

**Caracterización in situ de la variabilidad morfológica del cacao  
(*Theobroma cacao* L.) de la Provincia de Pastaza.  
In situ characterization of the morphological variability in cocoa  
(*Theobroma cacao* L.) from Pastaza Province.**

Guillermo Pérez García<sup>1</sup>, Cristian Chimborazo Sarabia<sup>2</sup>, Jorge Freile Almeida<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Ciego de Ávila. Cuba

<sup>2</sup>Ministerio de Agricultura, Acuicultura y Pesca. Pastaza. Ecuador

<sup>3</sup>Universidad Estatal Amazónica. Ecuador

---

## **Resumen**

En el presente trabajo se analizó la variabilidad morfológica del cultivo del cacao existente en la Provincia de Pastaza, en lugares que fueron previamente definidos, donde se seleccionaron plantas con un comportamiento notable en cuanto a producción y resistencia a enfermedades. Fueron valorados 48 individuos, dentro de los cuales se incluyeron tres testigos que fueron los clones CCN-51, ICS-95 y Nacional, caracterizados por su alta producción y calidad industrial, así como resistencia a moniliasis. Se evaluaron 32 variables, tanto cualitativas como cuantitativas del fruto, semillas, hojas y flores con el objetivo de caracterizar los individuos, lo que fue analizado estadísticamente mediante análisis multivariado. Las características de las flores fueron los descriptores que permitieron separar individuos con mayor exactitud, los que se agruparon hacia los clones utilizados como testigos, así como por sectores, lo que demostró regionalización de los materiales analizados respondiendo el sector Triunfo hacia el cacao Nacional, Canelos hacia el ICS95 y el sector Arajuno que no mostró afinidad con los clones testigos. Se seleccionaron 25 árboles destacados.

**Palabras Clave:** Variabilidad morfológica, selección, similitud, árboles rescatados.

## **Abstract**

Presently work was analyzed the morphological variability of the cocoa crop in existence in the Pastaza Province, in places that were previously defined, those were selected plants, that make traps of the behavior of all the notable production and its resistance to illnesses. Forty eight individuals were valued, of which three witnesses were included that were the CCN-51, ISC95 and National

clones, those were characterized by its high production and quality and its resistance to the moniliasis. Thirty two variables were evaluated so much qualitative as quantitative of the fruit, seeds, leaves, and flowers with the objective of characterize the individuals, analyzed statistically by means of multivariate analysis. The characteristics of its flowers were the descriptors that allowed to separate individuals with major accuracy, those that grouped toward the clones utilized as witness, as well as for sectors, what demonstrated regionalization of the materials analyzed responding to the Triunfo area, toward the National cocoa, Canelos trees toward the ICS95 and the Arajuno area that did not show likeness with the clones witness. Twenty five outstanding trees were selected.

**Key words:** Morphological variability, selection, similarity, rescued trees.

## Introducción

La producción mundial de cacao (*Theobroma cacao* L.) en 2012 fue de 5 millones de toneladas, Costa de Marfil es el principal productor mundial con 1,65 millones de toneladas, los países del continente Africano aportan el 69,6%, Asia y Oceanía 17% y América 13,4% del total de cacao producido a nivel mundial, Ecuador registró 133 mil toneladas (FAOSTAT, 2014).

Las plantaciones de cacao están distribuidas en 16 provincias ecuatorianas, ocupan unas 500 mil hectáreas, sin embargo, la mayor concentración se localiza en las provincias de los Ríos, Guayas, Manabí, Esmeraldas y el Oro. En las provincias de Orellana y Sucumbíos, la superficie sembrada se incrementó con cacao tipo Nacional (Quiroz, 2008).

## Introduction

Global cocoa (*Theobroma cacao* L.) production was 5 million tonnes in 2012. The Ivory Coast is the world's largest producer with 1.65 million tonnes. African countries supply 69.6%, Asia and Oceania 17% and the Americas 13.4 % of the world's total cocoa production. Ecuador recorded 133 thousand tonnes. (FAOSTAT, 2014).

Cocoa plantations are distributed across 16 Ecuadorian provinces occupying about 500 thousand hectares, however, the largest concentration is located in Los Ríos, Guayas, Manabí, Esmeraldas and El Oro provinces. In Orellana and Sucumbíos provinces the planted area was increased with Nacional cocoa (Quiroz, 2008).

En la Provincia de Pastaza no se han caracterizado con exactitud los ecotipos y variedades, sin embargo por experiencias de campo se puede indicar que un 98% del cacao existente, corresponde a cacao nacional mezclado con trinitario venezolano, que los colonos en los años 1960 introdujeron desde el litoral ecuatoriano (Vasco, 2008).

El presente trabajo contribuye al conocimiento del cacao existente en la Provincia de Pastaza y aporta información biométrica, morfométrica y potencialidades de los tipos de cacao procedentes de las diferentes fincas que cultivan y explotan esta especie, por lo que el objetivo del mismo fue determinar la variabilidad existente en el cultivo de cacao en la Provincia de Pastaza a partir de características morfológicas y productivas.

### **Materiales y métodos**

La investigación se realizó en plantaciones de cacao de la Provincia de Pastaza, ubicada al Este del territorio ecuatoriano, entre 1°25' y 2°40' de Latitud Sur y los 78° 10' de Longitud Oeste, en los sectores Arajuno, Santa Clara, Canelos y Triunfo que son los de mayor área sembrada de este cultivo, en estos sectores se evaluaron nueve fincas (Tabla 1).

Ecotypes and varieties have not been precisely characterized in the Pastaza province, however, thanks to field experiences it is possible to indicate that 98% of existing cocoa belongs to the Nacional type mixed with Venezuelan Trinitario introduced in the '60s by colonists from the Ecuadorian coast region (Vasco, 2008).

The present work contributes to the knowledge regarding existing cocoa in the Pastaza province and provides biometric, morphometric and potentiality information about cocoa coming from the various farms that grow it. This makes the study's goal the determination of current variability in cocoa plantations within the Pastaza province beginning with morphological and productivity characteristics.

