84	IMC 60	C75	PA 35 x NA 32
SCA 12	SCA 12	C85	PA 7	C77	T85
T79/467	NA 32 x PA7	PA7	PA7	NA32	NA32
T79/501	NA 32 x PA 7	PA150	PA150	P7	P7

Clones parentales de Banco de Semillas de Nigeria genotipados por SNP (Hybrid Trial Plot, 2015)

Clones	Recorded Pedigree
C42	T60/887 (PA 7 x NA 32)
C67	T79/501 (NA 32 x PA 7)
C75	T63/967 (PA 35 x NA 32)
C77	T85/799 (IMC 60 x NA 34)
T101/15	IMC 76 x NA 32
T12/11	SCA 12 OP
T16/17	IMC 24 OP
T22/28	JA 3/11 OP
T30/13	PA 103 OP
T53/5	PA 37 OP
T53/8	PA 37 OP
T57/22	ICS 60 OP
T65/7	PA 7 x IMC 47
T65/35	PA 7 x IMC 47
T82/27	NA 32 x PA 35
T85/799	IMC 60 x NA 34
T86/2	PA 35 x PA 7

Resumen de las accesiones de germoplasma de cacao recogidas por F. J. Pound (1938-1945) y Su estado de distribución desde 1945-1998

Accesión	Arboles Madre	Progenies	Nº Individuos Distribuídos Internacionalmente 1945 - 1998	Nº Cruzas Servidas como clones parentales en programas de mejoramiento
IMC	2	61	5	68
Morona	2a	24	3	N/A
Nanay	17	223	5	57
Parinari	20a	116	4	31
Scavina	2	15	2	68
Pound	32	N/A	4	40
Refractario	80	800	4	N/A
Total	>133		27	

^a Estimación basada en hermanos reconstruidos usando marcadores SSR



Evaluando la Diversidad Genetica en Indonesia

Colección de Campo de Agricultores del Sur de Sulawesi

#	Accessions	No. of tested trees	Source	#	Accessions	No. of tested trees	Source
1	ACC	5	MCDC	28	BTR 01	1	ICCRI
2	AM	9	MCDC	29	GENI-J	1	ICCRI
3	AP	8	MCDC	30	GNRG 02	1	ICCRI
4	BAMBU	4	MCDC	31	HARI-J	1	ICCRI
5	BB	4	MCDC	32	Hasbi Tari	1	ICCRI
6	BRT	6	MCDC	33	ILH	1	ICCRI
7	FQ	9	MCDC	34	KDI1	1	ICCRI
8	GENI-J	10	MCDC	35	KDI2	1	ICCRI
9	ISMAIL	3	MCDC	36	M T	1	ICCRI
10	KAMBALA	4	MCDC	37	MA/PG 01	1	ICCRI
11	KW516	6	MCDC	38	Moktar	1	ICCRI
12	KW617	7	MCDC	39	Patila	1	ICCRI
13	L1	5	MCDC	40	PW/Pg 01	1	ICCRI
14	LG	1	MCDC	41	RB	1	ICCRI
15	M 01	8	MCDC	42	Toli-Toli	1	ICCRI
16	M 02	2	MCDC	43	YD 75	1	ICCRI
17	M 04	8	MCDC	44	YM 01	1	ICCRI
18	M 05	10	MCDC	45	ARDACIAR 10	1	ICCRI
19	M 06	5	MCDC	46	ARDACIAR 26	1	ICCRI
20	M 07	10	MCDC	47	BR 25	1	ICCRI
21	M 08	5	MCDC	48	Nasir Rauf	1	ICCRI
22	MY03	10	MCDC	49	Panimbu Red	1	ICCRI
23	PR	10	MCDC	50	PBC 123	1	ICCRI
24	PWPQ	8	MCDC	51	PCK	1	ICCRI
25	RB	1	MCDC	52	Pengawu	1	ICCRI
26	Sulawesi 1	10	MCDC	53	Sausu Piore	1	ICCRI
27	Sulawesi 2	10	MCDC	54	SS Rewang	1	ICCRI
				55	Terobok Green	1	ICCRI

Colección de Campo de Agricultores - Sulawesi

IMC

Morona (MO)

Nanay (NA)

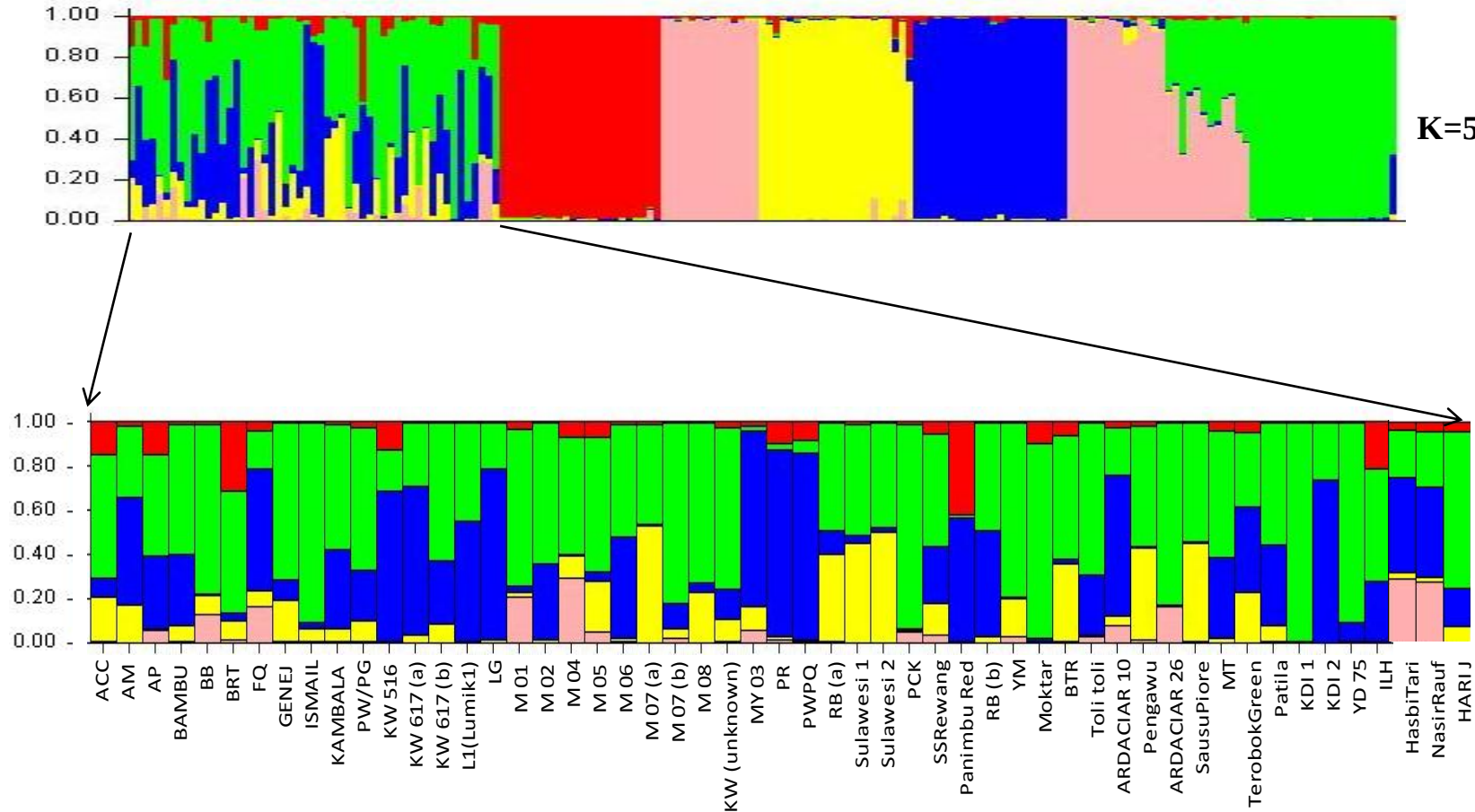
Parinari (PA)

Scavina (SCA)

Nacional hybrids

Trinitario

K=5



Fuente:

Dinarti D, Susilo AW, Meinhardt LW, Ji K, Motilal LA, Mischke BS and D Zhang. 2015.

