



## Caracterización morfológica de cacao nacional boliviano (*Theobroma Cacao L.*) en Sapecho, Alto Beni – Bolivia

### Morphological characterization of Bolivian national cocoa (*Theobroma Cacao L.*) in Sapecho, Alto Beni - Bolivia

*Jesús Reynaldo Marca Mamani y Casto Maldonado Fuentes*

**RESUMEN:**

Se analizaron las características morfológicas y productivas del Cacao Nacional Boliviano (CNB) de 50 genotipos ubicados en la parcela N° 25 de la Estación Experimental Sapecho dependiente de la Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, evaluándose las características productivas, morfológicas y tolerancia a enfermedades (escoba de bruja, mazorca negra y monilia). Se utilizó 32 descriptores cuantitativos y 19 cualitativos en variables de hoja, flor, fruto y semilla. En la interpretación de la información se utilizó el análisis conglomerado, componentes principales y discriminante canónico, donde se observó que el 43% de los individuos estudiados presenta variabilidad fenotípica, conformándose 3 grupos, el I agrupa al 46% de la población con características similares en Textura de hoja, Distribución de lomos, Color de fruto inmaduro, Forma en sección trasversal y Color de cotiledón, el grupo II conforma del 14% de las plantas evaluadas las cuales tienen similitudes parecidas Antocianina en filamentos del pétalo, antocianina en sépalo, pulvino de la hoja, relación largo L/A al punto más ancho, forma de ápice, distribución de los lomos, color de frutos inmaduros, forma en sección transversal y color de cotiledones y en el grupo III el 40% del total de la población de genotipos muestran semejanzas de pulvino de la hoja, distribución de los lomos, color de frutos inmaduros, forma en sección transversal y color del cotiledón. El análisis de componentes principales demostró que 3 variables (peso promedio del fruto, numero de granos por fruto y numero de frutos saludables por árbol) son los que más se destacan y explican el 43 % de la variabilidad. El análisis canónico nos indica que la variable Peso Seco de Semilla por Fruto es la más importante para discriminar entre los 50 materiales de CNB, con el valor positivo más alto (33,39) y (23,20) para el eje1 y eje 2 respectivamente. Los parámetros de productividad están con un índice de semilla 1,0 a 1,1 gramos e índice de mazorca 24 a 34 frutos siendo 5 genotipos (CNB-12, CNB-7, CNB-45, CNB-32 y CNB-5) que muestran estas características además de tolerancia a escoba de bruja y monilia así como moderada tolerancia a mazorca negra.

**PALABRAS CLAVE:**

Caracterización, Cacao Nacional Boliviano, genotipo, tolerancia, productividad.

**ABSTRACT:**

The morphological and productive characteristics of the Bolivian National Cacao (CNB) of 50 genotypes located in plot No. 25 of the Sapecho Experimental Station, dependent on the Faculty of Agronomy, University of San Andrés, were evaluated, evaluating the productive, morphological and tolerance characteristics. to diseases (witch's broom, black cob and monilia). We used 32 quantitative descriptors and 19 qualitative descriptors in leaf, flower, fruit and seed variables. In the interpretation of the information, we used the conglomerate analysis, principal components and canonical discriminant, where it was observed that 43% of the studied individuals present phenotypic variability, with 3 groups being formed, the I groups 46% of the population with similar characteristics in Leaf texture, Loin distribution, Immature fruit color, Cross section shape and Cotyledon color, group II comprises 14% of the plants evaluated which have similar similarities Anthocyanin in petal filaments, anthocyanin in sepal, pulvus in the leaf, long relation L / A to the widest point, shape of apex, distribution of the loins, color of immature fruits, shape in cross section and color of cotyledons and in group III 40% of the total population of genotypes show similarities of the leaf pulp, distribution of the loins, color of immature fruits, shape in cross section and color of the cotil edón. The analysis of main components showed that 3 variables (average weight of the fruit, number of grains per fruit and number of healthy fruits per tree) are the ones that stand out and explain 43% of the variability. The canonical analysis tells us that the variable Dry Seed Weight by Fruit is the most important to discriminate between the 50 materials of CNB, with the highest positive value (33.39) and (23.20) for the axis1 and axis 2 respectively. The productivity parameters are with a seed index of 1.0 to 1.1 grams and ear index 24 to 34 fruits with 5 genotypes (CNB-12, CNB-7, CNB-45, CNB-32 and CNB-5) They show these characteristics as well as tolerance to witch broom and monilia as well as moderate tolerance to black cob.

