



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

 **Siempre**  
con el pueblo

# XXIV REUNIÓN LATINOAMERICANA DE MAÍZ

Cajamarca - Perú  
Junio de 2022

Organizado por:  
Instituto Nacional de Innovación Agraria



Del 15 al 17  
de junio  
**2022**





BICENTENARIO  
PERÚ 2021

XXIV  
REUNIÓN  
LATINOAMERICANA  
DE MAÍZ  
Cajamarca - Perú  
Junio de 2022



XXIV Reunión Latinoamericana de maíz  
15 - 17 Junio 2022, Cajamarca-Perú



# DIVERSIDAD DE MAÍZ EN EL PERÚ

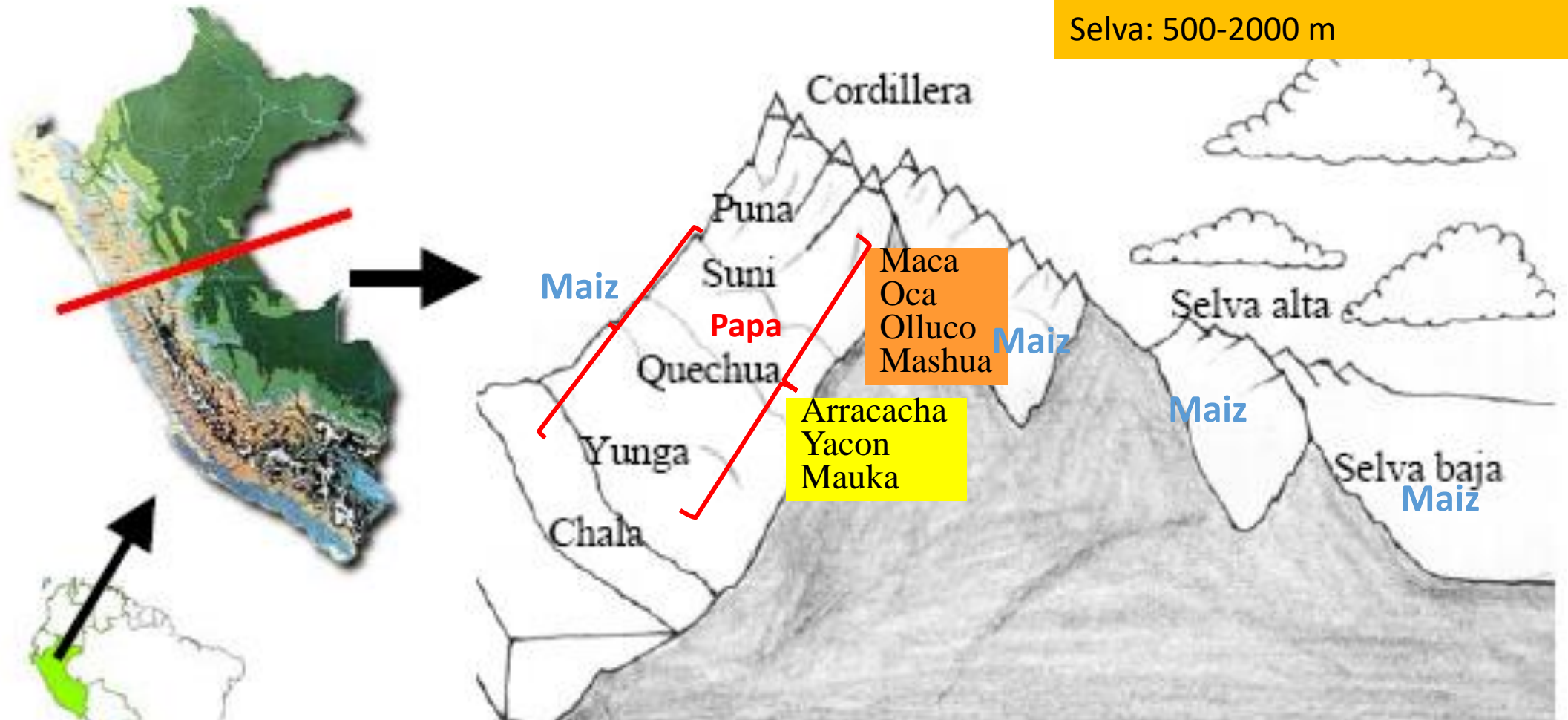
Raúl Blas & Ricardo Sevilla

Programa de Maíz,  
Facultad de Agronomía  
Universidad Nacional Agraria La Molina  
Lima, Perú

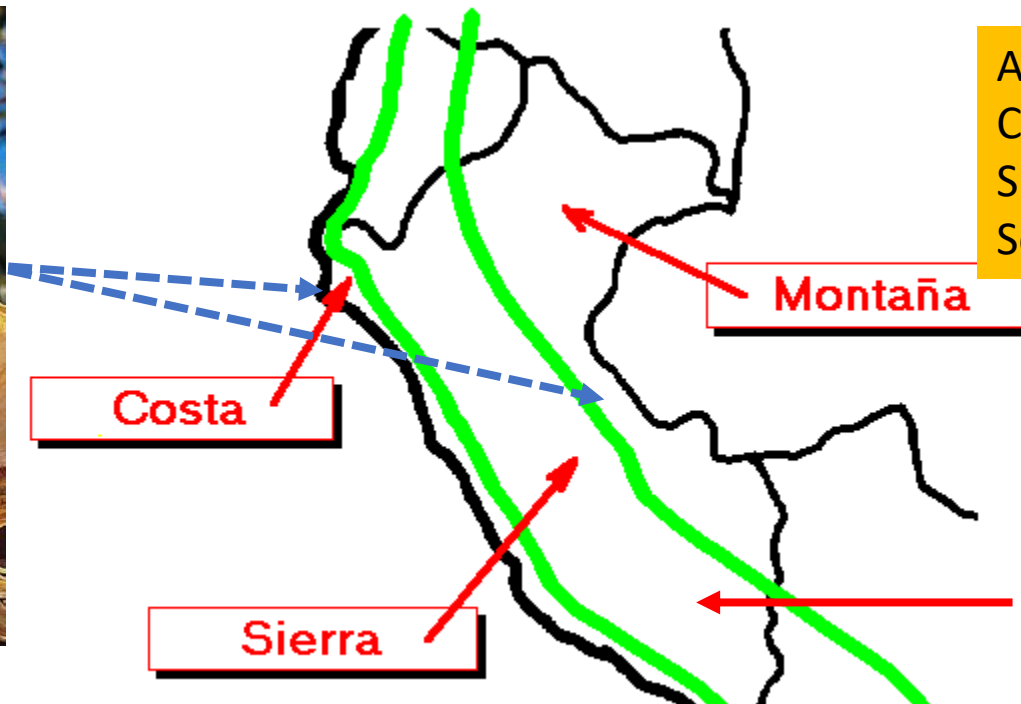


# Introducción

Accesiones según las regiones:  
Costa: 0- 2000 m  
Sierra: 2000-4000 m  
Selva: 500-2000 m



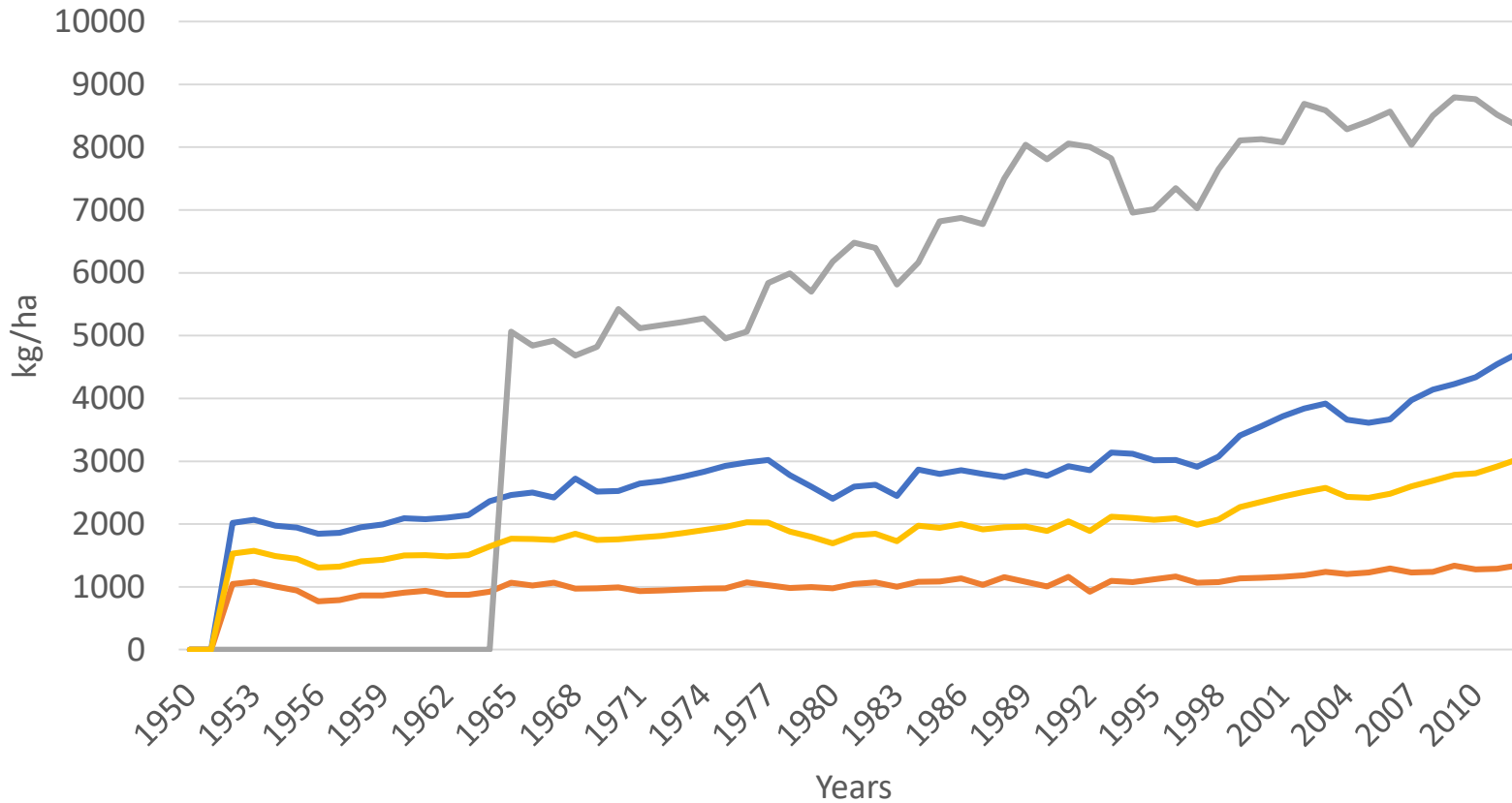
Eight regions according to Vidal (1987): Chala or Costa (0 – 500), Yunga (500 – 2300), Quechua (2,300 – 3,500), Suni or Jalca (3,500 – 4,000), Puna (4,000 – 4,800), Janca or cordillera (4,800 – 6,768), Rupa-Rupa or Selva alta (400 – 1,000) and Omagua or Selva baja (80 – 400) masl.



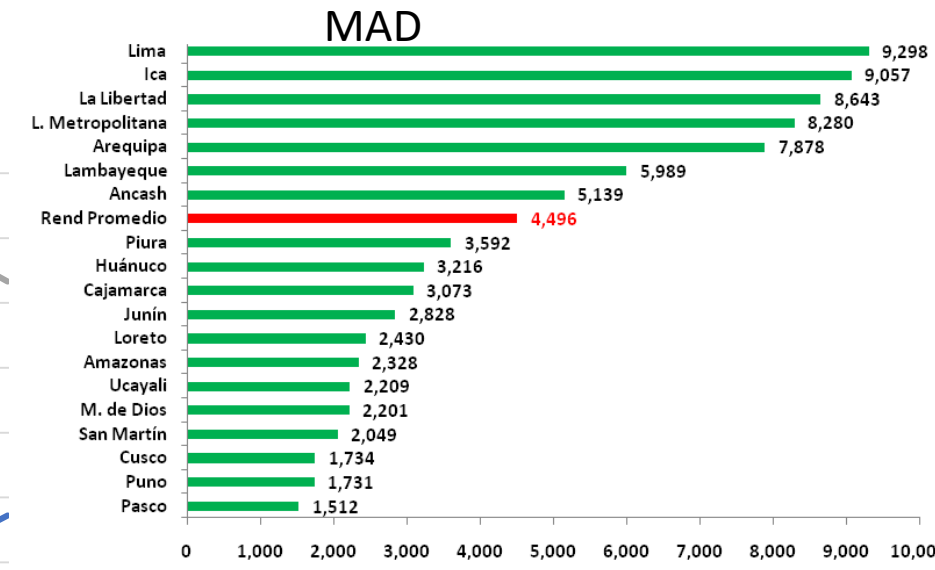
Accessions according to regions:  
Costa: 0- 2000 m  
Sierra: 2000-4000 m  
Selva: 500-2000 m



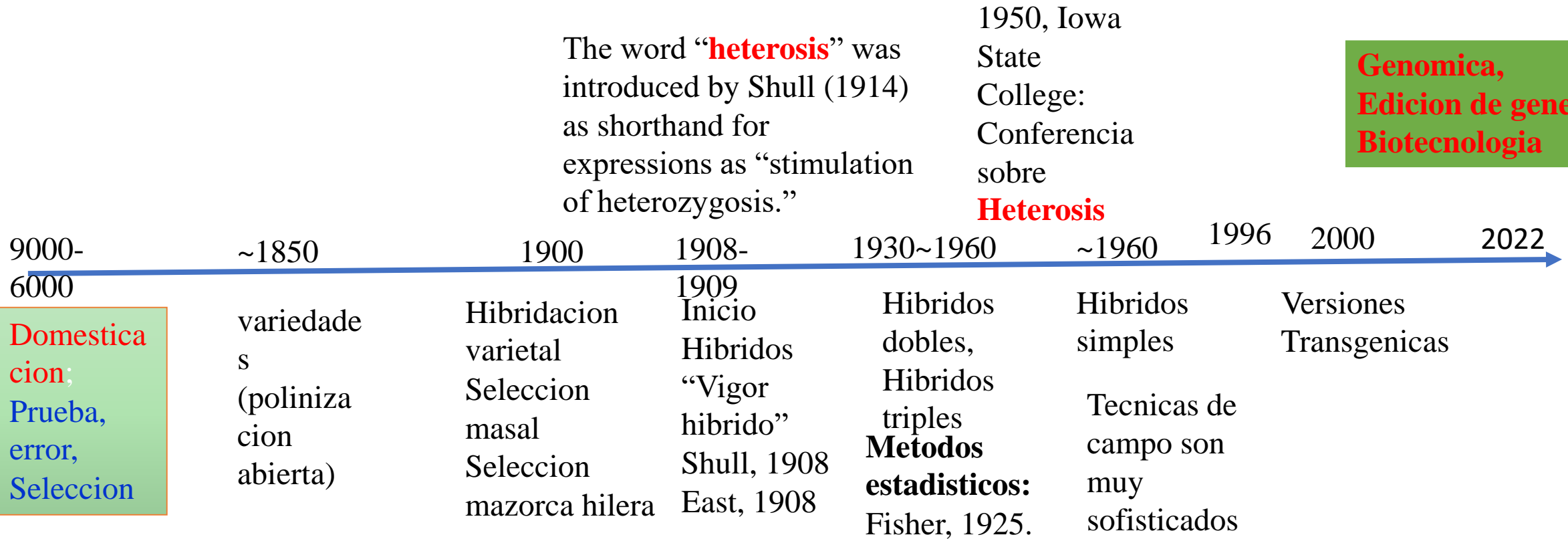
# Rendimiento de maíz - Peru



— MAD — MA — MC — total nacional



# Historia de mejoramiento de maiz



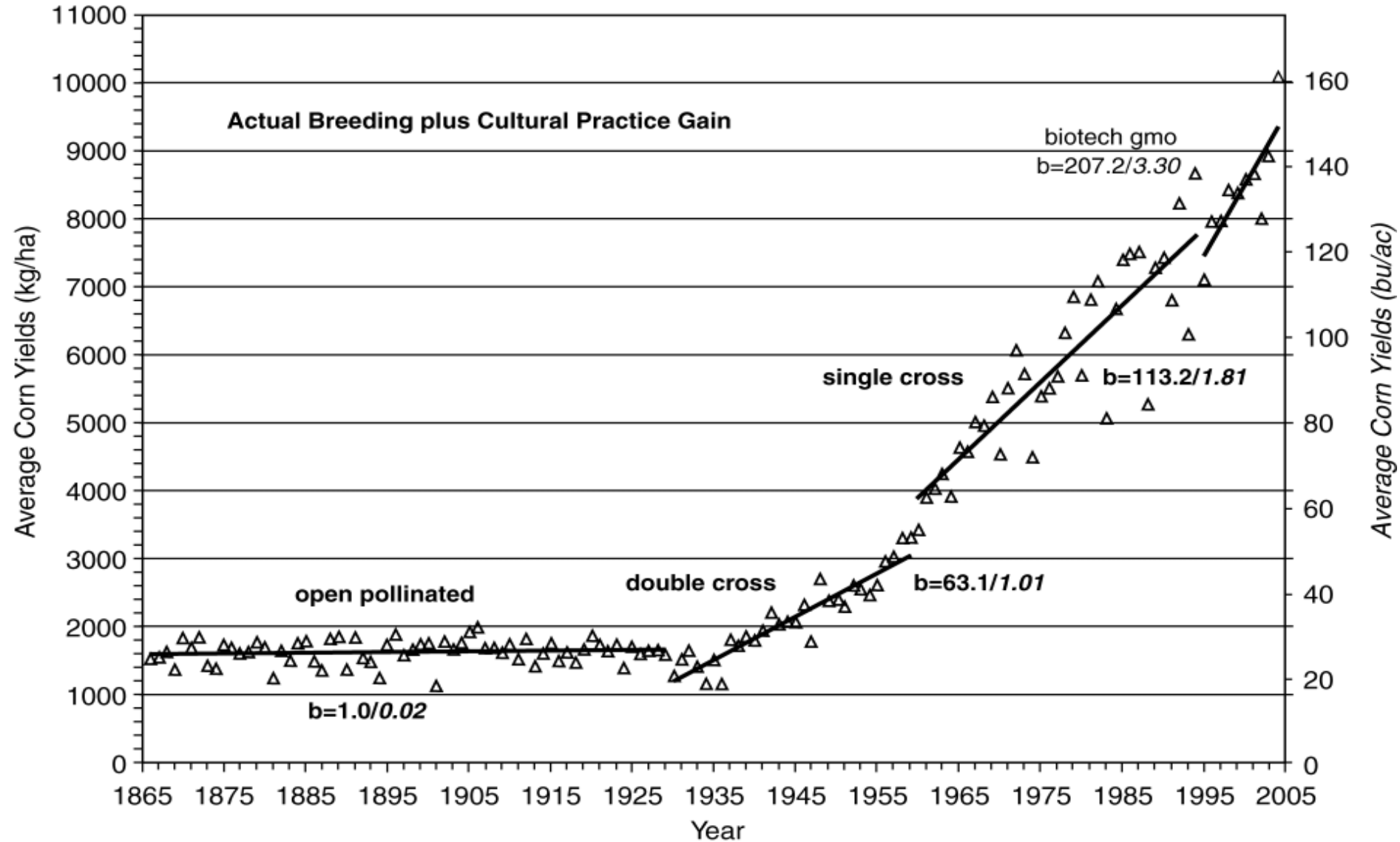
Genomica,  
Edicion de genes  
Biotecnologia

