

**Caracterización y Evaluación morfo-agronómica de la colección de germoplasma de soya (*Glycine max* (L) Merr) de la empresa semillas Kamerún SAS – Colombia**

James Serna Uribe

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al Título de Agrónomo

Asesor

Manuel Francisco Polanco Puerta

Ingeniero Agrónomo. Esp. MSc. PhD.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Dosquebradas, Risaralda

2023

## **Dedicatoria**

Con todo el amor a mis cuatro amados hijos y mi hermosa nieta, por ser la fuente de inspiración para superarme cada día y esperando de corazón que esta meta que hoy alcanzo les sirva de motivación e inspiración para realizar cada uno de sus sueños, enfrentando con fe y sabiduría todos los desafíos y retos que dá la vida.

## **Agradecimientos**

A la santísima virgen María y al padre celestial que me acompañan y bendicen a diario con su infinita misericordia.

A mi bella esposa Diana López Rojas, por siempre creer en mí, por acompañarme, apoyarme y motivarme constantemente para alcanzar todos mis anhelos.

Al sr. Carlos Alberto Gómez Jaramillo, por brindarme el apoyo para poder culminar mi carrera profesional.

A Natalia Villada Holguín por su colaboración como compañera en el grupo de investigación de Semillas Kamerún.

Al Dr. Gilberto Bastidas Ramos (Fitomejorador) por sus grandes enseñanzas en el conocimiento del cultivo de la soya.

Al Dr. Manuel Francisco Polanco Puerta (Fitomejorador) por su apoyo y acompañamiento como asesor del Proyecto de Investigación.

## Resumen

La soya (*Glycine max L. Merrill*), ocupa una posición privilegiada entre los cultivos del mundo, como la principal oleaginosa para la alimentación animal y humana, por su alto porcentaje de proteínas (20 a 40%) y de aceites de calidad (15 a 25%), sin embargo en Colombia el principal mercado al que se destina su producción es la elaboración de alimentos balanceados para animales, igualmente este cultivo constituye una alternativa de rotación para un manejo fitosanitario, de control de arvenses y enfermedades, también aporta Nitrógeno al suelo para el siguiente cultivo. Con el objetivo de Caracterizar en términos morfo-agronómicos las accesiones del banco de germoplasma de soya de la empresa Semillas Kamerún, ubicada en el municipio de Obando Valle del Cauca a una altura de 935 msnm, Latitud norte de 4°39'27'', Longitud Oeste de 75°55'31'', Temperatura promedio 25°C, Humedad Relativa del 70%, Precipitación Anual promedio de 1578 mm, suelo franco-arcilloso. Se evaluaron 76 variedades de soya en un área experimental de la empresa, permitiendo el conocimiento de la diversidad genética y las posibilidades de desarrollo de variedades que beneficien tanto al productor como a la agroindustria. Se evaluaron variables como hábito de crecimiento, color de hilium, color de pubescencia, altura de la planta, color de flor, tipo de hoja, entre otras, utilizando la técnica de análisis de conglomerados tanto para los caracteres cualitativos como cuantitativos, las variedades se discriminaron en siete grupos, destacándose el clúster donde se observaron los genotipos de mayor rendimiento, las cuales fluctúan entre 3160 y 4450 kg/ha; sobresalen Fen 1, Cimarrona, SV 109 y Serena.

**Palabras clave:** Accesiones, análisis multivariado, fitomejoramiento, productividad, variabilidad genética.

## Abstracts

Soy (*Glycine max L. Merrill*), occupies a privileged position among the world's crops, as the main oilseed for animal and human food, due to its high percentage of proteins (20 to 40%) and quality oils (15 to 25%), however in Colombia the main market for the production of this crop is the preparation of balanced feed for animals, likewise this crop constitutes a rotation alternative for phytosanitary management, as a control of weeds and diseases, it also provides Nitrogen to the soil for the next crop. With the objective of characterizing in morpho-agronomic terms the accessions of the soybean germplasm bank of the company Semillas Kamerún, located in the municipality of Obando Valle del Cauca at an altitude of 935 masl, north latitude of 4°39'27", West longitude of 75°55'31", average temperature 25-30° Centigrade, Relative Humidity of 70%, average annual precipitation of 1578 mm, loamy-clay soil. 76 soybean varieties were evaluated in an experimental area of the company, thereby allowing knowledge of genetic diversity and the possibilities of developing varieties that benefit both the producer and the agro-industry. Variables such as growth habit, hilum color, pubescence color, plant height, flower color, leaf type, among others, were evaluated using the cluster analysis technique for both qualitative and quantitative characters, the varieties were discriminated in seven groups, highlighting the cluster where the highest yield genotypes were observed, which fluctuate between 3160 and 4450 kg/ha; Fen 1, Cimarrona, SV 109 and Serena stand out.

**Keywords:** Accessions, multivariate analysis, plant breeding, productivity, genetic variability.

## Tabla de contenido

Introducción.....	10
Planteamiento del problema.....	11
Justificación.....	13
Objetivos.....	14
Marco teórico.....	15
Metodología.....	30
Análisis estadístico.....	32
Resultados y discusión.....	33
Conclusiones.....	48
Referencias bibliográficas.....	49
Apéndice.....	64

## Lista de tablas

<b>Tabla 1</b> Grupos de clasificación de soya .....	25
<b>Tabla 2</b> Caracteres genéticos.....	31
<b>Tabla 3</b> Análisis de Correspondencia.....	36
<b>Tabla 4</b> Estadísticas descriptivas.....	38
<b>Tabla 5</b> Desviación estándar .....	39
<b>Tabla 6</b> Valores de matriz de correlación .....	43
<b>Tabla 7</b> Contribuciones de las variables.....	45
<b>Tabla 8</b> Relación funcional .....	47

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> Dendograma de caracteres cualitativos.....	34
<b>Figura 2.</b> Biblot caracteres cualitativos.....	37
<b>Figura 3.</b> Dendograma de caracteres cuantitativos.....	41
<b>Figura 4.</b> Biplot de caracteres cuantitativos.....	44
<b>Figura 5.</b> Diagrama ruta.....	63

## Lista de Apéndices

<b>Apéndice A</b> Análisis de Conglomerados, caracteres cualitativos .....	55
<b>Apéndice B</b> Análisis de Conglomerados, caracteres cuantitativos. ....	58
<b>Apéndice C</b> Modelo Factorial, variables cuantitativas .....	62

## Introducción

La Soya o Soja (*Glycine max*) procedente del sureste asiático es una planta indispensable para la economía mundial por sus propiedades nutricionales dado a sus altos contenidos de proteínas y de ácidos grasos, muy apetecida en la alimentación humana como animal. Es originaria de China, en donde fue cultivada desde hace más de 11 mil años, a América ingresa por los Estados Unidos, y se cultivó al lado de las grandes ciudades con complejos industriales, como Detroit patrocinadas por empresas como la Ford. A Colombia fue traída en 1928 por el ingeniero Carlos Duran Castro a su regreso de los Estados Unidos y ya para el año 1962 habían sembradas más de 10 mil hectáreas en el Valle del Cauca.

La soya sigue siendo un cultivo de importancia en Colombia para la producción de aceite y de alimento concentrado para los animales, pero requiere de volver a recuperar las áreas de siembra que en otros tiempos lo colocaron como un país productor, que generó empleos e impacto económico en especial en suelos del Valle del Cauca, ahora las mayores áreas de siembra se encuentran en los llanos orientales, principalmente en la zona de la altillanura colombiana, que para el año 2020 se sembraron 39.793 hectáreas, que representaron el 85 % del área total cultivada con soya en Colombia. Sin embargo, tal producción no es suficiente para abastecer satisfactoriamente la demanda interna del país, ya que para el mismo año se importaron 481.983 toneladas de fríjol de soya, (Fenalce, 2020), siendo los llanos orientales una zona, en donde existe potencial para establecer más de 500 mil hectáreas con el cultivo de la soya.

## Planteamiento del problema

La producción de variedades mejorada de soya en Colombia fue inicialmente obra del Instituto Colombiano Agropecuario ICA quien desde 1960 hasta 1992 liberó más de 15 variedades mejoradas que permitieron gran adaptación y alta producción de la soya en especial en los suelos del Valle del Cauca; a partir de 1970, la empresa privada también contribuyó a la producción de variedades mejoradas de soya, liberando más de 10 variedades, por medio de selección e hibridación de las introducciones. Con la reducción en los últimos años de las áreas de siembra de soya en el Valle del Cauca, algunas empresas establecidas como lo son semillitas de soya, desaparecieron del mercado; solo unas pocas como Semillas Kamerún SAS persisten en su empeño de producir semillas certificadas de calidad del cultivo de la soya.

Con el resurgimiento del cultivo de soya en Colombia, ya en suelos de los llanos orientales, la producción de semilla para abastecer la demanda de estos productores estableció nuevos retos, pues las condiciones de suelos y de clima son completamente diferentes a las condiciones agroecológicas del Valle del Cauca. Fue necesario entonces obtener nuevas variedades de soya que se adaptaran a las condiciones específicas de los agroecosistemas del piedemonte llanero y la altillanura, entre los cuales se encuentran Soyica Ariari 1, Corpoica Orinoquia 3, Soyica Altillanura 2, Corpoica Taluma 5 y Corpoica Superior 6 (Valencia, 2006).

Semillas Kamerún SAS cuenta con un banco de germoplasma ex situ en campo con más de 76 acciones, que es un verdadero patrimonio vegetal, para la obtención de nuevas variedades de soya de alta calidad, que permitan a sus productores mejorar el rendimiento por hectárea y así

satisfacer la alta demanda. interna, aprovechando las oportunidades comparativas de las tierras del piedemonte llanero y de la altillanura colombiana.

Por lo tanto, se plantea la siguiente pregunta de investigación. ¿Es posible conocer las características morfo-agronómicas de las accesiones de soya del Banco de Germoplasma de soya de la empresa Semillas Kamerún SAS en Valle del Cauca – Colombia, que permitan reconocer su potencial de rendimiento?

## Justificación

La soya ha sido un cultivo de gran importancia en el Valle del Cauca, en donde hasta el año 1990 sembraron más de 120 mil hectáreas, logrando los más altos niveles de rendimiento en el mundo, estos alcanzados principalmente por la entrega a los productores de variedades mejoradas, adaptas a las condiciones agroecológicas y de suelo de la región, para el año 2022 solo se sembraron unas 2230 hectáreas, al haber sido desplazada por los cultivos de caña de azúcar, que presentan un mayor índice de rentabilidad en la región; pero sigue siendo el Valle la región más apta para la producción de semilla de soya, por sus excelentes condiciones agroecológicas, para atender la demanda de semilla de calidad de los productores de soya de los Llanos orientales, quienes sembraron cerca de las 40 mil hectáreas con una proyección creciente.

La empresa Semillas Kamerún SAS, responsable de sus funciones de investigación y conservación de la variabilidad genética de la soya presente en su banco de germoplasma, el cuál ha sido utilizado en su programa de mejoramiento de la soya, reconoce la importancia de identificar el potencial agronómico que se conserva en su banco. Logrando así entregar a los productores, variedades mejoradas, adaptadas a condiciones agroecológicas particulares de varias regiones del país,

El presente trabajo de investigación contribuirá al conocimiento de la variabilidad genética de la soya, existente en el banco de germoplasma de la empresa Semillas Kamerún, generando de esta forma, la información básica necesaria para continuar fortaleciendo el programa, que contribuya a la obtención de nuevas variedades de soya que den respuesta a los requerimientos de los consumidores y de las nuevas regiones productoras de soya del país.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Caracterizar morfoagronómicamente las accesiones del banco de germoplasma de soya de la empresa Semillas Kamerún SAS.

### **Objetivos específicos**

Determinar la variabilidad de los caracteres cualitativos en la colección de soya del banco de germoplasma de la empresa “Semillas Kamerún SAS” de Colombia.

Evaluar las características cuantitativas de importancia agronómica de las accesiones de soya de la colección de soya de la empresa “Semillas Kamerún SAS” de Colombia.

## Marco teórico

### Origen

La soya (*Glycine max* (L) Merrill) es una especie originaria del norte y centro de China, desde donde se esparció al rededor del mundo iniciando por la India en el siglo XVII, Ceilán (hoy Sri Lanka) y Malasia (zona continental de la actual Malasia). Alrededor de 1740 se incorpora a la colección del Jardín Botánico de París, ya en 1804 es introducida a los Estados Unidos de América y posteriormente a finales del siglo XIX e inicios del XX llegó a países del sur del continente americano (Guamán, 2006; Haro y Pacheco. 2013). La soya se constituye en materia prima fundamental para la producción de harinas y aceite para consumo humano, sin embargo, en Colombia, el principal mercado al que se destina la producción de este cultivo es la elaboración de Alimentos Balanceados para Animales.

Es un cultivo muy importante para la economía global, siendo la oleaginosa más cultivada y el cuarto grano más producido en el mundo, después del maíz, trigo y arroz (Martins et al, 2011; Garcés et al, 2014). Es una base importante de la industria vegetal, pues es fuente de proteína vegetal (36-42%) en la alimentación tanto para el hombre como para animales; constituye una especie estratégica por su alto contenido de aceite 18-22 % (Haro y Pacheco. 2013; Bologna et al., 2006; Garcés et al., 2011).

A nivel mundial la superficie cosechada de soya en el 2021 fue aproximadamente 132.510.000 hectáreas, de las cuales el 75% corresponde al continente americano, siendo Brasil,

Estados Unidos y Argentina los países con mayor área cultivada; China e India representan el 21% de la producción mundial (Napa, 2011). De acuerdo con la FAO (2009) Colombia solo produce el 0,023% de la producción global.