**KEYWORDS:**

Characterization, Bolivian National Cacao, genotype, tolerance, productivity.

**AUTORES:**

**Jesús Reynaldo Marca Mamani:** Programa de Ingeniería en Agronomía Tropical. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. [reymar\\_06@hotmail.es](mailto:reymar_06@hotmail.es)

**Casto Maldonado Fuentes:** Docente – Investigador. Programa de Ingeniería en Agronomía Tropical. Estación Experimental de Sapecho. Facultad de Agronomía Universidad Mayor de San Andrés. [casmaf@gmail.com](mailto:casmaf@gmail.com)

**Recibido: 15/05/2018. Aprobado: 31/07/2018.**

**DOI:** <https://doi.org/10.53287/sybz3645wq44i>



## INTRODUCCION

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Bolivia se distribuye en las zonas tropicales y sub tropicales de los departamentos de La Paz, Beni, Pando,

Cochabamba y Santa Cruz, donde las tipologías de cacao (plantaciones, sistemas agroforestales, agrobosques, etc.) presentan diversos grupos genéticos, entre los cuales se tiene al cacao en forma

silvestre, bajo la denominación de Cacao Nacional Boliviano con su sigla CNB (July, 2007).

El CNB fue cultivado por grupos originarios como los Mosetenes hace más de 100 años siendo abandonados y en algunos casos reemplazados por material genético introducido que fue trabajado principalmente por inmigrantes del Altiplano y valle.

En Bolivia existe 12,115 hectáreas aproximadamente de CNB, del cual el 40% es aprovechado, teniendo distribuida la producción en los departamentos del Beni (67%), Santa Cruz (24%), La Paz (6%), Pando (2%) y Cochabamba (1%); (Rojas 2011).

El CNB es considerado entre los 18 mejores cacaos del mundo, por su participación en eventos desde 2009 en “Salón du Chocolat” que se realiza en París - Francia, el año 2013 fue su primer galardón con una muestra enviada por la Central de Cooperativas “El ceibo”, el 2015 fueron ganadores la Asociación de Productores de Cacao Silvestre de Carmen del Emero (APROCACE) del Madidi pertenecientes al municipio de Ixiamas - La Paz así mismo la Asociación Agroforestales de la Amazonia Boliviana (APARAB) del municipio de Riberalta - Beni y la Asociación de Productores de cacao del Pueblo Leco (CHOCOLECOS) del municipio de Guanay - La Paz gana la premiación denominada Internacional Cacao Awards (ICA) 2017 como uno de los mejores cacaos del mundo.

En esta investigación se evaluó 50 genotipos de CNB, seleccionados al azar de una población de aproximadamente 500 individuos concentrados en la parcela N° 25 de la Estación Experimental de Sapecho (EES), este material genético fue colectado de las tierras bajas del departamento del Beni, para ser evaluados en ensayos de mediano a largo plazo por técnicos del ex Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA). Siendo específicamente el trabajo la caracterización morfo agronómica.

### **Localización**

El estudio fue desarrollado en la EES, ubicada en la cuarta sección municipal de la provincia Sud Yungas,

departamento de La Paz, a 276 km de la sede de gobierno a una altitud de 430 msnm, a 15°33'49,34" Latitud Sur y 67°19'24,18" Longitud Oeste, con una precipitación promedio de 1800 mm y temperatura media de 25,4 °C.