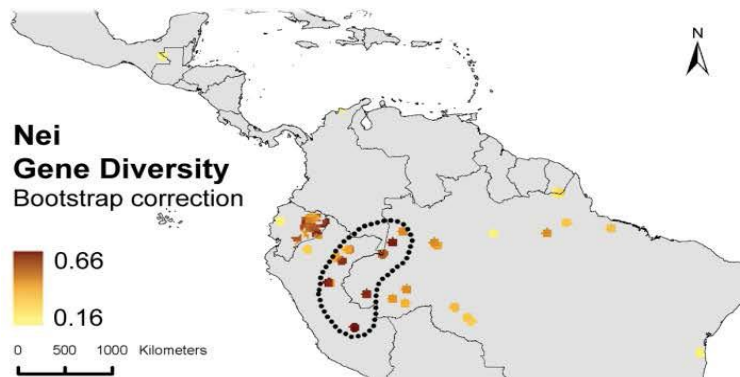
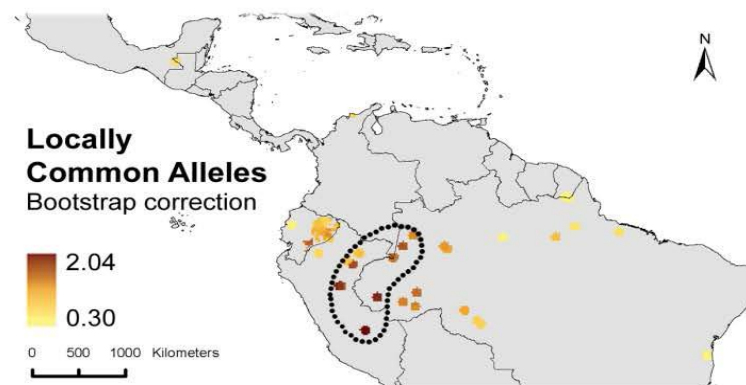
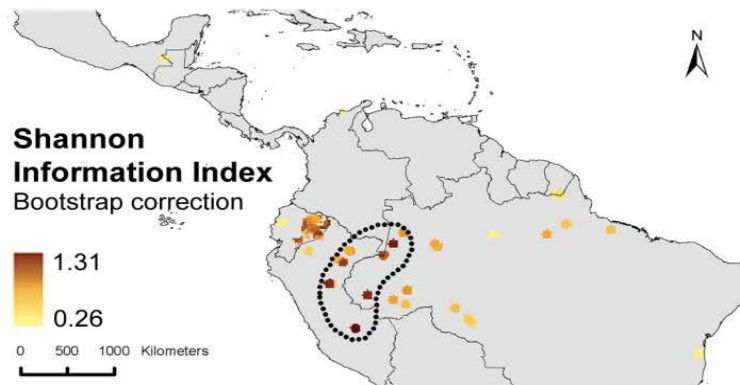
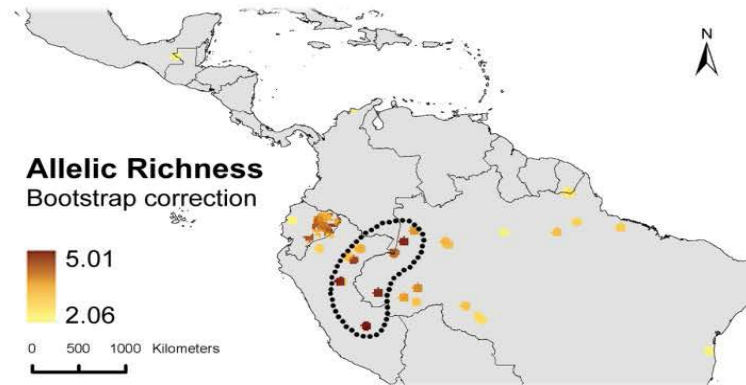
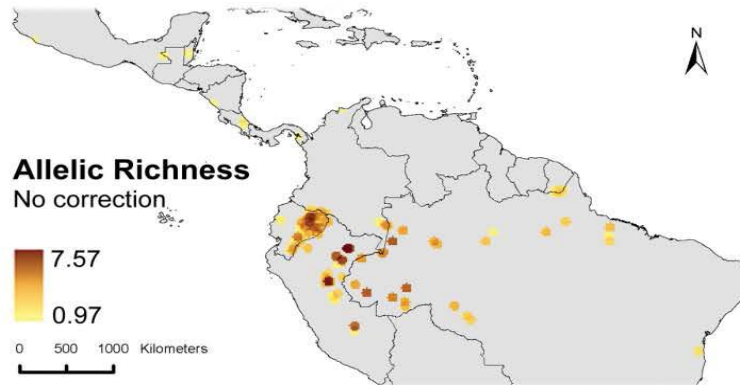
Genetic diversity and parentage in farmer selections of cacao from Southern Sulawesi, Indonesia revealed by microsatellite markers. *Breeding Science*. 65: 438-446.

Lukman, Zhang D, Susilo AW, Dinarti D, Bailey B, Mischke BS and LW Meinhardt. 2015. Genetic identity, ancestry and parentage in farmer selections of cacao from Aceh, Indonesia revealed by Single Nucleotide Polymorphism (SNP) markers. *Tropical Plant Biology*. 7:133-143.

Cuánta diversidad desconocida todavía está por ahí?



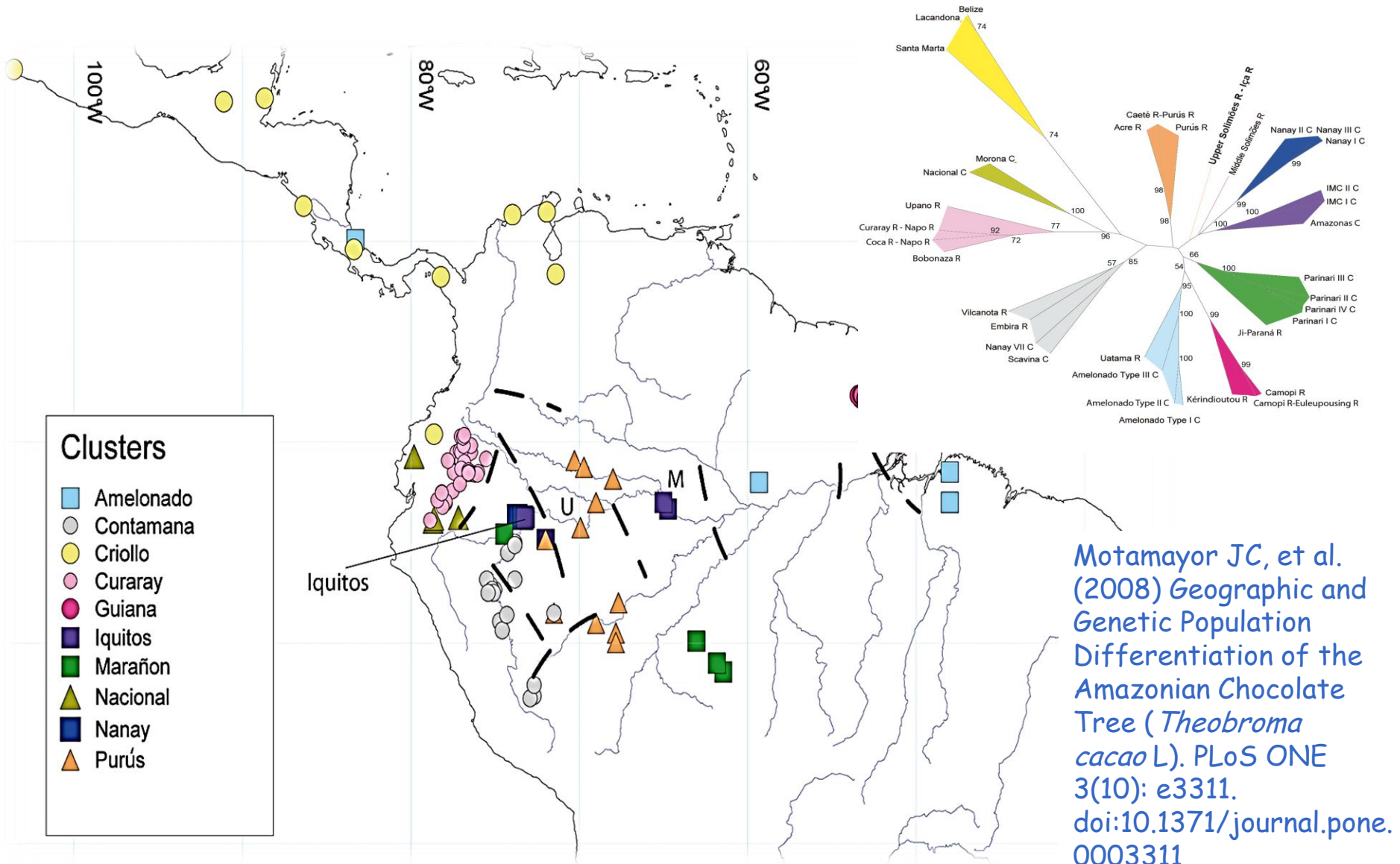
Diversidad genética en la reserva primaria de genes