### **Methods and materials**

Research was carried out in cocoa plantations inside the Pastaza province, located east in Ecuadorian territory, between 1°25' and 2°40' of south latitude and 78° 10' of west longitude in the sectors of Arajuno, Santa Clara, Canelos and Triunfo which are the areas most planted with this crop. In this sectors nine farms were assessed (Table 1).

Tabla 1. Simbología de sectores, fincas y selecciones.

Sectores	Fincas	Selecciones (Árboles)
Santa Clara	STAguirre	SSN (1,2,3,4,5)
	STTRujillo	SMP (1,2,3,4,5)
	STSaltos	SAS (1,2,3,4,5)
Canelos	CAAbelardo	CAC (1,2,3,4,5)
	CAMayancha	DCM (1,2,3,4,5)
Arajuno	ARTapuy	APT (1,2,3,4,5)
	ARKaterine	AKC (1,2,3,4,5)
	ARErica	AEM (1,2,3,4,5)
Triunfo	Sr. Naula	TNT (1,2,3,4,5)

Tabla 2. Características climáticas de los sectores de prospección.

Sector	Altitud(msnm)	T.Máx(°C)	T. Min(°C)	T.Medía(°C)	Pluviometría (mm)
Triunfo	1.043	28.5	14.3	21.4	3400
Santa Clara	527- 600	28.0	19	23.5	4000
Arajuno	545	28.0	20.0	24.0	4500
Canelos	500	26	14.5	20.2	4500

Se evaluaron cinco árboles por finca. Se utilizaron tres clones como testigos: Nacional, clon que pertenece al grupo de los forasteros (Crouzillat *et al.*, 2001) y los clones ICS-95 y CCN-51, que son de origen Trinitario (Enríquez, 2004). Los árboles seleccionados fueron evaluados mediante los siguientes indicadores: características de las plantas, frutos, semillas, hojas y flores, según descriptores de Engels *et al.*, (1980). Los indicadores de selección utilizados para determinar los índices de productividad se establecieron según Bekele y Butler

Five trees were assessed per farm. Three clones were used as control: Nacional, clone belonging to the Forastero group (Crouzillat *et al.*, 2001) and clones ICS-95 and CCN-51 of Trinitario origin (Enríquez, 2004). Selected trees were assessed through the following indicators: plant, fruits, seeds, leaves and flowers characteristics according to descriptors by Engels *et al.*, (1980). Selection indicators used to determine productivity indices were established according to Bekele and Butler

(2000) (Tabla 3). El cálculo del índice de semillas (IS) e índice de mazorcas (IM) se realizó según Quiroz (2008).

(2000) (Table 3). Calculation of seed index (IS) and cob index (IM) was done according to Quiroz (2008).

Tabla 3. Indicadores de selección.

Indicadores	Valores de selección
I.A. (Índice de semilla)	Mayor o igual a 1,3
I.M. (Índice de mazorca o fruto)	Menor de 20
Nº de semillas por fruto	Mayor de 30
Color de la semillas	Blancas o poco pigmentadas
Color de brotes apicales	Poco pigmentados

Las evaluaciones se realizaron con los siguientes instrumentos: Balanza digital electrónica (Pionner Tm); estereoscopio digital (Motic), para medir las flores el Software MoticImages Plus 2.0, el diámetro, largo y ancho de las semillas se determinó con el calibrador KEXF-743. Fueron definidos los puntos de ubicación de las localidades con GPS mup76CSx (Garmin).

Assessments were made using the following instruments: Electronic digital scale (Pionner Tm); digital stereoscope (Motic), Motic Images Plus 2.0 Software was used to measure flowers; seeds diameter, length and width was determined with the KEXF-743 calliper. GPS mup76CSx (Garmin) was used to define the location points within the localities.

Todas las variables fueron incluidas en una matriz mixta y se sometieron a un Análisis de Componentes Principales (ACP). Se utilizó el coeficiente de similaridad general de Gower (Kovach, 1999), las muestras se agruparon en una estructura jerárquica bidimensional para construir el dendograma con el método de Ward (1963), contenido en el programa computacional InfoStat versión 1.1 (2002).

All variables were incorporated into a mixed matrix and were subject to a Principal Component Analysis (PCA). Gower's general coefficient of similarity was used (Kovach, 1999). Samples were clustered into a two-dimensional hierarchical structure to build the dendogram using Ward's method (1963), contained in the computer software: InfoStat, version 1.1 (2002).

## Resultados y discusión

Similitudes y diferencias de las plantas seleccionadas y los testigos. Correlación de las variables.

La tabla 4 muestra las correlaciones de cada componente principal con cada variable. Las componentes e1 y e2, definen las características más discriminantes, por lo que permitieron separar los individuos.

## Results and Discussion.

Similarities and Differences of Selected and Control Plants. Correlation between Variables.

Table 4 shows the correlation between each principal component and each variable. Components e1 and e2 define the most discriminating characteristics, they enabled to separate the individuals.

Table. 4. Correlation Matrix

Variables	Componentes				
	e1	e2	e3	e4	e5
Color del fruto	-0,16	0,06	-0,26	0,25	-0,14
Forma del fruto	0,11	0,09	-0,19	0,00	0,20
Rugosidad del fruto	-0,01	-0,10	-0,14	0,34	-0,54
Masa del fruto	0,14	0,35	0,03	0,20	-0,01
Longitud del fruto	0,18	0,28	0,17	0,09	0,15
Altura del fruto	0,13	0,16	0,40	0,06	-0,08
Espesor del fruto al surco	-0,03	0,32	0,05	0,06	-0,34
Espesor del fruto al lomo	0,08	0,28	0,31	0,02	-0,14
Número semillas/fruto	0,12	0,09	0,10	0,33	0,14
Masa de la semilla	0,16	0,13	0,03	0,15	0,12
Longitud de la semilla	0,07	0,28	-0,19	0,01	-0,16
Ancho de la semilla	0,11	0,03	-0,11	-0,42	-0,13
Espesor de la semilla	0,11	0,19	-0,03	-0,35	-0,02