### **METODOLOGÍA**

Se consideró los descriptores morfológicos recomendados por IPGRI (2000), habiéndose considerado evaluar las hojas, flores, fruto y semilla de 50 genotipos de CNB.

#### **Fase 1. Evaluación de las hojas**

Se tomaron 8 hojas de cada individuo de las ramas plagiotrópicas maduras de la segunda o tercera posición, se evaluaron 6 características cuantitativas (longitud, ancho, relación largo ancho, ángulo apical y ángulo basal) y 6 cualitativas (forma de la base y el ápice, pulvino, textura, color de hojas jóvenes y relación largo al punto más ancho).

#### **Fase 2. Evaluación de la flor**

Se recolectaron 3 flores por cada individuo marcado, y llevar para su medición con equipos correspondientes, se utilizan 12 descriptores cuantitativos (largo de la lígula del pétalo, ancho de la lígula, largo del sépalo, ancho de sépalo, largo de estaminodios, largo de estambre, largo de estilo, largo del pedúnculo, largo del ovario, ancho del ovario, numero de óvulos por ovario y numero de flores por cojín floral) y 4 cualitativos (cantidad de flores por árbol, antocianina en filamentos del pétalo, color del pedúnculo, antocianina en sépalo).

#### **Fase 3. Evaluación de los frutos**

En la recolección de los frutos se realizaron 3 cosechas de cada planta marcada y se evaluaron 8 características cuantitativas (número de frutos roídos y enfermos, frutos sanos, peso promedio por fruto, largo y ancho, espesor de mesocarpio, grosor de mesocarpio y numero de granos por fruto) y 6 cualitativas (forma del fruto, forma del ápice, rugosidad, constrictión basal, distribución de los

lomos, profundidades de surco, color fruto inmaduro).

#### Fase 4. Evaluación de la semilla

De los frutos recolectados, se contabilizo de cada individuo la cantidad de semilla que contiene, se pesó en fresco, posteriormente se sacó una muestra al azar de 5 semillas hasta completar 20 por individuo, luego se hizo fermentar por 8 días, posteriormente secando en un tiempo de 3 a 4 días hasta llegar a una humedad de 7% en el grano y se evalúo 6 características cuantitativas (número de semillas por fruto, peso fresco, peso seco, diámetro, largo y espesor) y 3 cualitativas (forma en sección longitudinal, forma en sección transversal, color de los cotiledones).

#### Fase 5. Determinación de índices de productividad y evaluación de tolerancia a enfermedades (escoba de bruja, mazorca negra y moniliasis)

En el análisis de los índices de productividad y determinación de los grados de tolerancia a enfermedades se consideraron las siguientes formulas

#### Indicé de fruto o mazorca

$$IM = 1000/IS/N^o \text{ Semillas por fruto.}$$

#### Índice de grano o semilla

$$IS = \text{Peso seco de 100 granos}/100$$

La Incidencia a enfermedades se valora:

De 0 – 10% = tolerantes, de 11 – 40%, Moderadamente tolerante, de 41 – 60% Moderadamente susceptible y > a 60% = susceptible. El análisis de la información generada se hizo mediante Conglomerados, Componentes principales y Análisis discriminante.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de variables cuantitativos y cualitativos con base a descriptores de hoja, flor, fruto y semilla.