Present Spatial Diversity Patterns of *Theobroma cacao* L. in the Neotropics Reflect Genetic Differentiation in Pleistocene Refugia Followed by Human-Influenced Dispersal. PLOS ONE 2012

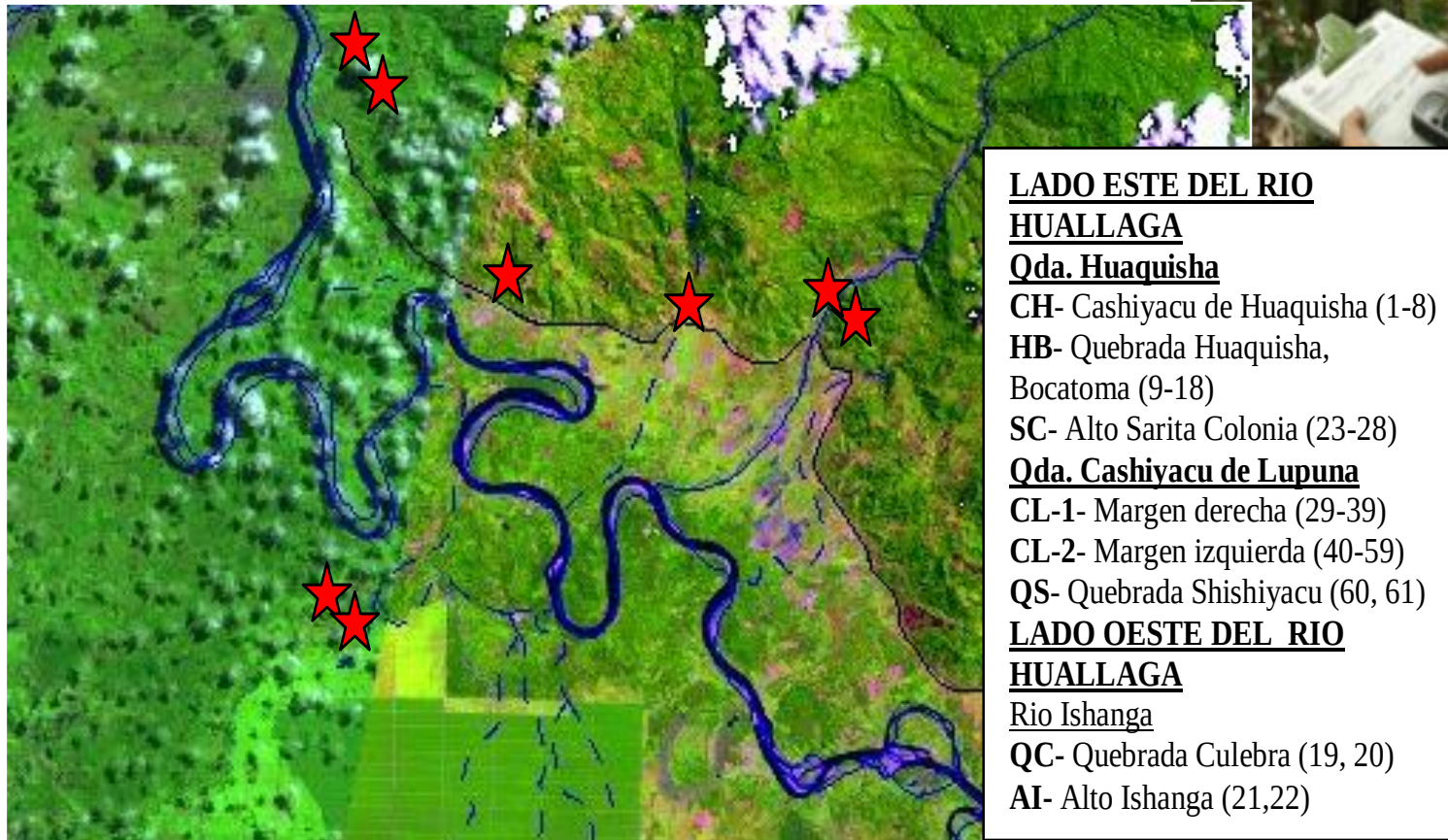
Evert Thomas, Maarten van Zonneveld, Judy Loo, Toby Hodgkin, Gea Galluzzi, Jacob van Etten

Diferenciación geográfica y de la población genética del cacao en la Amazonía



Motamayor JC, et al.
(2008) Geographic and
Genetic Population
Differentiation of the
Amazonian Chocolate
Tree (*Theobroma
cacao* L). PLoS ONE
3(10): e3311.
doi:10.1371/journal.pone.
0003311

SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CACAO SILVESTRE



. Ubicación de los genotipos nativos colectados en el Huallaga en 2005, a inmediaciones de Palmas del Espino S.A. (Motamayor et.al., 2011)



2da Expedición
2 cuencas, 88 accesiones

1ra Expedición
7 cuencas, 190 accesiones

3ra Expedición
3 cuencas, 64 accesiones



- **Tres expediciones**
- **12 cuencas**
- **342 accesiones de cacao silvestre**



COLECCIÓN DE MATERIAL SILVESTRE DE CACAO DESDE EL 2008



COLECCIÓN DE MATERIAL SILVESTRE DE CACAO DESDE EL 2008



COLECCIÓN DE MATERIAL SILVESTRE DE CACAO DESDE EL 2008



COLECCIÓN DE MATERIAL SILVESTRE DE CACAO DESDE EL 2008





Colecciones de cacao silvestre en el Perú (Desde 2008.....)





BANCO DE GERMOPLASMA DE CACAO – ICT, TARAPOTO



El ICT ha implementado el Banco de Germoplasma de Cacao, el más grande y diverso del Perú y de la Región Andina, donde alberga más de 900 accesiones de genotipos de cacao (silvestres de varias cuencas de los ríos amazónicos, Internacionales, cacaos elites de campo de productores, CFC, Brasil).

Domesticación en curso del cacao en diferentes ubicaciones geográficas

Variedad cultivada

Ucayali

Huallaga

Blanco Piurano

Chuncho

Nacional Boliviano

Purus

Ubicación\población

Ucayali (Contamana)

Huallaga\IMC (Iquitos)