Domesticacion;  
Prueba,  
error,  
Seleccion

Darwin (1877) experimented briefly with maize and concluded: "The first and most important conclusion ....., **is that cross-fertilization is generally beneficial and self-fertilization injurious.**"

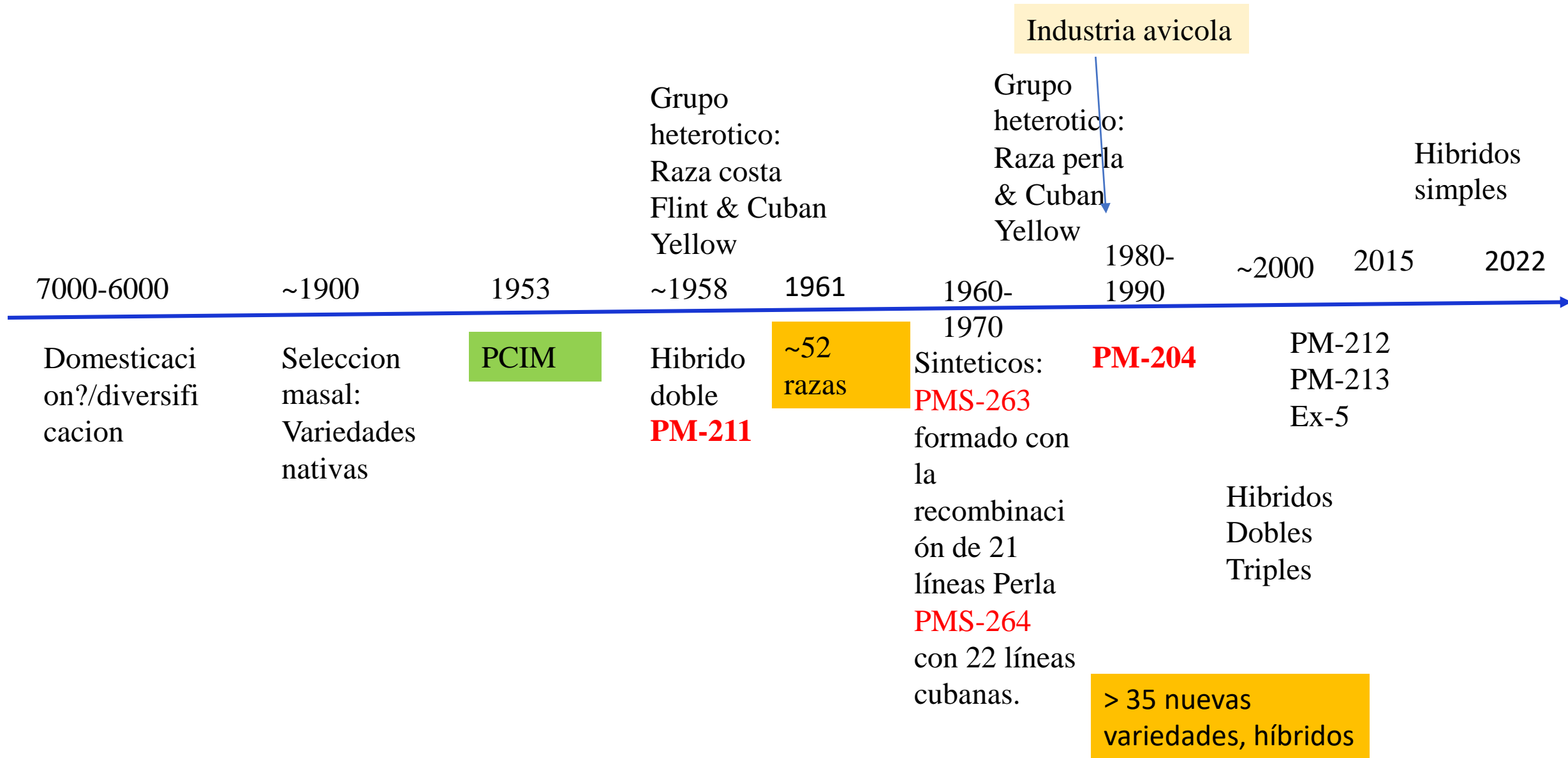
Beal (1876-1882) produced and tested a series of hybrids among maize varieties. The best

# Rendimiento promedio de variedades e Híbridos de maíz en los EEUU.



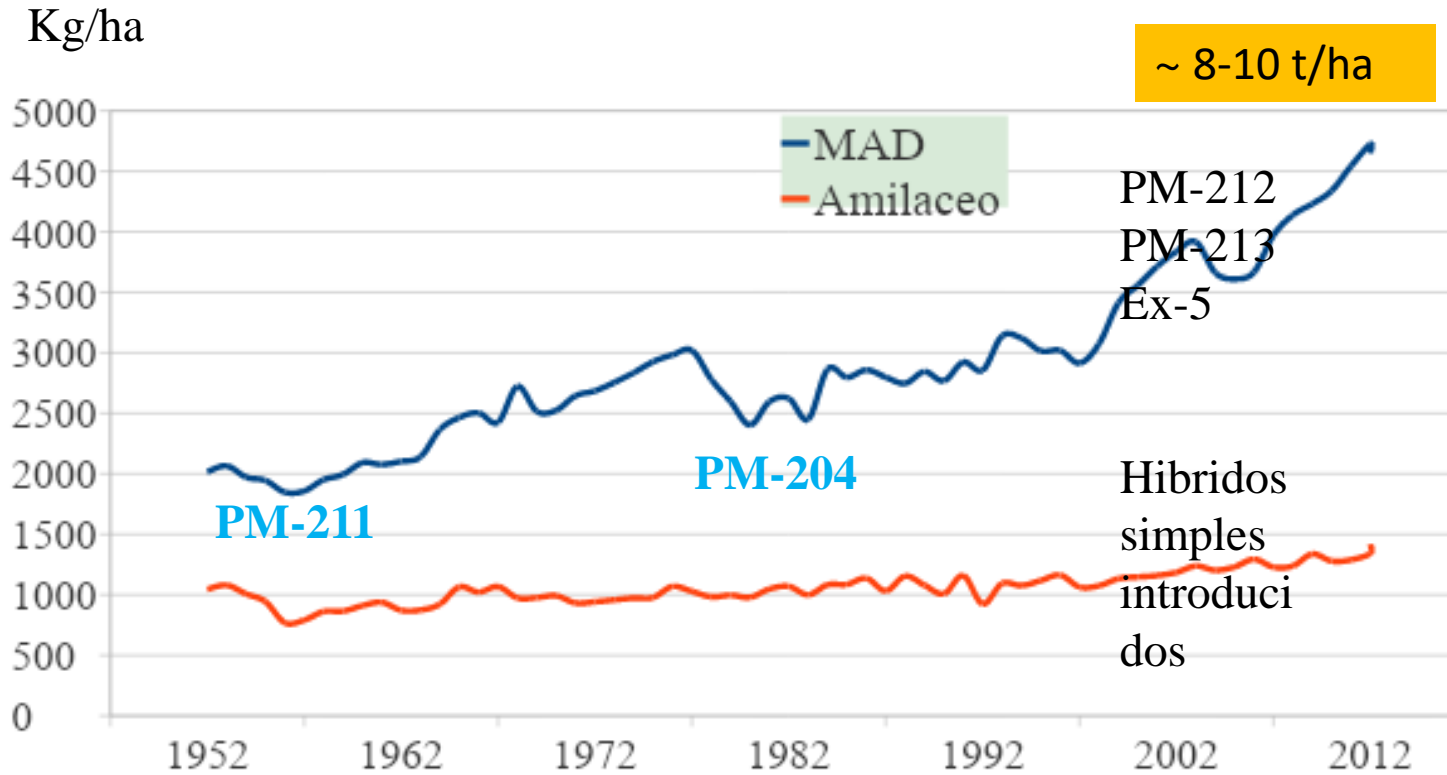
<http://www.ask-force.org/web/Bt/Troyer-Adaptedness-Heterosis-2006.pdf>

# Mejoramiento de Maiz Amarillo Duro (MAD) en Peru





# Rendimiento historico de Maiz- Peru



Variedades nativas	Germoplasma introducido (flint xCubano: Hibridos dobles	Grupo heterotico: peruano x cubano	Hibridos simples introducidos	12-14 t/ha
--------------------	---	------------------------------------	-------------------------------	------------

The seed spike, or ear, of teosinte (*Z. mays* ssp. *parviglumis*) consists of 2 interleaved rows of 6–12 kernels enclosed in a hard fruitcase (cupule).

## Historia del Maíz



7,000 – 10,000 años de domesticación del maíz

Feng Tian et al. PNAS 2009;106:9979-9986

REPORT

# Multiproxy evidence highlights a complex evolutionary legacy of maize in South America

 Logan Kistler<sup>1,2,\*</sup>,  S. Yoshi Maezumi<sup>3,4</sup>,  Jonas Gregorio de Souza<sup>3</sup>,  Natalia A. S. Przelomska<sup>1,5</sup>,  Flaviane Mal...

+ See all authors and affiliations

*Science* 14 Dec 2018:  
Vol. 362, Issue 6420, pp. 1309-1313  
DOI: 10.1126/science.aav0207

- Article
- Figures & Data
- Info & Metrics
- eLetters
-  PDF

## The complexity of maize domestication

Maize originated in what is now central Mexico about 9000 years ago and spread throughout the Americas before European contact. Kistler *et al.* applied genomic analysis to ancient and extant South American maize lineages to investigate the genetic changes that accompanied domestication (see the Perspective by Zeder). The origin of modern maize cultivars likely involved a “semidomesticated” lineage that moved out of Mexico. Later improvements then occurred among multiple South American populations, including those in southwestern Amazonia.

*Science*, this issue p. **1309**; see also p. **1246**



**Science**  
Vol 362, Issue 6420  
14 December 2018  
[Table of Contents](#)  
[Print Table of Contents](#)  
[Advertising \(PDF\)](#)  
[Classified \(PDF\)](#)  
[Masthead \(PDF\)](#)

### ARTICLE TOOLS

-  Email
-  Download Powerpoint
-  Print
-  Request Permissions
-  Alerts
-  Citation tools
-  Share

### MY SAVED FOLDERS

## SCIENTISTS REVIEW CORN DOMESTICATION HISTORY WITH MULTIDISCIPLINARY ANALYSIS

 January 2, 2019  Drafting



Smithsonian scientists and collaborators are reviewing the history of one of the world's most important crops. Based on genetic and archaeological evidence, the researchers discovered that a predecessor to today's corn plants that still have many characteristics of their wild ancestor was likely brought to South America from Mexico more than 6,500 years ago.



# *Did maize dispersal precede domestication?*

Unraveling the history of maize domesticates reveals a complex journey into South America

By **Melinda A. Zeder**

**T**he domestication of plants and animals and their dispersal across the globe triggered a millennia-long process by which human activity has become the dominant influence on climate and the environment (1). Domestication was a watershed development that ushered in the Anthropocene (2). How, when, where, and why humans embarked on this path is central to understanding how we might chart our way in an uncertain future. On page 1309 of this issue, Kistler *et al.* (3) report on the dispersal of maize into and across northern South America. The study contributes to the growing appreciation of domestication as a complex, coevolutionary journey taken by humans and receptive plant and animal species over hundreds, if not thousands, of years. The study also joins others in showing how human popula-

Further. Conventional wisdom had been that maize dispersed into South America well after it was fully domesticated. In a major departure, Kistler *et al.* demonstrate that the maize lineage that made its way into South America began its journey out of central Mexico in a state of partial domestication shortly after initial domestication. At the same time, the authors show that other semi-domesticated lineages followed independent trajectories through Mexico and beyond, as they diversified into various extant landraces

animals domesticated at different times in different parts of the globe (4).

Traditional dispersal scenarios envisioned a process in which domesticates moved out of a restricted number of domestication centers in a wave-like fashion through demic movement or through trade. As this wave advanced, indigenous hunter-gatherers were either displaced by colonizing farming populations or induced to adopt farming and herding as more productive alternatives to traditional foraging strategies (7). We now know the

process was much more complex. Colonizing populations did indeed move out of the Near East into Europe with their domesticates following two paths—by sea around the Mediterranean Basin and over land through central and into western Europe (8). In each case, however, they established pioneering farming communities in areas that were largely devoid of indigenous foragers. Complex hunter-gatherers in Europe,



# ~Historia de clasificación del maiz:

- ✓ Sturtevant (1899): reviewed the variability of *Zea mays*  
Catalogued in six main group:

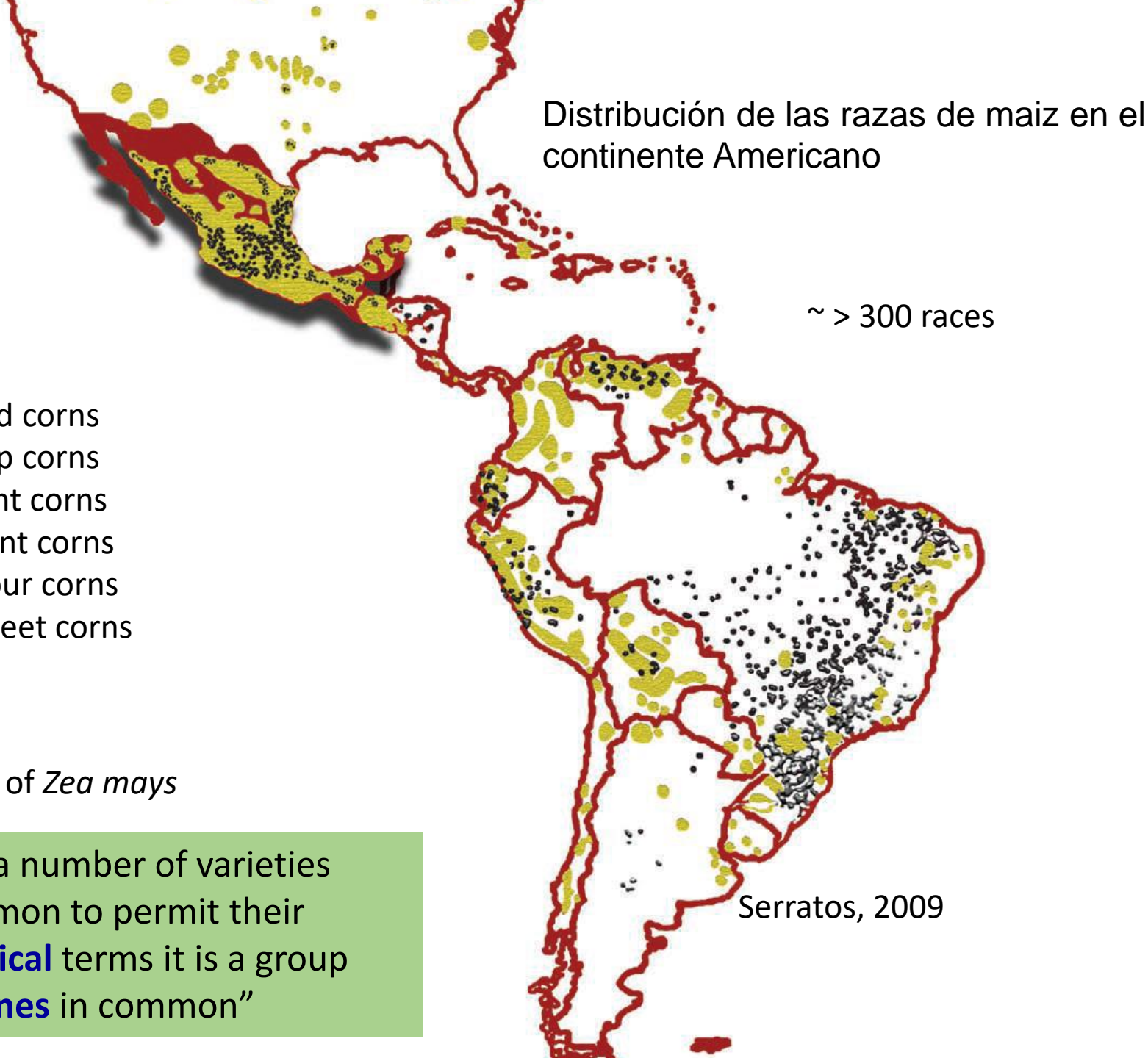
wrapped in individual leaf-like organs



- Pod corns
- Pop corns
- Flint corns
- Dent corns
- Flour corns
- Sweet corns

- ✓ Anderson & Cutler (1942): Races of *Zea mays*

“Race or sub-race is defined as a number of varieties with **enough characters** in common to permit their recognition as a group, in **genetical** terms it is a group with a **significant number** of **genes** in common”