Masa de la semilla con pulpa	0,15	0,30	-0,14	-0,15	0,09
Color de la semilla	-0,06	0,25	-0,19	0,12	0,03
Masa de una semilla	0,06	0,12	-0,30	-0,17	0,14
Índice de semilla	0,10	0,29	-0,26	-0,14	0,06
Color del pedúnculo floral	-0,17	-0,05	-0,22	0,09	-0,10
Longitud de sépalos	-0,28	0,14	0,01	-0,05	0,12
Ancho de los sépalos	-0,28	0,11	0,03	0,02	0,09
Longitud de los pétalos	-0,29	0,09	0,09	-0,03	0,10
Ancho de los pétalos	-0,30	0,06	0,01	0,03	0,05
Longitud de los estaminoides	0,30	0,06	0,01	0,02	0,11
Longitud de ovarios	-0,27	0,13	-0,09	0,01	0,12

La componente 1 mostró la mayor correlación negativa con la mayoría de las variables relacionadas con la flor (longitud y ancho de los sépalos, pétalos, ovario, estilo, longitud del estaminoide), con respecto a las demás variables la correlación es prácticamente nula. En la componente dos ocurre lo contrario, las mayores correlaciones positivas se alcanzan en variables relacionadas con el fruto (masa, largo, espesor del surco, espesor del lomo) y con la semilla (longitud de las semillas, masa de las semillas con pulpa e índice de semillas), con respecto a las demás variables no existió correlación marcada. Estos resultados coinciden con los criterios de Engels *et al.*, (1980), los

Component 1 displayed the largest negative correlation to most flower-related variables (Sepal, petal, ovaries and style length and width, staminode length). With respect to the remaining variables correlation is practically zero. The opposite happens for component 2, the highest positive correlations occurs with fruit-related (Mass, length, furrow thickness, back thickness) and seed related (length, seed and pulp mass, seed index) variables. With respect to the remaining variables no strong correlation was observed. These results agree with criteria proposed by Engels *et al.*, (1980), pointing

que señalan 11 caracteres descriptivos de la flor que fueron incluidos en programas de caracterización de cacao, constituyendo las piezas florales; pétalos y pistilo las que mejor caracterizaron los clones.

### **Análisis de componentes principales por individuos.**

Al analizar el gráfico en dos dimensiones (Figura 1) se aprecia la variabilidad de las observaciones. En la componente 1 se agrupan los individuos que más similitudes poseen tanto con el Nacional como con el ISC95, ubicados estos en el III cuadrante, aunque los más relacionados con el Nacional se agrupan más hacia el centro y los que muestran más similitudes con el ISC95 se alejan más de éste, ellos son los SAS y SSN, tal como se muestra en los agrupamientos realizados en el dendograma. En esta misma componente 1, pero en el cuadrante II, se agrupan individuos que tienen más similitudes con el CCN-51, tal es el caso de los TNT, aunque hay individuos que se encuentran separados, como los DCM1 y DCM5, los cuales presentaron un comportamiento atípico.

that there are 11 descriptive characteristics of the flower, which were included into the cocoa characterization program, with petals and pistils being best for characterizing the clones.

### **Principal Component Analysis by Individuals.**

Analyzing the two-dimensional graph (Figure 1) one can perceive the variability of the observations. In component 1, located in the 3rd quadrant, are grouped individuals most similar to the Nacional and ISC95 varieties though those most related to Nacional are located closer towards the center, while those most similar to the ISC95 are located further away from it, these being the SAS and SSN as shown in the groupings within the dendogram. Regarding the same component 1, but located in the 2nd quadrant are the groups of individuals most similar to CCN-51, such is the case of the TNT, although some individuals are separated, such as DCM1 and DCM5 displaying atypical behavior.