### ***Botánica de la especie***

#### **Taxonomía**

Diversos autores como la FAO (1995), Saumell (2005), Guamán (2005), Napa (2011), Cedeño (2012) y Haro & Pacheco (2013) clasifican la especie de acuerdo con:

**Reino:** *Plantae*

**Subreino:** *Cormobionta*

**División:** *Spermapophyta*

**Subdivisión:** *Angiospermae*

**Clase:** *Dicotyledoneae*

**Subclase:** *Archichlamydae*

**Orden:** *Rosales*

**Suborden:** *Leguminosinae*

**Familia:** *Leguminosae*

**Subfamilia:** *Papilionaceae, Fabaceae*

**Tribu:** *Phaseoleae*

**Subtribu:** *Phaseolinae (Glycininae)*

**Género:** *Glycine L.*

**Subgénero:** *Glycinesubg*, Soja (Moench)

**Especie:** *Glycine max* (L.) Merrill.

### **Descripción Botánica**

La soja es una planta anual, herbácea que presenta una amplia variabilidad morfológica y genética debido al gran número de variedades existentes, en cuanto a los caracteres morfológicos algunos son variables y otros constantes, dentro de los caracteres genéticos estos influenciados por el ambiente resultado de la interacción genotipo y el medio ambiente (Guamán, 2005).

### ***La Semilla***

Estas son amarillentas, aunque existen otros tonos poco frecuentes como marrón, negro y verdes además son esféricas (Gavidia, 2013). La semilla es un embrión protegido por una fina cubierta seminal o pericarpio. Está cubierta protege al embrión de agentes infecciosos tales como hongos y bacterias en postcosecha (Guamán, 2005).

En la semilla principalmente se distinguen dos partes: el tegumento o capa protectora y el embrión, donde se encuentran los órganos básicos de formación de la planta adulta, y los cotiledones u hojas embrionarias con tejidos de reserva, que contienen fundamentalmente aceite y proteínas. En el centro de la superficie de la simiente se localiza el hilo, zona de forma elíptica que constituye una característica importante para diferenciar los cultivares. (Durango et al. 2008).

Las semillas de soya pueden tener el tamaño de un guisante, su tamaño es mediano (100 semillas pesan de 5 a 40 gramos, aunque en las variedades comerciales oscila de 10 a 20 gramos). La semilla es rica en proteínas y en aceites. En algunas variedades mejoradas presenta alrededor del 40-42% de proteína y del 20-22% en aceite, respecto a su peso seco. En la proteína de soya hay un buen balance de aminoácidos esenciales, destacando lisina y leucina (Guamán, 2005).

### ***La Raíz y los Nódulos***

La germinación inicia cuando la radícula emerge de una hendidura en la cubierta seminal la cual es la encargada de la adsorción de agua, nutrientes y permite la fijación de la plántula al suelo (uno o dos días después de la siembra), luego se inicia la formación de las raíces secundarias, terciarias y partir de la parte inferior del hipocótilo brotan raíces adventicias.

Posteriormente, nacen los pelos radicales cerca de la punta de la raíz principal y de otras raíces jóvenes. El crecimiento de las raíces es continuo hasta el periodo de llenado de las semillas alcanzando una profundidad 1,5m, justo ante de que la semilla alcance su madurez fisiológica, sin embargo, el mayor volumen se encuentra en los primeros 0,30m (Guamán, 2005).

Las raíces de la soya, como las de todas las leguminosas, tienen la particularidad de asociarse con bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico (*Bradyrhizobium Japonicum* y *Rhizobium*) las cuales al estar en asociación con las raíces de la planta forman unos nódulos. Dentro de éstos, está la bacteria que toma el nitrógeno preferentemente del aire y lo convierte en

un pequeño depósito de este elemento, que es rápidamente aprovechado por la planta para su propia nutrición y crecimiento. Para realizar la fijación del nitrógeno atmosférico en orgánico, la bacteria necesita energía que se la suministra la planta en forma de carbohidratos. Como este es un producto de la fotosíntesis, es necesario que la planta reciba abundante luz solar. Guamán, R. (2005).

Los nódulos se pueden observar en condiciones de campo a los seis días posteriores a la siembra; de siete a quince días después se puede corroborar la fijación del nitrógeno, esta fijación se prolonga hasta que el nódulo cumpla de 45 a 55 días de edad momento en que comienza su senescencia. Un “nódulo” cuando está sano y activo presenta su interior un color rojo-rosado, en caso contrario su color es verde o blanco. El tamaño y número de nódulos depende de varios factores, entre ellos, el suministro de inoculante, características del suelo, luz y variedades.

### ***El Tallo***

Este comienza con la emergencia del hipocótilo del suelo y termina con la formación de la semilla. Cuando las condiciones de profundidad, humedad y temperatura del suelo son ideales, la plántula emerge a los cinco días de haber sido sembrada. El tallo presenta una consistencia leñosa, cilíndrico, normalmente verde, aunque se pueden encontrar otras coloraciones y la longitud puede variar entre 15 – 200cm, (Nato, 2011) en ese orden de ideas la altura de la planta está influenciada por el hábito del tallo que puede ser “determinado” cuando lleva una inflorescencia terminal, de la cual normalmente se desarrolla un racimo de frutos e “indeterminado”, cuando no lleva en el ápice del tallo un racimo de flores (Saumell, 2005); otro

factor determinante de la longitud de la planta es la variedad así mismo se puede evidenciar que el tallo se presenta como erecto, aunque se pueden encontrar formas semitrepadoras y trepadoras. Del tallo principal se originan ramificaciones de entre 2 – 8 (Guamán, 2005; Cedeño, 2012).

### ***Las Hojas***

Las hojas primarias o unifoliadas son opuestas y están insertas en el nudo inmediatamente superior a los cotiledones (Nato, 2011). Las restantes hojas, tanto del tallo principal como de las ramificaciones son trifoliadas (ocasionalmente algunas tienen cuatro o cinco foliolos) y dispuestas en forma alternas. La forma de los foliolos varía entre ovalada a lanceolada, siendo la más frecuente entre las variedades comerciales la ovalada. En cuanto al color de los foliolos éstos dependen de la variedad, edad del cultivo y condiciones ambientales. Los foliolos de las hojas trifoliadas maduras generalmente varían en tamaño de 4 a 20 cm de longitud y de 3 a 10 cm de ancho. Los foliolos presentan bordes enteros. (Guamán, 2005; Nato, 2011).

### ***Las Flores***

Las flores son autóгамas, lo que significa que existe autofecundación en el interior de estas. Ello permite preservar todas las características de las plantas originales, aunque la propagación se realice por medio de semillas. La polinización cruzada no sobrepasa el 1%. (Euroagro, 2011)

La iniciación de la floración depende de la variedad, temperatura y el fotoperiodo. Las flores aparecen en las axilas de las ramificaciones y/o raquis de las hojas en racimos compactos o flores espaciadas en racimos largos. El número de flores por racimo puede ir de 5 a 10. En general, las variedades “determinadas” tienen mayor número de flores por racimos que las “indeterminadas” (Guamán, 2005).

En cultivos comerciales, desde la aparición de la primera hasta la última flor transcurren aproximadamente 15 días. La flor mide de 6 a 7 mm de longitud. La flor tiene un cáliz tubular y una corola de cinco pétalos los cuales son de color blanco, púrpura, o con la base púrpura y el resto de la corola blanco. El pétalo más grande denominado “estandarte” se encuentra en la parte posterior. Dos pétalos laterales denominados “alas” y dos delanteros forman la estructura denominada “quilla”. La flor tiene ovario, diez estambres (nueve soldados y un libre) y un pistilo. La soya tiene un alto porcentaje de aborto (20-80%) en flores durante el ciclo inicio de floración hasta la formación de semillas (Guamán, 2005).

### ***El Fruto***

El fruto es una vaina o legumbre que puede contener hasta cuatro granos y rara vez cinco granos, las vainas pierden su color verde a medida que avanza la madurez fisiológica y dependiendo la variedad, los colores van desde: amarillo claro, amarillo grisáceo, castaño o negro. La forma de las vainas puede ser recta o ligeramente curvada de 2-7 cm y 1-2.5 cm de diámetro. Las variedades comerciales de soya presentan vainas, generalmente indehiscentes, con 1, 2 o 3 semillas, (Guamán, 2005; Haro y Pacheco, 2013).

## **Condiciones edafoclimáticas**

La soya se encuentra cultivada en altitudes que van desde los 0 – 1700 m.s.n.m. en ese sentido, para un óptimo desarrollo del cultivo se debe tener en cuenta los rangos edafoclimáticos de acuerdo a las necesidades de la planta y teniendo en cuenta el potencial genético de la variedad utilizada. (Macías 2011 y Paredes, 2014).

### ***El Suelo***

El cultivo no es muy exigente en suelos muy ricos en nutrientes, por lo que a menudo es un cultivo que se emplea como alternativa para aquellos terrenos poco fertilizados que no son aptos para otros cultivos, sin embargo, los suelos deben tener un buen drenaje, con textura franco o franco arcilloso y pH que estén desde 6 – 7,4, la soya tolera suelos ligeramente ácidos, además, requiere materia orgánica alrededor de 3.5% y que sean profundos (García y Permuy, 2003 y Jiménez, 2006).

### ***La Temperatura***

Para un óptimo desarrollo de la soya las temperaturas, deben estar comprendidas entre los 20 y 30°C, en ese sentido 30°C es la ideal para el crecimiento, sin embargo, cada fase vegetativa requiere unas condiciones de temperatura muy particulares. La floración se desarrolla de buena manera a temperaturas promedio de 25°C, aunque la floración inicia desde los 15 °C. El crecimiento vegetativo a temperatura por debajo de los 10°C es casi nulo y frenándose por

completo a temperaturas inferiores 4°C sin embargo las plantas pueden sobre vivir a las heladas, cuando las temperaturas son iguales o mayores a los 40°C genera efectos nocivos para la planta retrasando el crecimiento, provocando daños en la fase de floración y por ende diezmando la capacidad de la planta para retener legumbres (Jiménez, 2006).

### ***La Humedad***

El agua es de los factores más importante para la producción de soya, ya que de su disponibilidad dependen etapas esenciales en el ciclo vegetativo. Para la germinación la semilla requiere un contenido de humedad del 50% de su peso aproximadamente, sin embargo, la excesiva humedad en el suelo no favorece la germinación debido a la baja disponibilidad de oxígeno.

Variables como altura de planta, el número de nudos, el diámetro del tallo, el número de flores, el número de semillas y su peso, son caracteres que están positivamente relacionados con la humedad del suelo. la falta de humedad causa la máxima reducción en el rendimiento, siendo más crítica durante las etapas de inicio a completa formación de semillas (Nato, 2011).

Durante su cultivo, la soya necesita entre 400-700 mm de agua, que pueden ser en forma de riego o bien en forma de lluvia en aquellas zonas templadas húmedas donde las precipitaciones son suficientes. (Nato, 2011 y Pimentel, 2015).

La soya tiene una alta demanda de agua durante su ciclo, siendo durante el ciclo de crecimiento la mayor demanda dado a que en esta etapa se forma la materia seca y menor gasto

de agua en la fase de madurez especialmente en la época de la cosecha, de esta manera las épocas de siembras se deben programar teniendo en cuenta los periodos de lluvia. (CUNORI, 1987 y Jiménez, 2006).

Las plantas que son expuestas a exceso de humedad al inicio del ciclo vegetativo desarrollan mayor superficie foliar, en ese sentido, dicha situación puede traer efectos negativos cuando estas mismas plantas sean expuestas a restricciones de humedad en el suelo. En variedades de ciclo más largo la susceptibilidad a la diferencia hídrica es menor (Jiménez, 2006).

A lo largo del ciclo de la soya se pueden determinar dos momentos en los cuales la demanda de agua es abundante y muy necesaria: desde la siembra a la emergencia, y durante la fase de formación y desarrollo de los órganos reproductivos (floración, formación y llenado de las vainas). Durante la germinación el déficit y el exceso de humedad es nociva para las semillas, sin embargo, el exceso de humedad es más perjudicial que el déficit (Salinas *et al.*, 1989; Nato, 2011 y Jiménez, 2006).

### ***La Luz***

La luz provoca el enderezamiento del gancho hipocotilar, promueve la síntesis de clorofila en los tejidos expuestos al sol, incluso los cotiledones, que se vuelven verdes y quedan horizontales a cada lado del eje comenzando la expansión de las dos hojas unifoliadas y la primera trifoliar (Jiménez, 2006).

Según Rosas y Young (1991), la soya en el campo sólo florece cuando los días se acortan bajo un valor crítico para una determinada variedad, por esto es llamada planta de días cortos. Esta respuesta al fotoperiodo es un factor importante en la producción de soya. La planta permanecerá en estado vegetativo casi indefinidamente si los días son suficientemente largos, y algunas variedades florecerán en menos de un mes si los días son muy cortos. El fotoperiodo ha sido reconocido como el principal factor en la determinación del área de adaptación y el tiempo de maduración de las variedades. En la siguiente Tabla se presenta los diferentes grupos en los que se clasifica la soya según su tiempo para la maduración.