Northern Peru\Nacional

Rio Urubamba

Rio Beni\Beni

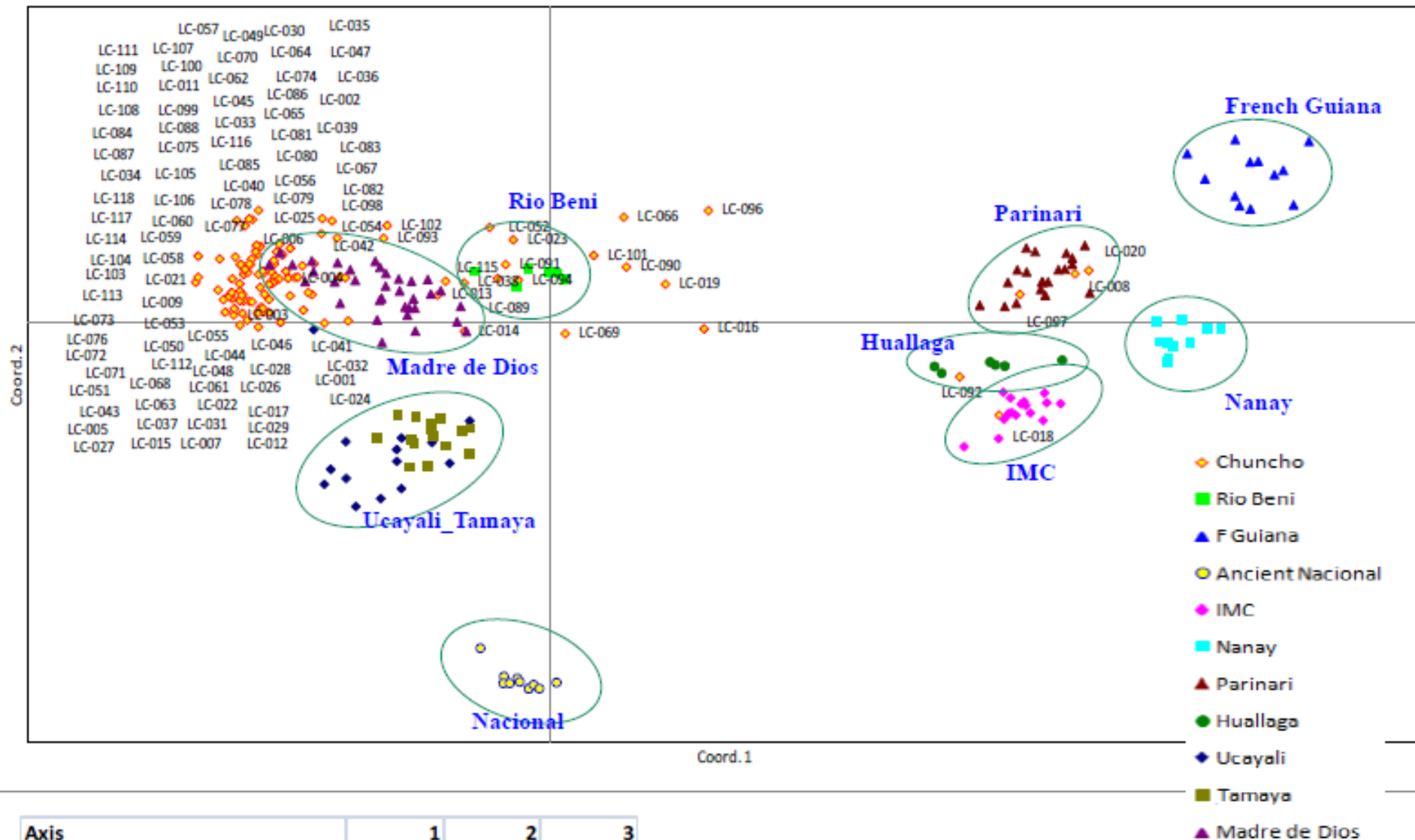
Rio Purus\Purus

- Identificación de resistencia a enfermedades
- Mercado del cacao de primera calidad



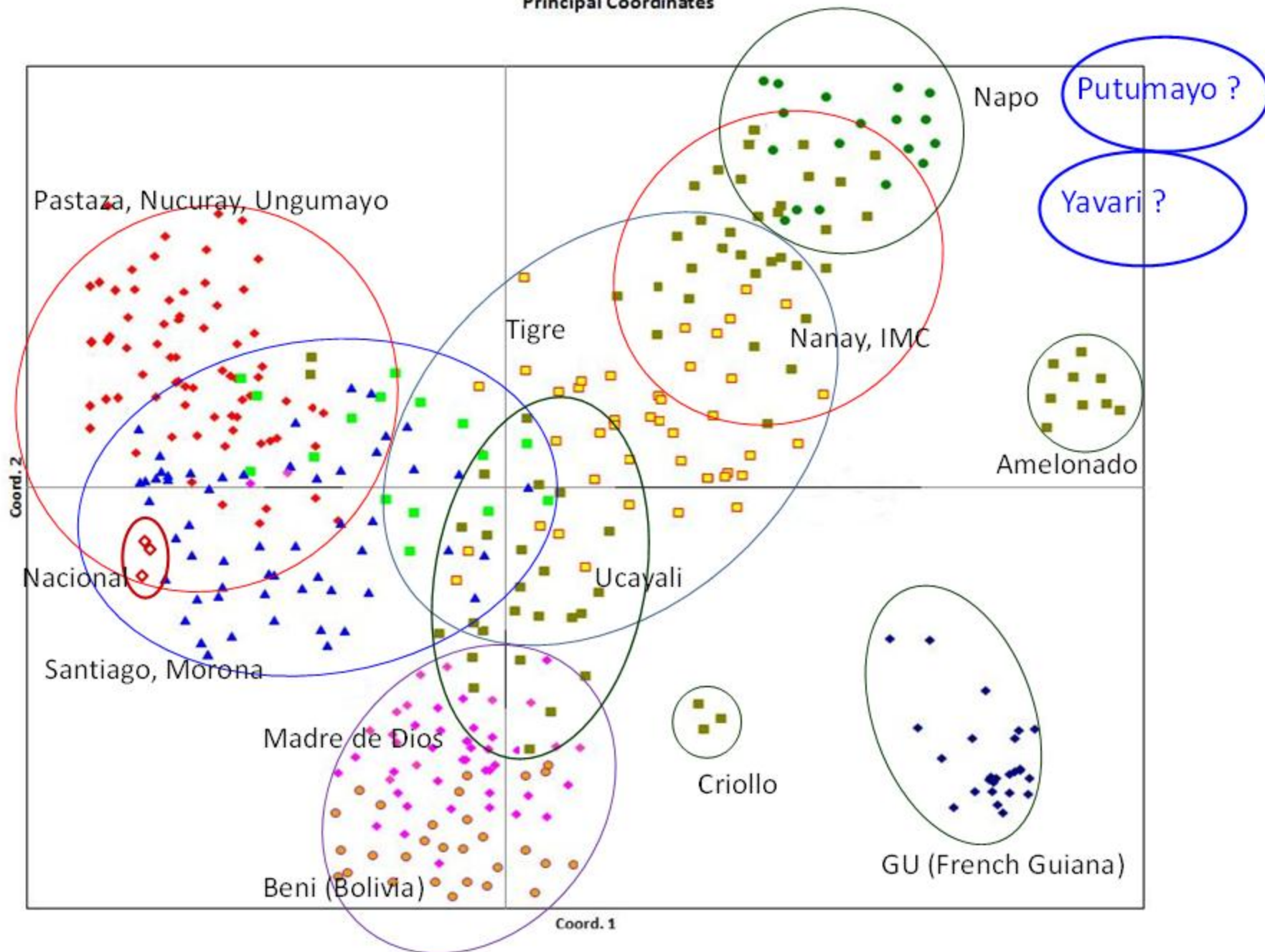
Cacao Chuncho - Un ejemplo de domesticación en curso en Perú

Principal Coordinates (PCoA)



Axis	1	2	3
%	33.02	8.30	7.86

Principal Coordinates



SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CACAO SILVESTRE EN SAN MARTIN