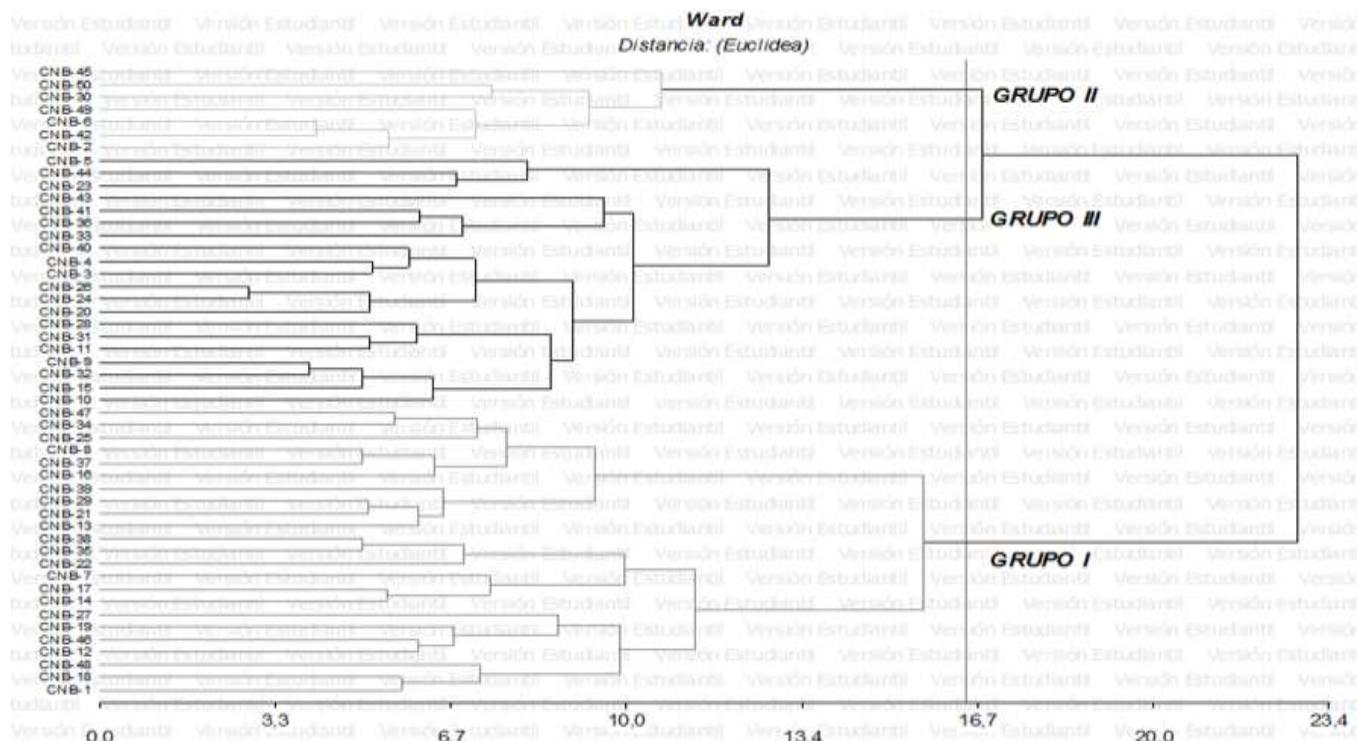


Figura 1. Dendrograma de 50 genotipos de CNB, en base a descriptores morfológicos.

Los resultados de las características cuantitativas (hojas, flores, frutos y semillas) demuestran que la

población de CNB estudiados, se distribuye en tres grupos y separados a una distancia euclíadiana de 16,7,

estadísticamente significativa al 0,95 de probabilidad (Prueba Hotelling) en el Análisis de varianza multivariado.

El grupo (II) conformado por 7 genotipos presentan similitudes en las variables cualitativas como Antocianina en filamentos del pétalo al 100% muy ligero, antocianina en sépalo con 86% ligero, pulvino de la hoja en 100% presente, relación largo L/A al punto más ancho es abovado con 100% , forma de ápice al 100% es apezonado, distribución de los lomos es 100% pareado, color de frutos inmaduros con 86% verde, forma en sección transversal es intermedia al 86% y color de cotiledones el 86% morado.

El grupo (III) agrupa a 20 genotipos las cuales comparten algunas características cualitativas de pulvino de la hoja con 85% ausente, distribución de los lomos con 100% pareados, color de frutos inmaduros con 100% verde, forma en sección transversal con 85% intermedio y color del cotiledón con 80% morado.