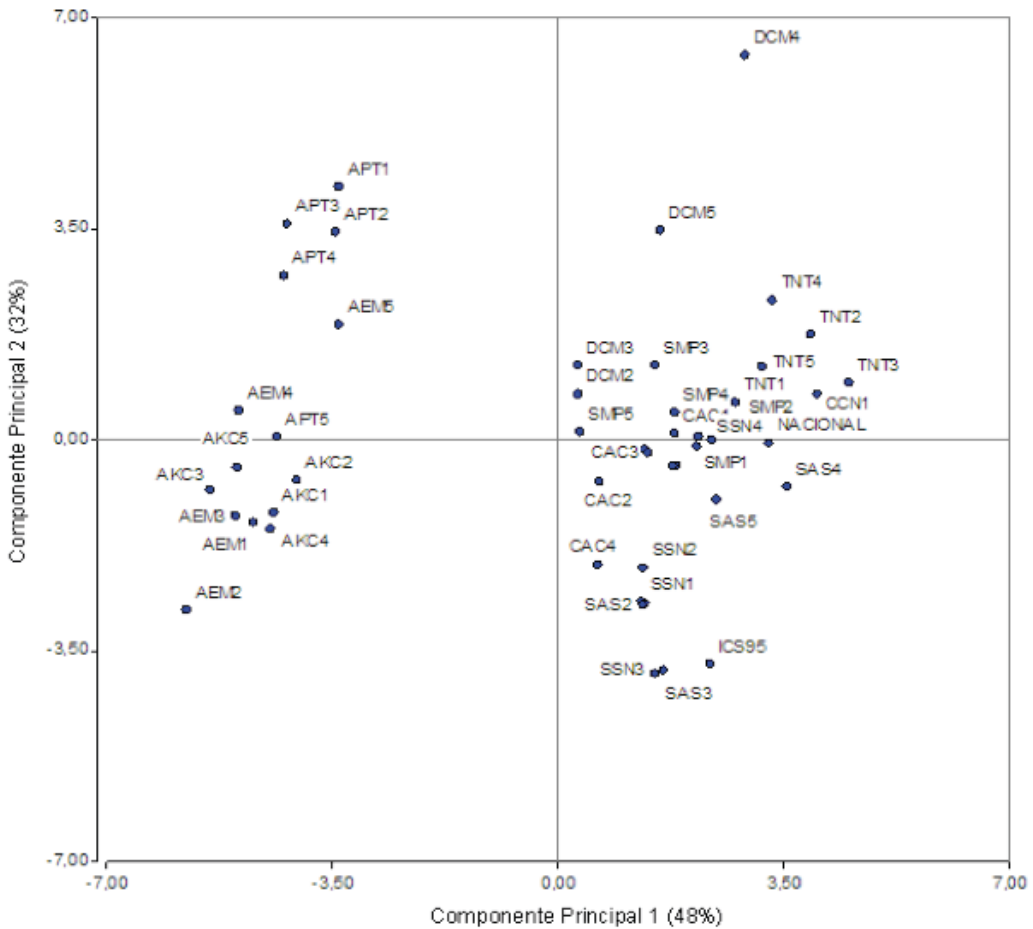


Figura 1. Representación gráfica en dos dimensiones (Componente 1 y 2), acorde con los individuos analizados.

En la componente 2, se agrupan todos los individuos caracterizados como A, los APT en el cuadrante I y los AKC y AEM (Figura 1) en el cuadrante IV, aunque en este caso no se reúnen con ninguno de los clones utilizados como testigos.

La representación gráfica de los componentes principales, corrobora los agrupamientos realizados en el dendograma, aunque existen individuos que se alejan bastante entre sí.

In component 2 were grouped all individuals characterized as A. APT in the 1st quadrant and AKC and AEM (Figure 1) in the 4th quadrant, although in this case they don't cluster near any of the clones used.

Graphical representation of the principal components confirms the groupings appearing in the dendrogram, though there are individuals quite far away from each other.

Ambos procedimientos permiten separar los individuos acorde a su origen o similitud, respecto a los individuos considerados testigos.

En la figura 2 se muestra el dendograma considerando todos los individuos seleccionados, el mismo destaca seis grupos que se señalan en el gráfico y además en la (Tabla 5), donde se aprecia la frecuencia de los individuos por grupo, la acumulada y sus porcentajes.

Both procedures enabled us to separate the individuals according to their origin or similarity with respect to the control individuals.

Figure 2 shows the dendogram considering all selected individuals, in it six groups stand out indicated in the graph and also in (Table 5) where it can be seen the individuals' frequency, accumulated frequency and their percentage per group

Tabla 5. Distribución por grupo de los 45 individuos seleccionados y los testigos.

Grupo	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
1	18	37,5	18	37.5
2	11	22.9	29	60.4
3	8	16.6	37	77.0
4	5	10.41	42	87.5
5	4	8.33	46	95.83
6	2	4.16	48	100.0

Estos grupos conformados según las 32 variables, tanto cualitativas como cuantitativas permitieron evaluar la variabilidad de los materiales valorados, de tal manera que se agruparon o no con los testigos, manifestando sus similitudes o diferencias entre ellos.

El grupo más numeroso (Grupo 1) lo componen individuos de los tipos SAS, SSN, SMP, CAC y DCM, lo que evidentemente desde el punto de vista fenotípico se interpreta como que un gran número de estos

These groups formed based on the 32 variables, both qualitative and quantitative, enabled the assessment of the variability of the studied materials in such a way that they grouped or not towards the controls, displaying similarities or differences between them.

The largest group (Group 1) is formed by individuals of the SAS, SSN, SMP, CAC and DCM types which from a phenotypic perspective can be interpreted as a large number of them being strongly related. In this

tienen muy estrecha relación. En este grupo se encuentra también el clon Nacional, por lo que los individuos vinculados en el mismo, a los cuales se hizo referencia anteriormente tienen relación directa con este clon, el que se utilizó como testigo en este trabajo y que responde al grupo de cacao Nacional, que se ha considerado como un tipo de cacao Forastero amelonado (Motamayor *et al.*, 2003), no obstante se ha comprobado que el cacao Nacional está mucho más cerca del cacao Criollo, debido a sus características genéticas y algunas morfológicas (Luna *et al.*, 2002; Crouzillat *et al.*, 2001), no obstante existe una gran distancia genética entre Forasteros y Criollos (Motilal *et al.*, 2013), aunque están genéticamente emparentados con éstos (Romero *et al.*, 2010).

El grupo 3 que lo conforman ocho individuos del tipo SAS y SSN en su totalidad y al cual pertenece el clon ICS95 utilizado como otro de los testigos, resulta de gran importancia, pues la interpretación fenotípica demuestra que tienen una gran relación entre estos y el testigo, que responde a un cacao Trinitario (Johnson *et al.*, 2009), que tiene según Phillips (2003), resistencia a monilia.

Los grupos, 2 (11 individuos) y 5 (4 individuos) presentaron características bien diferenciales, son todos

group can also be found the Nacional clone; so those individuals linked to this group, which were mentioned before, have a direct relation with this clone which was used as control throughout this study, and belongs to the group of Nacional cocoa which is considered a type of melon-shaped Forastero cocoa (Motamayor *et al.*, 2003). However, Nacional cocoa has been proved to be much closer to Criollo cocoa due to its genetic and morphological characteristics (Luna *et al.*, 2002; Crouzillat *et al.*, 2001), however there is a large genetic distance between Forastero and Criollo types (Motilal *et al.*, 2013) although they are genetically related to these (Romero *et al.*, 2010).

Group 3 consists in its entirety of eight individuals of the SAS and SSN kind and to which the ICS95 clone, used as control, belongs to. This is very important because phenotypic interpretation shows that these are strongly related to the control Trinitario cocoa (Johnson *et al.*, 2009), which are resistant to monilia, according to Phillips (2003).

Groups 2 (11 individuals) and 5 (4 individuals) presented very distinctive characteristics. All belong to type A so we infer they are strongly related, however, they showed no affinity towards any of the controls used. Groups were divided by a red--

del tipo A, por lo que se infiere que guardan relación muy estrecha, pero no mostraron afinidad con ninguno de los testigos utilizados. Los grupos fueron divididos por una línea de coloración roja para poder clasificar y observar la cantidad de grupos e individuos que existe en cada uno.

colored line with the objective of classifying and observing the amount of groups and individuals in each one.