**Tabla 1**

*Grupos de clasificación de soya*

Grupo	Ciclo en días
00	90 - 95
0	105 - 110
I	112 - 118
II	122 - 128
III	132 - 135
IV	137 - 147
V	152 - 163
VI	168 - 175
VII	178 - 188
VIII	190 - 195

*Nota:* Esta tabla muestra los grupos de clasificación de soya según tiempo de maduración.

Tomado de MAPA 1973

## Mejoramiento genético de la soya en Colombia

De acuerdo con Mederos y Ortiz (sin fecha), se reconoce en el genoma de la soya 20 pares de cromosomas, lo que se traduce en alrededor de 46430 genes codificantes de proteínas de alta confianza, conformados por algo más de 100 millones de pares de bases o nucleótidos. El objetivo de su mejoramiento entre otras características ha sido el aumento de la productividad, homogeneidad en la maduración, altos contenidos de aceites, proteínas y adaptabilidad del cultivo (González, 2015).

Los parámetros genéticos que se utilizan en mejoramiento genético en soya son eficientes como herramientas para la selección de genotipos superiores en poblaciones segregantes, donde los coeficientes de heredabilidad en sentido amplio para los caracteres de productividad son superiores al 50% (Bologna *et al.*, 2014). La selección de caracteres en un programa de mejoramiento genético no solamente es basado en el rendimiento si no teniendo en cuenta las condiciones edafoclimáticas de la zona para la cual se está desarrollando el cultivar, además de las características agronómicas que faciliten el manejo del cultivo por parte del productor, en ese sentido los parentales poseedores de genes que confieren la habilidad de expresar alta productividad, adaptabilidad, resistencia y/o tolerancias a factores biótico y abióticos adversos, esto representa el mayor aporte en la eficiencia del sector productivo (Embrapa, 2013; fundacruz, 2016).

De acuerdo con Bastidas (1994), el mejoramiento genético de soya en Colombia ha tenido como objetivos la obtención de variedades con características de deseadas y conocimiento

agronómico del cultivo tendiente al incremento de la producción y la productividad, en ese sentido se busca incorporar en las nuevas variedades las siguientes características: a) Altos rendimientos, b) Resistencia a plagas y enfermedades, c) Acortar el periodo entre siembra, floración y cosecha, d) capacidad de ramificación, e) Altos contenidos de aceite y proteína, f) Uniformidad en la maduración, g) Resistencia al desgrane en campo y al volcamiento, h) Altura de la inserción a la primera vaina no menor a 12 cm.

En Colombia los cultivos de soya se implementaron a mediados de la década de los 50, con unas pocas hectáreas en el Valle del Cauca con materiales procedentes de México y Estados Unidos. En 1969 se dio origen a la primera variedad producida en el país a partir de la hibridación de 13 D-440-B-46 de México con la variedad Pelican SM-ICA dando como resultado al material ICA LILI el cual presentó un rendimiento promedio de 2.50 ton/ha, llegando a ocupar hasta un 75% del área sembrada.

Entre 1971 y 1973 se entregaron las variedades ICA Taroa e ICA Pance, las cuales no obstante presentar rendimientos promedio de 3.0 ton/ha, resistencia a moho vellosa (*Peronospora*) y al desgrane en campo, periodo vegetativo de 90 días no tuvieron el desarrollo y la aceptación de ICA LILI.

En 1974 el Instituto Colombiano Agropecuario entregó la variedad ICA Caribe, la cual tuvo su origen en la selección individual al interior de la variedad foránea Breeding Line; el material se recomendó para sembrar en el segundo semestre del año en la costa atlántica,

observándose plantas altas, rendimientos entre 1.5 – 1.8 ton/ha y ciclo un vegetativo de 110 a 120 días.

Como resultado del cruzamiento entre las variedades mandarín S4-ICA y Dortchsoy, en el año 1976 se presentó la variedad la variedad ICA Tunía, cuyas características eran: periodo vegetativo de 100 días, 70 cm de altura, rendimiento de 3.0 ton/ha, resistente a las principales enfermedades de la zona de producción; en 1978 su aceptación en el Valle del Cauca era del 82% (Bastidas, 1994). Si bien el cultivo de soya y los avances tecnológicos para esta especie en Colombia iniciaron en el Valle del Cauca, en la actualidad el departamento del meta es el principal productor del país aportando el 76% de la producción nacional, en ese sentido, se han desarrollado variedades específicamente para dicha zona puesto que esta presenta unas características muy particulares en lo que al suelo se refiere (Valencia y Ligarreto, 2010).

La primera variedad liberada para la altillanura colombiana fue SOYICA ARIARI 1 en 1989, este material tenía la capacidad de adaptación para los suelos de vega a la orilla del rio Ariari y el rio Negro. Se originó a partir del cruzamiento VI x (Júpiter x F66-1534) realizado en la Florida – Estados Unidos para condiciones tropicales, caracterizándose por tener un hábito de crecimiento determinado, floración entre 36 y 38 días, altura de la planta 48- 67 cm, periodo de siembra a cosecha de 110 a 120 días, resistencia a enfermedades como *Xanthomonas campestris* pv *phaseoli*, *Pseudomonas syringae* pv *glycinea* y *Peronospora manshurica*, rendimientos experimentales de 3.0 ton/ha y comercialmente alcanzó rendimientos promedios de 2.4 ton/ha (Valencia y Ligarreto, 2010).

SOYICA P34 la cual es el resultado de la variedad Davis AGS 129 y la línea experimental 568-M fue liberada por el ICA para el Piedemonte Llanero y Valle del Cauca en 1992; en 2003 cubrió el 96% del área sembrada a nivel nacional. Entre sus principales características se tienen: altura 70-85 cm, floración entre los 30 y 32 días, periodo de siembra a cosecha entre 105 y 110 días y rendimientos entre 2.2 y 2.8 ton/ha (Valencia et al, 2006).

En la actualidad, en la Orinoquia se están utilizando las variedades: Soya FNS 01, Soya Brasileira 1, Soya Brasileira 2, Paranaense y Corpoica Achagua 8, esta última presenta adaptación específica y alto potencial de rendimiento en condiciones de la altillanura plana colombiana con cosecha a los 97 días después de la siembra y rendimientos de 3.0 ton/ha (Agrosavia, 2022).

## **Metodología**

### **Localización**

Las accesiones se evaluaron en lote experimental de Semillas Kamerún SAS, ubicado en el Municipio de Obando Valle del Cauca a una altura de 934 msnm, Latitud Norte de 4°39'27'', Longitud Oeste de 75°55'31'', temperatura promedio 25-30 Grados Centígrados, Humedad Relativa del 70%, precipitación anual promedio de 1578 mm, suelo franco-arcilloso.

### **Diseño experimental**

Las accesiones que hacen parte del banco de germoplasma de Semillas Kamerún se encuentran sembradas bajo un diseño completamente al azar con una estructura de medidas repetidas en el tiempo, en donde cada tres surcos de la parcela experimental correspondían a una accesión con aproximadamente 200 plantas. Los surcos estaban a una distancia de 50 cm y 5 metros de largo para una población de 260.000 plantas por hectárea.

### **Caracteres morfo-agronómicos evaluados**

Para la comparación entre los 76 materiales de la colección se consideró el conjunto de caracteres tanto cuantitativos como cualitativos, entre ellos,: Color de la flor, color de la pubescencia, habito de crecimiento, tipo de hoja, color del hiliun y tipo de grano, tal como se consignan en la Tabla 1, los cuales por antecedentes experimentales han demostrado ser los más

estables; por no presentar poder discriminatorio se descartaron las variables: Presencia de Roya, *Cercospora*, *Peronospora* y *Cylindrocladium*.

**Tabla 2**

*Caracteres Genéticos*

<b>Carácter</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Unidad</b>	<b>Carácter</b>	<b>Clasificación</b>
<b>Unidad</b>				
Tiempo floración	Cuantitativo	Días	Color flor	Cualitativo -
Altura floración	Cuantitativo	Cm	Color	Cualitativo -
Tiempo	Cuantitativo	Días	pubescencia	Cualitativo -
maduración	Cuantitativo	Cm	Hábito	Cualitativo -
Altura maduración	Cuantitativo	Gramos	crecimiento	Cualitativo -
Peso 100 semillas	Cuantitativo	Cm	Tipo hoja	Cualitativo -
Altura carga	Cuantitativo	-	Color hilium	
No. vainas	Cuantitativo	Kg/ha	Tipo grano	
Rendimiento				

*Nota.* Esta tabla muestra el conjunto de caracteres genéticos utilizados en la evaluación de materiales de soya. Tomado de protocolo de la Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV)

Se utilizó el protocolo de la Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales (UPOV), en su documento de referencia (TG/80/3, Guidelines for the Conduct of Tests for Distinctness, Homogeneity and Stability, 1983), adoptado en Colombia y utilizado por el Registro Nacional de Variedades Mejoradas.

El manejo agronómico de las variedades fué el recomendado para cultivos comerciales de soya.

## **Análisis estadístico**

Para el caso de los descriptores cualitativos se calculó una matriz de distancias Euclidianas, la cual se utilizó para realizar un Análisis Clúster o de agrupamiento utilizando el método Ward. Para definir las variables de mayor peso o contribución en la discriminación de los materiales en estudio se realizó un Análisis de Correspondencia múltiple.

En lo relacionado a los caracteres cuantitativos, utilizando el algoritmo propuesto por Ward, se llevó a cabo un Análisis Clúster vía Análisis de Componentes Principales. Para detallar la contribución de las variables en la conformación de grupos o conglomerados de materiales se utilizó la técnica estadística de Análisis Factorial.

Los análisis se realizaron utilizando la versión 9.4 del paquete estadístico SAS.

## Resultados y discusión

### En relación con los caracteres cualitativos

A continuación, se calculó una Matriz de Distancias Euclidianas, la cual se utilizó como base para realizar un análisis clúster (Figura 1., Anexo 2.), producto del cual se conformaron siete grupos:

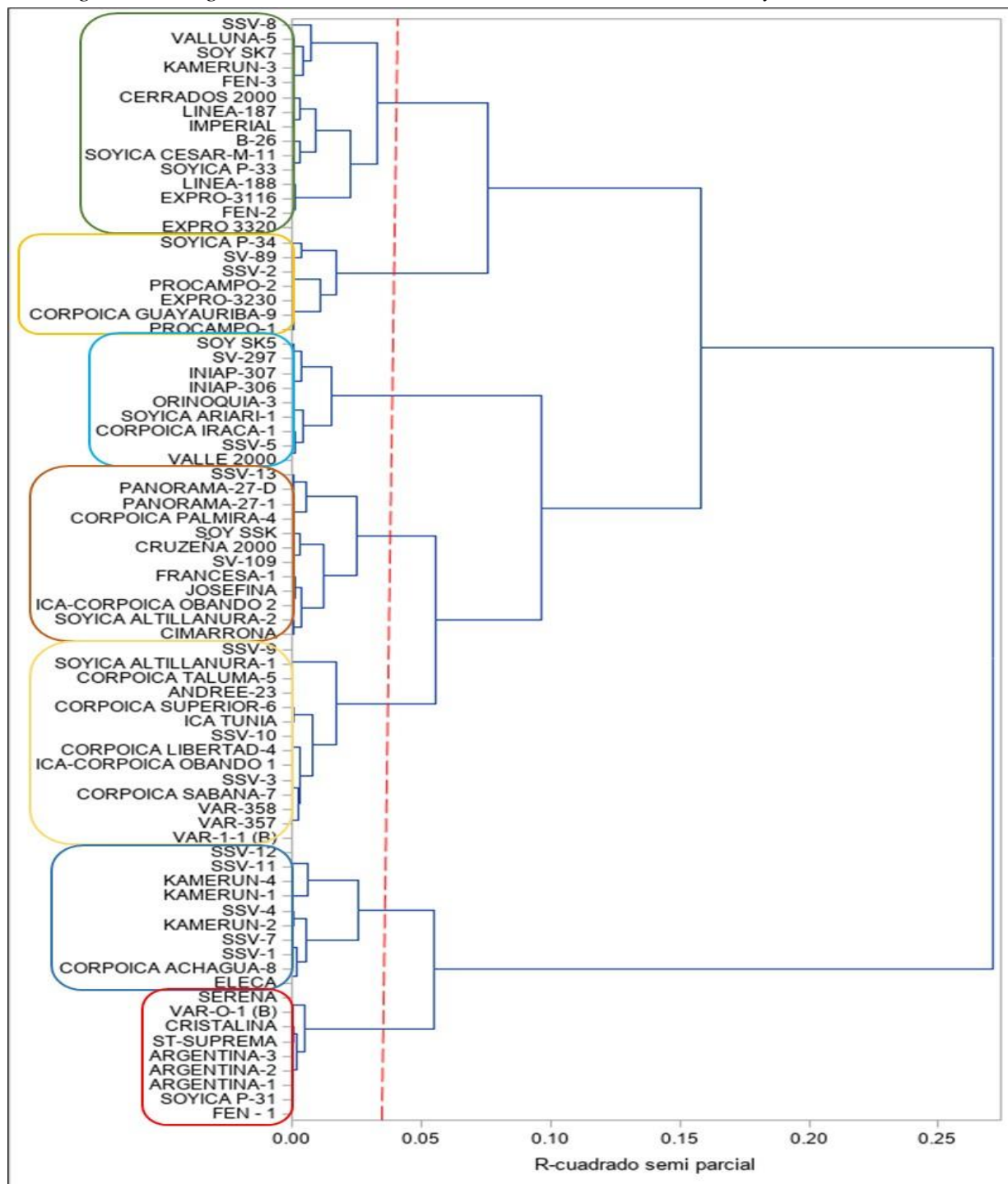
Grupo I: El cual está conformado por 9 materiales en los cuales se destaca el color de flor lila, color de la pubescencia gris, hábito de crecimiento en esencia es semi-indeterminado, tipo de hoja oval puntiaguda, color del hilium café claro y tipo de grano redondo.