Villegas (2004), en el estudio sobre caracterización morfológica de 73 genotipos, afirma que las variables cualitativas fueron las que mejor explicaron la variabilidad entre grupos. El número de semillas planas el color de cotiledón oscuro e intermedio y la presencia de antocianina en filamentos y lígula del pétalo fueron los atributos que más variaron en los tres grupos genéticos de este estudio (complejo, Forastero-trinitario y dos grupos de CNB)

Al respecto July (2007), indica que el peso seco de semilla de cacao nacional en las localidades de Carmen del Emero, Cacachichira, Paltal, San Marcos, Tequeje, Copacabana, Isla de Oro, Macagua, San Silvestre, Santa Fe y Tumupasa, presentan una media de 24,6 gramos por fruto con un máximo de 29,7 y un mínimo de 20,3 gramos y un número de semillas promedio por fruto de 38.

## Análisis de componentes principales para variables cuantitativas

El análisis de componentes principales CP1, CP2 y CP3 explican que existe un 43% de variabilidad fenotípica en los genotipos estudiados de CNB.

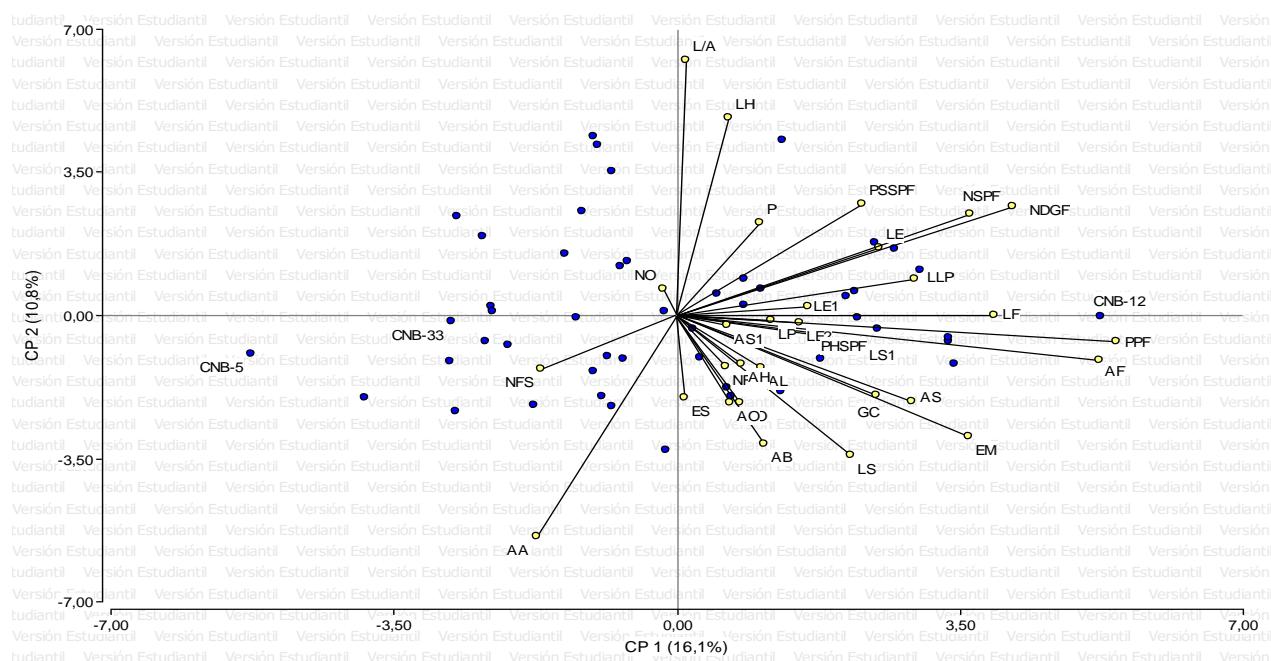


Figura 2. Análisis componentes principales para CP1, CP2 y CP3.