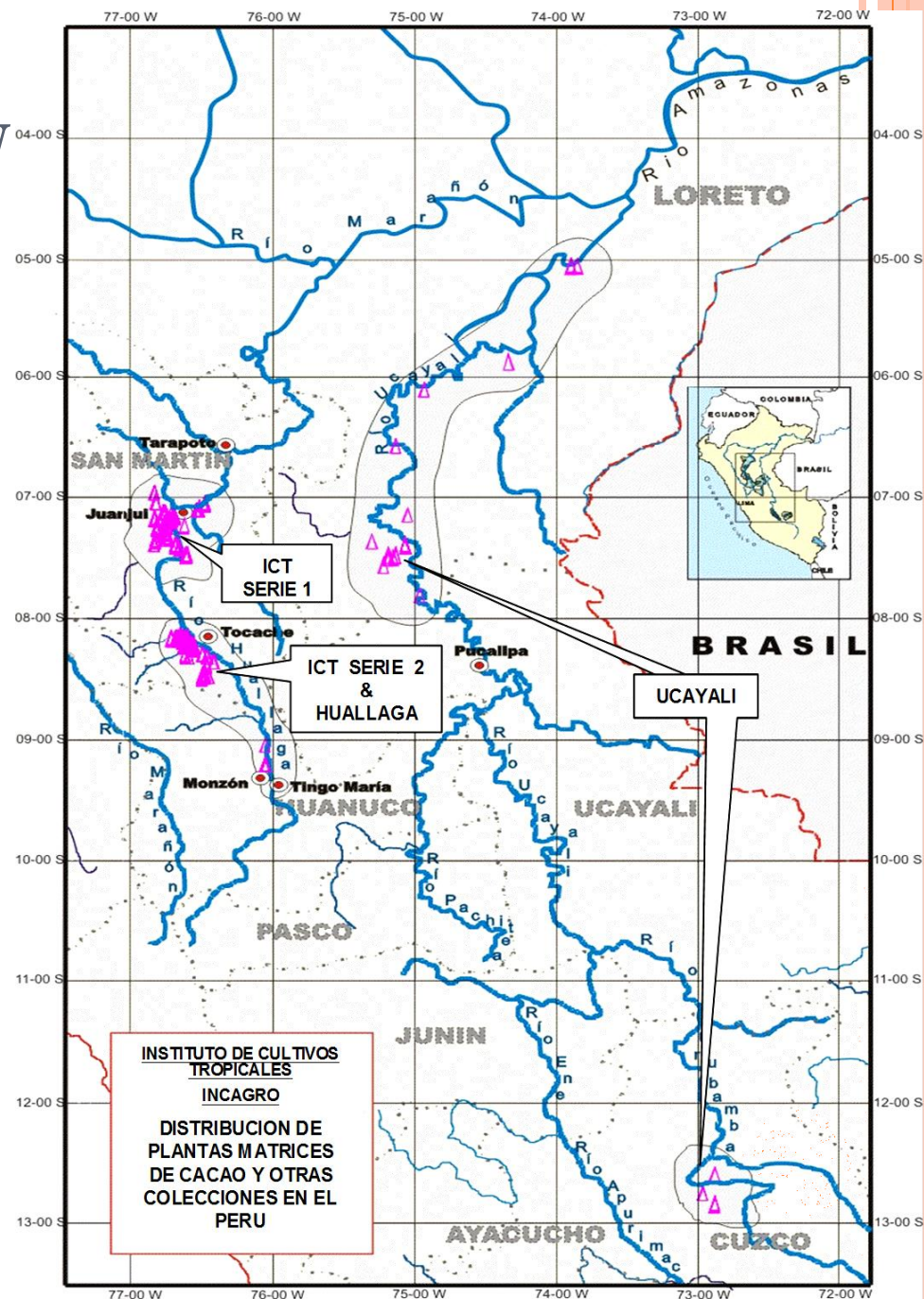
Nº	GENOTIPO	RÍO DE INFLUENCIA	CUENCA	PROVINCIA/DEPARTAMENTO
1	TIGR_305*	Río Tigre	Alto Amazonas	Loretc
2	CHAM_287	Río Chambira	Alto Amazonas	Loretc
3	CHAMB_289	Río Chambira	Alto Amazonas	Loretc
4	NAP_332	Río Napo	Alto Amazonas	Loretc
5	AYP_01	Río Aypena	Bajo Huallaga	Loretc
6	AYP_04	Río Aypena	Bajo Huallaga	Loretc
7	URI_173	Río Urituyacu	Alto Amazonas	Loretc
8	IMC_67	Clon Internacional		
9	UF_667	Clon Internacional		
10	CCN_51	Clon Internacional		
11	CARA_2.2	Río Mayo	Alto Mayo	Moyobamba, San Martín
12	CARA_2.1	Río Mayo	Alto Mayo	Moyobamba, San Martín
13	CARA_2	Río Mayo	Alto Mayo	Moyobamba, San Martín
14	CARA_2.3	Río Mayo	Alto Mayo	Moyobamba, San Martín
15	CARA_2.4	Río Mayo	Alto Mayo	Moyobamba, San Martín
16	Campa_01	Río Huallaga	Huallaga Central	Mariscal Caceres, San Martín
17	Campa_02	Río Huallaga	Huallaga Central	Mariscal Caceres, San Martín
18	Campa_03	Río Huallaga	Huallaga Central	Mariscal Caceres, San Martín
19	Campa_04	Río Huallaga	Huallaga Central	Mariscal Caceres, San Martín
20	Campa_05	Río Huallaga	Huallaga Central	Mariscal Caceres, San Martín
21	ICT_2161	Río Huallaga	Alto Huallaga	Tocache, San Martín
22	ICT_1414	Río Huallaga	Huallaga Central	Mariscal Caceres, San Martín



Planta de cacao en su estado nativo, nótese la altura de planta superior a los 5 metros (Foto ICT-Moyobamba 2011).

DIVERSIDAD DEL CACAO COMÚN O HIBRIDO ESPONTANEO EN SAN MARTIN

Provincia	Distritos	Nº de Plantas seleccionadas
Mariscal Cáceres	Juanjui	37
	Huicungo	12
	Pachiza	22
	Pajarillo	69
Huallaga	Sacanche	20
	Tingo de Saposoa	17
	Saposoa	7
	La Libertad	32
Bellavista	Ledoy	9
	Puerto Rico	3
Picota	Pólvora	216
	Tocache	120
	Uchiza	36
05	12	600



Genetic Diversity and Structure of Managed and Semi-natural Populations of Cocoa (*Theobroma cacao*) in the Huallaga and Ucayali Valleys of Peru

DAPENG ZHANG, ENRIQUE AREVALO-GARDINI, SUE MISCHKE, LUIS ZUÑIGA-CERNADES, ALEJANDRO BARRETO-CHAVEZ and JORGE ADRIAZOLA DEL AGUILA. *Annals of Botany* 98: 647–655, 2006. doi:10.1093/aob/mcl146, available online at www.aob.oxfordjournals.org

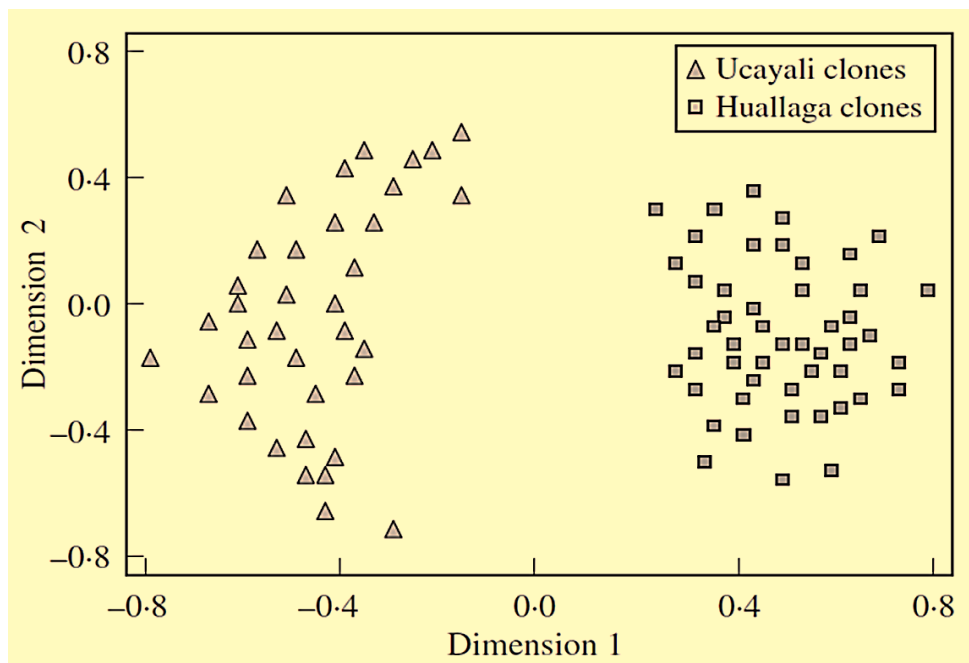
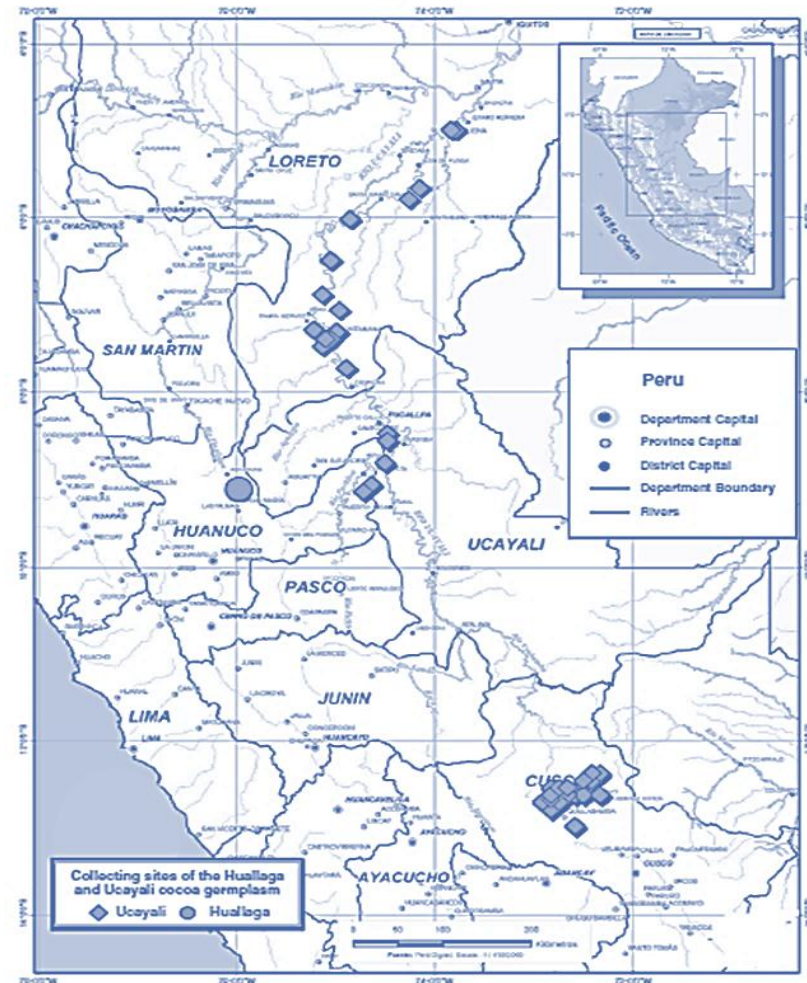


Gráfico de escalamiento multidimensional de 86 accesiones de cacao basado en la distancia de Roger (una representación de la distancia euclidiana) calculada a partir de datos de micro satélites (maldad de ajuste MDS = 0.277).