Grupo II: Donde se clasificaron 12 variedades que se caracterizan por tener color de flor lila, color café en su pubescencia, se destaca el hábito de crecimiento determinado, tipo de hoja redonda o puntiaguda, color del hilium principalmente claro y tipo de grano ovalado.

Grupo III: En este clúster se agruparon 14 genotipos cuyas características relevantes son el color lila de su flor, pubescencia de color café, se destaca el hábito de crecimiento indeterminado, tipo de hoja oval puntiaguda, color del hilium principalmente café oscuro y tipo de grano ovalado.

Figura 1

Dendograma de algunos caracteres cualitativos de 76 variedades de soya



Fuente. Autoría Propia

Grupo IV: En este caso se ordenaron 9 variedades, las que se destacan por presentar con mayor frecuencia flor de color lila, color de la pubescencia café, hábito de crecimiento determinado, tipo de hoja oval puntiaguda, aunque en algunos casos es oval redonda, color del hilium café oscuro o negro y tipo de grano redondo.

Grupo V: Este grupo está conformado por 15 variedades donde el color de la flor y de la pubescencia es blanca y café respectivamente, el hábito de crecimiento es indeterminado o semi-indeterminado, tipo de hoja oval redonda y en algunos casos oval puntiaguda, color del hilium café oscuro o negro y tipo de grano ovalado.

Grupo VI: Este conglomerado está conformado por 10 materiales cuyo color de flor es principalmente blanca, color de la pubescencia gris, hábito de crecimiento especialmente semi-indeterminado, tipo de hoja oval redonda o triangular, color del hilium café claro y tipo de grano redondo.

Grupo VII: Este clúster agrupa 7 genotipos, donde se destaca el blanco en cuanto al color de la flor, color de pubescencia gris, hábito de crecimiento determinado o semi-indeterminado, tipo de hoja en esencia oval puntiaguda, color del hilium café o café claro y tipo de grano ovalado.

De acuerdo con los resultados del Análisis de Correspondencia Múltiple, de la variación total la primera dimensión explica 9%, mientras que las dimensiones dos y tres aportan respectivamente el 25.4 y 17.0% de la variabilidad.

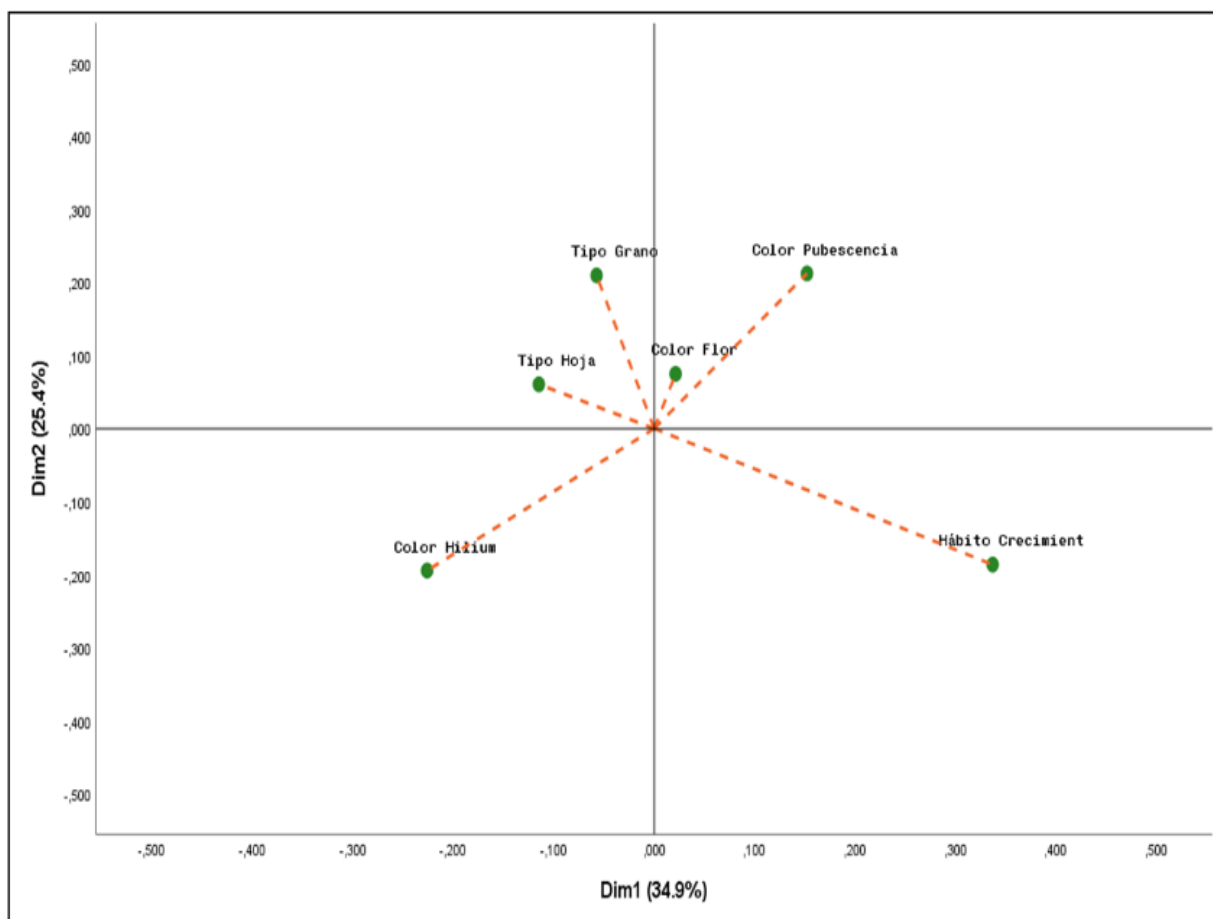
**Tabla 3***Análisis de correspondencia*

<b>Inercia y descomposición de Chi-Cuadrado</b>				
<b>Valor Singular</b>	<b>Inercia Principal</b>	<b>Chi-Cuadrado</b>	<b>Proporción (%)</b>	
0.194	0.038	31.222	34.9	34.9
0.165	0.027	22.771	25.4	60.3
0.135	0.018	15.188	17.0	77.2
0.120	0.014	12.030	13.4	90.7
0.100	0.010	8.374	9.4	100.0
Total	0.108	89.586	100	

*Nota:* Esta tabla muestra el análisis de correspondencia múltiple para los caracteres cualitativos.

Autoría Propia

Estas tres dimensiones en total representan el 77.2% de la variabilidad, valor que se explica por el relativo alto poder de discriminación de las variables hábito de crecimiento, color del hilium y color de la pubescencia (Figura 2.). Para el hábito de crecimiento el 36.8% de las variedades presentan crecimiento determinado mientras que en el 32.9 y 30.3% el hábito es semi-indeterminado e indeterminado respectivamente. En cuanto al color del hilium, en el 46.1% de los genotipos la coloración es café claro; el color café oscuro se observó en el 31.6% de los materiales. Respecto al color de la pubescencia, el 64.5% de las variedades la presento café mientras que en el 35.5% la coloración es gris.

**Figura 2***Biplot de algunos caracteres cualitativos**Fuente. Autoría Propia***En relación con los caracteres cuantitativos**

Del pool de materiales de la colección se evaluaron ocho variables cuantitativas a saber: Tiempo de floración (días), altura de floración (cm), tiempo de maduración (días), altura de maduración (cm), peso de 100 semillas (g), altura de carga (cm), número de vainas y rendimiento (kg/ha).

Los resultados del análisis de estadística a nivel descriptivo se consignan en la Tabla 3., observándose que en términos del coeficiente de variación las variables con mayor poder de discriminación son en su orden el número de vainas, la altura de carga, el rendimiento y la altura de floración con valores de 39.7, 36.3, 33.0 y 32.4% respectivamente. El tiempo de maduración resulto ser la variable de menor poder discriminatorio (CV= 4.2%) seguido por tiempo de floración (CV= 16.2%) y peso de 100 semillas (CV= 21.4%); no obstante, para las técnicas utilizadas en cuanto a análisis multivariado se utilizó el pool de todas las variables cuantitativas en consideración.

**Tabla 4***Estadísticas descriptivas*

Variable	Estadígrafo			
	Mínimo	Promedio	Máximo	CV (%)
Tiempo floración (días)	20	35.3	52	16.2
Altura floración (cm)	29	58.9	125	32.4
Tiempo maduración (días)	73	89.6	101	4.8
Altura maduración (cm)	39	111.6	201	23.0
Peso 100 semillas (g)	11	16.8	29	21.4
Altura carga (cm)	6	16.0	41	36.3
Número vainas	30	67.7	190	39.7
Rendimiento (Kg/ha)	1024	2125.9	4450	33.0

*Nota:* Esta tabla muestra las estadísticas descriptivas para los caracteres cuantitativos en estudio.

## Autoría Propia

Se calculó la Matriz de Distancias Euclidianas, la cual fue la base del Análisis de Conglomerados vía Análisis de Componentes Principales (Figura 3, Tabla 4, Anexo 2), dando origen a siete grupos o conglomerados:

Grupo I: El cual está conformado por 15 materiales con valores promedios de 16.7 cm para la altura de carga, 56.6 cm para altura de floración, 108.4 cm para altura de maduración, 62.7 vainas/planta, 18.1 g para el peso de 100 semillas, un rendimiento de 2185.2 kg/ha, un tiempo de floración y de maduración de 35.3 y 88.9 días respectivamente. En todas las variedades se observan rendimientos superiores a 2100 kg/ha, pero inferiores a 2330 kg/ha, destacándose los genotipos Cerrados 2000, Soyica P33, Kamerún 3 y Corpoica Superior 3.

Grupo II: Donde se clasificaron 16 variedades con valores promedios de 14.7 cm para la altura de carga, 59.6 cm para altura de floración, 105.0 cm para altura de maduración, 60.0 vainas/planta, 15.6 g para el peso de 100 semillas, un rendimiento de 1583.3 kg/ha, un tiempo de floración y de maduración de 35.5 y 88.3 días respectivamente. Para las variedades que hace parte del conglomerado los rendimientos observados son inferiores a 1800 kg/ha.

**Tabla 5**

*Desviación Estándar*

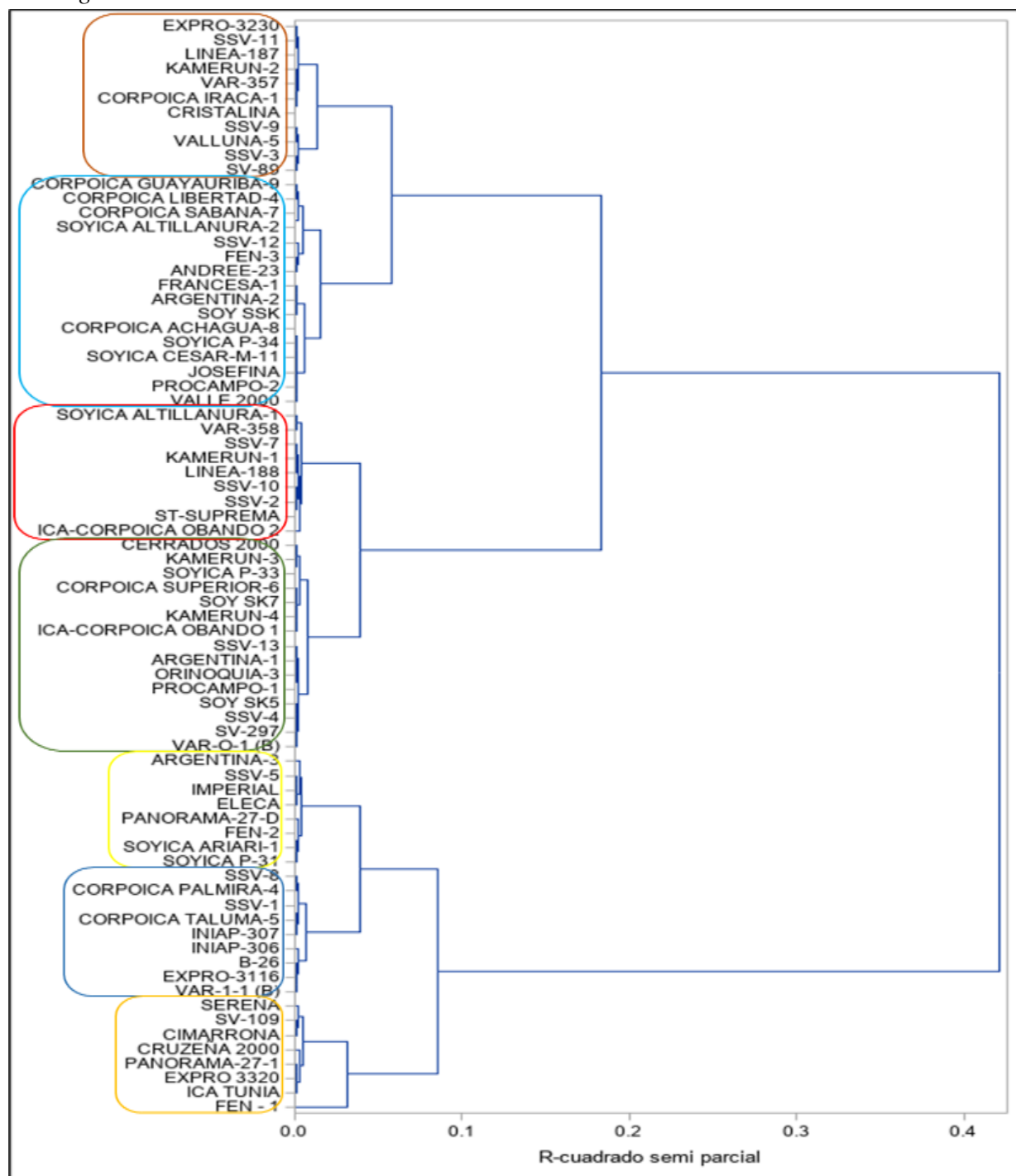
Variable	Clúster	Promedio	Desvest
Altura Carga (cm)	I	16.7	7.8
	II	14.7	4.9
	III	14.9	7.0
	IV	16.3	3.6
	V	15.1	5.6
	VI	17.8	5.5
	VII	17.0	5.7
Altura Floración (cm)	I	56.6	17.1
	II	59.9	23.5
	III	55.1	18.6
	IV	70.4	19.7
Altura Floración (cm)	V	57.0	18.9
	VI	56.0	20.8
	VII	58.1	11.4
Altura Maduración (cm)	I	108.4	19.5
	II	105.0	29.0
	III	114.5	22.8