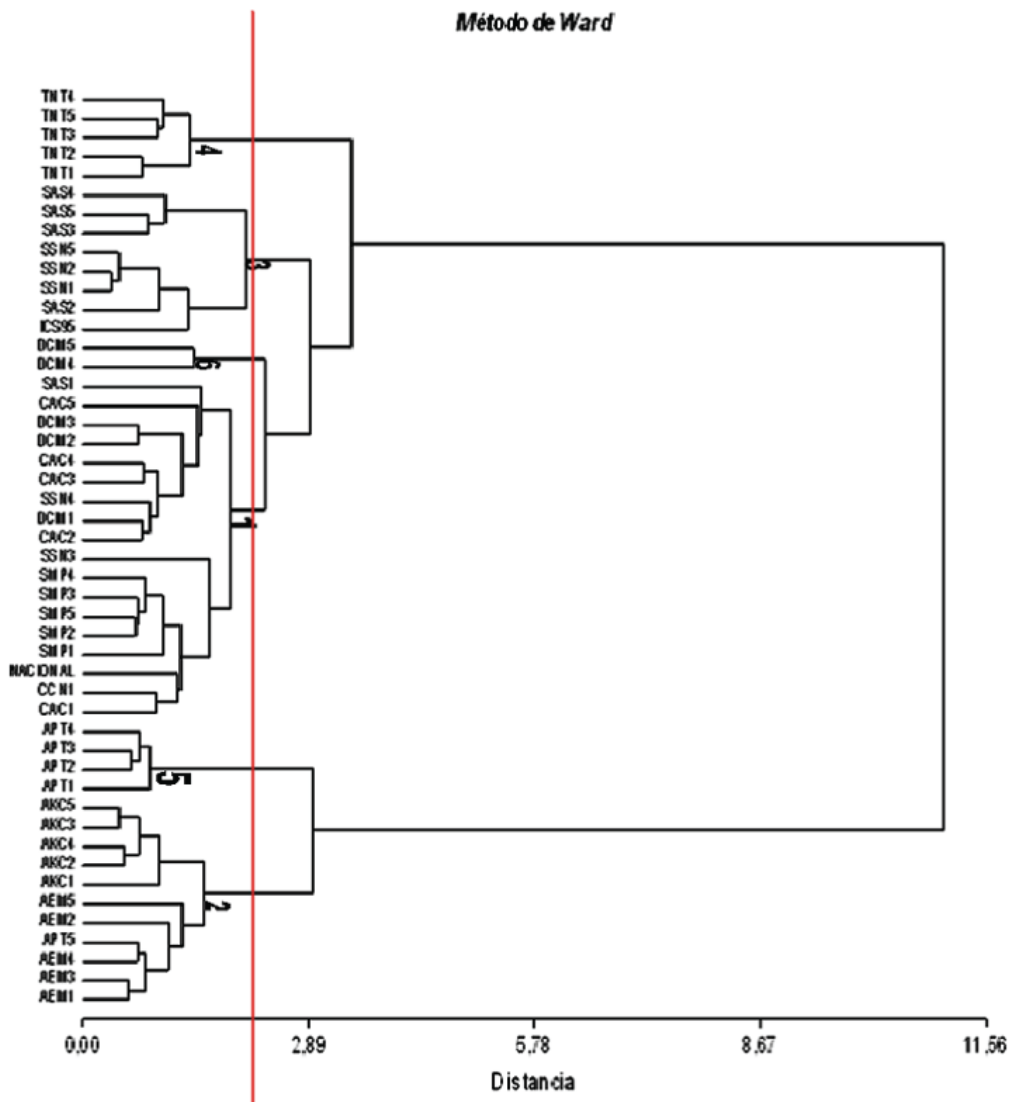


Figura 2. Dendrograma de 45 selecciones de cacao y tres testigos a partir de datos morfológicos mediante el método de Ward.

### **Análisis de componentes principales por sectores.**

En la figura 3 se indican los resultados por sectores, en la componente 1 se agrupan los sectores que tienen similitud con el clon ISC95, específicamente los sectores del Cantón Santa Clara, ubicados en el III cuadrante. Los demás sectores se agrupan y tienen similitud con el clon Nacional y CCN51, estos corresponden a todos los de Canelos, uno de Santa Clara y del Triunfo respectivamente. La finca CAMayancha del sector Canelos se diferencia del grupo del Nacional y CCN51, mientras que la finca del señor Naula del sector Triunfo tiene similitud con el Cacao Nacional.

En la componente 2 se agrupan todos los individuos del sector Arajuno, los individuos ARTapuy en el I cuadrante y los de ARErika y ARKaterine pertenecientes al mismo Cantón, se encuentran en el IV cuadrante, determinándose que en esta componente no hay similitud con los testigos utilizados.

### **Principal Components Analysis by Sectors.**

In figure 3 are shown results by sector. In component 1 are grouped those sectors most similar to the ISC95 clone, specifically the sectors of Cantón Santa Clara, located in the 3rd quadrant. The remaining sectors are grouped and present similarities to the Nacional and CCN51 clones, this corresponds to all those from Canelos, one from Santa Clara and one from El Triunfo respectively. CAMayancha farm located in the Canelos sector differs from the Nacional and CCN51 group, while Mr. Naula's farm in El Triunfo sector presents similarities to Nacional cocoa.

In component 2 are grouped all individuals from the Arajuno sector. Individuals ARTapuy are in the first quadrant while ARErika and ARKaterine, belonging to the same canton, are in the 4th quadrant, thus concluding there is no similarity between this component and the controls used.