Sitios de muestreo de germoplasma de cacao en los valles de Huallaga y Ucayali en Perú



Resultados basados en Análisis SNP

DOS nuevas poblaciones o grupos genéticos han sido definidos

1. Población de **“Madre de Dios”**, que incluye 3 sub-poblaciones
 - ☐ Beni, Bolivia
 - ☐ Urubamba
 - ☐ Madre de Dios

Esta población incluye al “Cacao Chuncho”, que es nativo del sur peruano.

2. Población de **“Yavari & Jurua”**, que esta posicionada entre las poblaciones de Iquitos y Purús

Resultados basados en Análisis SNP

- ❑ También se revisó la definición de Población **“Nacional”**:
 - ❖ “Nacional” es solo una variedad dentro de la Población **“Santiago & Morona”**;
- ❑ En la Población de **“Santiago & Morona”**, se incluye a una variedad hermana del “Nacional”, que es el **“Piura Porcelana o Blanco Piurano”**. Esta variedad es nativa del Norte Peruano.

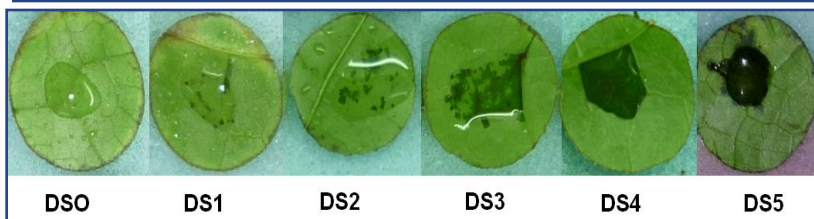
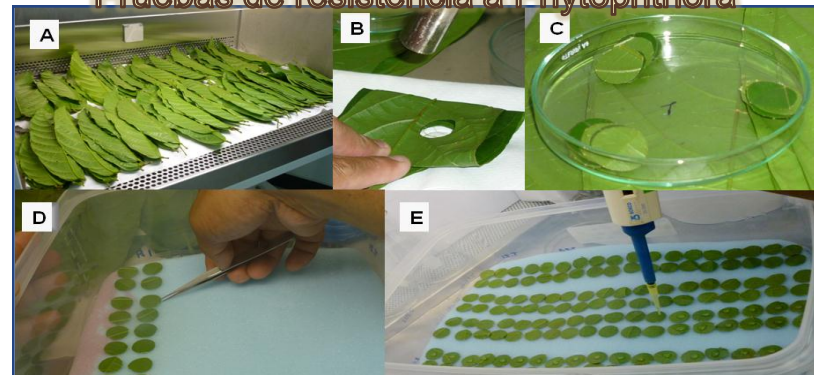
Microfermentación



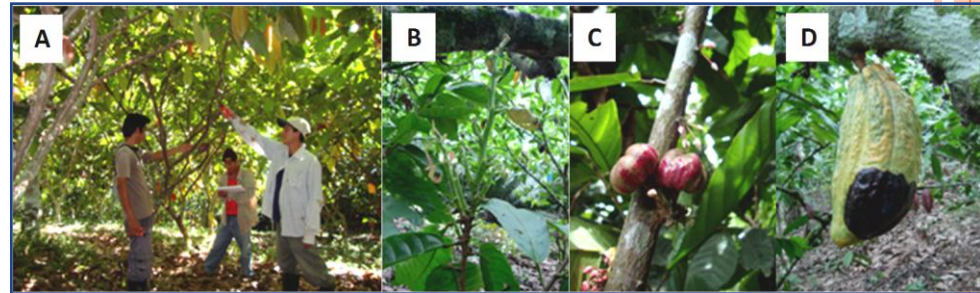
Polinización



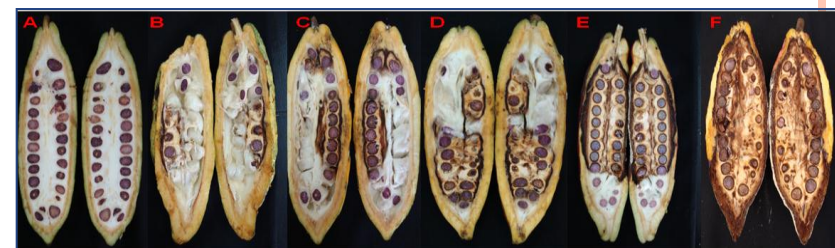
Pruebas de resistencia a Phytophthora



Evaluación de enfermedades



Pruebas de resistencia a moniliasis

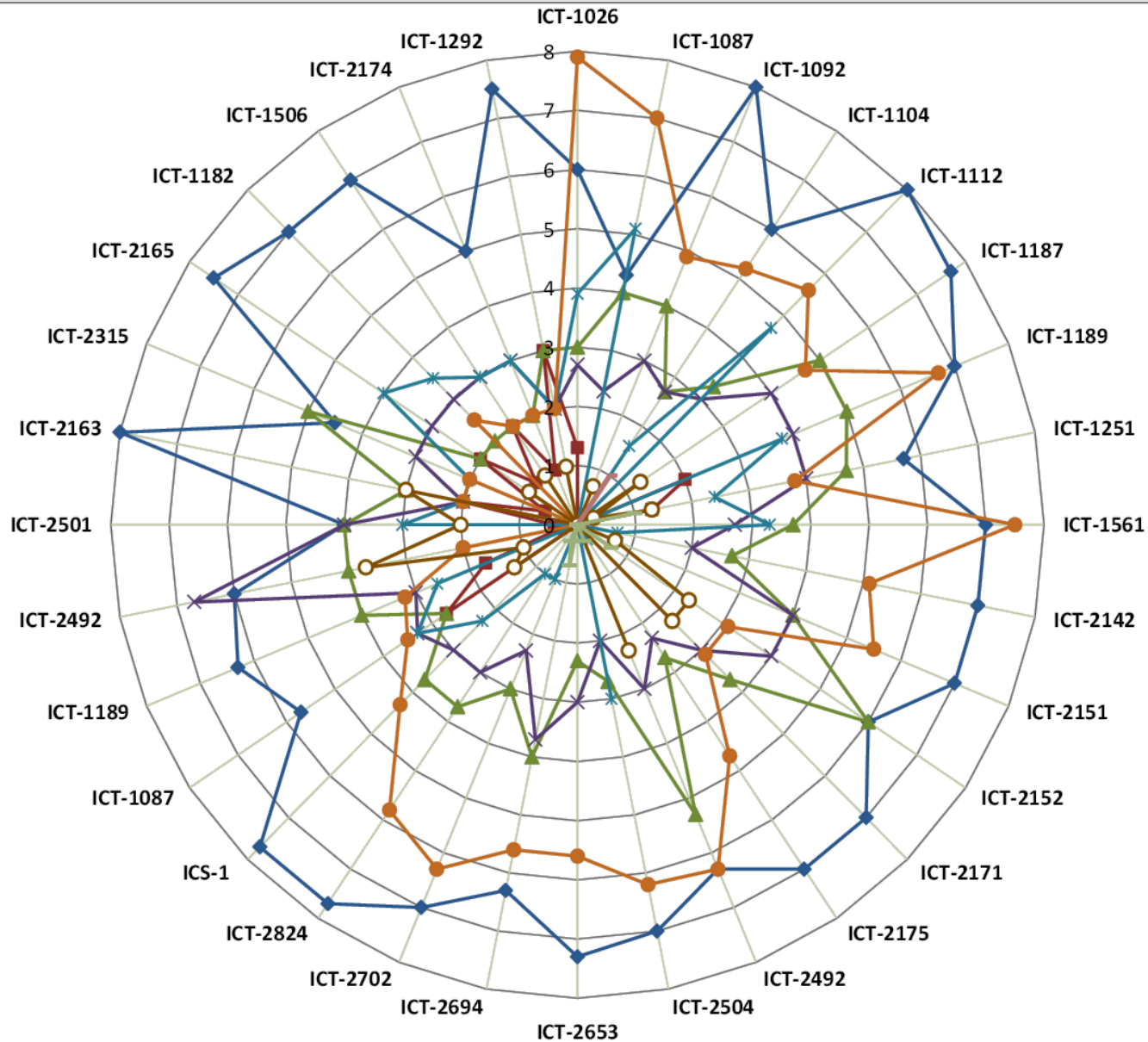




Diferentes grados de reacción de la mazorca de cacao a la infección artificial de *M. roreri*.