Distribución de las razas de maiz en el continente Americano

~ > 300 races

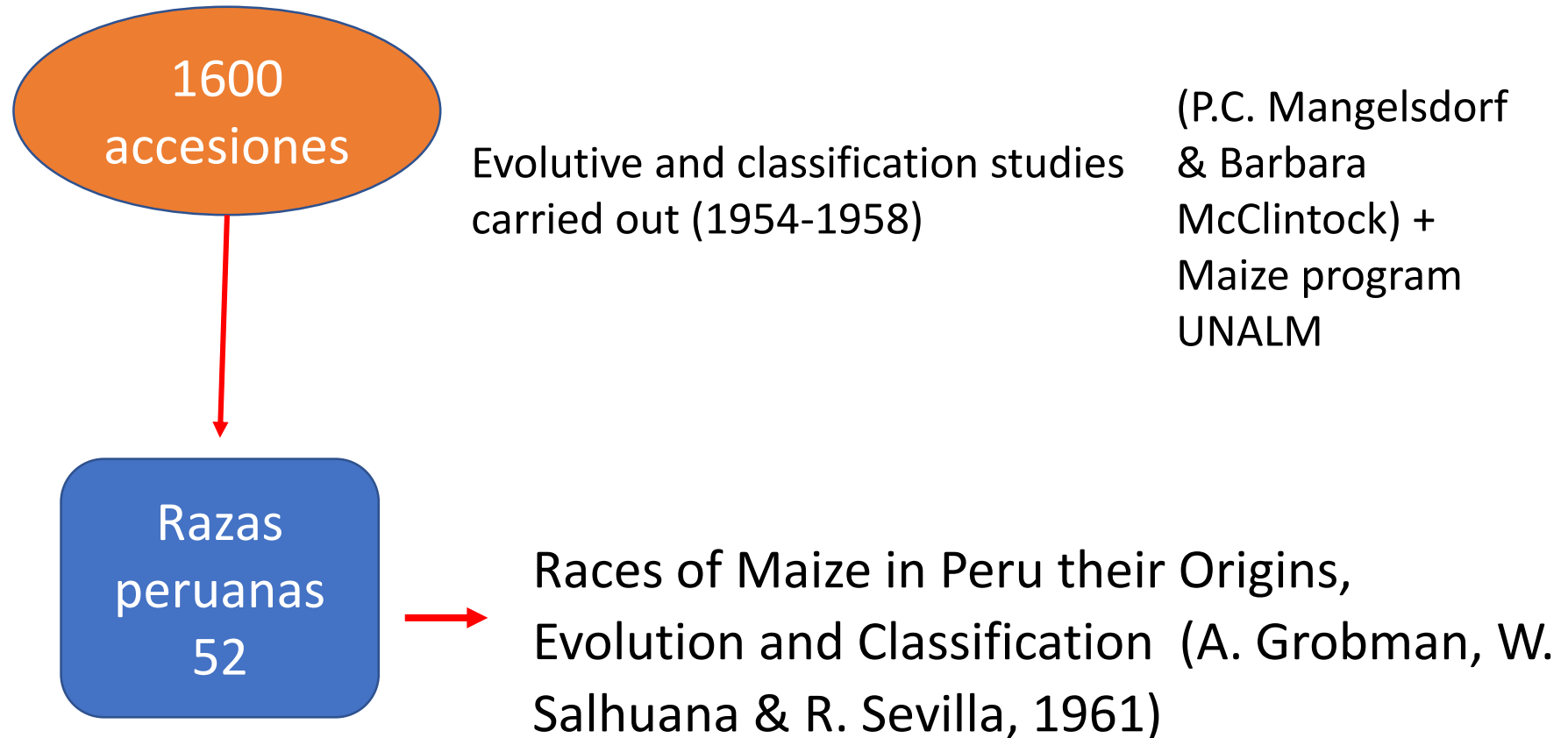
Serratos, 2009

País	Autor	Año	N° Razas
México	Wellhausen et al.	1952	32
Colombia	Roberts et al.	1957	23
Cuba	Hatheway, W.H.	1957	7
Central América (Guatemala)	Wellhausen at al.	1957	20
West Indies	Brown W.L.	1960	7
<b>Perú</b>	<b>Grobman et al.</b>	<b>1961</b>	<b>52</b>
Ecuador	Timothy et al.	1963	29
Venezuela	Grant et al.	1963	19
Estudio morfológico de cinco nuevas razas de la Sierra Madre Occidental de México	Hernandez and Alanis	1970	5
Brazil	Paterniani and Goodman	1978	20
Chile	Paratori et al.	1990	23
Argentina	Solari and Gomez	1997	14
Bolivia	Avila et al.	1998	40
Paraguay	Salhuana and Machado	1999	10
Total			301

**En México se publicó primero la clasificación racial de la diversidad de Maíz- Casi todos los demás países de LAC publicaron la clasificación racial del maíz siguiendo la misma metodología, lo que permite compararlos.**

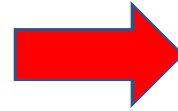
# Diversidad genética de maíz peruano

- ✓ Colección de germoplasma se inicio en 1952 (Alexander Grobman, Alfonso Cerrate & Antonio Manrique)
- ✓ Rockefeller Foundation & NSF
- ✓ Programa de maíz fue establecido en la Universidad Nacional Agraria La Molina: 1953



## Races of Maize in Peru their Origins, Evolution and Classification were defined

- ✓ Caracteres morfológicos de mazorca, panoja y planta
- ✓ Usos
- ✓ Localidades de su cultivo
- ✓ Citogenética (número de cromosomas y morfología)



1. Razas primitivas
2. Razas derivadas de las primitivas
3. Razas de segunda derivación
4. Razas incipientes
5. Razas imperfectamente definidas
6. Razas introducidas



# Razas de maíz en Perú

Costa	Sierra	Selva
<b>Primitive races</b>		
	confite morocho	enano
	confite puntiagudo	
	confite puneno	
	Kully	
<b>Anciently derived races</b>		
Mochero	Chullpi	sabanero
Alazan	huayleno	piricinco
pagaladroga	paro	
rabo de zorro	morocho	
chaparreno	Huancavelicano	
iqueno	ancashino	
	shajatu	
	piscorunto	
	cuzco cristalino-amarillo	
	granada	
	uchuquilla	

Costa	Sierra	Selva
<b>Lately derived races</b>		
Huachano	san geronimo	chimlos
Chancayano	san geronimo-huancavelicano	maranon
perla	Cuzco gigante	
rienda	arequipeno	
<b>Incipient races</b>		
jora	morado canteno	
coruca	morocho cajabambino	
chancayano amarillo	amarillo huancabamba	
tumbesino	allajara	
morochillo	Huarmaca	
	blanco ayabaca	
	huanuqueno	
<b>Imperfectly defined races</b>		
	sarco	perlilla
<b>Introduced races</b>		
pardo		aleman
arizona		chuncho
colorado		cuban yellow

Manrique (1997): 54 razas

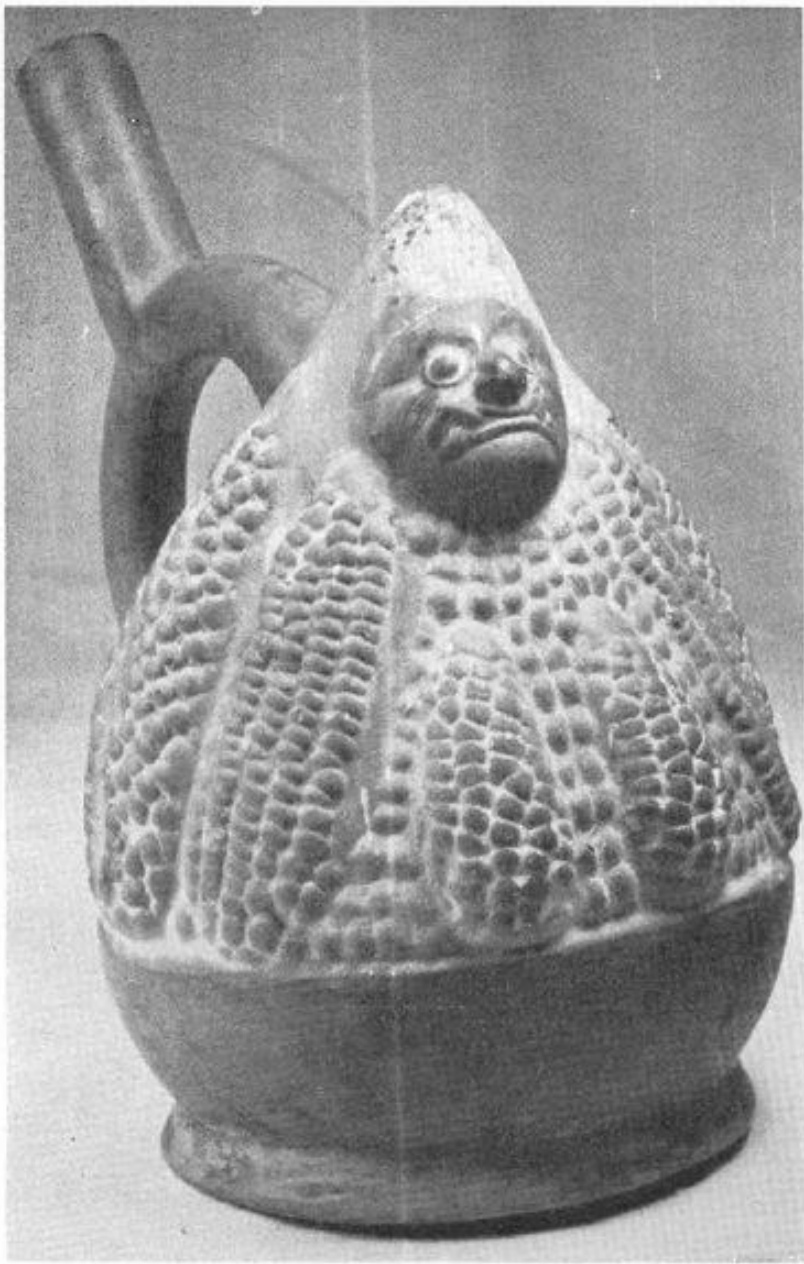


FIG. 28. Mochica pot with molded ears of three races, Proto-Pagaladroga at the left, Proto-Alazan in the center and Proto-Mochero at the right (about  $\frac{1}{2}$  natural size).



FIG. 30. Molded ears of Proto-Alazan on a pottery vessel of the Mochica Period. Note the straight rows of kernels ( $\frac{2}{3}$  natural size).



FIG. 26. Ears of a fasciated form of Proto-Confitte Puntigudo on a piece of pottery of the Mochica Culture. The ear to the left exhibits a very thick shank.

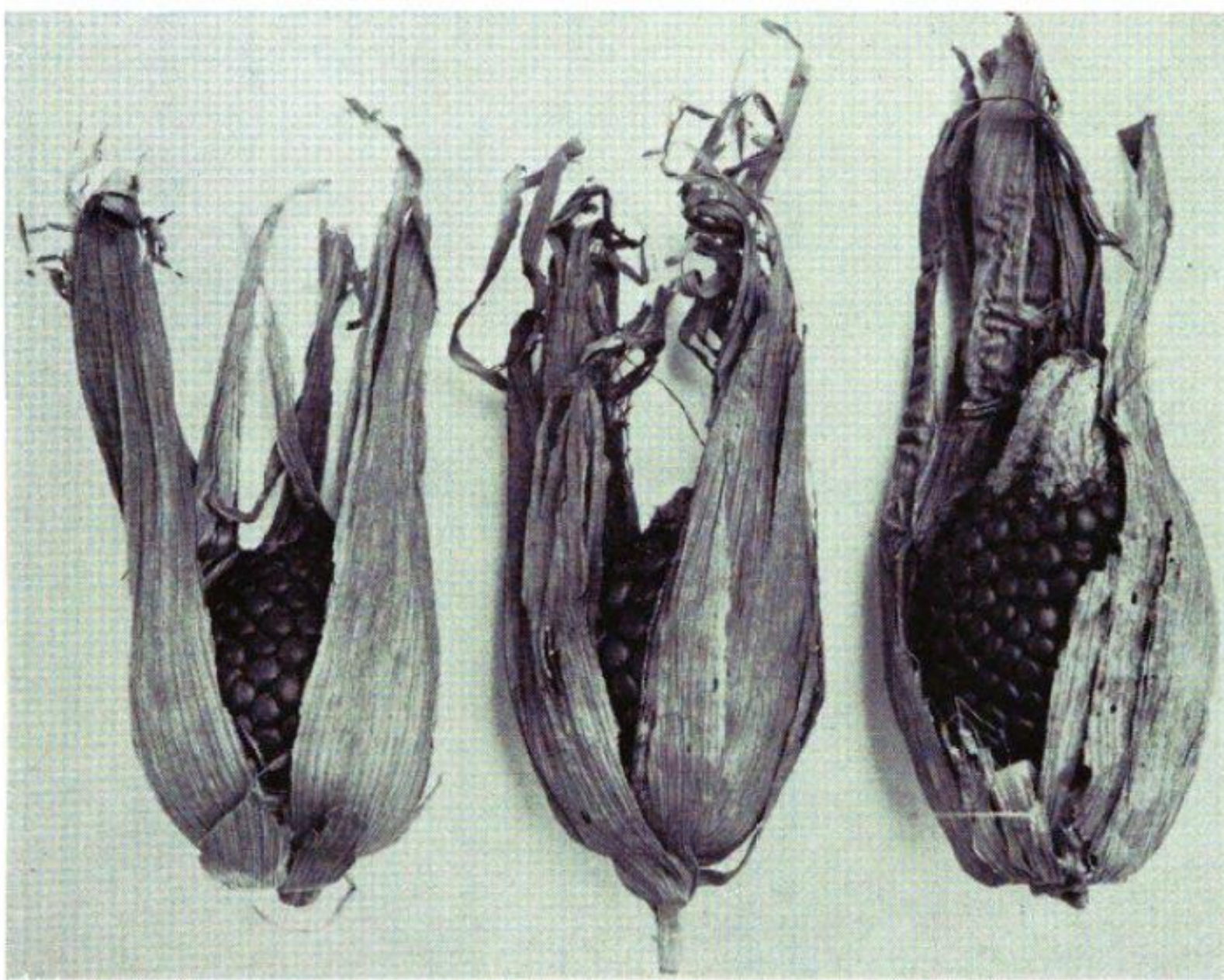


FIG. 42. Archaeological ears of Confite Iqueño from Los Cerrillos, Ica, showing the large extension of the husks beyond the ear tip, providing good ear cover and protection against insect attack. Three-fourths natural size.

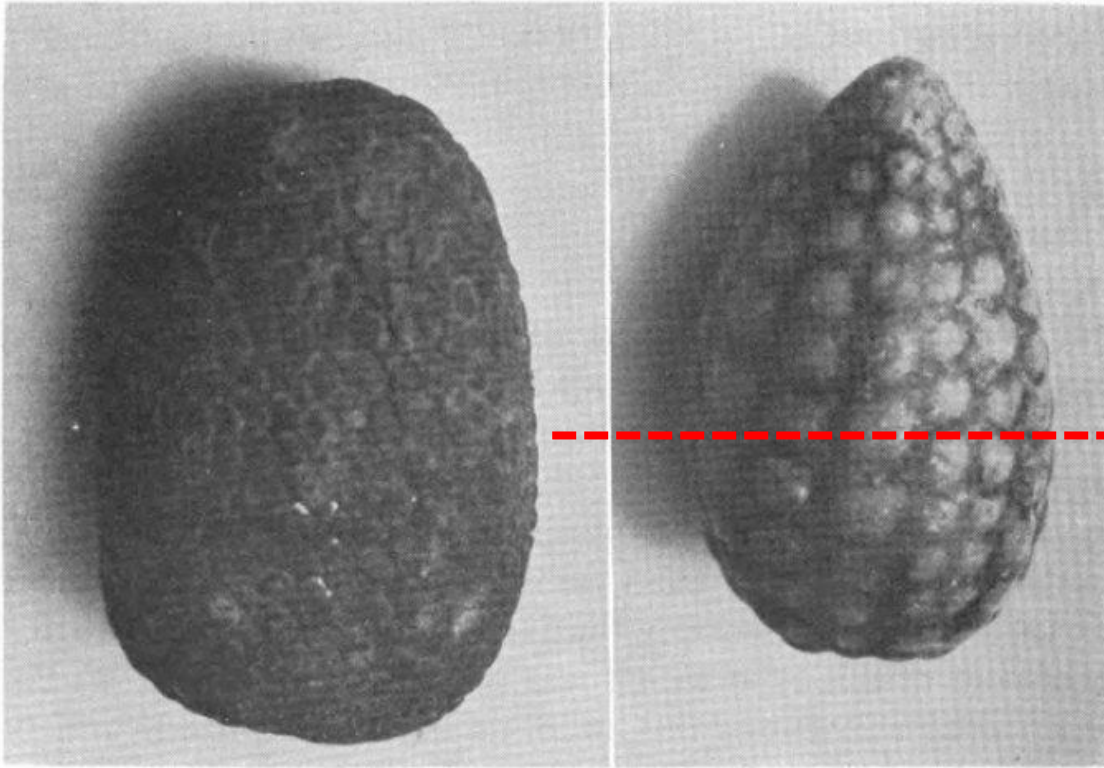


FIG. 39. Ceramic ear replica of Proto-Chullpi. At Archaeological Museum, University of Cuzco, Peru. Natural size. (Photograph, courtesy Dr. Cesar Vargas)

Grobman *et al.*, 1961





FIG. 32. Piricincos-like ears of Proto-Rabo de Zorro molded on a Mochica ceramic vessel ( $\frac{1}{2}$  natural size). Courtesy, Archaeological Collections of Museo Larco Herrera.

Grobman *et al.*, 1961

# ¿Porqué es tan diverso el maíz andino?

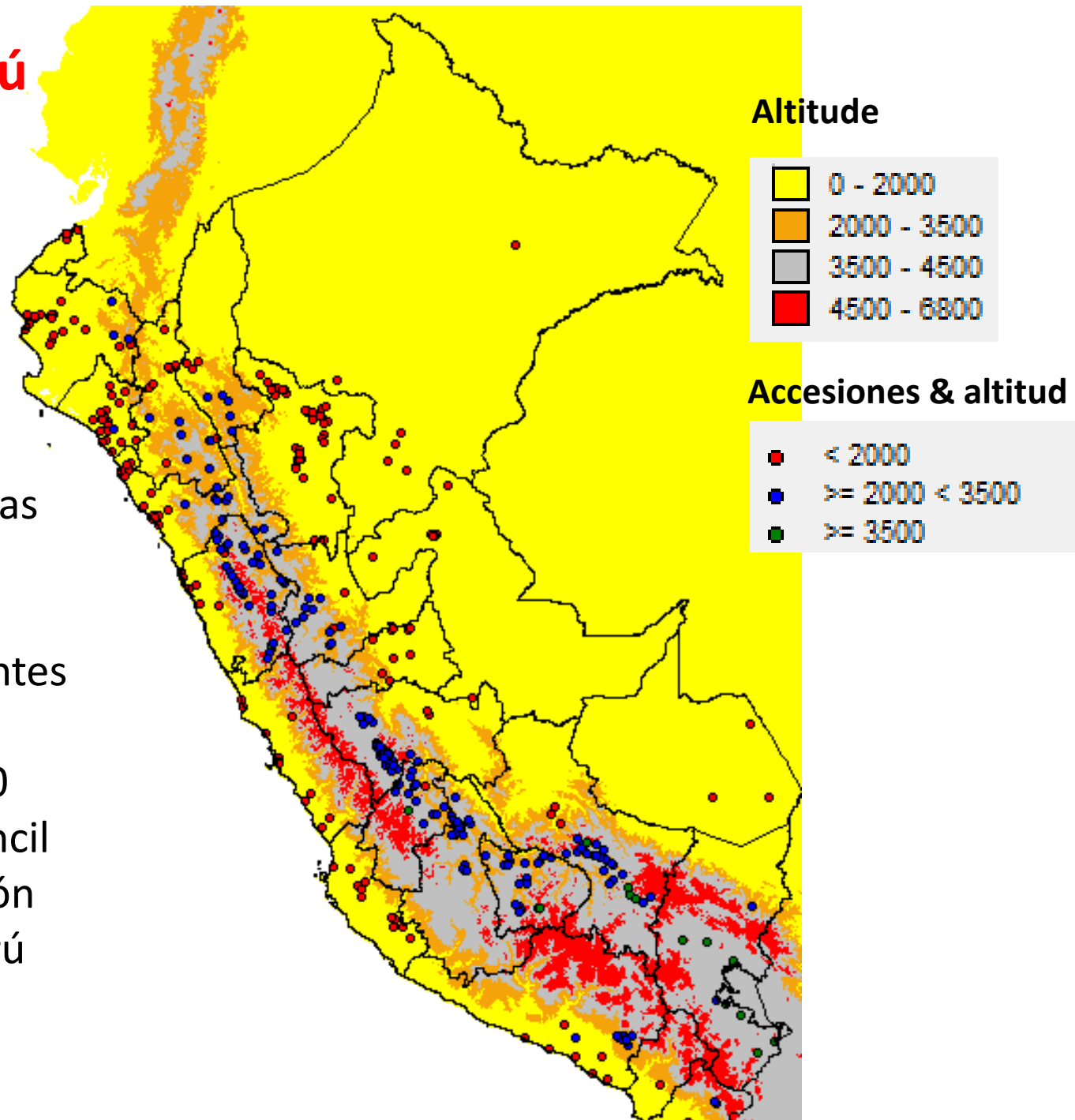
- El maíz es un cultivo muy importante en el área andina de Sudamérica, donde se cultiva aproximadamente hace 7,000 años (Grobman et al, 2012).
- Desde hace 4,000 años se diversificó en el Perú en diferentes razas (Grobman, 1982).
- La diversidad ambiental y cultura

# ¿Es posible cuantificar la diversidad por el número de razas ?

- La hipótesis que se usó en el tiempo que se hizo la clasificación racial de maíz en el Perú, fue que lo que diferenciaba a las razas era la variabilidad fenotípica, principalmente de la mazorca.
- Eso en el área andina no necesariamente se debe a que hay una diversidad genética similar a la mitad del resto de América.
- Por eso es necesario usar métodos genómicos y/o moleculares para diferenciar las razas con métodos que reflejen la verdadera diversidad genética.