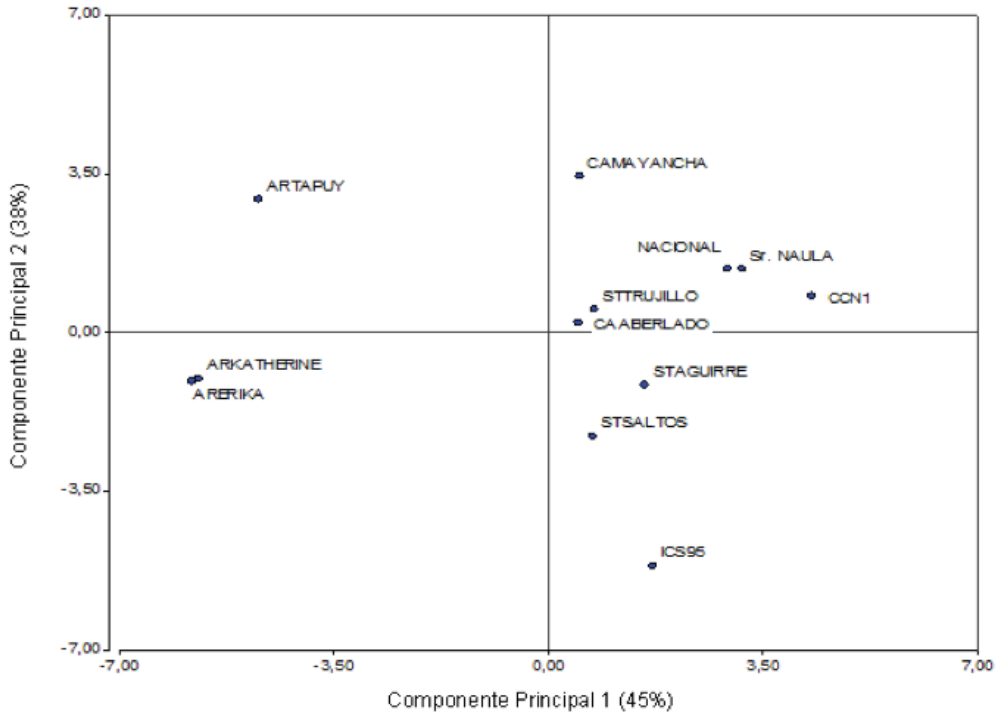


Figura 3. Representación gráfica de las dos dimensiones (Componente 1 y 2), acorde a los 9 sectores de selección.

En la figura 4 se muestra el dendograma, que incluye todos los sectores analizados, en el mismo se destacan tres grupos. El grupo 1 está constituido por cinco sectores, incluido el clon ISC95 utilizado como testigo, en este grupo se encuentran los sectores de Santa Clara y una finca del sector de Canelos.

En el grupo 2 se encuentran la finca CAMayancha y la finca del señor Naula, una ubicada en Canelos y la otra en el Triunfo, dentro de este grupo se ubican los clones utilizados como testigo, Nacional y CCN51, por lo que se supone que existan grandes similitudes de los individuos seleccio-

Figure 4 shows the dendrogram, including all considered sectors. Three groups stand out. Group 1 formed by five sectors, including ISC95 clone used as control; Santa Clara sectors and a farm from Canelos belong to this group.

In group 2 we find CAMayancha and Mr Naula's farm, one located in Canelos and the other in El Triunfo. Nacional and CCN51 clones, used as control, belong to this group, so it is expected to find great similarities between the selected individuals and the controls from this sector. In group

nados con estos testigos en ese sector. En el grupo 3 de la distribución por sectores, los individuos seleccionados no manifestaron similitud con los testigos utilizados, estas tres fincas están dentro del Cantón Arajuno.

Acorde con los análisis realizados por sectores, existe regionalización, por un lado el sector Arajuno que no responde a los clones utilizados como testigos CCN51, ICS95 y Nacional. Por otro, los del sector Santa Clara que están unidos al ICS95 y por último responden al Nacional y CCN51 los del sector Triunfo y Canelos.

Los clones por individuos del sector Canelos; DCM5 y CAC1 (Figura 1) pueden estar relacionados con el clon Bob-3, que es trinitario procedente de la rivera del Rio Bobonaza, en la parte norte de la región amazónica del Ecuador, tiene su explicación en que algunas áreas con árboles silvestres encontrados en la Amazonia hayan sido plantadas con semilla silvestre local. Así mismo estos clones se relacionan con el clon Bob-8 el que también fue estudiado por Quiroz (2002), lo que implicaría que alguno de los clones evaluados contarían en su constitución con genes de clones amazónicos, lo que podría inducir a considerar un posible origen Amazónico de estos materiales Nacionales de Ecuador.

3, selected individuals displayed no similarities to the controls used, these three farms are located within the Arajuno canton.

According to analyses made by sectors, there exists regionalization. First, the Arajuno sector which does not respond to the clones used as control such as CCN51, ICS95, and Nacional. Secondly, those from Santa Clara sector respond to ICS95. Finally, the ones from the El Triunfo and Canelos sectors respond to Nacional and CCN51.

Clones by individuals in the Canelos sector (DCM5 and CAC1 – Figure 1) may be related to the Bob-3 clone of Trinitario type, which comes from the banks of the Bobonaza River in the northern part of the Ecuadorian Amazon. This could be explained by the fact that some areas in the Amazon containing forest trees have been planted with local wild seeds. Furthermore, these clones are related to the Bob-8 clone, also studied by Quiroz (2002), which implies that some of the assessed clones would contain genes from Amazonian clones, this could lead us to believe in a possible Amazonian origin for these national Ecuadorian materials.