En la Figura 2, el primer componente (CP1) separa las variables de peso promedio de fruto (PPF) y numero de granos por fruto (NDGF) del resto de los descriptores morfológicos, por tanto, la mayor variabilidad entre los descriptores cuantitativos se

### Análisis discriminante canónico

A partir de los auto valores de la expresión  $\text{inv}(\mathbf{E})\mathbf{H}$ , se puede concluir que el eje canónico 1 explica el 63,8% de la variación entre grupos. Como hay tres grupos se generaron dos funciones discriminantes, siendo la primera función discriminante canónica la siguiente:

$$X = 19,03 + 4,17(AL) + 1,33(LE1) + 0,38(LH) - 1,49(P) - 0,05(AA) - 7,40(PPF) - 0,32(GC) - 0,14(NSPF) + 9,45(PHSPF) - 0,27(ES) + 33,39(PSSPF) - 0,49(AS1) + AF(0,12) + 0,02(NFS) + 0,01(AB) - 0,77(AS) - 0,56(LS)$$

$$Y = -20,86 + 0,61(AL) + 0,47(LE1) + 0,06(LH) - 2,03(P) + 0,34(AA) - 9,55(PPF) + 0,77(GC) - 0,08(NSPF) + 7,82(PHSPF) - 1,11(ES) + 23,29(PSSPF) + 0,35(AS1) + 0,59(AF) + 0,01(NFS) + 0,06(AB) - 0,78(AS) + 0,73(LS)$$

A partir de la primera función discriminante estandarizada por las covarianzas comunes puede observarse que la variable PSSPF es la más importante para discriminar entre los 50 materiales de

explica con estas variables. Siendo que los genotipos CNB-12 y CNB-19 están más relacionados a PPF; CNB-48, CNB-50 y CNB-39 a NDGF; CNB-43, CNB-33 y CNB-5 están más asociados a número de frutos sanos NFS.

CNB, con el valor positivo más alto (33,39) y (23,20) para el eje1 y eje 2 respectivamente.

Tabla 1. Análisis discriminante canónico para características morfológicas evaluadas en 50 materiales de CNB.

Variable	Eje 1	Eje 2
Constante	19,3	-20,86
AL	4,17	0,61
LE1	-1,33	0,47
LH	0,38	0,06
P	-1,49	-2,03
AA	-0,05	0,34
PPF	-7,4	-9,55
GC	-0,32	0,77
NSPF	-0,14	-0,08
PHSPF	9,45	7,82
ES	-0,27	-1,11
PSSPF	33,39	23,29
AS1	-0,49	0,35
AF	0,12	0,59
NFS	0,02	0,01
AB	0,01	0,06
AS	-0,77	-0,78
LS	-0,56	0,73