## Banco de Germoplasma de maíz-Perú

- ✓ El banco de germoplasma de maíz del Perú está en la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).
- ✓ Conserva en condiciones controladas de temperatura (+ 5°C) y HR (40%), aproximadamente 4500 accesiones.
- ✓ Son muestras de semilla de variedades nativas de agricultores que cultivan maíz en las tres regiones naturales.
- ✓ La colección de esa semilla se hizo en diferentes épocas del siglo pasado.
- ✓ La colecta principal fue en la década de 1950 con el patrocinio del National Research Council de USA, que también patrocinó la clasificación racial de toda la diversidad de maíz en el Perú (Grobman et al, 1961).





# La diversidad del maíz se clasifica en razas

- Las razas se conservan in situ, en el espacio y en el tiempo, para mejorarlas evitando la erosión debido a la deriva genética y a estreses bióticos y abióticos.
- Después de aproximadamente 60 años de la clasificación racial del maíz en todo América, es necesario una segunda aproximación.

## Nueva colección y nuevas razas

- En el 2016, el Ministerio del Ambiente (MINAM), patrocinó una nueva colección de la diversidad del maíz en todo el país. El análisis de esa colección generó varios objetivos específicos relacionados a la existencia de razas previamente clasificadas y razas nuevas, que merecen incluirse en la estrategia del banco de germoplasma de maíz para la conservación y uso sostenible.
- Se ha encontrado 16 razas nuevas de las que nueve se consideran diferentes de las conocidas.

## Razas nuevas no detectadas en 1961 y posibles relaciones planteadas como hipótesis

Raza	Hipótesis
Blanco harinoso	Raza de amplia distribución, incluye los blancos chocleros sin relación con Cuzco
Blanco semi-dentado	Introducida recientemente en la selva norte
Blanco Bambamarca	Es Blanco harinoso
Blanco Ayabaca	Es Blanco harinoso
Amarillo Huancabamba	Es Canchero norteño
Canchero norteño	Raza de amplia distribución, incluye todos los cancheros de la sierra norte
Huarmaca	Raza introducida del Ecuador, probablemente es Huandango
Lambayeque	En la prueba de hipótesis apareció muy cercana a Umutu y a Amarillo Huancabamba
Morocho norteño	Raza de amplia distribución. Incluye a Morocho Cajabambino
Umutu	Solo colectada en Cajamarca. No conviene relación con Lambayeque ni con Amarillo Huancabamba. Ver figura 2
Tusilla	Introducción reciente a la selva norte
Amarillo dentado	Es introducido en la década 1940 (Cuban Yellow Dent)
Granada blanco	Morfología de mazorca indica adaptación a tierras altas
Cabanita	Podrían ser una sola raza con Granada blanco
Iqueño	Todas las colectas recientes de Iqueño son Chaparreneño
Pipoca	Introducido del Brasil a la región de Ucayali, pero no es reventador como el de Brasil (Brieger et al, 1958)

# Nuevas razas registradas – colección 2016



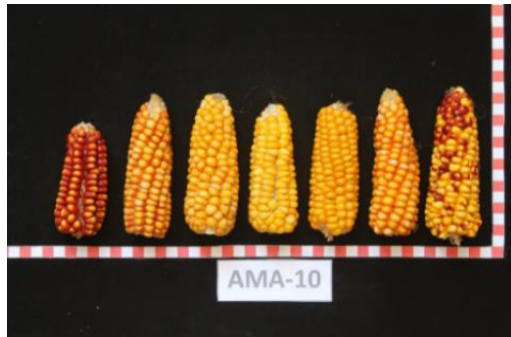
BLANCO HARINOSO



CANCHERO NORTEÑO



LAMBAYEQUE



MOROCHO NORTEÑO



UMUTU



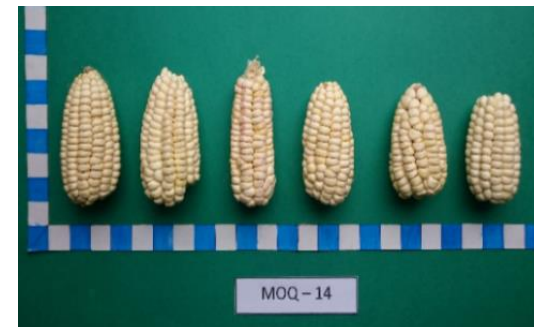
GRANADA BLANCO



BLANCO SEMIDENTADO



TUSILLA



CABANITA

Figura 1. Razas nuevas (no descritas en la primera aproximación: Grobman et al, 1961).

¿Tres razas de la sierra norte pueden ser consideradas de la misma raza:  
Canchero norteño?



LAMBAYEQUE



UMUTU



AMARILLO HUANCABAMBA

## Variabilidad molecular en 5 razas

banco de germoplasma del CICA – UNSAAC, Cusco

Raza	N° accesiones
Kulli	14
Chullpi	15
Cuzco cristalino	15
Cuzco amiláceo	15
Pisccorunto	15
Cusco Gigante	15



## Iniciadores SSR

Iniciador		Secuencia
<b>phi127</b>	F	ATATGCATTGCCTGGAAGGGA
	R	AATTCAAACACGCCTCCCGAGTGT
<b>phi079</b>	F	TGGTGCTCGTTGCCAAATCTACGA
	R	GCAGTGGTGGTTTCGAACAGACAA
<b>phi034</b>	F	TAGCGACAGGATGGCCTCTTCT
	R	GGGGAGCACGCCTTCGTTCT
<b>phi054</b>	F	AGAAAAGAGAGTGTGCAATTGTGATAGAG
	R	AATGGGTGCCTCGCACCAAG
<b>nc003</b>	F	ACCCTTGCCTTTACTGAAACACAACAGG
	R	GCACACCGTGTGGCTGGTTC
<b>phi064</b>	F	CCGAATTGAAATAGCTGCGAGAACCT
	R	ACAATGAACGGTGGTTATCAACACGC
<b>phi119</b>	F	GGGCTCCAGTTTTTCAGTCATTGG
	R	ATCTTTCGTGCGGAGGAATGGTCA
<b>phi026</b>	F	TAATTCCTCGCTCCCGGATTCAGC
	R	GTGCATGAGGGAGCAGCAGGTAGTG
<b>phi001</b>	F	TGACGGACGTGGATCGCTTCAC
	R	AGCAGGCAGCAGGTCAGCAGCG

## Diversidad genética de las accesiones en las 5 razas de maíz amiláceo

Locus	A	Ae	He	Ho	Fis	Fit	Fst
Phi127	3	1.0924	0.0851	0.0875	-0.2242	-0.045	0.1464
phi079	3	1.255	0.2045	0.0658	0.6789	0.7192	0.1255
phi034	3	1.0515	0.0493	0.0375	0.192	0.2268	0.0431
phi026	6	5.3235	0.8175	0.8816	-0.1603	-0.0974	0.0542
phi001	3	2.2169	0.5522	1	-0.8256	-0.8189	0.0037
phi119	4	3.4717	0.7164	0.9625	-0.4153	-0.3576	0.0408
phi064	6	3.7904	0.7406	0.3133	0.5492	0.5686	0.043
nc003	9	4.8286	0.799	0.5231	0.2802	0.3452	0.0903
Media	4.62	2.8787	0.4956	0.4839	-0.0419	0.0159	0.0554

A= número de alelos observados

Ae = número de alelos eficaz

He = heterocigosidad esperada

Ho = heterocigosidad observada

$F_{is}$  = coeficiente de consanguinidad

$F_{st}$  = índice de fijación

Fuente de Variancia	Suma de cuadrado	Componente de varianza	Porcentaje de variación
Entre razas	15.667	0.05103	2.57149
Dentro de las razas	286.281	1.93326	97.42851
Total	301.948	1.98428	

# Avances en el análisis de la diversidad morfológica y molecular del maíz peruano

## Objetivos

- ✓ Construir colección núcleo de la variabilidad del maíz peruano
- ✓ Establecer estrategias de conservación *ex-situ* e *in-situ*
- ✓ Promover mejoramiento del maíz harinoso y dulce



# Grupo de trabajo



Funding  
Technical support

Walter Schmid

**FSC**



Technical support  
Genotyping

Karl Schmid  
Bettina Hausmann  
Mireia Vidal  
Raul Blas



Programa  
de maíz

Phenotyping

Julian Chura  
Gilberto Garcia  
Ricardo Sevilla  
Raul Blas



Universidad Nacional  
del Altiplano, Puno

Angel Mujica  
Ernesto Chura

# **Materiales y Métodos**

# Germoplasma

- Numero de accesiones viable con >50% capacidad de germinación: 1701

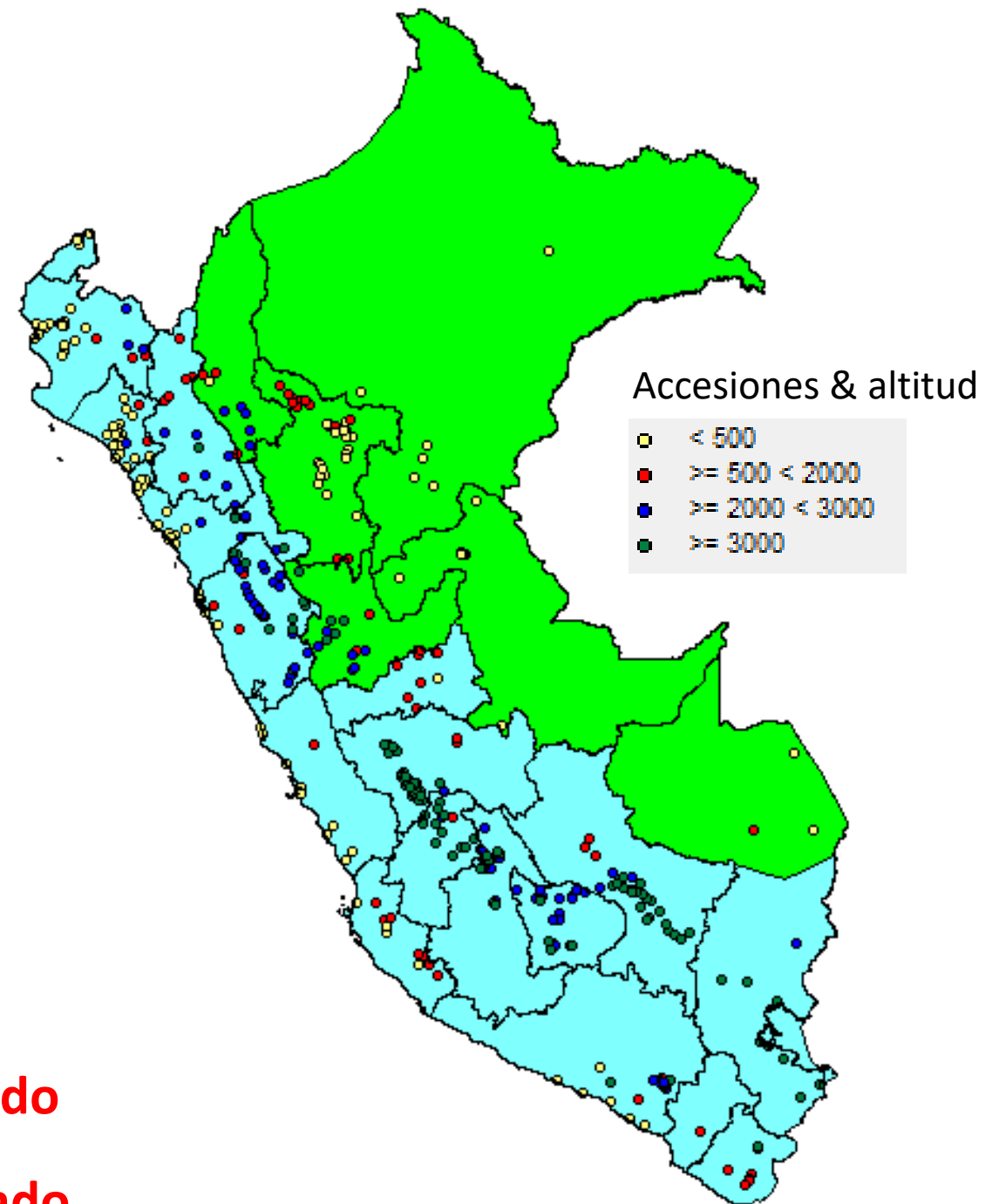
↙  
40%

Region	Número de accesiones
Costa	406
Selva	332
Sierra	963
Total	1701

1807

← Fenotipado

← Genotipado



# Metodos

- ✓ Fenotipado -----> Descripción morfológica
- ✓ Genotipado -----> snp

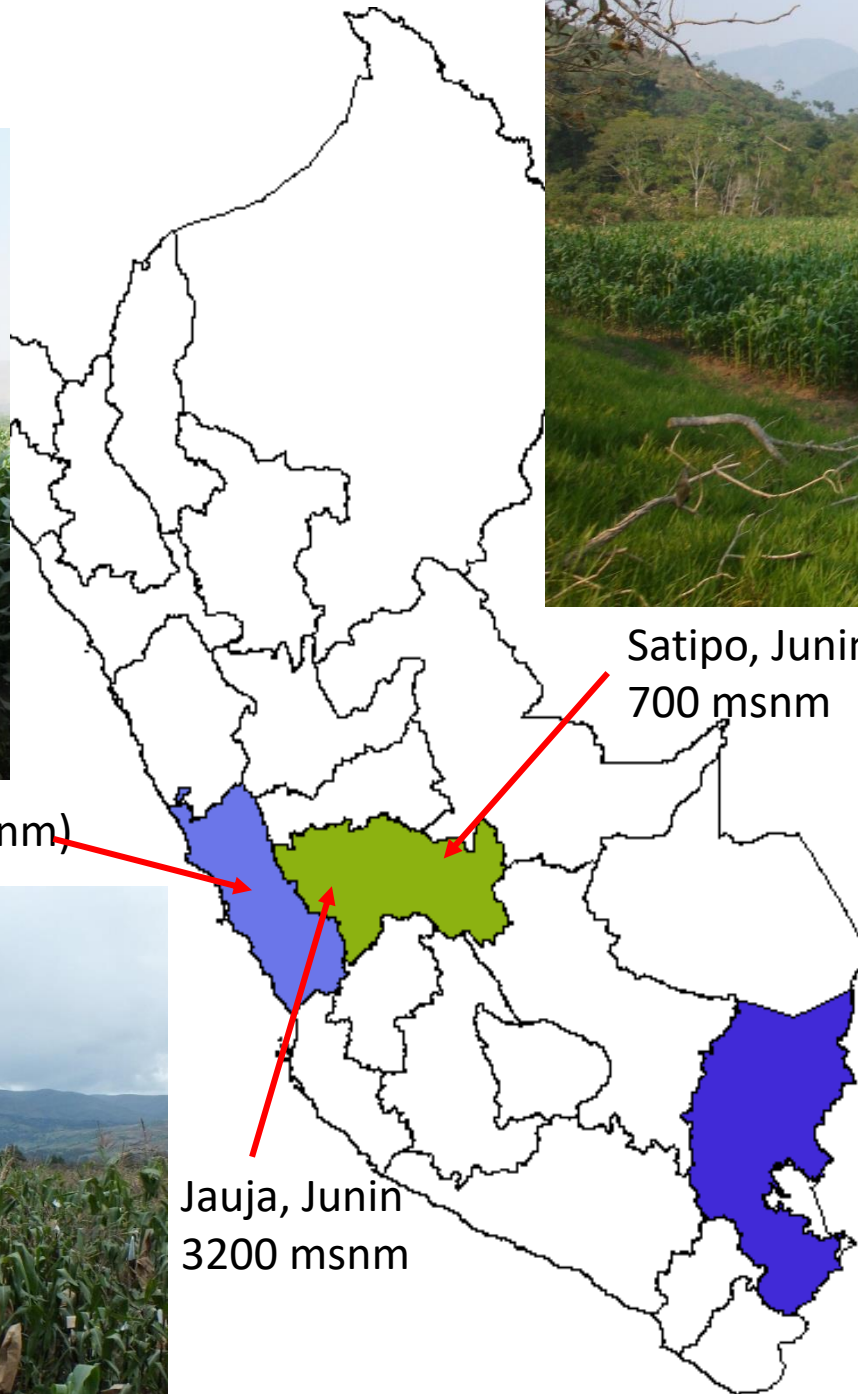
# Fenotipado



La Molina, Lima (240 msnm)



Satipo, Junin  
700 msnm



Jauja, Junin  
3200 msnm

- ✓ **Localidades: 3**
- ✓ **20 plantas/accesion**
- ✓ **hermanos completos, progenies**



## Descriptores morfológicos del maiz (IBPGR, 1991) usados:

1. Days to tasseling (male flowering)
2. Days to silking (female flowering)
3. Plant height (cm)
4. Ear height (cm)
5. Ear length [cm]
6. Ear diameter [cm], measured at the central part of the uppermost ear
7. Number of kernel rows
8. Number of kernels per row
9. Kernel color
10. Kernel type
11. Kernel row arrangement
12. Cob color
13. Kernel weight [g], 1000 grains adjusted to 12 % moisture content