A= Resistencia alta (ICT-1182, ICT-2163, ICT-1561 y ICT-1187);
 B= Susceptible (ICT-1281, ICT-2174, ICT-1414 y ICT-2171).

EVALUACION SENSORIAL DE 28 GENOTIPOS PROMISORIOS DE CACAO



◆ SABOR A CACAO
 ■ ACIDEZ
 ▲ ASTRINGENCIA
 ✕ AMARGOR
 ✱ FRUTAL
 ● FLORAL
 ○ NUEZ
 ■ CRUDO
 ■ OTROS SABORES

Características de los clones elite del ICT

Característica	Clon
Alto Rendimiento	ICT-2142, ICT-2161, ICT-1087
Buenas Características organolepticas	ICT-1026, ICT-1112, ICT-2504, ICT-1561
Resistencia a escoba de bruja	ICT-2172, ICT-1043, ICT-2173
Resistencia a moniliasis	ICT-1182, ICT-1187, ICT-2163, ICT-1561, ICT-1506, ICT-1087
Resistencia a Phytophthora	ICT-1087, ICT-1281, ICT-1506, ICT-1561, ICT-1594, ICT-2152, ICT-2172, ICT-2173, ICT-2702, ICT-2703, ICT-2705 ICT-2082





Embriogénesis Somática

Inducción a la Embriogénesis Somática



Selección planta madre



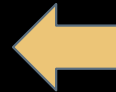
Colecta de Botones florales



Introducción in vitro



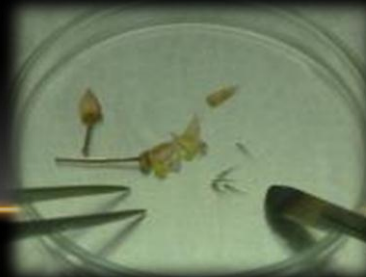
Esterilización superficial de explantes



Enjuague con Agua destilada estéril



Disección de botones florales



Siembra de Estaminodios



Incubación de explantes



○ Aclimatación de plantas





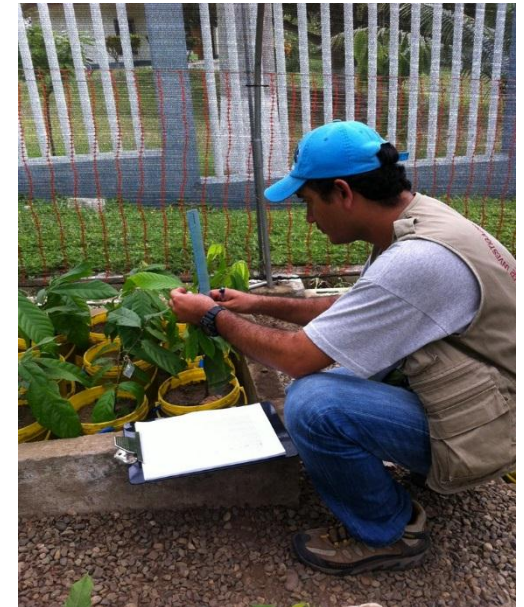
PLÁNTULA DE CACAO BLANCO PIURANO EN CAMPO DEFINITIVO



GENOTIPOS DE CACAO CON CAPACIDADES SUPERIORES TOLERANTES AL ESTRES ABIÓTICO (SEQUÍA, ACIDEZ DEL SUELO Y CALIDAD DE LUZ)

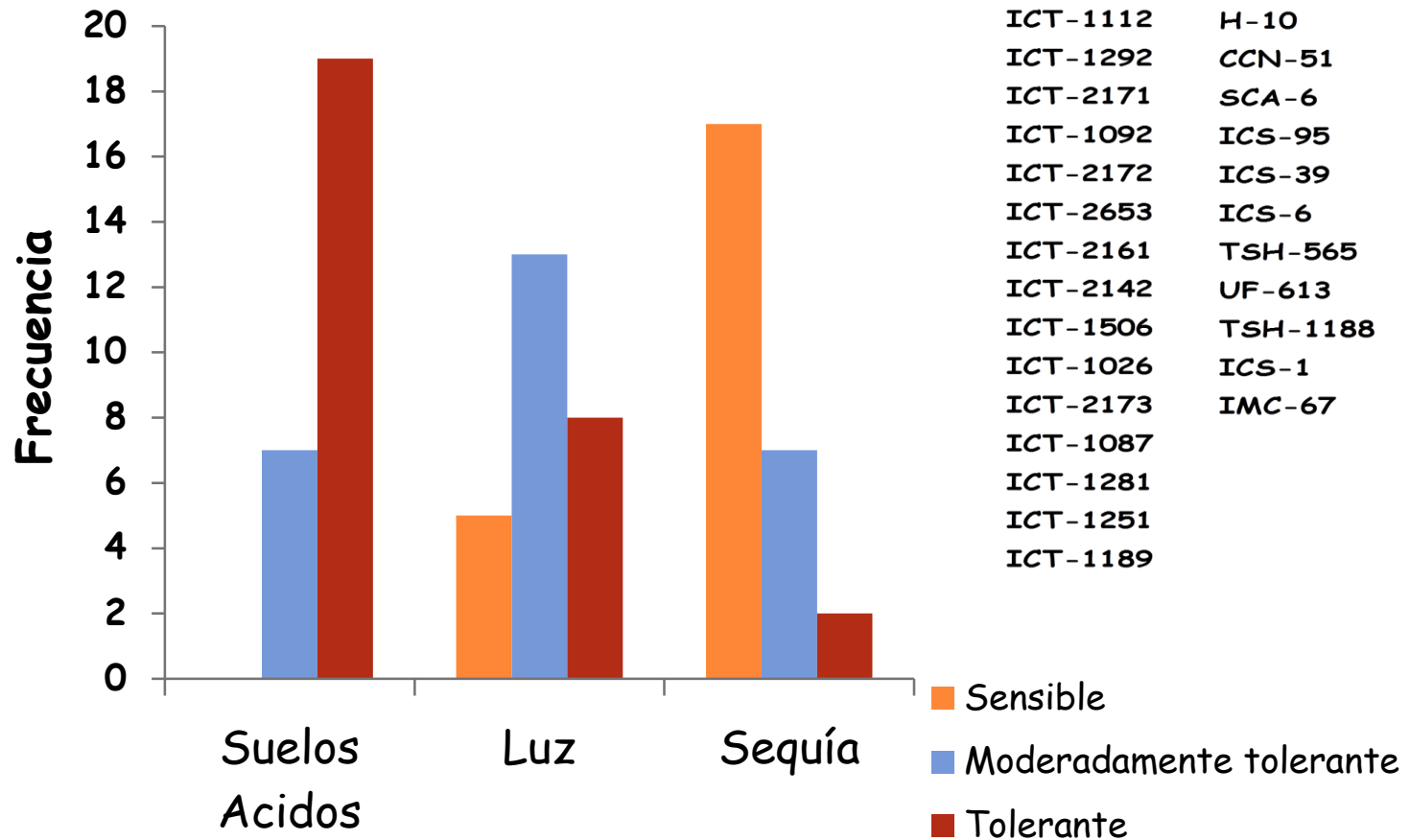


INSTALACIÓN DE RAMILLAS DE CACAO CON TRATAMIENTOS DE ACIDEZ DE SUELO Y NIVELES DE IRRADIANCIA.



EVALUACIÓN BIOMÉTRICA DE RAMILLAS BAJO TRATAMIENTOS DE TOLERANCIA A ACIDEZ DE SUELO Y NIVELES DE IRRADIANCIA.