	IV	114.4	26.8
	V	104.2	21.4
	VI	129.7	31.7
	VII	114.5	26.1
No. Vainas	I	62.7	23.7
	II	60.0	27.2
	III	71.8	16.7
	IV	74.7	18.9
	V	58.2	23.3
	VI	70.0	20.6
	VII	91.3	45.2
Peso 100 Semillas (g)	I	18.1	3.4
	II	15.6	2.9
	III	16.6	3.1
	IV	18.4	4.7
	V	14.4	2.5
	VI	16.1	2.6
	VII	19.0	4.4
Rendimiento (kg/ha)	I	2185.2	67.7
	II	1583.3	121.1
	III	2890.5	70.9
	IV	2521.3	84.8
	V	1183.3	109.7
Rendimiento (kg/ha)	VI	1894.4	63.4
	VII	3447.0	412.9
Tiempo Floración (días)	I	35.3	5.7
	II	35.5	8.4
	III	33.0	4.3
	IV	36.7	6.0
	V	36.1	5.6
	VI	34.3	3.0
	VII	35.4	3.3
Tiempo Maduración (días)	I	88.9	3.5
	II	88.3	6.2
	III	90.4	4.0
	IV	89.9	2.6
	V	89.3	4.8
	VI	90.6	2.8
	VII	91.6	3.8

*Nota:* Esta tabla muestra el valor promedio y desviación estándar para cada variable dentro de cada conglomerado. Autoría Propia

Figura 3

Dendrograma de caracteres cuantitativos



Grupo III: En este clúster se agruparon 8 genotipos con valores promedios de 14.9 cm para la altura de carga, 55.1 cm, de floración, 114.5 cm, de maduración, 71.8 vainas/planta, 16.6 g, para el peso de 100 semillas, un rendimiento de 2890.5 kg/ha, un tiempo de floración y de maduración de 33.0 y 90.4 días respectivamente. Para las variedades que conforman el grupo se observan rendimientos que varían entre 2758 y 2994 kg/ha, siendo relevantes Panorama 27D, Fen 2, Soyica P31 y Soyica Ariari 1.

Grupo IV: En este caso se ordenaron 9 variedades con valores promedios de 16.3 cm para la altura de carga, 70.4 cm para altura de floración, 114.4 cm para altura de maduración, 74.7 vainas/planta, 18.4 g para el peso de 100 semillas, un rendimiento de 2521.3 kg/ha, un tiempo de floración y de maduración de 36.7 y 89.9 días respectivamente

Los rendimientos de los genotipos que hacen parte del conglomerado fluctúan entre 2422 y 2652 kg/ha; sobresalen Iniap 306 y B26.

Grupo V: Este grupo está conformado por 11 genotipos con valores promedios de 15.1 cm para la altura de carga, 57.0 cm para altura de floración, 104.2 cm para altura de maduración, 58.2 vainas/planta, 14.4 g para el peso de 100 semillas, un rendimiento de 1183.3 kg/ha, un tiempo de floración y de maduración de 36.1 y 89.3 días respectivamente. En este clúster se encuentran las variedades de menor rendimiento, los cuales varían entre 1024 y 1300 kg/ha.

Grupo VI: Este conglomerado está conformado por 9 materiales con valores promedios de 17.8 cm para la altura de carga, 56.0 cm para altura de floración, 129.7 cm para altura de

maduración, 70.0 vainas/planta, 16.1 g para el peso de 100 semillas, un rendimiento de 1894.4 kg/ha, un tiempo de floración y de maduración de 34.3 y 90.6 días respectivamente. Para los materiales que conforman el presente clúster los rendimientos observados varían entre 1792 y 1994 kg/ha.

Grupo VII: Este clúster agrupa 8 genotipos con valores promedios de 17.0 cm para la altura de carga, 58.1 cm para altura de floración, 114.5 cm para altura de maduración, 91.3 vainas/planta, 19.0 g para el peso de 100 semillas, un rendimiento de 3447.0 kg/ha, un tiempo de floración y de maduración de 35.4 y 91.6 días respectivamente. En este conglomerado se observan los genotipos de mayor rendimiento, los cuales fluctúan entre 3160 y 4450 kg/ha; sobresalen Fen 1, Cimarrona, SV 109 y Serena.

El espacio  $\mathbb{R}^8$  se reduce a tres dimensiones utilizando la técnica de Análisis Factorial (Tabla 5.), las cuales explican el 65.4% de la variabilidad. El primer eje factorial explica el 29.1% de la variación mientras que los ejes dos y tres explican en su orden el 20.3 y 16.0%.

### Tabla 6

*Valores de Matriz de correlación*

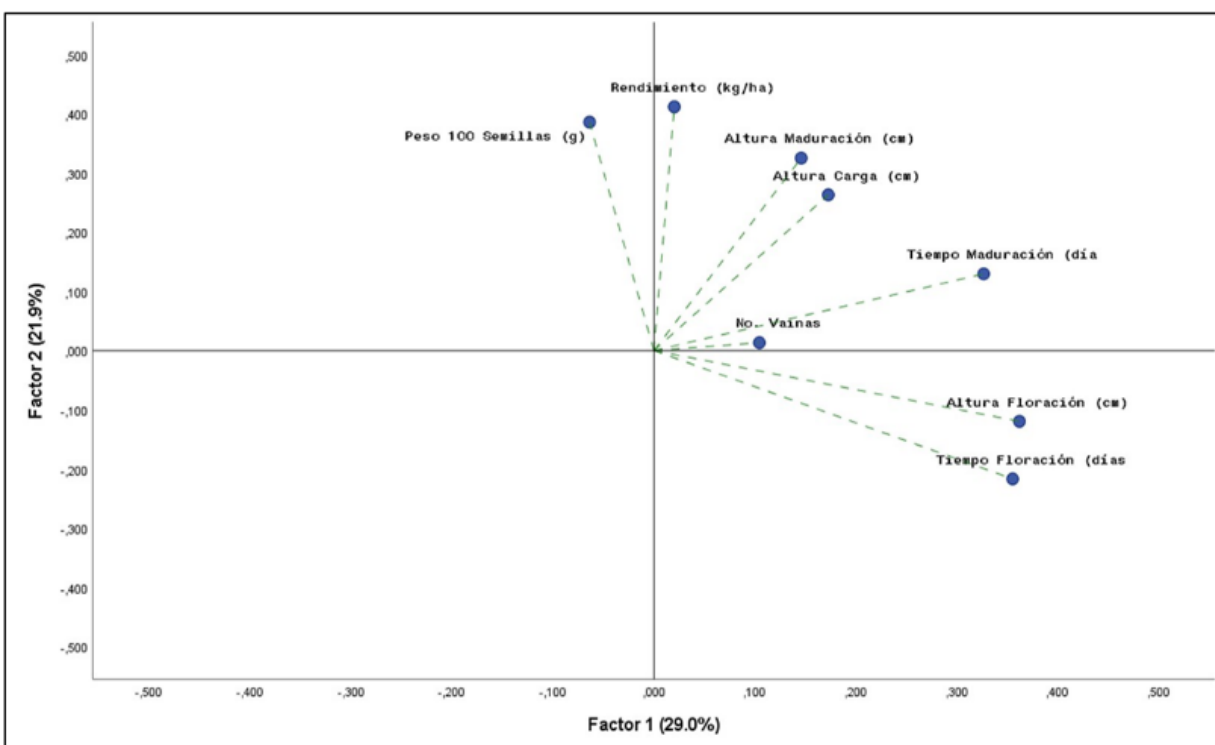
	Autovalor	Proporción	Acumulado
1	2.326	29.1	29.1
2	1.625	20.3	49.4
3	1.280	16.0	65.4

*Nota:* Esta tabla muestra los valores propios de la matriz de correlación y proporción de la variabilidad explicada a través de los ejes factoriales. Autoría Propia

El tiempo y altura de floración, así como el tiempo de maduración (Figura 4, Apéndice 3) explican la mayor proporción de la variabilidad a través del primer eje factorial; para el segundo eje factorial, la mayor proporción de la variación la explica el tiempo de maduración, el peso de 100 semillas y el rendimiento. Finalmente, la mayor proporción de la variabilidad en el tercer eje factorial lo explica el número de vainas/planta.

**Figura 4**

*Biplot para algunos caracteres cuantitativos*



*Fuente. Autoría Propia*

En términos porcentuales las contribuciones de tanto el tiempo como la altura de floración, así como el tiempo de maduración al primer eje factorial son en su orden de 29.15,

30.30 y 24.87%; para el segundo eje factorial, las contribuciones del tiempo de maduración, el peso de 100 semillas y el rendimiento es de 17.21, 30.59 y 25.53% respectivamente. Para el tercer eje, el número de vainas/planta contribuye con el 46.51% de la variabilidad.

**Tabla 7**

*Contribuciones de las variables*

Variable	Contribuciones (%)		
	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Tiempo floración (días)	29.15	8.68	0.39
Altura floración (cm)	30.30	2.99	0.01
Tiempo maduración (días)	24.87	2.89	0.00
Altura maduración (cm)	4.89	17.21	8.27
Peso 100 semillas	0.84	30.59	0.01
Altura carga	6.87	11.73	19.35
No. vainas	2.75	0.38	46.51
Rendimiento (Kg/ha)	0.31	25.53	25.46

*Nota:* Esta tabla muestra las variables de variabilidad de cada eje factorial. Autoría Propia

### **A manera de discusión**

De acuerdo con Arnao *et al* (2010) citando a Yamanaka *et al*, el conocimiento de la diversidad genética es fundamental en los programas de mejoramiento genético, aunque en comparación con otras especies la diversidad atribuida a la soya es relativamente baja. En Colombia los programas de mejoramiento de algunas empresas productoras de semilla se han orientado al desarrollo de nuevas variedades de soya, buscando de esta forma reducir la dependencia de la variedad Soyica P-34 la cual abarca cerca del 80% del área cultivada (Valencia R. and Ligarreto M., 2010).

En el norte del departamento del Valle del Cauca la empresa Semillas Kamerún constituye a nivel nacional una de las principales empresas productoras de semilla de soya, aparte de que cuenta con una colección de 76 accesiones de la especie en estudio, algunas propias y otras originarias de diversos países. Aunque variables como días a floración y maduración, así como el número de semillas/planta, altura de la planta y de carga, número de vainas/planta, peso de 100 semillas y tolerancia a enfermedades son caracteres importantes en cualquier programa de mejoramiento, es en últimas el rendimiento uno de los criterios que en términos agronómicos conllevan al agricultor a decidirse por la adopción de una u otra variedad.

Para el año 2007, Faostal citado por Arnao *et al* reporta para Colombia un rendimiento de 2200 kg/ha, valor que difiere en 770 kg/ha al mejor promedio alcanzado por Argentina y ligeramente inferior a la media global la cual se estimó en 2440 kg/ha. De acuerdo con lo anterior llama la atención los rendimientos obtenidos en las variedades reportadas en el Conglomerado VII de la presente investigación (Anexo II), los cuales variaron entre 4450 y 3160 kg/ha con un promedio de 3447 kg/ha, superando en 1007 kg/ha el promedio mundial del año 2007 pero bajo condiciones experimentales; es de anotar que los genotipos del clúster III y IV con valores promedio de 2890.5 y 2521.3 kg/ha respectivamente también exceden la media global.

Los resultados del análisis factorial permiten inferir que el rendimiento y algunos de sus componentes como el peso de 100 semillas y el número de vainas/planta, así como el tiempo y altura tanto de floración como de maduración explican a través de tres ejes el 65.4% de la variabilidad. Lo anterior no implica que pueda establecerse una relación funcional entre el

rendimiento y el resto de las variables cuantitativas la cuales se utilizarían como predictoras. En este sentido y de acuerdo con los resultados consignados en la Tabla 7 se infiere que para las condiciones de la presente investigación se puede predecir el rendimiento a través del peso de 100 semillas y el número de vainas/planta.