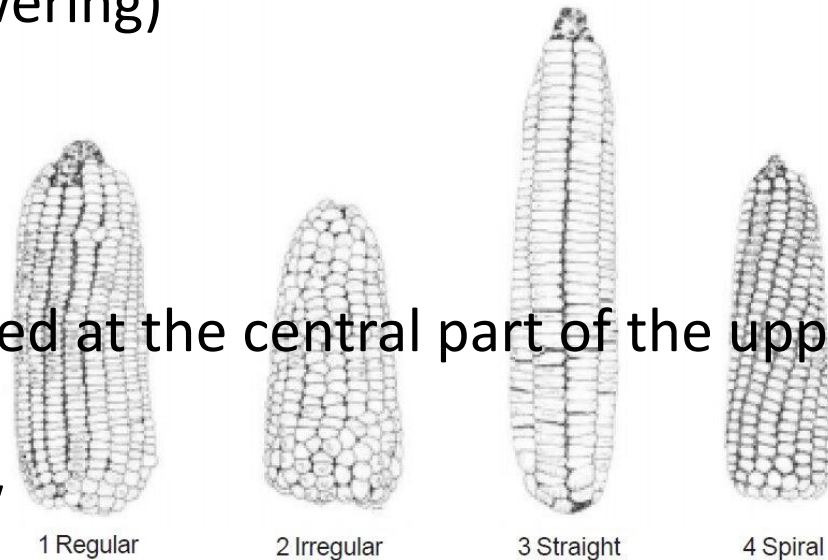
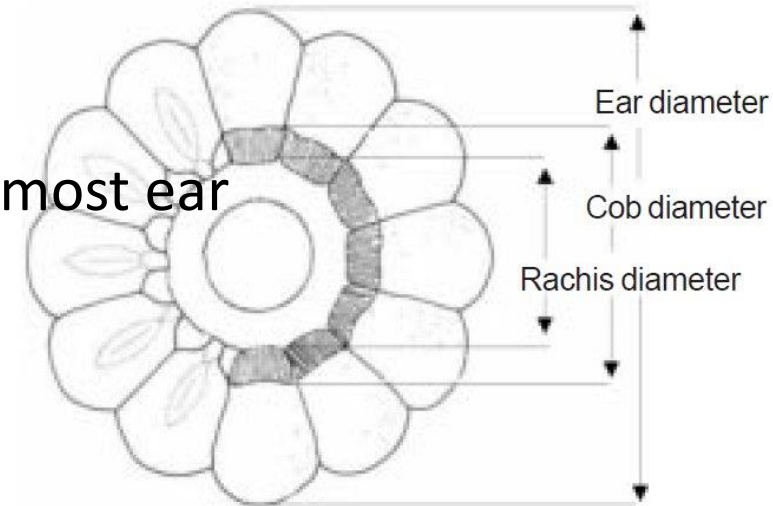


Fig. 2 Kernel row arrangement



# Genotipado



Muestreo de hojas



20 plantas/accesion



Secado en TC  
( $<10$  oC , HR%= 55)



Pooling plantas/acc



Extracción de DNA



2 enzimas de restricción

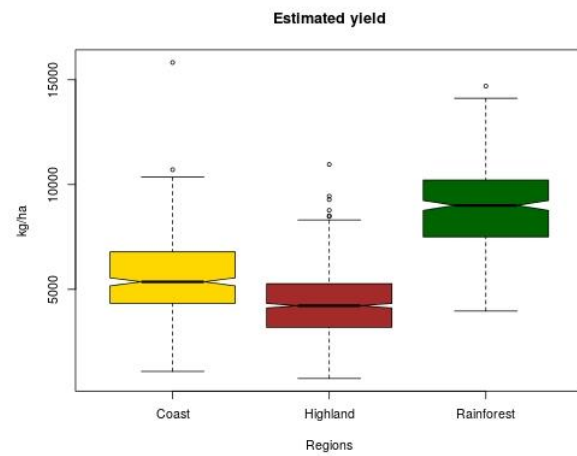
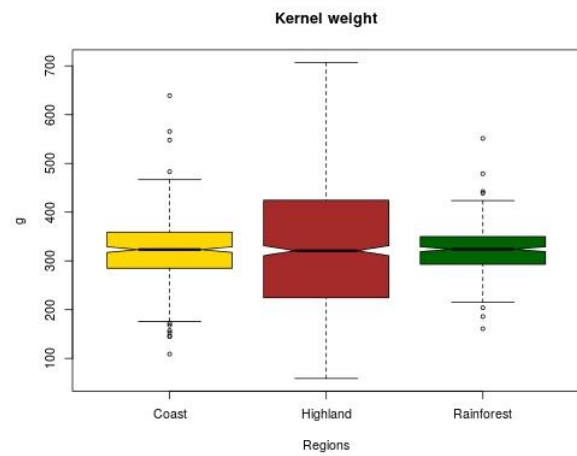
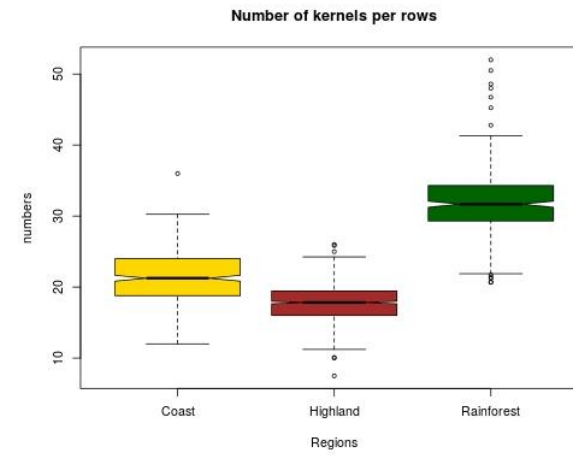
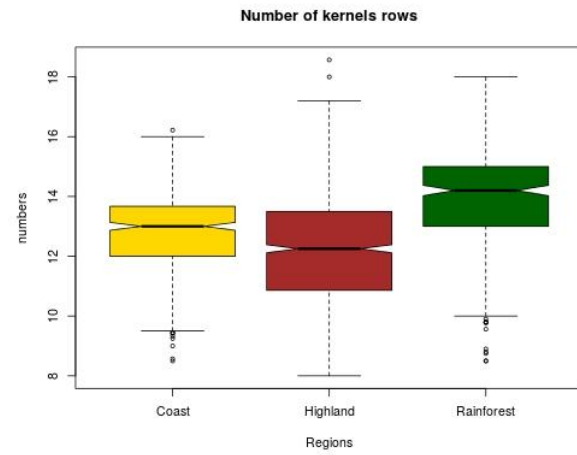
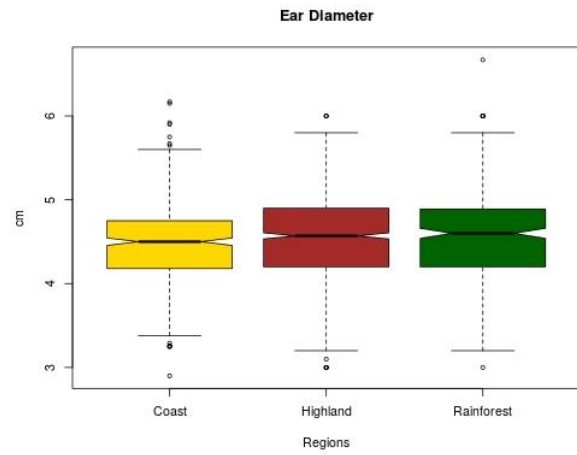
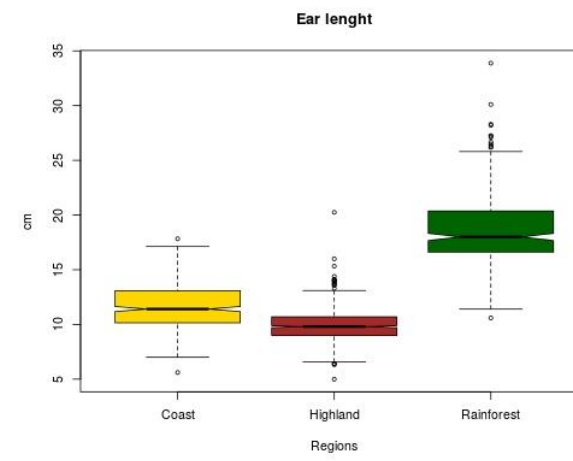
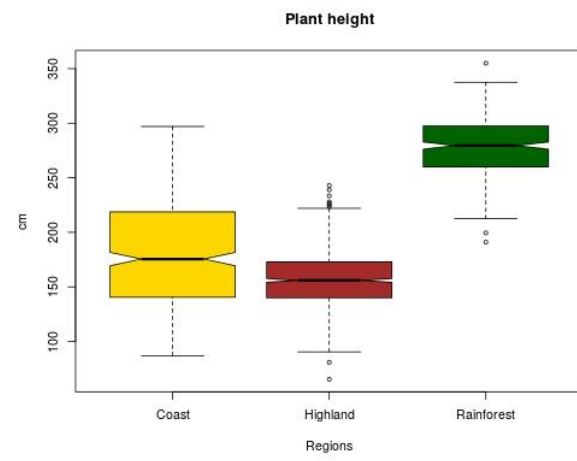
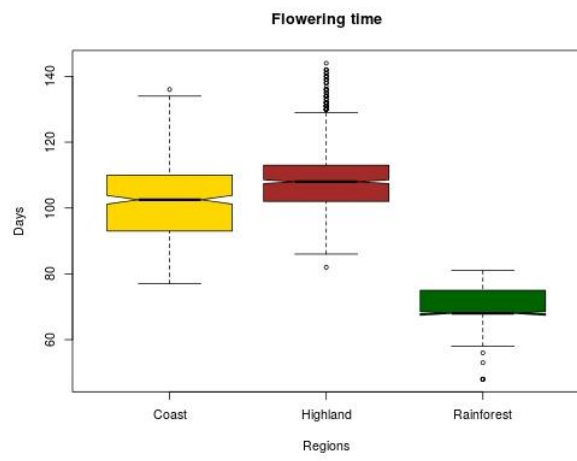
~30,000 SNPs

# Resultados









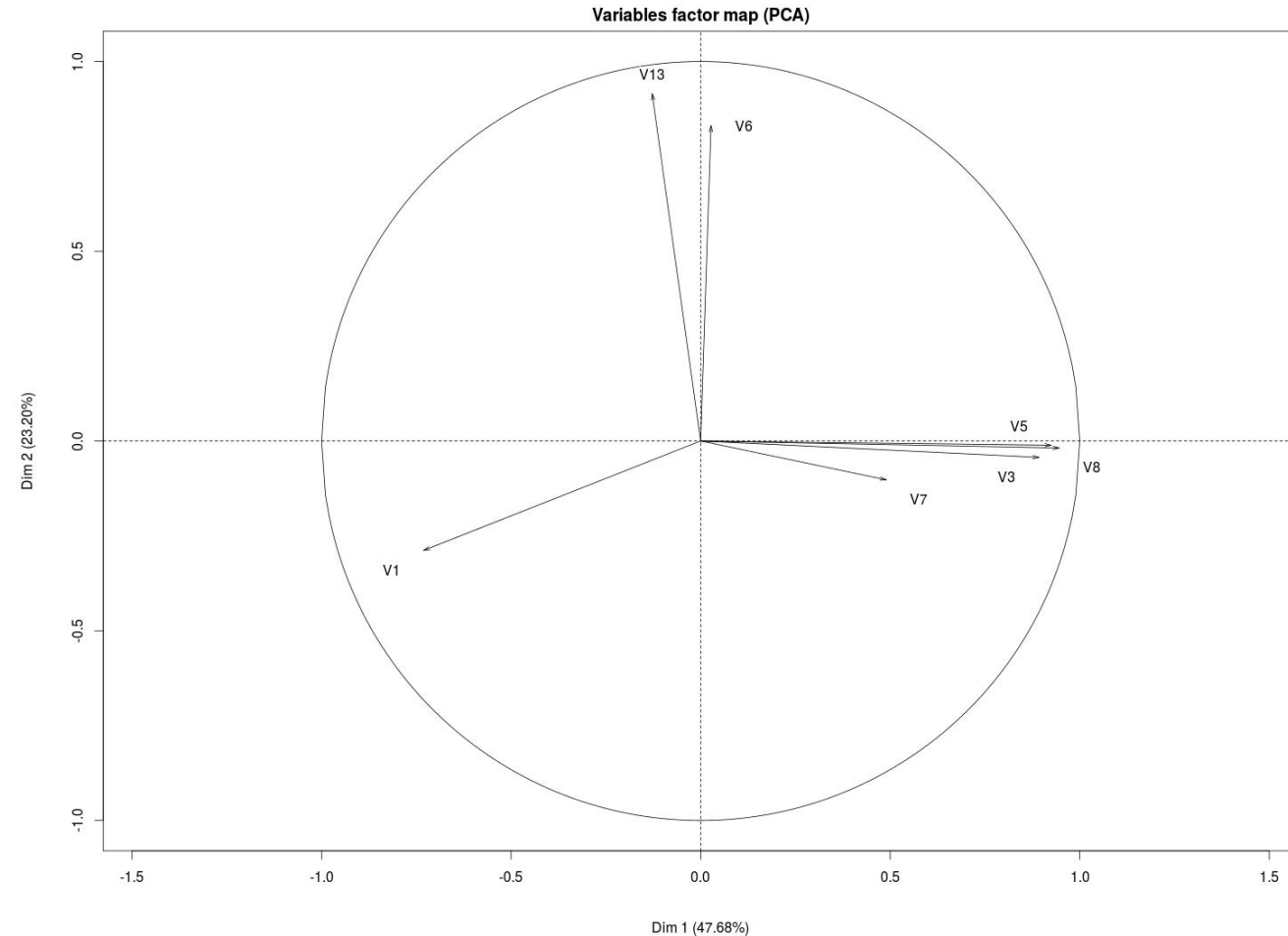
Caracteres cuantitativas

# PCA

	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5	Dim.6	Dim.7
Variance	3.338	1.624	1.074	0.473	0.199	0.188	0.105
% of Var.	47.683	23.198	15.342	6.752	2.845	2.687	1.493
Cumulative % of Var.	47.683	70.88	86.223	92.975	95.82	98.507	100

	Dim.1	Dim.2	Dim.3
V1	-0.731	-0.288	0.278
V3	0.893	-0.043	-0.017
V5	0.925	-0.011	-0.196
V6	0.027	0.831	0.474
V7	0.49	-0.103	0.815
V8	0.946	-0.018	-0.047
V13	-0.128	0.915	-0.256

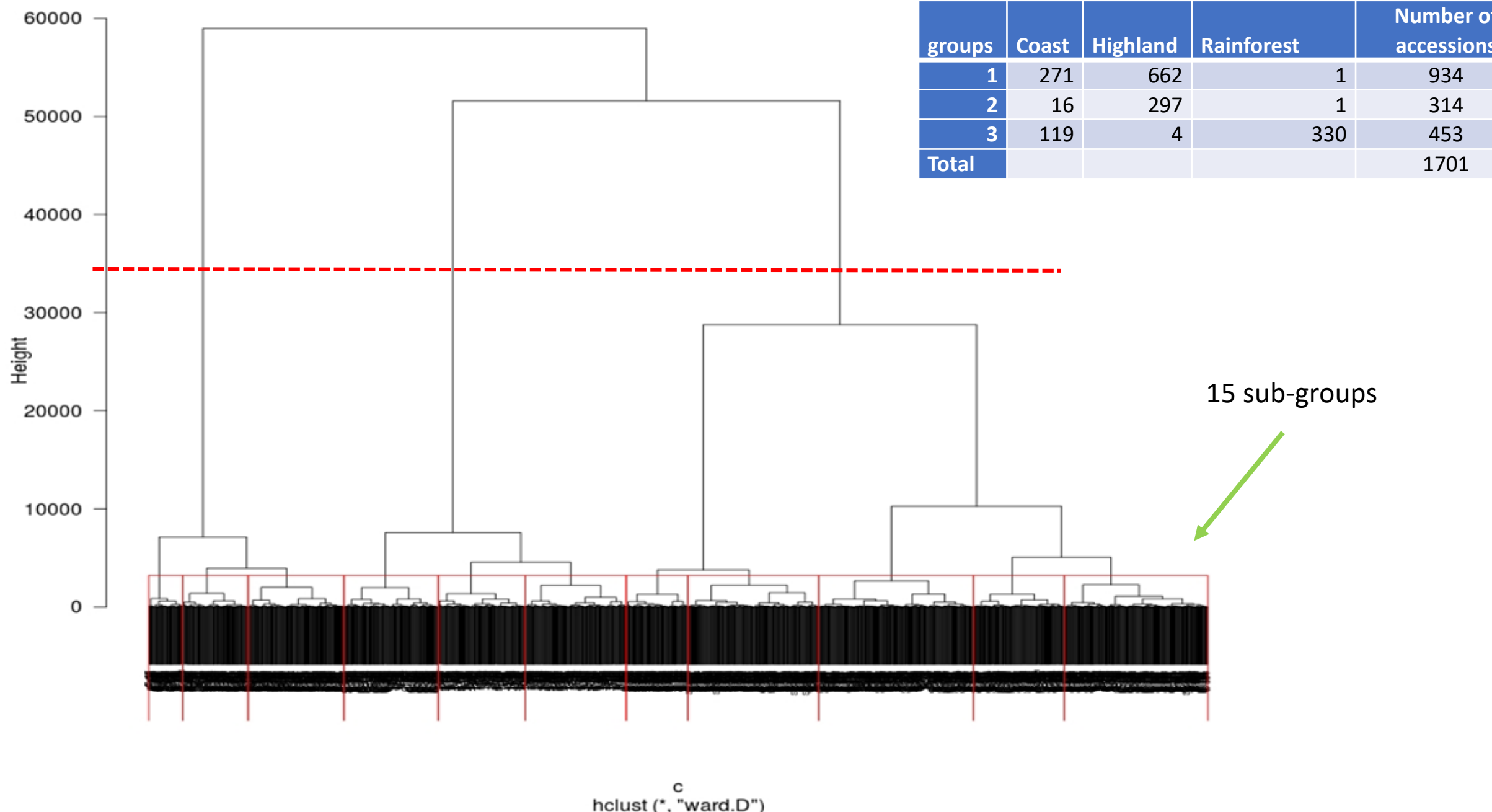
V1=Days to tasseling  
V3=Plant height (cm)  
V5=Ear length [cm]  
V6=Ear diameter [cm],  
V7=Number of kernel rows  
V8=Number of kernels per row  
V13=Kernel weight [g]