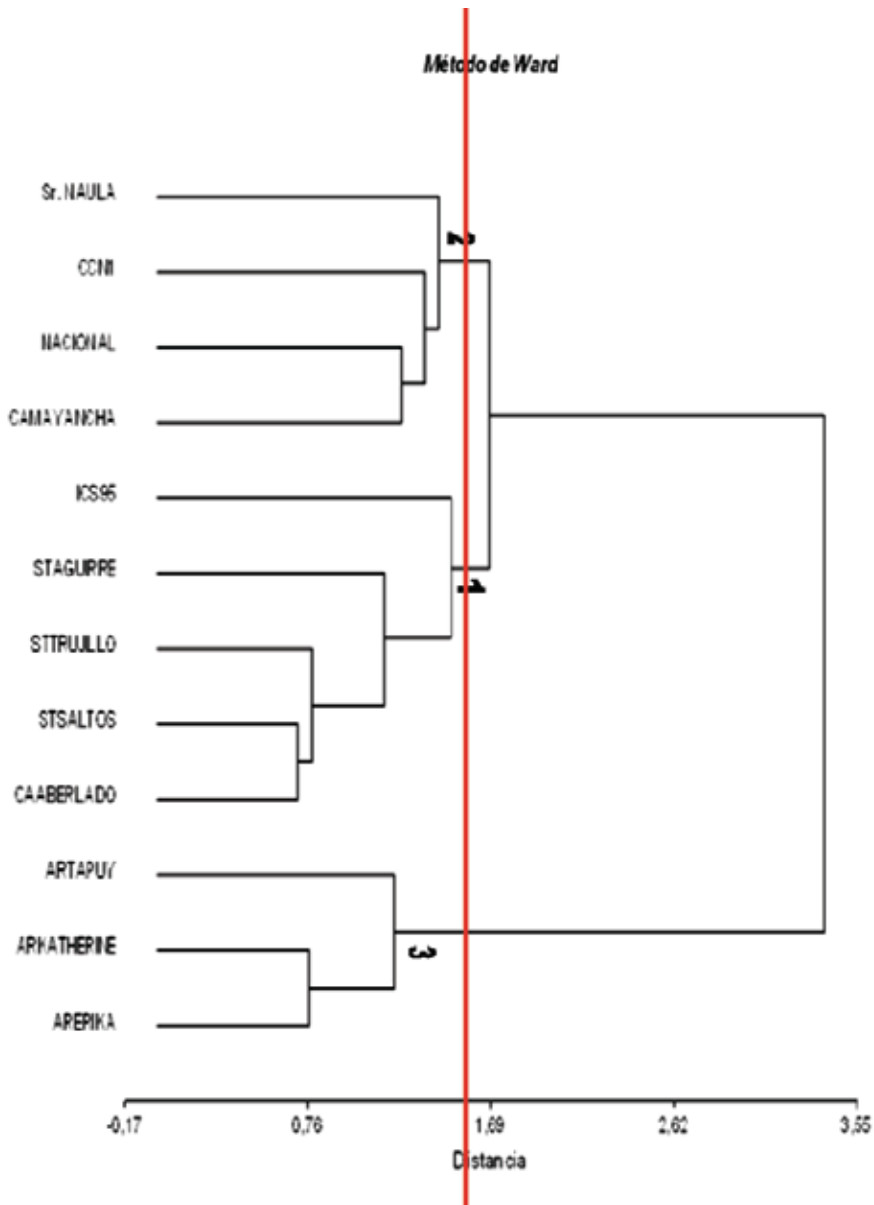


Figura4. Dendrograma de los 9 sectores incluidos en las selecciones de cacao a partir de datos morfológicos mediante el método de Ward.

### Análisis de los indicadores y valores de selección

En la tabla 6 se relacionan los 25 árboles rescatados según los criterios de selección establecidos. Los

### Analysis of indicators and selection values.

The 25 trees salvaged according to the established selection criteria are shown in table 6. The Santa



sectores Santa Clara y Canelos aportaron 18 árboles, destacan aquí 6 con semillas de cotiledones blancos, los que pueden estar relacionados con el cacao Nacional fino de aroma. Existen seis árboles de Arajuno que no presentaron similitud con los testigos en estudio, pero que pueden ser el producto de las hibridaciones ocurridas, ya sea natural o artificialmente entre criollos y forasteros, o de estos con el Nacional. Por último un árbol del Triunfo responde al tipo CCN51.

Clara and Canelos sectors contributed 18 trees, 6 of them standing out with white cotyledon seeds which may be related to Nacional Fino de Aroma cocoa (Arriba cocoa). There are six trees from Arajuno that showed no similarities to those used as control in the study, but they could be the result of hybridization, be it natural or artificial between Criollos and Forasteros, or between these and Nacional. Finally, one tree from El Triunfo responds to the CCN51 type.

Tabla 6.- Análisis de árboles rescatados teniendo en cuenta los indicadores de selección.

PLANTA RESCATADA	INDICE DE SEMILLA ( $\geq 1.3$ )	INDICE DE MAZORCA ( $< 20$ )	SEMILLAS POR FRUTO ( $> 30$ )	COLOR SEMILLA: BLANCA (B) O POCO PIGMENTADA (PP)	COLOR DE BROTES (VERDE)	SECTOR
TNT4	1,4	12,20	48,20	PP	VERDE	TRIUNFO
SAS1	1,3	13,76	42,80	PP	VERDE	STA CLARA
SAS2	1,3	10,16	43,20	B	VERDE	STA CLARA
SAS3	1,3	9,30	25,60	B	VERDE	STA CLARA
SAS4	1,8	6,11	43,00	B	VERDE	STA CLARA
SAS5	1,8	6,21	45,80	PP	VERDE	STA CLARA
SSN4	2,2	9,67	46,80	PP	VERDE	STA CLARA
AKC2	1,5	12,12	32,60	PP	VERDE	ARAJUNO
AEM4	1,5	12,87	36,60	PP	VERDE	ARAJUNO
AEM5	1,5	7,71	48,40	PP	VERDE	ARAJUNO
APT1	1,7	6,88	44,40	B	VERDE	ARAJUNO
APT3	1,5	10,10	33,40	B	VERDE	ARAJUNO
APT5	1,3	10,60	41,20	PP	VERDE	ARAJUNO
CAC2	1,9	12,00	42,60	PP	VERDE	CANELOS
CAC3	1,7	7,71	48,20	PP	VERDE	CANELOS
CAC4	1,5	11,57	35,60	PP	VERDE	CANELOS
CAC5	1,6	12,07	36,00	PP	VERDE	CANELOS
DCM1	1,9	7,86	41,20	PP	VERDE	CANELOS
DCM2	1,8	10,44	32,60	B	VERDE	CANELOS
DCM3	1,9	9,19	33,80	B	VERDE	CANELOS
DCM4	2,2	6,18	47,80	B	VERDE	CANELOS
DCM5	1,8	6,25	49,80	PP	VERDE	CANELOS
SMP2	1,7	7,07	37,20	PP	VERDE	STA CLARA
SMP3	1,6	5,67	40,80	PP	VERDE	STA CLARA
SMP5	1,4	9,65	37,00	PP	VERDE	STA CLARA