**Tabla 8**

*Relación funcional*

Variable	Parámetro	Pr > F
Intercepto	331.5	0.4089
Peso 100 Semillas	72.5	0.0005
No. Vainas/planta	8.9	0.0009

*Nota:* Esta tabla muestra la relación funcional entre el rendimiento (kg/ha) y algunos componentes de rendimiento en soya. Autoría Propia

Los genotipos que hacen parte de los Conglomerados III, IV y VII podrían ser parte de una base genética que permitirá en el mediano plazo incrementar a nivel comercial los promedios nacionales lo cual permitirá cerrar la brecha en el rendimiento de grano.

## Conclusiones

En relación con las variables cualitativas, el mayor poder de discriminación se observó en: a) El hábito de crecimiento donde el 36.8% presenta crecimiento determinado mientras que en el 32.9 y 30.3% el hábito es semi-indeterminado e indeterminado respectivamente, b) el color del hilium donde en el 46.1% la coloración es café clara mientras que el color café oscuro se observó en el 31.6% de los materiales, c) Color de la pubescencia donde el 64.5% de las variedades la presento café mientras que en el 35.5% la coloración es gris.

En términos del coeficiente de variación las variables con mayor poder de discriminación fueron en su orden el número de vainas, la altura de carga, el rendimiento y la altura de floración con valores de 39.7, 36.3, 33.0 y 32.4% respectivamente.

De los 76 genotipos en 8 con valores promedios de 17.0 cm para la altura de carga, 58.1 cm para altura de floración, 114.5 cm para altura de maduración, 91.3 vainas/planta, 19.0 g para el peso de 100 semillas, un tiempo de floración y de maduración de 35.4 y 91.6 días respectivamente, se observaron los mayores rendimientos los cuales fluctúan entre 3160 y 4450 kg/ha; sobresalen Fen 1, Cimarrona, SV 109 y Serena.

En 11 variedades con valores promedios de 15.1 cm para la altura de carga, 57.0 cm para altura de floración, 104.2 cm para altura de maduración, 58.2 vainas/planta, 14.4 g para el peso de 100 semillas, un tiempo de floración y de maduración de 36.1 y 89.3 días respectivamente, se encontraron las variedades de menor rendimiento, los cuales variaron entre 1024 y 1300 kg/ha.

## Referencia bibliográficas

Agrosavia. (2022). Variedad de soya Corpoica Achagua 8. Recuperado de:

[www.agrosavia.co/productos-y-servicios/oferta-tecnológica/0397-corpoica-achagua-8](http://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/oferta-tecnológica/0397-corpoica-achagua-8)

Arnao E., Perdomo R., Graterol E. (2010) Diversidad Genética en Cultivares de Soya Utilizando Marcadores Microsatélites en Venezuela. *Inverciencia*, Julio 2010, Vol.: 35, No. 7.

Bastidas. R. G, y Agudelo, D. O. (1994) El cultivo de la soya. Manual de asistencia No. 60. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA, Regional No. 5. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Palmira. 461 pp.

Bologna, S. B.; Soldini, D. O.; Carreras, J. J. (2006). Evaluación del potencial genético de germoplasma exótico de soja para incrementar el contenido de aceite en el grano. *RIA*. Buenos Aires, v. 35, n. 2, p. 37-51.

Bologna, S., Rojas, E., Soldini, D., Gilli, J., Sequin, L. Y Martínez, D. (2014). Desarrollo de germoplasma de soja sin lipoxigenasas y factores anti nutricionales. *BAG, Journal of basic and applied Genetics*. Vol. 25 No 1. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Cedeño, M. (2012). Evaluación Preliminar De 71 Líneas De Soya (*Glycine max* (L) Merrill) de Procedencia Brasileña Frente A 4 Variedades Locales. Universidad Técnica de Manabí Facultad de Ingeniería Agronómica Santa Ana –Manabí – Ecuador.

Cubero, I. (2003). Introducción de la mejora genética vegetal. Universidad de Córdoba. Segunda Edición, revisado y ampliado. Ediciones Mandi- Prensa, Madrid, Barcelona, México, España. 567p.

Cunori, (1987). Adaptabilidad del Cultivo de la Soya (*Glycine max*), cultivada en la cabecera Departamental de Chiquimula. Guatemala:

Durango, W. morales, R. Mite, F. (2008). Manejo de biofertilizantes y estimulantes en el cultivo de soya, en la zona subcentral del Litoral Ecuatoriano. Memorias congreso XI Nacional Ciencias del Suelo. Pp. 34-36.

EMBRAPA. (2013). Tecnologías de producao de soya regioa central do Brasil. Londrina, Parana-bRASIL.

Euroagro. (2011). Catálogo y manual de productos. En línea [www.euroagro.com.ec](http://www.euroagro.com.ec).

FAO, (1995). Producción y protección vegetal N° 27. El cultivo de la soja en los Trópicos – Mejoramiento y producción.

FUNDACRUZ. (2016). *Manual de difusión técnica de soya*. Santa Cruz-Bolivia.

- Garcés, F.; Ampuño, S.; Vásconez M. (2014). Agronomy, Production and Grain Quality of Soybean Cultivars Under Two Growing Seasons. *Biosci. J.*, Uberlandia, v. 30, supplement 2, p. 717-729.
- Garcés-Fiallos, F. R. A. (2011). ferrugem asiática da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi* Sydow e Sydow. *Ciencia y Tecnología*. Quevedo, v. 4, n. 2, p. 45-60.
- García, E. y Permuy Vencida. (2003). “Cultivos de Granos para el programa de redimensionamiento del MINAZ”, ETIAH, Holguín.
- Gavidia Bernal, C. E. (2013). Elaboración y Evaluación Nutricional de Sopa Instantánea de Quinoa Enriquecida con Soya.
- González, M. (2015) Origen y desarrollo de la variedad de soya (*Glycine max (L) Merrill.*) INIAP 310 de alto rendimiento y calidad de grano. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Guamán. R. (2006). El cultivo de soya en Ecuador y sus variedades. INIAP. Boletín divulgativo N° 234. P.12.
- Haro S, Pacheco J. (2013). Respuesta agronómica del cultivo de soya (*Glycine max L*) a la aplicación de cinco bioestimulantes foliares, en el sitio Ventanilla, Cantón Ventanas Provincia Los Ríos. Universidad Estatal de Bolívar, Facultad De Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente Guaranda- Ecuador.

- Jiménez, D. (2006). Caracterización morfofisiológica y agronómica de cultivares de soya [*Glycine max* (L.) Merr.] en siembra de invierno en suelo pardo con carbonatos. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cuba.
- MAPA. (1973). La soja. Dirección General de la Producción Agraria. Ministerio de Agricultura. Madrid. 42 pp
- Martins, J. D.; Radons, S. Z.; Streck, N. A.; Knies, A. E.; Carlesso, R. (2011). Plastocrono e número final de nós de cultivares de soja em função da época de semeadura. *Ciência Rural*. Santa Maria, v. 41, n. 6, p. 954-959.
- Mederos, A y Ortiz R. Sf. Análisis de la interacción genotipo ambiente en el cultivo de la soya (*Glycine max* (L) Merrill) Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.
- Napa F. (2011). Selección de cultivares avanzados de soya (*Glycine max* (L) Merrill) por rendimiento y tolerancia a plagas, en la zona de La Esmeralda, Cantón Montalvo, Provincia de Los Ríos. Universidad Técnica De Babahoyo Facultad De Ciencias Agropecuarias, Escuela De Ingeniería Agropecuaria, Babahoyo - Los Ríos – Ecuador.
- Nato, V. (2011). Estudio y comportamiento de cultivares de soya en la región central de la pampa Argentina. INTA. Anuario científico. 2008.

- Paredes, F. M. (2014). Plan de negocio, para cultivar con técnicas orgánicas, los insumos principales para la elaboración de alimento balanceado, para aves de corral (Doctoral dissertation, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera de Ingeniería Comercial.).
- Peñaloza. P. (2005). Comportamiento de variedades y/o líneas de soya en suelos ácidos, neutros y sódicos del valle del río Cauca. In ICA 18 (4). 140-152.
- Pimentel, A. (2015). Evaluación agronómica de líneas de soya (*Glycine max* (L) Merrill) sembradas en la zona de Babahoyo, provincia de Los Ríos. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil Guayaquil – Ecuador
- Salinas, A. R., D. S. B. Santos, B. G. Santos Filho, A. S. Gomes, V. D. C. Melo y E. P. Zonta. (1989). Comportamiento de genotipos de soja hasta el estado de plántulas, en diferentes niveles de humedad. En: Pascale, A. J. (ed.): Actas IV Conf. Mundial de Investigación en Soja, Buenos Aires, Argentina, ASA.
- Saumell, H. (2005). Soya: Información técnica para su mejor conocimiento y cultivo. 4 ed. hemisferio sur. Buenos Aires, P. 121.
- Valencia R y Ligarreto G. (2010). Soybean breeding (*Glycine max* [L.] Merrill) for the Colombian Altillanura: a prospective and conceptual view. Centro de Investigación La

Libertad, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica),  
Villavicencio (Colombia).

Valencia, R., H. Carmen, H. Vargas y G. Arrieta. (2006). Variedades mejoradas de soya para  
zonas productoras actuales y potenciales de Colombia. *Corpoica Cienc. Tecnol.*  
*Agropecu.* 4(2-3), 7-15

## Apéndice A

### *Análisis de Conglomerados*

Clúster	Variedad	Color Flor	Color Pubescencia	Hábito Crecimiento	Tipo Hoja	Color Hilium	Tipo Grano	
<b>I</b>	ARGENTINA-1	Lila	Gris	Semi-Indeterminado	Oval Puntiaguda	Café Claro	Redondo	
	ARGENTINA-2	Lila	Gris	Semi-Indeterminado	Oval Puntiaguda	Café Claro	Redondo	
	ARGENTINA-3	Lila	Gris	Semi-Indeterminado	Oval Puntiaguda	Café Claro	Redondo	
	CRISTALINA	Lila	Gris	Determinado	Oval Puntiaguda	Café Claro	Redondo	
	FEN - 1	Lila	Gris	Semi-Indeterminado	Oval Puntiaguda	Café Claro	Redondo	
	SERENA	Lila	Café	Semi-Indeterminado	Oval Puntiaguda	Café Claro	Redondo	
	SOYICA P-31	Lila	Gris	Semi-Indeterminado	Oval Puntiaguda	Café Claro	Redondo	
	ST-SUPREMA	Lila	Gris	Indeterminado	Oval Puntiaguda	Café Claro	Redondo	
	VAR-O-1 (B)	Lila	Café	Semi-Indeterminado	Oval Puntiaguda	Café Claro	Redondo	
<b>II</b>	CIMARRONA	Lila	Café	Determinado	Oval Puntiaguda	Café	Ovalado	
	CORPOICA PALMIRA-4	Lila	Café	Semi-Indeterminado	Oval Redonda	Café Claro	Ovalado	
	CRUZEÑA 2000	Lila	Café	Determinado	Oval Redonda	Café Claro	Ovalado	
	FRANCESA-1	Lila	Café	Determinado	Triangular	Café Claro	Ovalado	
	ICA-CORPOICA OBANDO 2	Lila	Café	Determinado	Oval Puntiaguda	Café Claro	Ovalado	
	JOSEFINA	Lila	Café	Determinado	Oval Puntiaguda	Café Claro	Ovalado	
	PANORAMA-27-1	Lila	Café	Indeterminado	Oval Redonda	Café Claro	Ovalado	
	PANORAMA-27-D	Lila	Café	Indeterminado	Oval Redonda	Café Claro	Redondo	
	SOY SSK	Lila	Gris	Determinado	Oval Redonda	Café Oscuro	Ovalado	
	SOYICA ALTILLANURA-2	Lila	Café	Determinado	Oval Puntiaguda	Café Oscuro	Ovalado	
	SSV-13	Lila	Café	Determinado	Oval Redonda	Café Claro	Redondo	
	SV-109	Lila	Café	Determinado	Oval Redonda	Café Oscuro	Ovalado	
	<b>III</b>	ANDREE-23	Lila	Café	Semi-Indeterminado	Oval Puntiaguda	Café Oscuro	Ovalado
		CORPOICA LIBERTAD-4	Lila	Café	Indeterminado	Oval Puntiaguda	Café Oscuro	Ovalado
		CORPOICA SABANA-7	Lila	Café	Indeterminado	Oval Puntiaguda	Café	Ovalado
CORPOICA SUPERIOR-6		Lila	Gris	Indeterminado	Oval Puntiaguda	Café Oscuro	Ovalado	
CORPOICA TALUMA-5		Lila	Café	Semi-Indeterminado	Oval Puntiaguda	Café Oscuro	Ovalado	