Individuals factor map - PCA

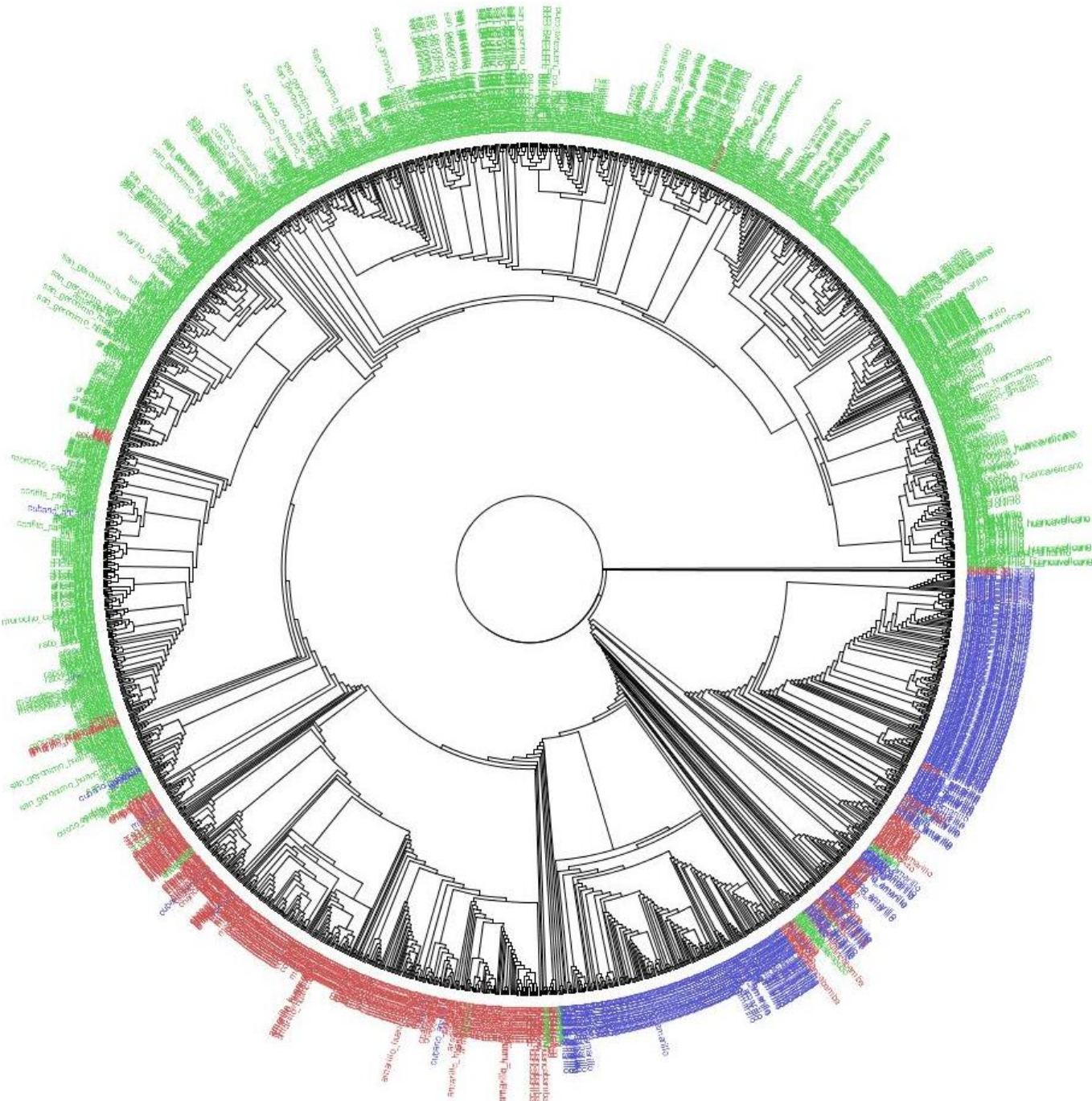


# Cluster of 1701 accessions according to 13 morphological traits



Races	Groups															Access
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
ajaleado	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	3	0	0	0	7
alazan	15	16	0	2	5	0	13	1	1	0	1	1	0	0	0	55
aleman	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
amarillo_huancabamba	3	3	0	0	0	0	4	0	2	4	0	1	0	0	0	17
ancashino	10	22	0	8	19	5	15	12	14	1	26	22	0	0	0	154
arequipeño	6	2	0	2	9	1	9	6	2	5	0	0	0	0	0	42
arizona	1	0	0	0	0	0	2	0	0	8	0	0	0	0	0	11
chancayano	0	0	0	0	1	0	1	0	0	12	0	0	0	0	0	14
chaparreño	16	5	1	2	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	29
chimlos	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	4
chullpi	2	0	0	3	0	0	3	0	3	0	12	13	0	0	0	36
chuncho	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2	2	1	7
colorado	0	4	0	0	1	0	10	0	3	23	0	0	0	0	0	41
confite_puneño	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
confite_punteagudo	0	2	0	16	1	1	0	0	0	0	1	7	0	0	0	28
coruca	5	4	0	0	5	3	8	1	1	5	1	0	1	0	0	34
cubano_amarillo	0	0	0	0	0	0	2	1	0	25	0	0	31	99	42	200
cusco	0	0	12	0	1	6	2	3	0	0	0	1	0	0	0	25
cusco_cristalino_amarillo	2	0	4	1	2	27	0	10	1	0	1	0	0	0	0	48
granada	1	0	1	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5
huancavelicano	0	1	5	0	3	4	2	4	1	0	0	0	0	0	0	20
huarmaca	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
huayleño	2	3	0	8	1	0	1	0	0	0	2	1	0	0	0	18
kully	0	0	0	3	8	0	2	2	0	1	0	0	0	0	0	16
marañon	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
mochero	13	46	0	13	5	0	25	0	6	12	0	0	0	0	0	120
morocho	6	13	1	9	16	18	6	16	7	0	13	2	2	2	0	111
morocho_cajabambino	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	2	0	0	0	7
pagaladroga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
pardo	0	0	0	0	1	0	1	5	0	8	0	0	0	0	0	15
paro	13	20	6	24	26	21	18	9	13	0	30	27	1	0	0	208
perla	0	0	1	0	0	0	3	2	0	37	0	0	0	0	0	43
perilla	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1	7	0	3	15
piricinco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	47	34	15	103
piscurunto	2	1	0	0	6	10	3	6	1	0	0	0	0	0	0	29
rabo_de_zorro	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	4
sabanero	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	2	7
san_geronimo	7	3	15	1	13	40	5	16	5	1	6	2	0	0	0	114
san_geronimo_huancavelicano	4	9	9	1	7	15	2	8	2	1	0	2	0	0	0	60

Agrupamiento  
según datos  
moleculares  
"SNP"

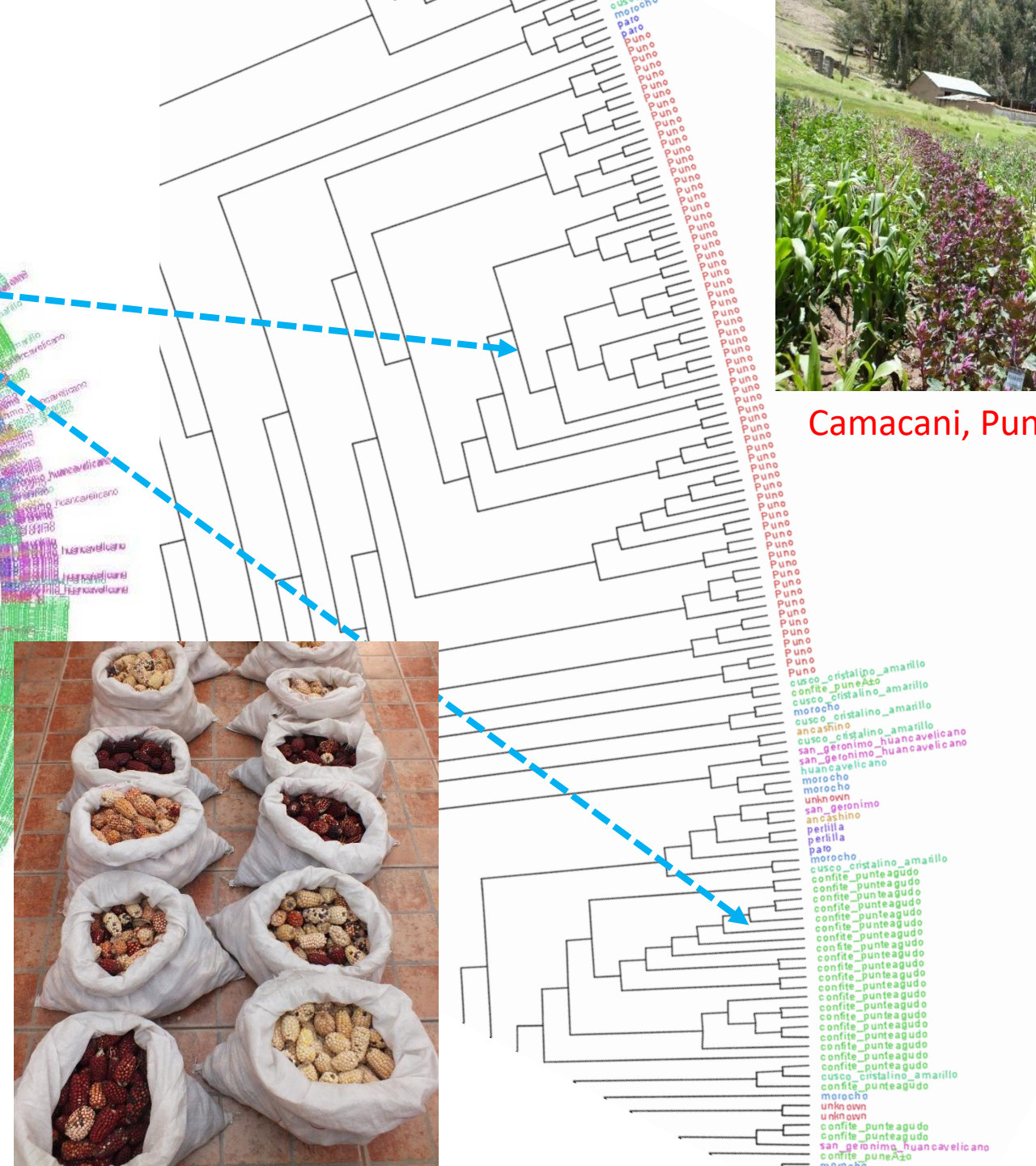
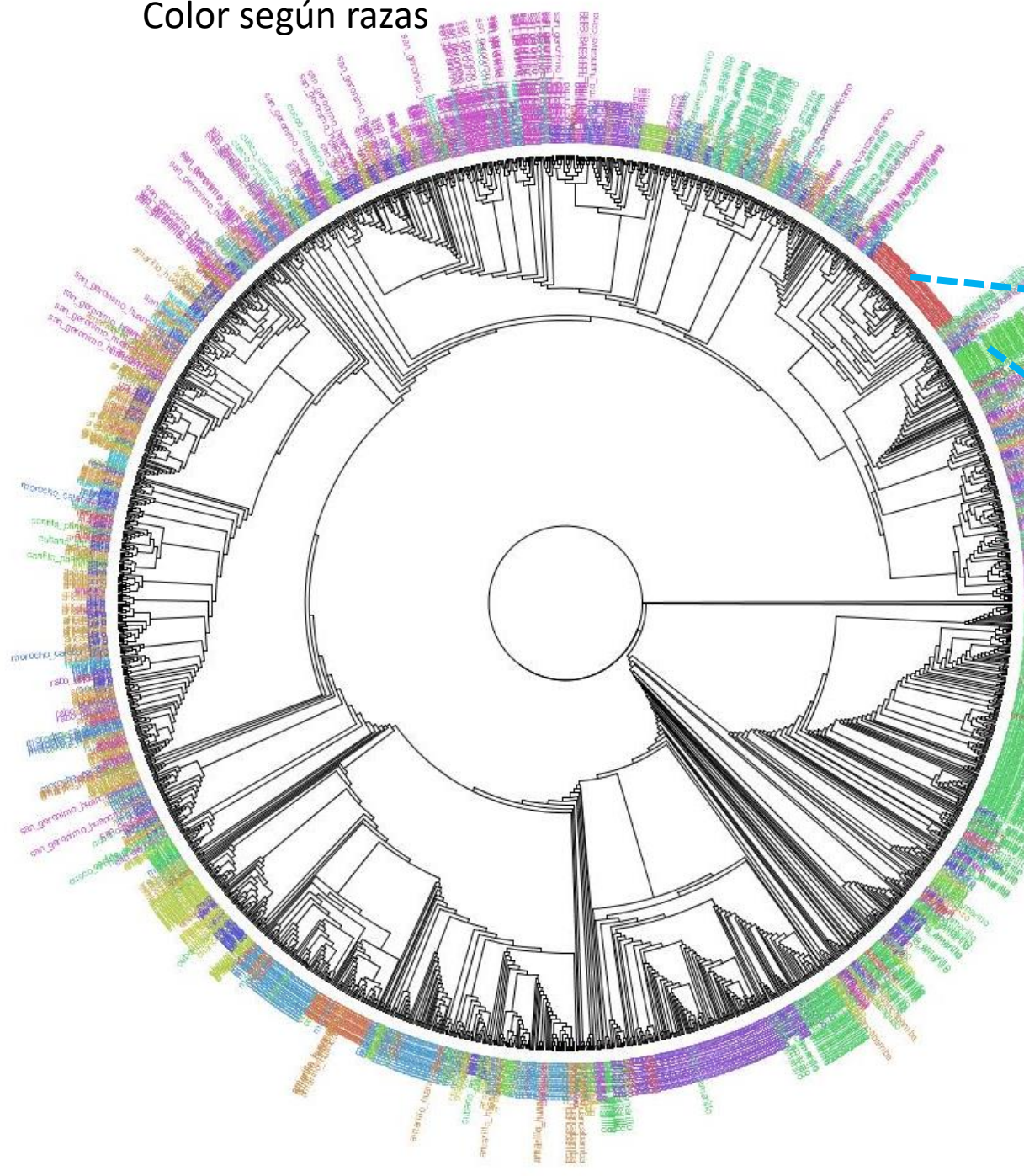