Respuestas al estrés abiótico



MATRIZ DE COMPATIBILIDAD SEXUAL DE CLONES EN EL PERU

CLON		ICS					TSH	CCN	IMC	UF
		1	6	39	60	95	565	51	67	613
ICS	1	95								
	6		50							
	39			3						
	60									
	95					85				
TSH	565		★	★	★	★	3			
CCN	51		★	★	★		★	63		
IMC	67	★		★	★	★	★		0	★
UF	613									0



Intercompatible
>=30%



Autocompatible
>=30%



Intercompatible
>=70%



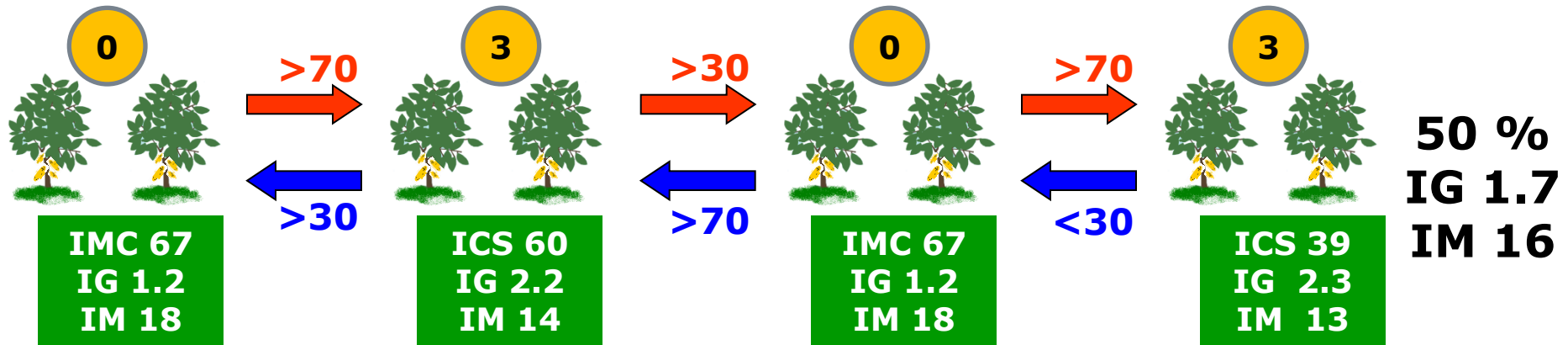
Autoincompatible
<30%



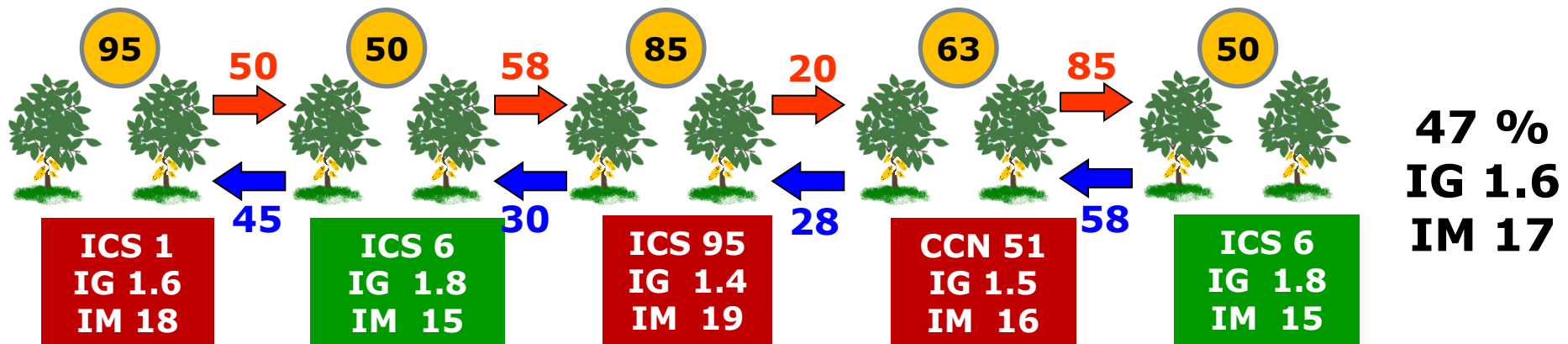
Interincompatible
<30%

MODELOS DE SIEMBRA CON ALTA CALIDAD Y PRODUCCION

AUTOINCOMPATIBLES (VERDES)



AUTOCOMPATIBLES



Los materiales autocompatibles pueden tener hasta 4 surcos

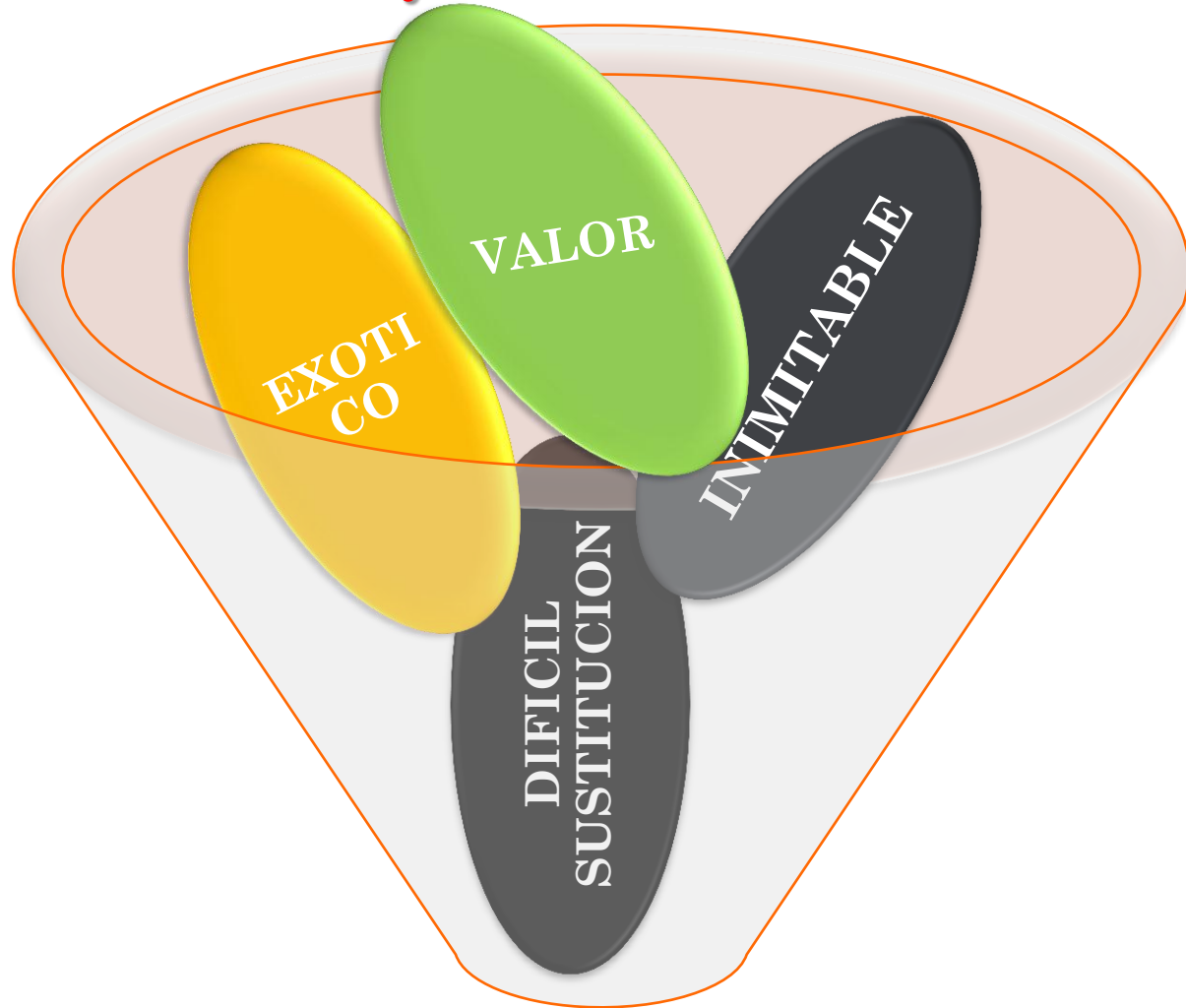
CCN-51

IMC-67

ICS-39



EL DIFERENCIAL QUE DEBEMOS CONSTRUIR



**CARACTERISTICAS ESTRATEGICAS DEL CACAO
PERUANO**





El Perú, en la actualidad tiene una gran oportunidad para posicionarse en el mundo como un productor de “Cacao Silvestre” y “Nativo”





GRACIAS!



Innóvate Perú



Instituto Tecnológico de la Producción