	ICA TUNIA	Lila	Gris	Indeterminado	Oval Puntiguda	Café	Ovalado
	ICA-CORPOICA OBANDO 1	Lila	Café	Indeterminado	Oval Puntiguda	Café Oscuro	Ovalado
	SOYICA ALTILLANURA-1	Lila	Café	Semi-Indeterminado	Oval Puntiguda	Café Oscuro	Ovalado
	SSV-10	Lila	Café	Indeterminado	Oval Puntiguda	Café Oscuro	Ovalado
	SSV-3	Lila	Café	Indeterminado	Oval Puntiguda	Café	Ovalado
	SSV-9	Lila	Café	Semi-Indeterminado	Oval Puntiguda	Café Oscuro	Ovalado
	VAR-1-1 (B)	Lila	Café	Indeterminado	Oval Puntiguda	Café Claro	Ovalado
	VAR-357	Lila	Café	Indeterminado	Oval Puntiguda	Café Claro	Ovalado
	VAR-358	Lila	Café	Indeterminado	Oval Puntiguda	Café Claro	Ovalado
<b>IV</b>	CORPOICA IRACA-1	Blanca	Café	Determinado	Oval Puntiguda	Negro	Redondo
	INIAP-306	Lila	Café	Determinado	Oval Redonda	Negro	Redondo
	INIAP-307	Lila	Café	Determinado	Oval Puntiguda	Negro	Redondo
	ORINOQUIA-3	Lila	Café	Determinado	Oval Puntiguda	Café Oscuro	Redondo
	SOY SK5	Lila	Café	Determinado	Oval Redonda	Café	Redondo
	SOYICA ARIARI-1	Lila	Café	Determinado	Oval Puntiguda	Café Oscuro	Redondo
	SSV-5	Blanca	Café	Determinado	Oval Puntiguda	Café Oscuro	Redondo
	SV-297	Lila	Café	Determinado	Oval Redonda	Café Oscuro	Redondo
	VALLE 2000	Blanca	Café	Determinado	Oval Puntiguda	Café Oscuro	Redondo
<b>V</b>	B-26	Blanca	Café	Indeterminado	Oval Redonda	Café Oscuro	Redondo
	CERRADOS 2000	Blanca	Café	Indeterminado	Triangular	Café Oscuro	Ovalado
	EXPRO 3320	Blanca	Café	Determinado	Oval Redonda	Negro	Ovalado
	EXPRO-3116	Blanca	Café	Determinado	Oval Redonda	Negro	Ovalado
	FEN-2	Blanca	Café	Determinado	Oval Redonda	Negro	Ovalado
	FEN-3	Blanca	Café	Indeterminado	Oval Puntiguda	Negro	Ovalado
	IMPERIAL	Blanca	Gris	Indeterminado	Oval Redonda	Café Oscuro	Ovalado
	KAMERUN-3	Blanca	Café	Indeterminado	Oval Puntiguda	Negro	Ovalado
	LINEA-187	Blanca	Café	Indeterminado	Oval Redonda	Café Oscuro	Ovalado
	LINEA-188	Blanca	Café	Determinado	Oval Redonda	Café Oscuro	Ovalado
	SOY SK7	Blanca	Café	Indeterminado	Oval Puntiguda	Café Claro	Ovalado
	SOYICA CESAR-M-11	Blanca	Café	Semi-Indeterminado	Oval Redonda	Café Oscuro	Redondo
	SOYICA P-33	Blanca	Café	Semi-Indeterminado	Oval Redonda	Café Oscuro	Ovalado
	SSV-8	Blanca	Café	Semi-Indeterminado	Triangular	Negro	Ovalado
	VALLUNA-5	Blanca	Café	Semi-Indeterminado	Oval Puntiguda	Café Claro	Ovalado

<b>VI</b>	CORPOICA ACHAGUA-8	Blanca	Gris	Indeterminado	Oval Redonda	Café Claro	Redondo
	ELECA	Blanca	Gris	Indeterminado	Oval Redonda	Café Claro	Redondo
	KAMERUN-1	Lila	Gris	Semi-Indeterminado	Triangular	Café Claro	Ovalado
	KAMERUN-2	Blanca	Gris	Determinado	Oval Redonda	Café Claro	Redondo
	KAMERUN-4	Blanca	Gris	Semi-Indeterminado	Triangular	Café Claro	Redondo
	SSV-1	Blanca	Gris	Semi-Indeterminado	Oval Redonda	Café Claro	Redondo
	SSV-11	Blanca	Gris	Semi-Indeterminado	Triangular	Café Claro	Redondo
	SSV-12	Blanca	Gris	Semi-Indeterminado	Triangular	Café Claro	Redondo
	<b>VI</b>	SSV-4	Blanca	Café	Determinado	Oval Redonda	Café Claro
SSV-7		Blanca	Gris	Semi-Indeterminado	Oval Redonda	Café Claro	Redondo
<b>VII</b>	CORPOICA GUAYAURIBA-9	Blanca	Gris	Semi-Indeterminado	Oval Puntiguda	Café Oscuro	Ovalado
	EXPRO-3230	Blanca	Gris	Semi-Indeterminado	Oval Puntiguda	Café Claro	Ovalado
	PROCAMPO-1	Blanca	Gris	Semi-Indeterminado	Oval Puntiguda	Café	Ovalado
	PROCAMPO-2	Blanca	Gris	Determinado	Oval Puntiguda	Café Claro	Ovalado
	SOYICA P-34	Blanca	Gris	Indeterminado	Triangular	Café	Ovalado
	SSV-2	Lila	Gris	Determinado	Oval Puntiguda	Café Claro	Ovalado
	SV-89	Blanca	Gris	Determinado	Oval Redonda	Café	Ovalado

*Nota.* Análisis de Conglomerados para los caracteres cualitativos de las variedades de soya. *Fuente.* Autoría Propia

**Apéndice B.***Análisis de Conglomerados*

<b>Clúster</b>	<b>Variedad</b>	<b>Tiempo Floración (días)</b>	<b>Altura Floración (cm)</b>	<b>Tiempo Maduración (días)</b>	<b>Altura Maduración (cm)</b>	<b>Peso 100 Semillas (g)</b>	<b>Altura Carga (cm)</b>	<b>No. Vainas</b>	<b>Rendimiento (kg/ha)</b>
<b>I</b>	ARGENTINA-1	27	29	84	78	20	9	72	2156
	CERRADOS 2000	34	44	88	144	25	14	40	2328
	CORPOICA SUPERIOR-6	38	85	96	129	17	16	38	2230
	ICA-CORPOICA OBANDO 1	29	48	89	125	18	18	52	2166
	KAMERUN-3	31	44	86	125	19	16	60	2272
	KAMERUN-4	34	43	87	108	15	41	54	2212
	ORINOQUIA-3	38	64	89	97	18	10	54	2146
	PROCAMPO-1	42	55	87	89	18	14	72	2160
	SOY SK5	39	81	95	102	25	21	34	2134
	SOY SK7	30	47	84	116	18	13	44	2208
	SOYICA P-33	30	50	89	117	18	21	54	2274
	SSV-13	39	75	93	75	14	9	86	2174
	SSV-4	48	77	89	94	14	18	84	2100
	SV-297	38	67	89	106	18	12	70	2100
	VAR-O-1 (B)	32	40	88	121	14	19	126	2118
	<b>II</b>	ANDREE-23	47	70	86	106	16	14	40
ARGENTINA-2		25	31	84	72	15	8	52	1782

	CORPOICA	34	41	85	121	18	12	30	1638
	ACHAGUA-8								
	CORPOICA	52	125	101	109	15	20	80	1504
	GUAYAURIBA-9								
<b>II</b>	CORPOICA	38	88	88	148	14	17	70	1570
	LIBERTAD-4								
	CORPOICA	31	50	89	124	14	18	52	1512
	SABANA-7								
	FEN-3	40	78	98	111	15	20	60	1450
	FRANCESA-1	20	30	73	39	15	6	44	1744
	JOSEFINA	29	62	89	139	16	15	68	1630
	PROCAMPO-2	36	65	86	73	12	16	36	1630
	SOY SSK	38	59	94	94	14	14	44	1720
	SOYICA	32	50	88	92	14	13	56	1526
	ALTILLANURA-2								
	SOYICA CESAR-	32	48	86	146	23	26	48	1596
	M-11								
	SOYICA P-34	32	51	88	116	21	12	54	1648
	SSV-12	34	45	88	105	12	11	146	1356
	VALLE 2000	48	66	89	85	16	13	80	1636
<b>III</b>	ARGENTINA-3	26	29	85	78	18	9	80	2758
	ELECA	32	49	90	130	22	10	54	2844
	FEN-2	37	80	98	114	17	25	64	2932
	IMPERIAL	31	46	87	134	17	16	94	2892
	PANORAMA-27-D	32	45	92	134	18	24	60	2994
	SOYICA ARIARI-	38	74	93	93	16	18	50	2916
	1								
	SOYICA P-31	30	43	88	96	12	7	86	2928
	SSV-5	38	75	90	137	13	10	86	2860
<b>IV</b>	B-26	37	65	96	144	15	19	58	2618

	CORPOICA	31	47	90	111	29	17	84	2484
	PALMIRA-4								
	CORPOICA	46	101	89	120	14	17	86	2432
	TALUMA-5								
	EXPRO-3116	46	79	91	107	14	12	102	2564
	INIAP-306	34	87	89	75	20	16	46	2652
	INIAP-307	38	87	87	76	21	14	76	2422
	SSV-1	37	71	89	130	19	13	96	2434
	SSV-8	31	51	88	153	18	15	60	2516
	VAR-1-1 (B)	30	46	90	114	16	24	64	2570
<b>V</b>	CORPOICA	47	76	100	108	14	21	64	1224
	IRACA-1								
	CRISTALINA	36	85	87	99	20	17	56	1250
	EXPRO-3230	34	48	84	80	13	12	30	1300
	KAMERUN-2	34	34	96	101	15	16	32	1250
	LINEA-187	34	49	89	120	16	22	70	1300
	SSV-11	34	52	90	93	13	21	76	1270
	SSV-3	38	79	89	95	14	8	44	1102
	SSV-9	38	73	86	140	11	13	66	1024
	SV-89	38	40	85	68	15	9	36	1028
	VALLUNA-5	40	60	88	108	11	7	110	1050
	VAR-357	24	31	88	134	16	20	56	1218
<b>VI</b>	ICA-CORPOICA	37	91	88	201	15	23	50	1792
	OBANDO 2								
	KAMERUN-1	37	65	93	121	16	22	44	1870
	LINEA-188	30	33	90	112	21	12	74	1850
	SOYICA	31	40	94	105	18	20	86	1968
	ALTILLANURA-1								
	SSV-10	38	73	92	126	13	17	106	1916

	SSV-2	34	44	90	107	16	13	90	1916
	SSV-7	37	77	87	161	18	14	66	1842
	ST-SUPREMA	32	41	94	109	13	12	56	1902
	VAR-358	33	40	87	125	15	27	58	1994
<b>VII</b>	CIMARRONA	34	47	88	103	20	17	60	3414
	CRUZEÑA 2000	40	71	90	101	19	19	100	3160
	EXPRO 3320	39	66	96	101	17	21	52	3286
	FEN - 1	37	59	87	68	15	14	106	4450
	ICA TUNIA	31	40	89	125	17	9	70	3242
	PANORAMA-27-1	33	58	91	145	19	27	56	3300
	SERENA	37	72	96	130	16	18	190	3360
	SV-109	32	52	96	143	29	11	96	3364

*Nota.* Análisis de Conglomerados para los caracteres cuantitativos de las variedades de soya. *Fuente.* Autoría Propia

## Apéndice C

### *Modelo Factorial*

---

#### **Apéndice C. Modelo Factorial para las variables cuantitativas de 76 genotipos de soya.**

---

Variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Tiempo Floración (días)	0.823	-0.376	0.070
Altura Floración (cm)	0.840	-0.220	0.010
Tiempo Maduración (días)	0.761	0.217	-0.004
Altura Maduración (cm)	0.337	0.529	-0.325
Peso 100 Semillas (g)	-0.140	0.705	-0.014
Altura Carga (cm)	0.400	0.437	-0.498
No. Vainas	0.253	0.079	0.772
Rendimiento (kg/ha)	0.085	0.644	0.571
Variación Explicada	2.326	1.625	1.280

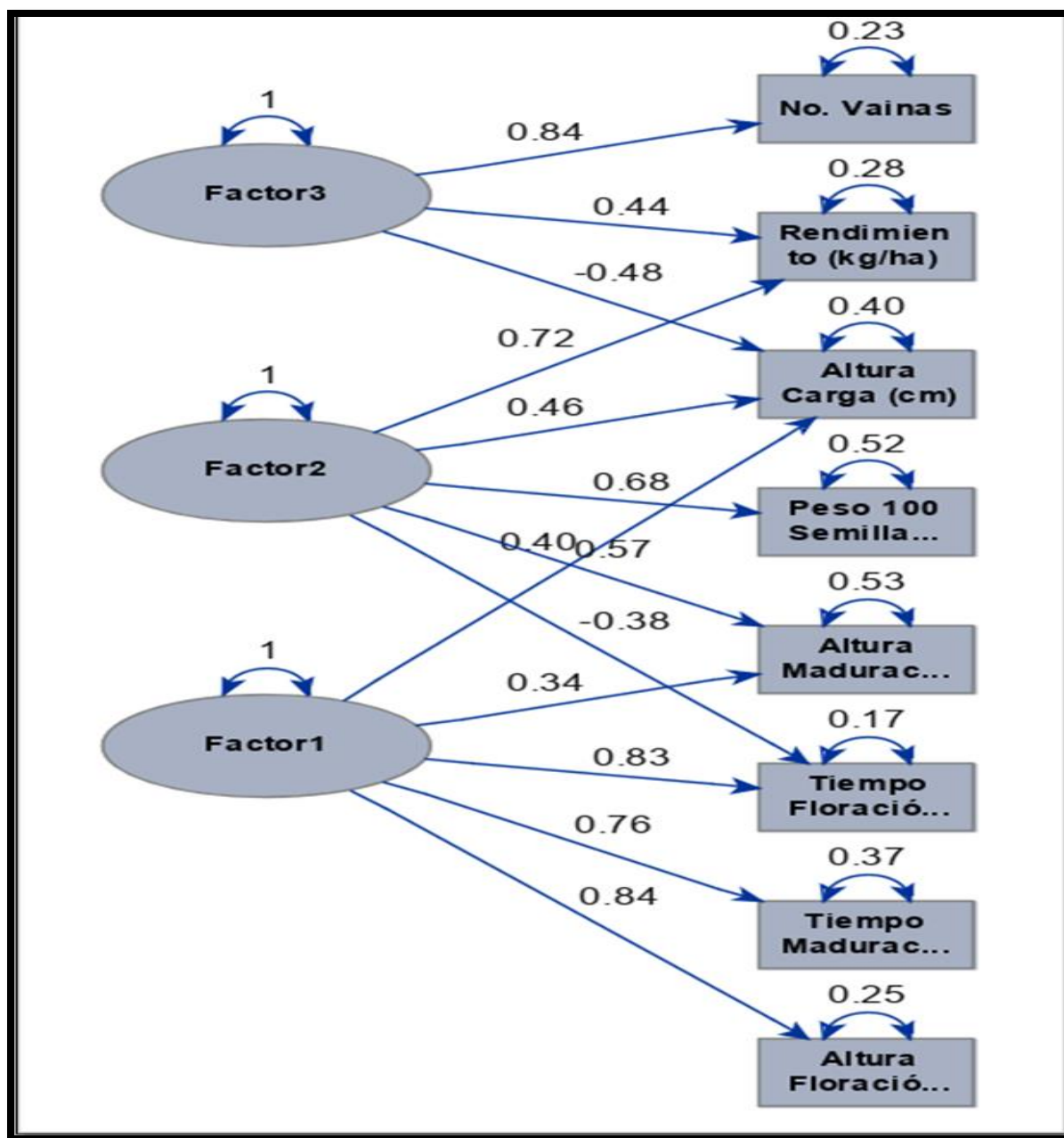
---

*Nota.* Modelo factorial para las variables cuantitativas de 76 genotipos de soya. *Fuente.* Autoría