Costa  
Sierra  
Selva

Costa	Red
Sierra	Green
Selva	Blue

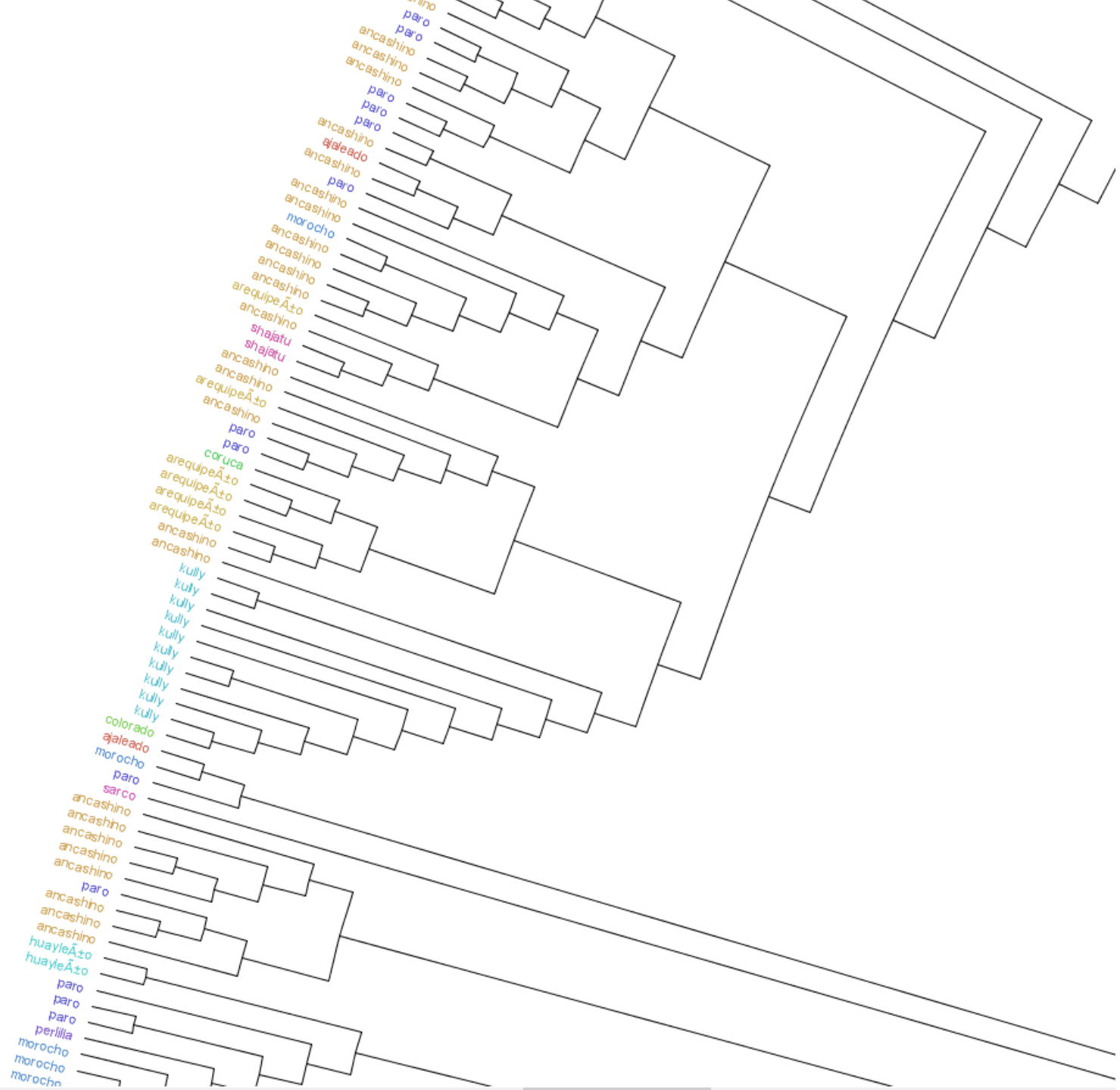


# Color según razas



Camacani, Puno







# Accesiones?





62 AYA 201



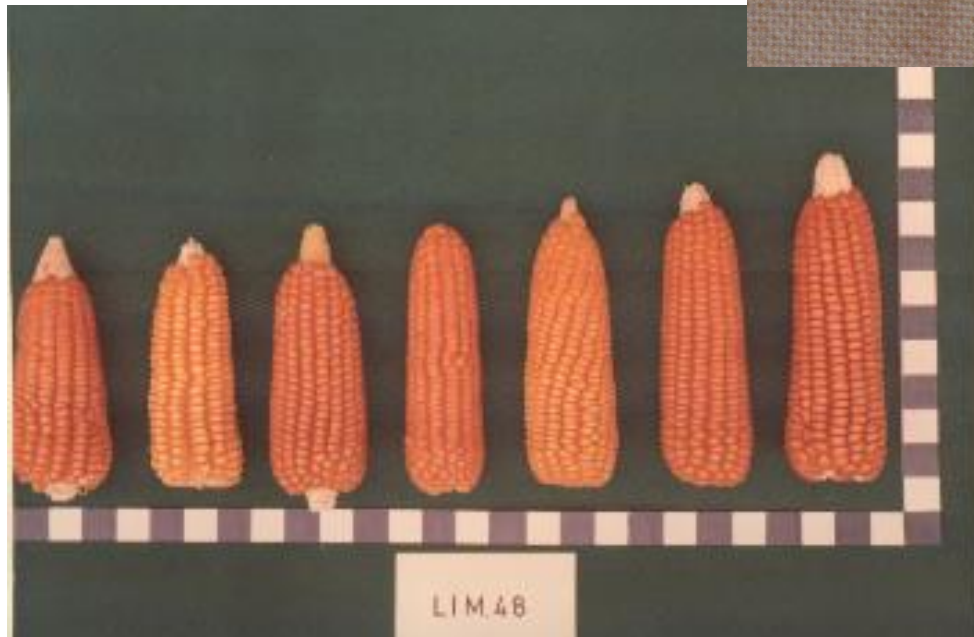
100 AYA 180



136 AYA 250

Raza piscoruntu

Confite morocho



Perla



Púrpura, Kully

San Gerónimo







Raza chullpi



61 | AYA-047

# Landraces

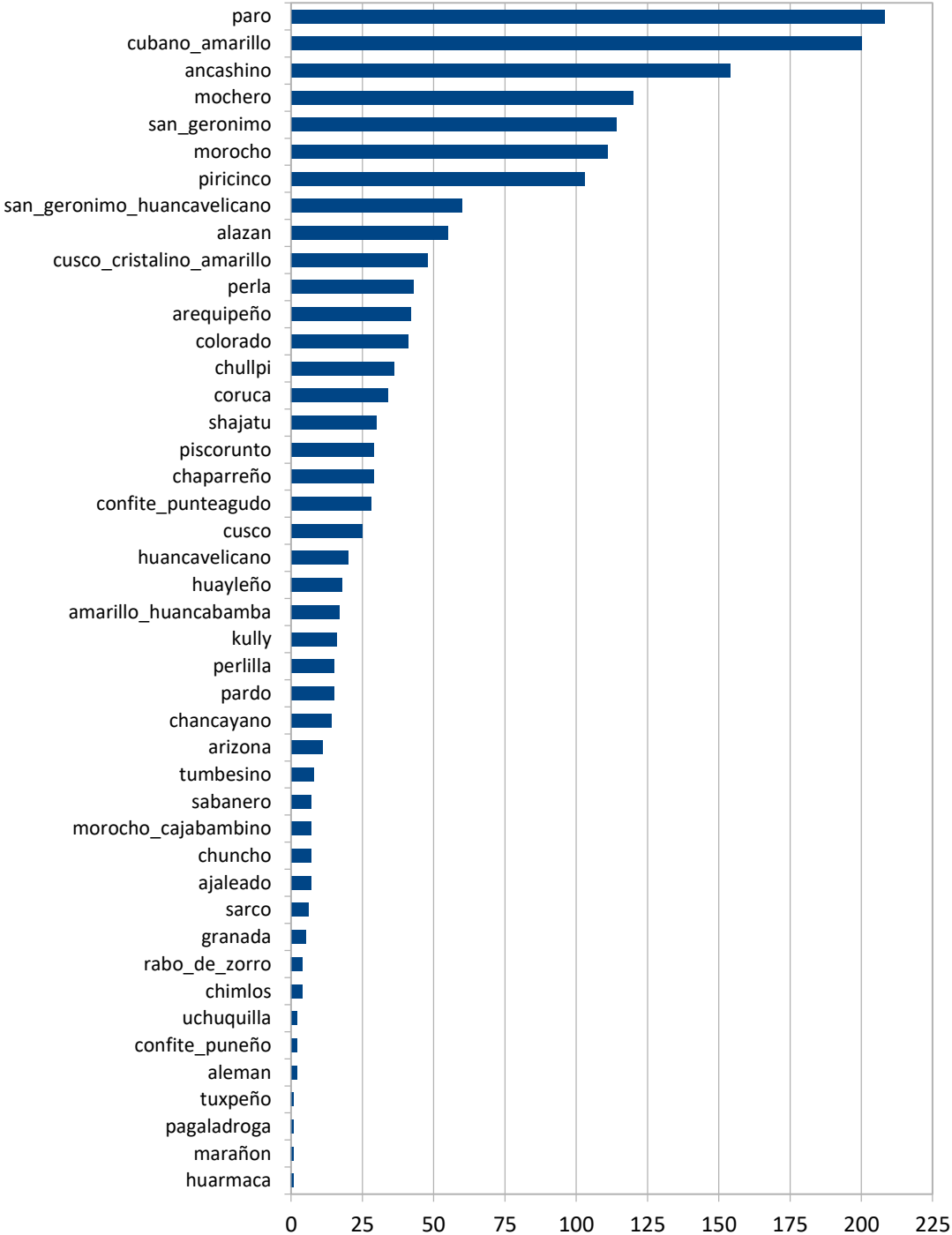
“A landrace is a dynamic population(s) of a cultivated plant that has historical origin, distinct identity and lacks formal crop improvement, as well as often being genetically diverse, locally adapted and associated with traditional farming systems.”

[http://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/PGR/article-issue\\_154-art\\_6-lang\\_en.html](http://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/PGR/article-issue_154-art_6-lang_en.html)

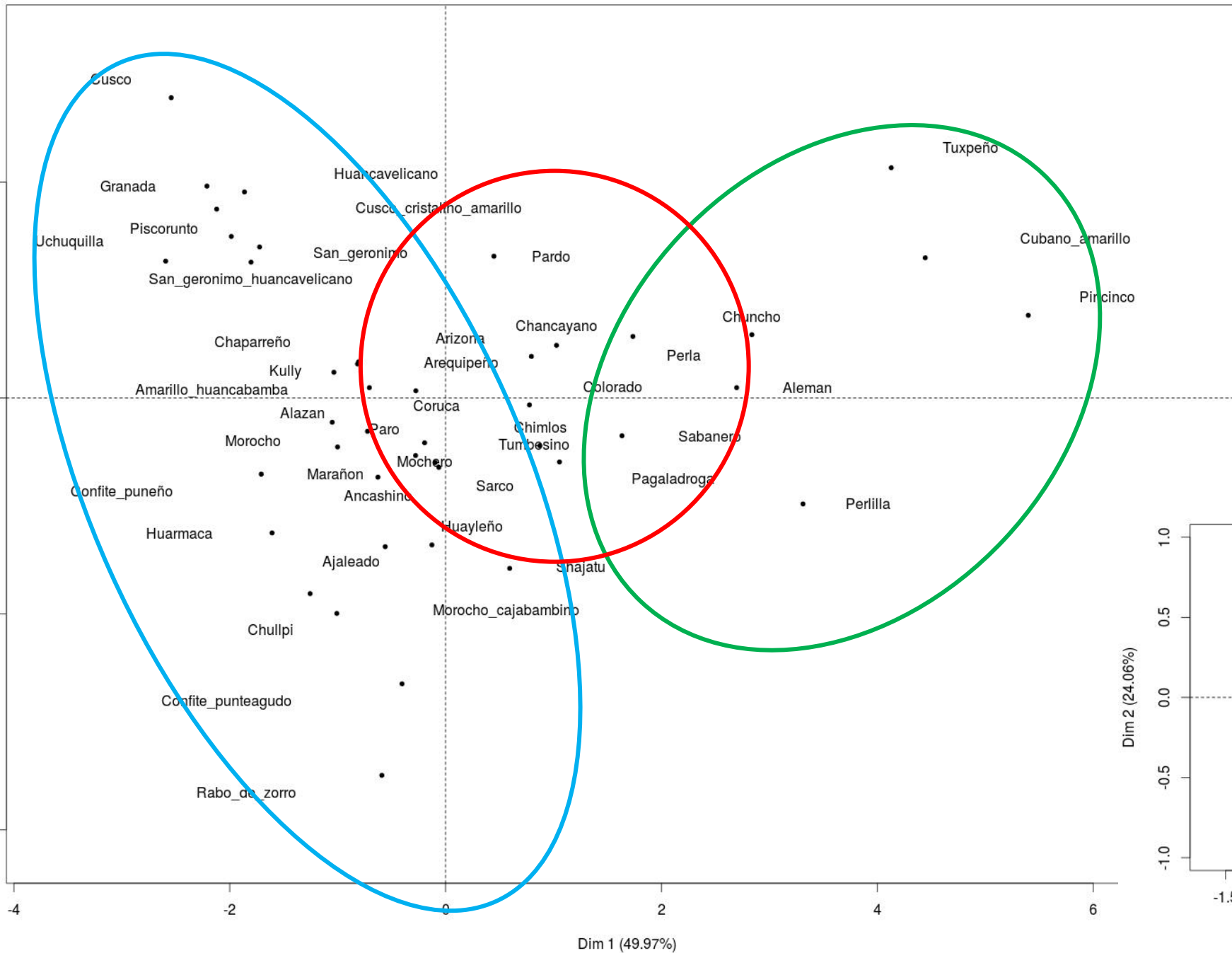


# Razas y número de accesiones

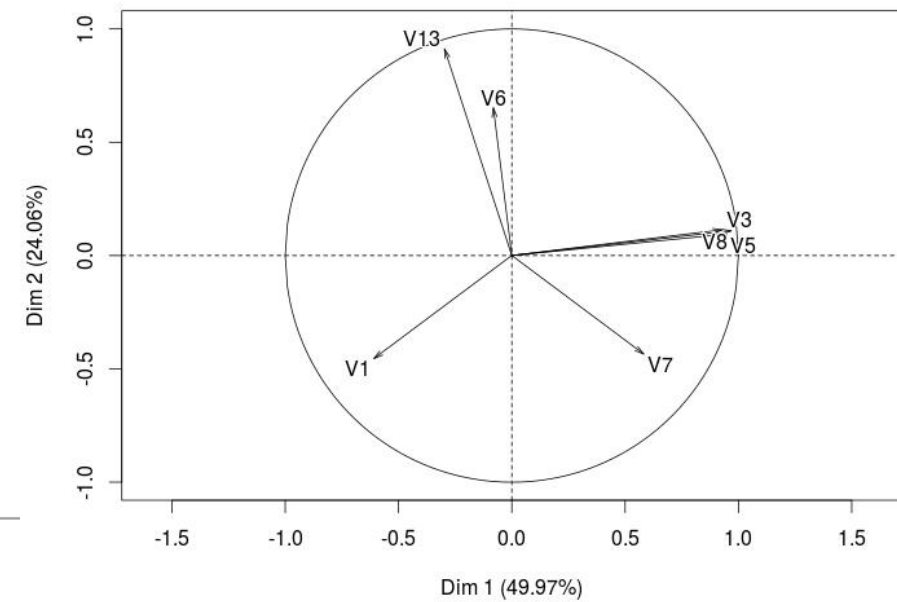
44 razas

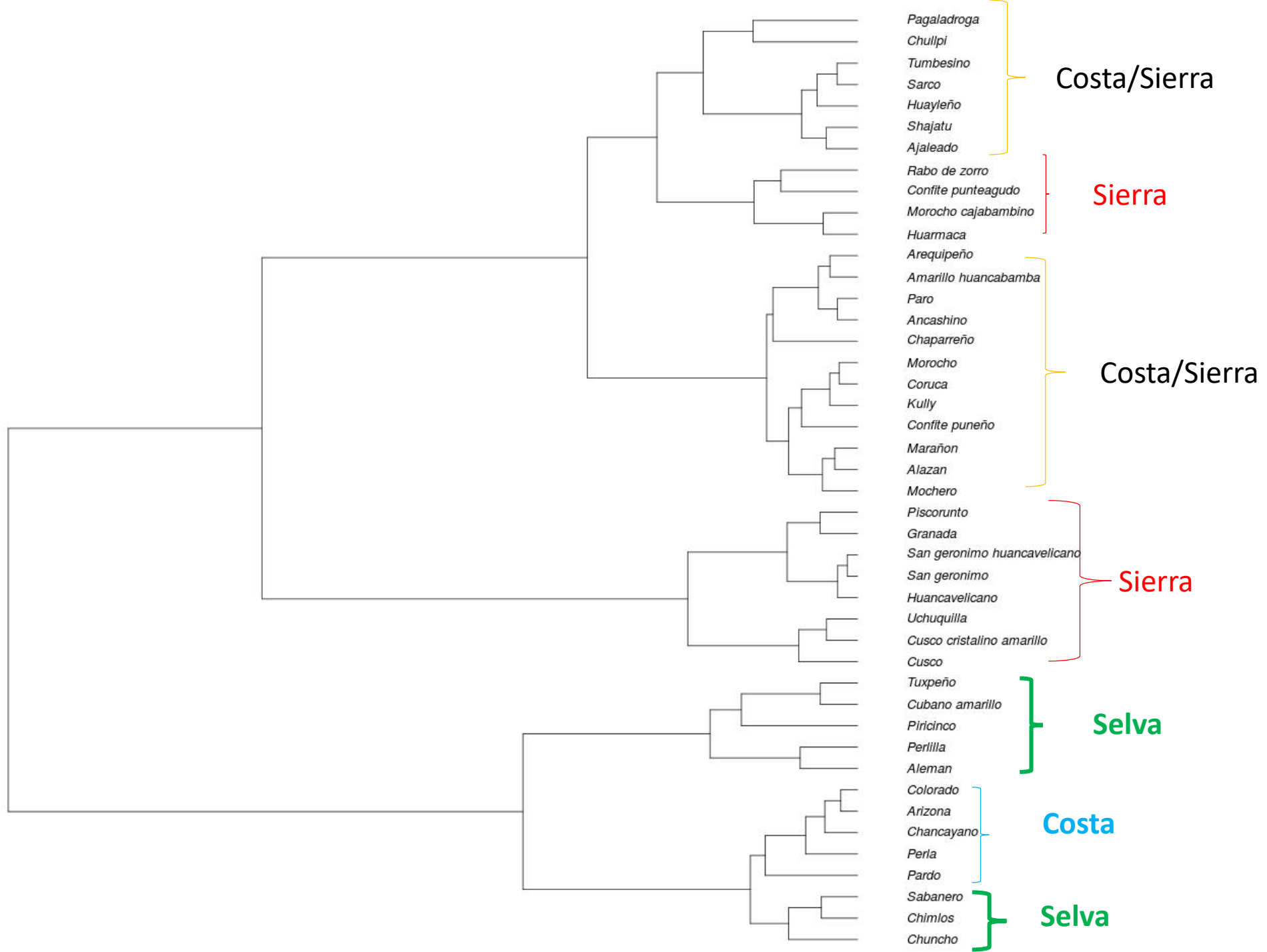


Individuals factor map (PCA)



Variables factor map (PCA)