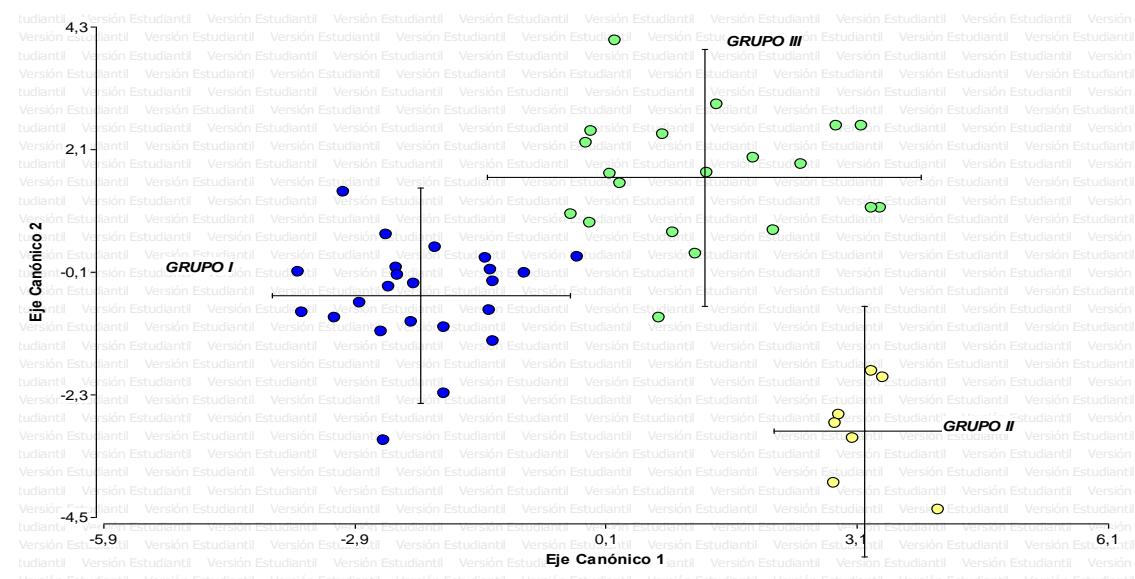


Figura 3. Análisis discriminante canónico para características morfológicas evaluadas en 50 genotipos de Cacao Nacional Boliviano

Los centroides en el espacio discriminante o medias de las funciones por grupo, muestran que el Grupo I se opone al Grupo II en el eje canónico 1. De igual manera se pueden interpretar diferencias entre grupos usando el eje canónico 2. La figura en el eje 2 explica muy poca variación entre los grupos (el autovalor asociado señala que el porcentaje de variación explicada sobre este eje es 0.88%), según el grafico siguiente. Al respecto Villegas (2005), indica que en el análisis canónico, 33 características fueron las que mejor explicaron la variabilidad genética entre grupos. El primer eje canónico contuvo el 68,7% de la variabilidad total; 21,41% de la variación fue contenida en el segundo eje canónico.

### Materiales promisorios de CNB con base a índices productivos e incidencia a enfermedades

El estudio de los 50 genotipos de CNB del material promisorio con base a índices productivos e incidencia a enfermedades, nos muestra que cinco genotipos (CNB-12, CNB-7, CNB-45, CNB-32 y CNB-5) presentan preliminarmente buenas características pudiendo ser considerados como materiales promisorios con un índice de mazorca (IM) que va de 24 a 34, Índice de Semilla (IS) de 0,9 a 1,2 y baja incidencia a enfermedades observándose tolerancia a monilia y escoba de bruja y moderada tolerancia a mazorca negra, como se observa en la figura 4 y se detalla en la tabla 2.

Tabla 2. Descripción de índices productivos e incidencia a enfermedades.

Fenotipos	IM	IS	NFE_EB	NFE_MN	NFE_M
CNB-12	24	1,12	0,0	23,8	0,0
CNB-7	32	1,03	0,0	7,1	0,0
CNB-45	33	0,92	0,0	18,8	0,0
CNB-32	32	1,13	0,0	20,7	0,0
CNB-5	34	1,12	1,7	23,7	0,0