## Conclusiones

En este trabajo se demostró que las características de la flor mostraron la mayor influencia en el agrupamiento de los individuos analizados, seguidas por las características del fruto y las semillas, de esta manera el agrupamiento de individuos de forma más numerosa lo integraron árboles identificados como SAS, SSN, SAC y DCM, con similitud hacia el Nacional, de origen forastero y cercano a los criollos. Además, se encontró similitud de algunos árboles identificados como SAS y la totalidad de los SSN con el clon ICS-95, que pertenece al grupo de los trinitarios. Por último, el análisis en los diferentes sectores, indicó que los individuos analizados se agruparon dadas las características de los testigos utilizados de la siguiente forma; el sector Santa Clara hacia el Nacional, el sector Triunfo hacia Nacional y CCN-51, el sector Canelos hacia ICS-95, mientras que el sector Arajuno no mostró similitud con ninguno de los testigos.

De acuerdo al estudio realizado se comprobó que el cacao existente en la provincia de Pastaza mostró variabilidad morfológica, tanto de individuos específicos, así como por la manera de agruparse por sectores.

## Conclusions

This study showed that flower characteristics presented the most influence towards the grouping of the selected individuals, followed by fruit and seed characteristics. In this way the most numerous grouping of individuals was formed by trees identified as SAS, SSN, and DCM, presenting similarities toward the Nacional type of Forastero origin and closely related to Criollos. Additionally, similarities were found between some SAS and all SSN trees with respect to the ICS-95 clone which belongs to the Trinitario group. Finally, analyses by sector showed that the assessed individuals grouped according to the characteristics of the control individuals used, in the following way: Santa Clara sector grouped towards Nacional, El Triunfo towards Nacional and CCN-51, Canelos towards ICS-95, while the Arajuno sector displayed no similarities towards any of the controls used.

According to this study, it was shown that cocoa existing in the Pastaza province displayed morphological variability, both in specific individuals and in the way they grouped by sectors.

## Literatura citada

- Bekele, F. y D.R. Butler. 2000. Proposed list of cocoa descriptors for characterization. In: Working Procedures for cocoa germplasm evaluation and selection (A.B. Eskes, J.M.M. Engels y R.A. Lass, eds.). CFC/ICCO/IPGRI, Montpellier, Francia. Pp. 41-48.
- Crouzillat, D.; L. Bellanger; M. Rigoreau; P. Bucheli; V. Pétiard. 2001. Genetic structure, characterization and selection of Nacional cocoa compared to other genetic groups. International Workshop on New Technologies and Cocoa Breeding. Sabah, Malaysia. Pp. 47-55.
- Engels, J.; B. Bartley; G.A. Enríquez, 1980. Cocoa descriptors, their states and modus operandi. *Turrialba* 30(2):209-218.
- Enríquez, G.A. 2004. Cacao orgánico. Guía para productores ecuatorianos. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Manual No. 54. Quito, Ecuador, Pp. 360
- FAO STAT, 2014. <http://faostat.fao.org/Desktopdefault.aspx?PageID=567&lang=es#ancor>. Consultado 23/12/2014.
- InfoStat. 2002. Versión 1.1. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Johnson, E.; F. Bekele; S. Brown; D. Zhang; L. Meinhardt; R. Schnell. 2009. Population structure and genetic diversity of the Trinitario cocoa (*Theobroma cacao* L.) from Trinidad and Tobago. *Crop Science* 49: 564-572.
- Kovach, M. 1999. A Multi Variate Statistical Package for Windows, ver.3.1. Kovach Computing Services, Wales, UK. Pp. 44-49.
- Motamayor, J.C.; Risterucci, A.M; Heath, M; Lanaud, C. 2003. Cocoa domestication II: progenitor germplasm of the Trinitario cocoa cultivar. *Heredity* 91: 322-330.
- Motilal, L.A; D. Zhang; S. Mischke; L. Mainhardt; P. Umaharan. 2013. Microsatellite-aided detection of genetic redundancy improves management of the International Cocoa Genebank, Trinidad. *Tree Genetics & Genomes* 9: 1395-1411.
- Luna, F.; D. Crouzillat; L. Cirou; P. Bucheli. 2002. Chemical composition and flavor of Ecuadorian cocoa liquor. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 50(12): 3527-32.
- Phillips, W. 2003. Origen, Biogeography, Genetic Diversity and Taxonomic Affinities of the Cacao (*Theobroma cacao*) Fungus *Moniliophthoralareri* (Cif) Evans et al. as Determined using Molecular. Phytopathological and Morpho-physiological Evidence. Tesis PhD. UK, University of Reading. UK. Pp. 349.
- Quiroz, J. 2002. Caracterización molecular y morfológica de genotipos superiores con características de cacao Nacional (*Theobroma cacao* L.). Tesis Mg. SCI-Turrialba. CATIE. Costa Rica. Pp. 131.

- Quiroz, J. 2008. Características agronómicas de nuevos materiales genéticos de cacao preseleccionados en la amazonia sur. INIAP. Santiago de Méndez. Ecuador. Pp. 26.
- Romero, C.A; J.A. Bonilla; E.G Santos; E.L Peralta. 2010. Identificación varietal de 41 plantas seleccionadas de cacao (*Theobroma cacao* L.) provenientes de cuatro cultivares distintos de la Región Amazónica Ecuatoriana, mediante el uso de marcadores micro-satélites. Revista Tecnológica ESPOL-RTE 23(1): 121-128.
- Vasco, M.A. 2008. Avances en el desarrollo de nuevas variedades de cacao en el Ecuador. Situación actual y perspectivas. INIAP. Santiago de Méndez. Ecuador. Pp. 60.
- Ward, J.H. 1963. Hierarchical group to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association* 58(301): 236-244.