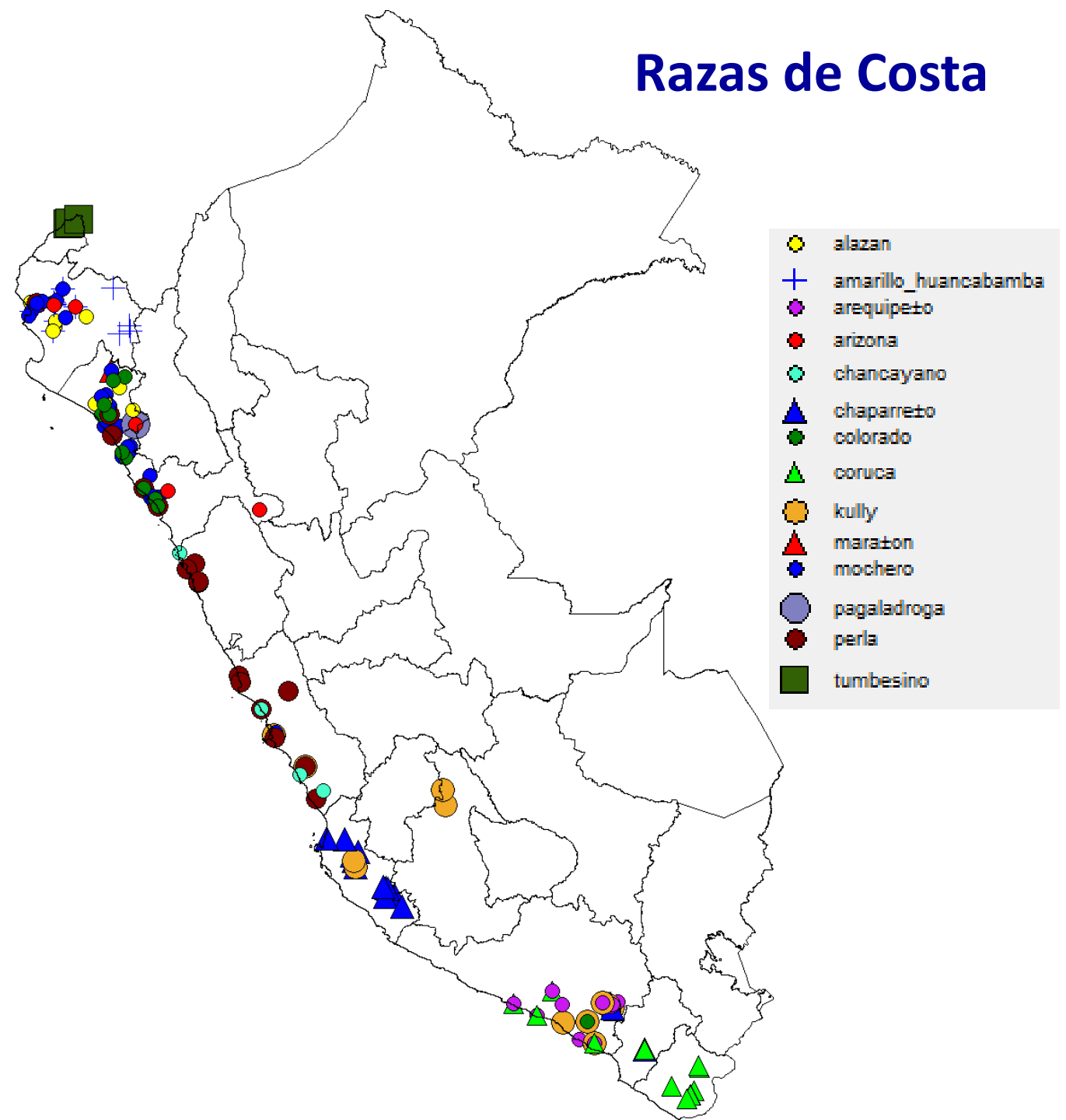




# Distribución

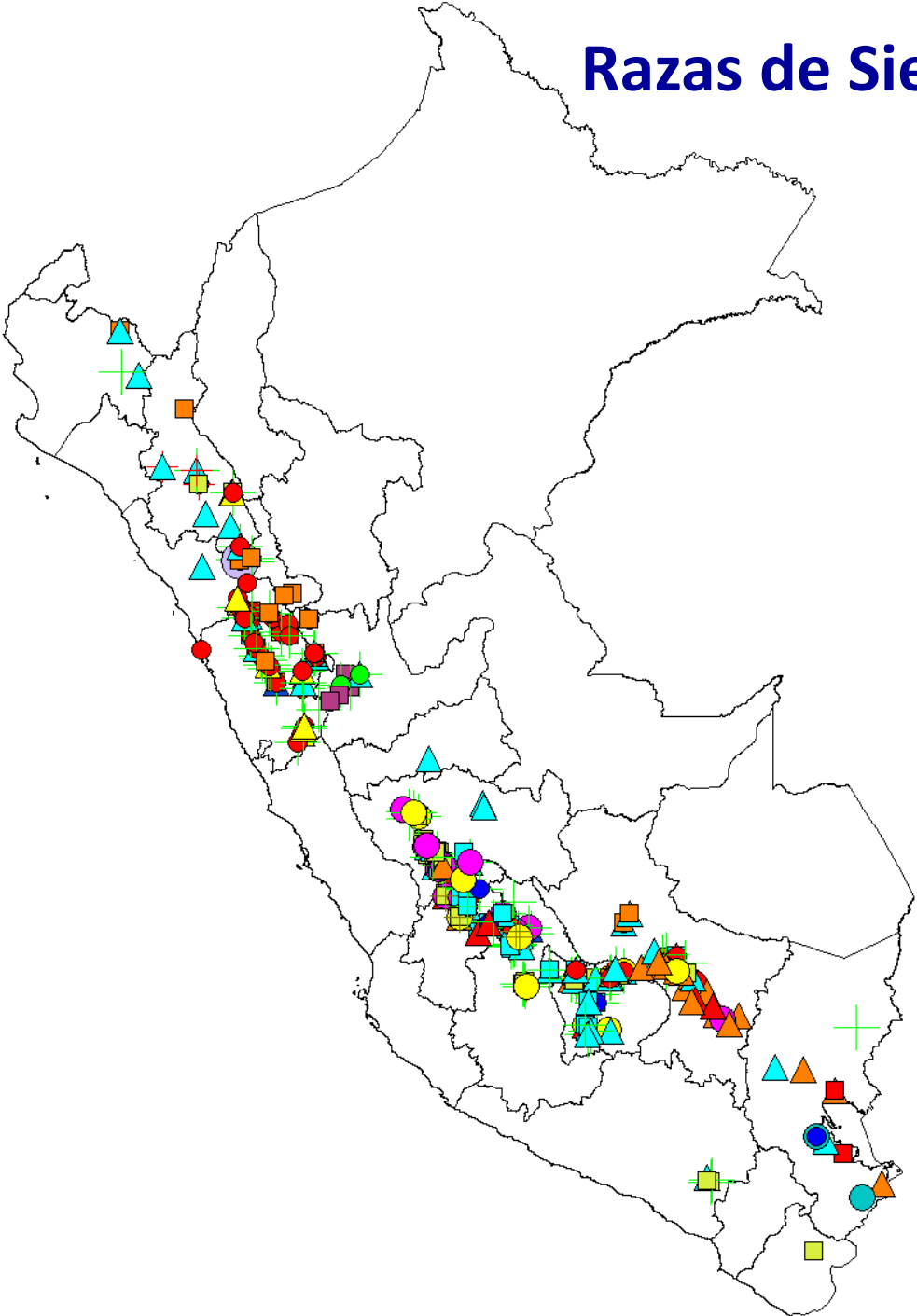
# Razas de Costa

Race	Region	Department
alazan	Coast	PIURA, Lambayeque
arizona	Coast	LA LIBERTAD, Lambayeque, Piura
chancayano	Coast	LIMA, Ancash
colorado	Coast	LAMBAYEQUE, Piura, Arequipa, La Libertad
marañón	Coast	LAMBAYEQUE
mochero	Coast	LA LIBERTAD, Lambayeque, Piura, Ancash, Tumbes
pagaladroga	Coast	LAMBAYEQUE
pardo	Coast	LIMA, La Libertad
perla	Coast	LIMA, Ancash, Lambayeque, La Libertad, Piura
tumbesino	Coast	TUMBES
amarillo_huanca bamba	Coast, Highland	PIURA
arequipeño	Coast, Highland	AREQUIPA
chaparreño	Coast, Highland	ICA, Arequipa, Moquegua
coruca	Coast, Highland	ICA, Tacna, Arequipa, Moquegua
kully	Coast, Highland	AYACUCHO, Arequipa, Lima, Ica



# Razas de Sierra

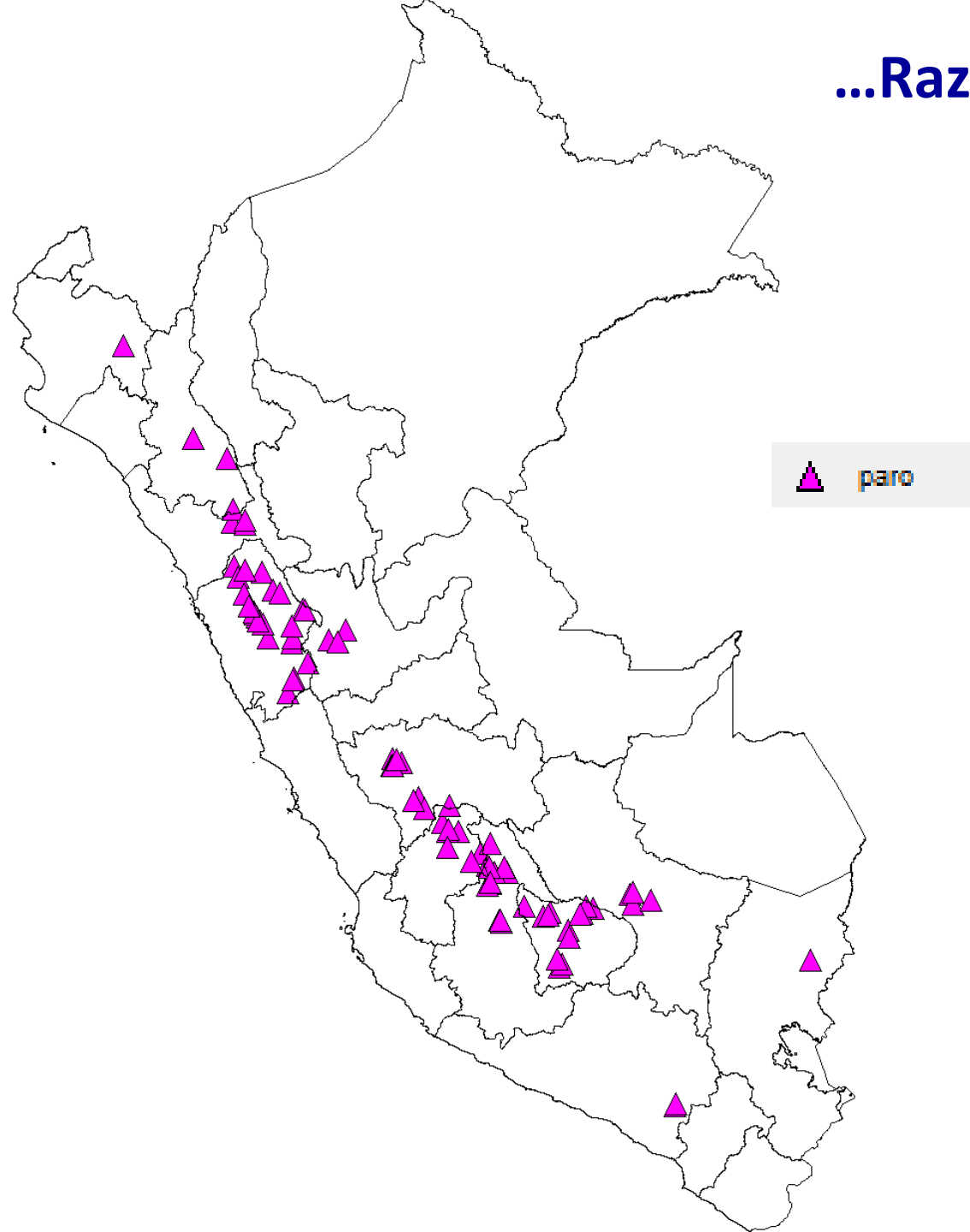
Race	Region	Department
ajaleado	Highland	HUANUCO, Ancash
ancashino	Highland	ANCASH, Apurimac, Ayacucho, junin, Huancavelica, Cuzco, La Libertad, Cajamarca
chullpi	Highland	APURIMAC, Ayacucho, Huancavelica, Junin, Cuzco
confite_puneño	Highland	PUNO
confite_punteagudo	Highland	PUNO, Apurimac, Ancash, Junin, Cuzco, Huancavelica, La Libertad
cusco	Highland	CUZCO, Huancavelica, Junin, Ayacucho,
cusco_cristalino_a marillo	Highland	CUZCO, Puno, Apurimac, Junin, Huancavelica
granada	Highland	APURIMAC, Ayacucho, Huancavelica, Ancash
huancavelicano	Highland	HUANCAVELICA, Apurimac, Ayacucho, Junin, Cuzco
huarmaca	Highland	LA LIBERTAD
huayleño	Highland	ANCASH, La Libertad
morocho_cajabamb ino	Highland	CAJAMARCA
paro	Highland	APURIMAC, Arequipa, Ayacucho, Junin, Huancavelica, Cuzco, Ancash, Huanuco, Cajamarca, La libertad, Puno, Piura
piscorunto	Highland	CUZCO, Ayacucho, Huancavelica, Junin
rabo_de_zorro	Highland	ANCASH, Piura
san_geronimo	Highland	AYACUCHO, Huancavelica, Junin, Arequipa, Apurimac, Ancash, Tacna, Cuzco, Cajamarca
san_geronimo_hua ncavelicano	Highland	HUANCAVELICA, Junin, Ayacucho, Apurimac, Ancash, Cuzco
sarco	Highland	HUANUCO
uchuquilla	Highland	PUNO
chimlos	Highland, Rainforest	LA LIBERTAD, Huanuco, Cuzco AREQUIPA, Apurimac, Ayacucho,



- ajaleado
- ancashino
- chimlos
- chullpi
- confite\_puneño
- confite\_punteagudo
- cusco
- ▲ cusco\_cristalino\_amarillo
- ▲ granada
- ▲ huancavelicano
- huarmaca
- ▲ huayleto
- ▲ morocho
- ✚ morocho\_cajabambino
- ✚ paro
- ✚ piscorunto
- ✚ rabo\_de\_zorro
- san\_geronimo
- san\_geronimo\_huancavelicano
- sarco
- shajatu
- uchuquilla

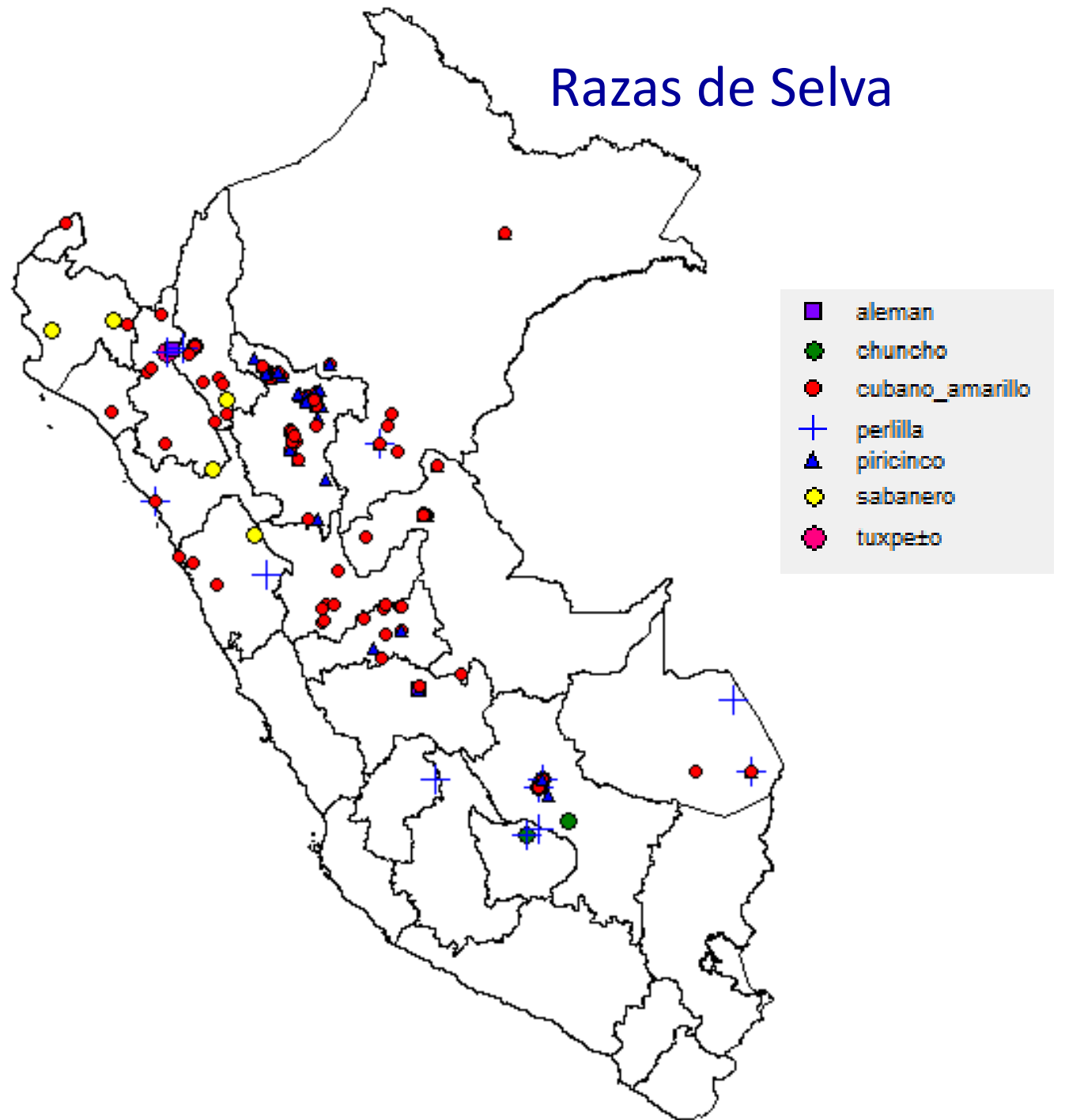


## ...Razas de Sierra

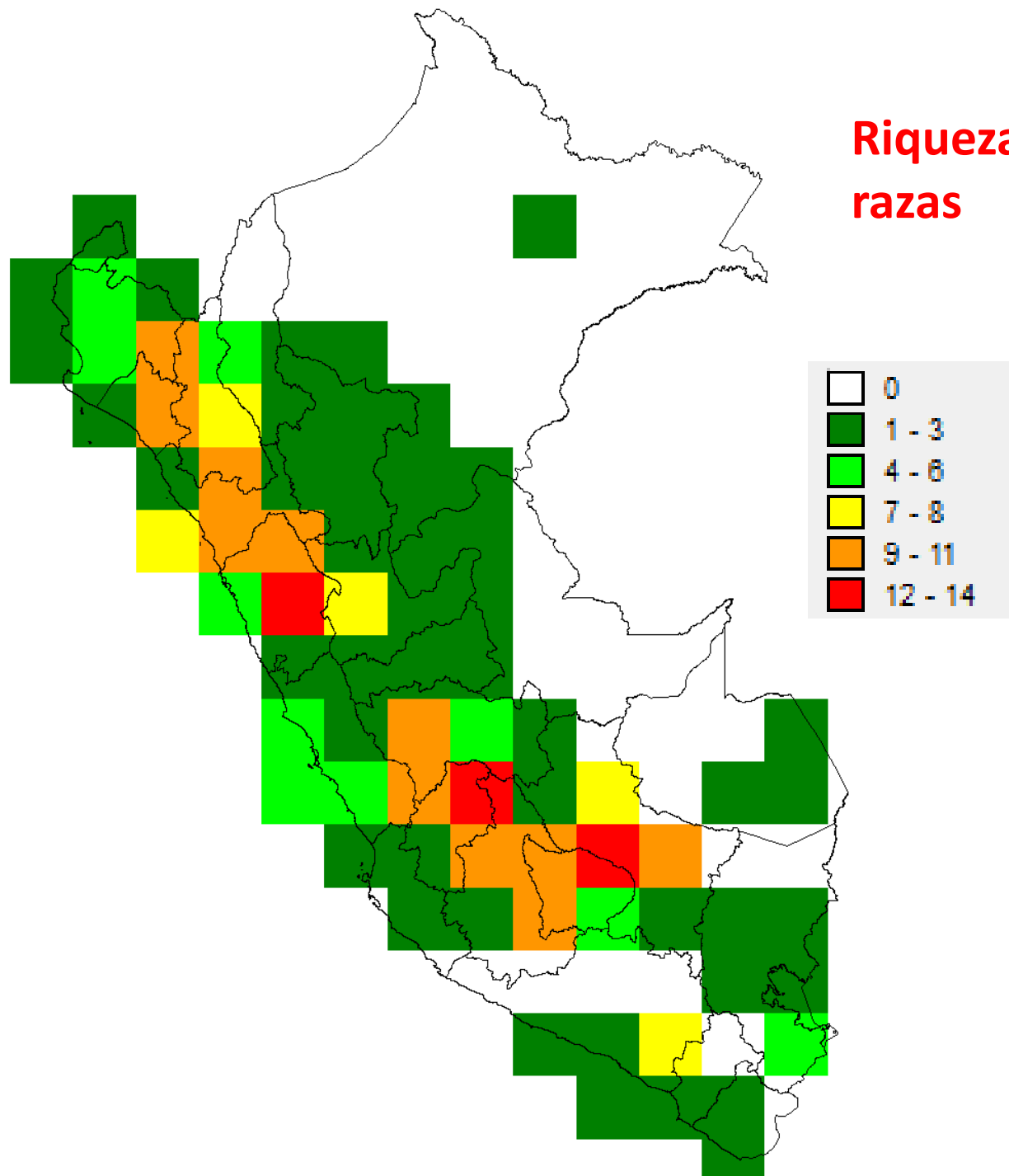


# Razas de Selva

Race	Region	Department
aleman	Rainforest	JUNIN, Cajamarca
piricinco	Rainforest	MADRE DE DIOS, San Martin, Loreto, Pasco, Ucayali, Cuzco, Junin
tuxpeño	Rainforest	CAJAMARCA
cubano_amarillo	Rainforest, Coast	AMAZONAS, Ucayali, Loreto, San Martin, Pasco, Huanuco, Madre de Dios, Cajamarca, Junin, Cuzco, Ancash, Tumbes, La Libertad, Piura
chuncho	Rainforest, Highland	CUZCO, Apurimac
perlilla	Rainforest, Highland, Coast	LORETO, Madre de Dios, Cuzco, La Libertad, Huancavelica, Ancash, Apurimac, Cajamarca, Amazonas
sabanero	Rainforest, Highland, Coast	AMAZONAS, Cajamarca, Ancash, Piura



## Riqueza de las razas



## Conclusiones preliminares

- ✓ Representación desbalanceada de las razas en el banco de germoplasma de UNALM
- ✓ Acciones con mezcla de razas dificultan la identificación
- ✓ SNP ayuda en la identificación de grupos/razas
- ✓ Razas localizadas y otras con amplia distribución (latitud, longitud, altitud)
  
- ✓ Los resultados del análisis de marcadores muestran una base genética estrecha para el maíz amiláceo.
  - Sin embargo, agricultores y consumidores distinguen muy bien las razas de maíz amiláceo que son un componente muy importante de la seguridad alimentaria del país.
  - Su estrecha base genética podría ser un factor de vulnerabilidad
  - Se está corrigiendo, formando compuestos raciales con las variedades nativas de una misma raza (En esa forma toda la diversidad será organizada en poblaciones con más capacidades para mejorarlas).

## Perspectivas

- ✓ Organizar germoplasma según las razas típicas
- ✓ Plasticidad y rango de variabilidad de las razas debe ser definida
- ✓ Recuperar razas faltantes e incrementar número de accesiones para algunas razas
- ✓ Establecer un piloto de conservación *in-situ* las tres regiones
- ✓ Evaluación agronómica de las razas (mínimo 3 localidades /region)
- ✓ Establecer mejoramiento de las razas cancheras, chicheras, chocleras
- ✓ producción de semilla de calidad

**Muchas gracias por su tiempo**