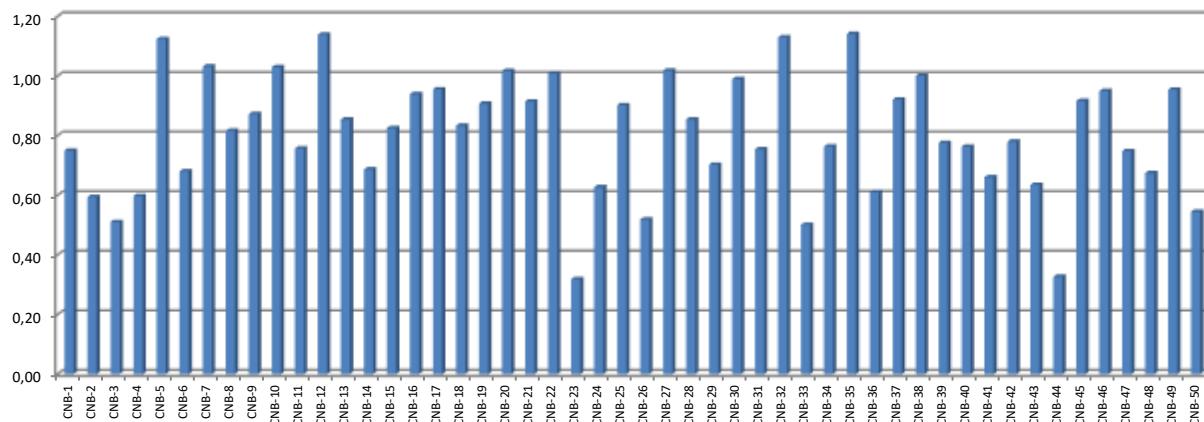


Figura 4. Descripción del Índice de Semilla de 50 genotipos de Cacao Nacional Boliviano

### CONCLUSIONES

El 43% de los individuos estudiados de Cacao Nacional Boliviano presentan variabilidad fenotípica.

El análisis de variables cualitativas y cuantitativas diferencia 3 grupos. El I agrupa al 46% de la

población de CNB con características similares en Textura de hoja (TH), Distribución de lomos (DPL), Color de fruto inmaduro (CFI), Forma en sección trasversal (FST) y Color de cotiledón (CC), el grupo II conforma del 14% de las plantas evaluadas las

cuales tienen similitudes parecidas Antocianina en filamentos del pétalo (AFP), antocianina en sépalo (AS\_A), pulvino de la hoja (PPH), relación largo L/A al punto mas ancho (LHLBA), forma de ápice (AF), distribución de los lomos (DPL), color de frutos inmaduros (CFI), forma en sección transversal (FST) y color de cotiledones (CC) y en el grupo III el 40% del total de la población de genotipos muestran semejanzas de pulvino de la hoja (PPH), distribución de los lomos (DPL) , color de frutos inmaduros (CFI), forma en sección transversal (FST) y color del cotiledón (CC).

El análisis de discriminación canónica nos explica el 63,8% que la variación entre grupos es debida a la variable Peso Seco de Semillas por Fruto (PSSPF) que vendría a ser la más importante para discriminar entre los 50 genotipos de CNB.

El 10% de las plantas evaluadas (CNB-12, CNB-7, CNB-45, CNB-32 y CNB-5) presentan buenos índices productivos y baja incidencia a enfermedades, que alcanzaron un índice de semilla de 1,0 a 1.1 gramos, de 24 a 34 el índice de mazorca y mostrando tolerancia a escoba de bruja y monilia así como moderada tolerancia a mazorca negra.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arciniegas, A. (2005). *Caracterización de Árboles Superiores de Cacao (Theobroma Cacao L.) Seleccionados por el Programa de*

*Mejoramiento Genético del CATIE. CATIE, 1-144.*

Ayester, E. (2009). *Caracterización morfológica de cien arboles promisorios de Theobroma cacao L. en Waslala, RAAN, Nicaragua. UNA, 1-68.*

ESTACION EXPERIMENTAL DE SAPECHO, (2017) *Investigación y Formación, pilares del desarrollo productivo sostenible, Alto Beni - Bolivia.*

July, W. (2007). *Caracterización morfológica y molecular del Cacao Nacional Boliviano y de selecciones elites del Alto Beni, Bolivia. CATIE, 1-101.*

Maldonado, C., Y Cruz, D. (2015). *Manual de prevención, manejo y control de la moniliasis del cacao. UDIC, 1-43.*

Motamayor, C. 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, 1-8.*

Rojas, E.L. (2011). *Generación de un modelo productivo de distribución geográfica de cacao (Theobroma cacao L.) en las comunidades del Trópico de Cochabamba. 1-119.*

Villegas, R. (2005). *Agroforestería en las Américas. Caracterización morfológica del cacao Nacional Boliviano, Alto Beni, Bolivia, 1-5.*