Propia

Figura 5

Diagrama de Ruta



Fuente. Autoría Propia

## Apéndice

### Resumen Analítico Especializado RAE

**Tema:** Evaluación mofo-agronómica de variedades de soya

**Título:** Caracterización y evaluación morfo-agronómica de la colección de germoplasma de soya *Glycine max (L) Merr*, de la empresa Semillas Kamerún SAS – Colombia

**Autores:** James Serna Uribe

**Año:** 2023

**Resumen:** La soya (*Glycine max L. Merrill*), ocupa una posición privilegiada entre los cultivos del mundo, como la principal oleaginosa para la alimentación animal y humana, por su alto porcentaje de proteínas (20 a 40%) y de aceites de calidad (15 a 25%), sin embargo en Colombia el principal mercado al que se destina su producción es la elaboración de alimentos balanceados para animales, igualmente este cultivo constituye una alternativa de rotación para un manejo fitosanitario, de control de arvenses y enfermedades, también aporta Nitrógeno al suelo para el siguiente cultivo. Con el objetivo de Caracterizar en términos morfo-agronómicos las accesiones del banco de germoplasma de soya de la empresa Semillas Kamerún, ubicada en el municipio de Obando Valle del Cauca a una altura de 935 msnm, Latitud norte de 4°39'27'', Longitud Oeste de 75°55'31'', Temperatura promedio 25°C, Humedad Relativa del 70%, Precipitación Anual promedio de 1578 mm, suelo franco-arcilloso. Se evaluaron 76 variedades de soya en un área experimental de la empresa, permitiendo el conocimiento de la diversidad genética y las posibilidades de desarrollo de variedades que beneficien tanto al productor como a la agroindustria. Se evaluaron variables como hábito de crecimiento, color de hiliun, color de

pubescencia, altura de la planta, color de flor, tipo de hoja, entre otras, utilizando la técnica de análisis de conglomerados tanto para los caracteres cualitativos como cuantitativos, las variedades se discriminaron en siete grupos, destacándose el clúster donde se observaron los genotipos de mayor rendimiento, las cuales fluctúan entre 3160 y 4450 kg/ha; sobresalen Fen 1, Cimarrona, SV 109 y Serena.

**Palabras clave:** Accesiones, análisis multivariado, fitomejoramiento, productividad, variabilidad genética.

Contenidos: Datos sobre producción y comercio de la soya, origen, botánica de la especie, condiciones edafoclimáticas, mejoramiento genético de la soya, metodología, análisis estadístico, resultados y discusión, conclusiones.

**Descripción del problema de investigación:** Con la reducción en los últimos años de las áreas de siembra de soya en el Valle del Cauca, muchas empresas establecidas desaparecieron del mercado; solo unas pocas como Semillas Kamerún SAS persisten en su empeño de producir semillas certificadas de calidad del cultivo de la soya.

Fué necesario entonces obtener nuevas variedades de soya que se adaptaran a las condiciones específicas de los agroecosistemas del piedemonte llanero y la altillanura, que permitan a sus productores mejorar el rendimiento por hectárea y así satisfacer la alta demanda Interna.

¿Es posible conocer las características morfo-agronómicas de las accesiones de soya del Banco de Germoplasma de la empresa Semillas Kamerún SAS en Valle del Cauca – Colombia, que permitan reconocer su potencial de rendimiento?

### **Objetivo General**

Caracterizar morfo-agronómicamente las accesiones del banco de germoplasma de soya de la empresa Semillas Kamerún SAS.

### **Objetivos Específicos**

Determinar la variabilidad de los caracteres cualitativos en la colección de soya del banco de germoplasma de la empresa “Semillas Kamerún SAS” de Colombia.

Evaluar las características cuantitativas de importancia agronómica de las accesiones de soya de la colección de soya de la empresa “Semillas Kamerún SAS” de Colombia.

**Metodología:** Las accesiones se evaluaron en lote experimental de Semillas Kamerún SAS, ubicado en el Municipio de Obando Valle del Cauca a una altura de 934 msnm, Latitud Norte de 4°39'27'', Longitud Oeste de 75°55'31'', temperatura promedio 25-30 Grados Centígrados, Humedad Relativa del 70%, precipitación anual promedio de 1578 mm, suelo franco-arcilloso.

Las accesiones que hacen parte del banco de germoplasma de S.K se encuentran sembradas bajo un diseño completamente al azar con una estructura de medidas repetidas en el tiempo, en donde cada tres surcos de la parcela experimental correspondían a una accesión con aproximadamente 200 plantas. Los surcos estaban a una distancia de 50 cm y 5 metros de largo para una población de 260.000 plantas por hectárea.

Para la comparación entre los 76 materiales de la colección, se consideraron caracteres tanto cuantitativos como cualitativos: tiempo de floración y de maduración, altura de floración y de maduración, peso de 100 semillas, altura de carga, número de vainas, rendimiento, color de flor y de pubescencia, hábito de crecimiento, tipo de hoja, color de hilum y tipo de grano.

**Referentes teóricos:** El objetivo del mejoramiento genético de la soya en Colombia, entre otras características ha sido el aumento de la productividad, homogeneidad en la maduración, altos contenidos de aceites, proteínas y adaptabilidad del cultivo (González, 2015).

De acuerdo con Bastidas (1994), el mejoramiento genético de soya en Colombia ha tenido como objetivos la obtención de variedades con características deseadas y conocimiento agronómico del cultivo tendiente al incremento de la producción y la productividad, en ese sentido se busca incorporar en las nuevas variedades las siguientes características: a) Altos rendimientos, b) Resistencia a plagas y enfermedades, c) Acortar el periodo entre siembra, floración y cosecha, d) capacidad de ramificación, e) Altos contenidos de aceite y proteína, f) Uniformidad en la maduración, g) Resistencia al desgrane en campo y al volcamiento, h) Altura de la inserción a la primera vaina no menor a 12 cm.

**Análisis estadístico:** Para el caso de los descriptores cualitativos se calculó una matriz de distancias Euclidianas, la cual se utilizó para realizar un Análisis Clúster o de agrupamiento utilizando el método Ward. Para definir las variables de mayor peso o contribución en la discriminación de los materiales, en estudio se realizó un Análisis de Correspondencia múltiple.

En lo relacionado a los caracteres cuantitativos, utilizando el algoritmo propuesto por Ward, se llevó a cabo un Análisis Clúster vía Análisis de Componentes Principales. Para detallar la contribución de las variables en la conformación de grupos o conglomerados de materiales se utilizó la técnica estadística de Análisis Factorial.

**Resultados:** En relación con los caracteres cualitativos se calculó la Matriz de Distancias Euclidianas como base para realizar un análisis clúster, del cual se formaron siete grupos con diferentes características en sus variedades: Grupo I: (9), flor lila, pubescencia gris, hábito de crecimiento Semi-indeterminado, hoja oval puntiaguda, hiliun café claro y grano redondo, Grupo II: (12), flor lila, pubescencia café, hábito de crecimiento determinado, hoja redonda, hiliun claro y grano ovalado, Grupo III: (14) flor lila, pubescencia café, hábito de crecimiento indeterminado, Hoja oval puntiaguda, hiliun café oscuro, grano ovalado, Grupo IV: (9), flor lila,

pubescencia café, hábito de crecimiento determinado, hoja oval puntiaguda-oval redonda, hilium café oscuro, grano redondo, Grupo V: (15), flor blanca-café, pubescencia blanca-café, hábito de crecimiento Indeterminado-semi-indeterminado, hoja oval redonda-puntiaguda, hilium café oscuro-negro, grano ovalado, Grupo VI: (10), flor blanca, pubescencia gris, hábito de crecimiento semi-indeterminado, hoja oval redonda-triangular, hilium café claro, grano redondo, Grupo VII: (7), flor blanca, pubescencia gris, hábito de crecimiento determinado-semi-Indeterminado, hoja oval puntiaguda, hilium café-café claro, grano ovalado.

En relación con los caracteres cuantitativos se calculó la Matriz de Distancias Euclidianas, la cual fué la base del Análisis de Conglomerados vía Análisis de Componentes Principales, dando origen a siete grupos o conglomerados: Grupo I: (15) Prom. 16,7cm altura de carga, 56,6 cm altura floración, 108,4 altura maduración, 62,7 vainas/planta, 18,1gr peso 100 semillas, rendimiento 2.185 kg/ha, tiempo de floración y maduración 35,3 - 88,9 días, Grupo II: (16) Prom. 14,7cm altura de carga, 59,6cm altura floración, 105,0 cm altura maduración, 60,0 vaina/planta, 15,6gr peso 100 semillas, rendimiento 1,583 kg/ha, tiempo de floración y maduración 35,5 - 88,3 días, Grupo III: (8) Prom. 14,9cm altura de carga, 55,1cm altura floración, 114,5 cm altura maduración, 71,8 vaina/planta, 16,6gr peso 100 semillas, rendimiento 2,890 kg/ha, tiempo de floración y maduración 33,0 - 90,4 días, Grupo IV: (9) Prom. 16,3cm altura de carga, 70,4cm altura floración, 114,4 cm altura maduración, 74,7 vaina/planta, 18,4gr peso 100 semillas, rendimiento 2,521 kg/ha, tiempo de floración y maduración 36,7 - 89,9 días, Grupo V: (11) Prom. 15,1cm altura de carga, 57cm altura floración, 102,2 cm altura maduración, 58,2 vaina/planta, 14,4gr peso 100 semillas, rendimiento 1.183 kg/ha, tiempo de floración y maduración 36,1 - 89,3 días, Grupo VI: (9) Prom. 17,8cm altura de carga, 56,0cm altura floración, 129,7 cm altura maduración, 70,0 vaina/planta, 16,1gr peso 100 semillas, rendimiento

1,894 kg/ha, tiempo de floración y maduración 34,3 - 90,6 días, Grupo VII: (8) Prom. 17,0cm altura de carga, 58,1cm altura floración, 114,5 cm altura maduración, 91,3 vaina/planta, 19,0gr peso 100 semillas, rendimiento 2,890 kg/ha, tiempo de floración y maduración 35,4 - 91,6 días.

**Conclusiones:** En relación con las variables cualitativas, el mayor poder de discriminación se observó en: a) El hábito de crecimiento donde el 36.8% presenta crecimiento determinado mientras que en el 32.9 y 30.3% el hábito es semi-indeterminado e indeterminado respectivamente, b) el color del hilum donde en el 46.1% la coloración es café clara mientras que el color café oscuro se observó en el 31.6% de los materiales, c) Color de la pubescencia donde el 64.5% de las variedades la presento café mientras que en el 35.5% la coloración es gris

En términos del coeficiente de variación las variables con mayor poder de discriminación fueron en su orden el número de vainas, la altura de carga, el rendimiento y la altura de floración con valores de 39.7, 36.3, 33.0 y 32.4% respectivamente

De los 76 genotipos en 8 con valores promedios de 17.0 cm para la altura de carga, 58.1 cm para altura de floración, 114.5 cm para altura de maduración, 91.3 vainas/planta, 19.0 g para el peso de 100 semillas, un tiempo de floración y de maduración de 35.4 y 91.6 días respectivamente, se observaron los mayores rendimientos los cuales fluctúan entre 3160 y 4450 kg/ha; sobresalen Fen 1, Cimarrona, SV 109 y Serena, grupo VII.

En 11 variedades con valores promedios de 15.1 cm para la altura de carga, 57.0 cm para altura de floración, 104.2 cm para altura de maduración, 58.2 vainas/planta, 14.4 g para el peso de 100 semillas, un tiempo de floración y de maduración de 36.1 y 89.3 días respectivamente, se encontraron las variedades de menor rendimiento, los cuales variaron entre 1024 y 1300 kg/ha.