

Evaluación fenológica y morfo-agronómica de ocho genotipos de soya (*Glycine max* L.)

Rivera-Escobar, SB

Estudiante Tesista

Departamento de Fitotecnia

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Correo electrónico: riverasofonias@yahoo.com

Vásquez-Jovel, KV

Estudiante Tesista

Departamento de Fitotecnia

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Correo electrónico: kvanevj@gmail.com

Menjívar-Menjívar, A

Estudiante Tesista

Departamento de Fitotecnia

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Correo electrónico: alexandermenjivar@gmail.com

Paniagua-Cienfuegos, MR

Docente Director

Departamento de Protección Vegetal

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Correo electrónico: mrpaniagua@gmail.com

Orellana-Núñez, MA

Docente Director

Departamento de Fitotecnia

Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.

Correo electrónico: maorellanan@gmail.com

Resumen

La investigación se desarrolló de enero a abril 2016, en la Estación Experimental y de Prácticas, de la Facultad de Ciencias Agronómicas, municipio de San Luis Talpa, Departamento de La Paz, El Salvador, localizada a 50 msnm, con una temperatura promedio de 33°C y un promedio de lluvia de 1700 mm anuales. La investigación se realizó con el fin de evaluar las características fenológicas y morfo-agronómicas de ocho genotipos de soya (*Glycine max* L). Los genotipos en estudio fueron DENNISSON, BRS-TIANA, NC-RALEIGH, CL0J095-4, N8001, Pb1, procedentes de la Colección del Banco de Germoplasma de USDA, Illinois, Estados Unidos y GUATEMALA 1, GUATEMALA 2, procedentes de Guatemala. El ensayo se estableció bajo un diseño de bloques completamente al azar (BCA) con cinco repeticiones y ocho tratamientos en una parcela de 805 m², dividido en 40 unidades experimentales de 9 m², contemplando 2,200 plantas en total, las cuales se aplicó riego por aspersión y de ellas obteniendo datos de 200 plantas. Se evaluaron las variables fenológicas cuantitativas: porcentaje de germinación, días a emergencia, a floración, a inicio de fructificación, a madurez fisiológica y a cosecha; se evaluaron también las variables morfológicas cuantitativas: longitud de tallo principal, diámetro del tallo, número de ramas, número de nudos, tamaño de la hoja, longitud y ancho de vaina, número de vainas por planta, número de semillas por planta y rendimiento ton.ha⁻¹, porcentaje de pureza de grano a cosecha, porcentaje de humedad, tamaño del grano, granos por libra, prueba de germinación y en cada fase del ciclo del cultivo observando las variables morfológicas cualitativas: hábito de crecimiento, color de flor, color de vaina, color de semilla, forma de semilla, pubescencia y forma de la hoja. Para el análisis de los resultados se aplicaron métodos descriptivos, apoyado del software estadístico InfoStat, realizando modelos lineales generales y mixtos y análisis multivariado específicamente el análisis de correspondencia simple a un nivel de significativas ($p < .005$). Dentro de los resultados obtenidos los genotipos N8001 y CL0J095-4 presentaron mayor precocidad sobre los demás genotipos desde la emergencia hasta la cosecha. En cuanto a los caracteres morfológicos cuantitativos, se encontró que el genotipo GUATEMALA 2 es el más productor de semillas por planta y dentro de los caracteres agronómicos presentó el mayor potencial de rendimiento con 3.7 ton/ha, en comparación con los demás genotipos en estudio. Se encontró que los genotipos son diferentes entre sí, pero tienen similitud entre algunas variables, las cuales se identificaron agrupando a través del Análisis Cluster, donde se identificó que el genotipo con más diferencias entre todos es el GUATEMALA 2.

Palabras clave: Genotipos,soya, rendimiento, variables, agronómicas.

Abstract

The research was carried out at the Experimental and Practical Station of the Faculty of Agronomic Sciences, municipality of San Luis Talpa, Department of La Paz from January 2016 to April 2016, located at 50 meters above sea level, with an average temperature of 33 ° C and a rainfall of 1700 mm annually, in order to evaluate the phenological and morpho-agronomic characteristics of eight soybean genotypes (*Glycine max* L). The genotypes studied were DENNISSON, BRS-TIANA, NC-RALEIGH, CL0J095-4, N8001, Pb1 from the USDA, Illinois, United States and GUATEMALA 1, GUATEMALA 2 Germplasm Bank Collection from Guatemala. The experiment was carried out under a completely randomized block design (BCA) with five replications and eight treatments in a plot of 805 m², divided into 40 experimental units of 9 m², covering 2,200 plants in total, which were sprayed irrigation and of them obtaining data of 200 plants. Quantitative phenological variables were evaluated: percentage of germination, days at emergence, flowering, beginning of fruiting, physiological maturity and harvest; we also evaluated the quantitative morphological variables: main stem length, stem diameter, number of branches, number of knots, leaf size, pod length and width, number of pods per plant, number of seeds per plant and yield per ton.ha⁻¹, percentage of grain purity at harvest, percentage of moisture, grain size, grains per pound, germination test and at each stage of the crop cycle, observing the qualitative morphological variables: growth habit, flower color, pod color, seed color, seed form, pubescence and leaf shape. For the analysis of the results we applied descriptive methods, supported by the statistical software InfoStat, performing general and mixed linear models and multivariate analysis specifically the analysis of simple correspondence at a significant level ($p < .005$). Among the results obtained, the genotypes N8001 and CL0J095-4 presented a higher precocity on the other genotypes from the emergency to the harvest. As for the quantitative morphological characters, it was found that the genotype GUATEMALA 2 is the most seed producer per plant and within the agronomic characteristics presented the highest yield potential with 3.7 ton/ha, when compared to the other genotypes under study. It was found that the genotypes are different from each other, but they have similarity between some variables, which were identified grouping through Cluster Analysis, where it was identified that the genotype with the most differences among all is GUATEMALA 2.

Key words: Soybean, genotypes, yield, agronomic, variables.

Introducción

La soya es un ejemplo en materia de cadenas de valor globalizada y en el ámbito mundial es el cultivo de grano oleaginoso más importante para el consumo humano y la alimentación animal (IIP, 2011). Millones de personas alrededor del mundo comen carne, huevos y productos lácteos que provienen de animales alimentados con soya y trazas de soya se encuentran en incontables alimentos procesados. La planta crece bajo muchas condiciones ambientales, en rangos de 0.45-1.5 metros de altura, de forma recta y pubescente según su variedad, produciendo vainas desde dos hasta cuatro semillas, (WWF, 2015).

La producción y las exportaciones de soya son dominadas por EE.UU., Brasil y Argentina, también es cada vez más importante en Paraguay, Bolivia y Uruguay (IIP, 2011). El éxito comercial de la soya se debe al enorme crecimiento en la producción, comercio y utilización mundial, lo cual generó cambios a nivel de unidad productiva en la región del Mercosur. Los cambios, inclusive, provocaron nuevos modelos de producción, de integración comercial, de escala, superando la llamada economía de mercado y entrando de lleno en una agricultura de contratos, conformando unidades de negocios y encadenamiento de servicios que desdibujaron totalmente la figura tradicional del productor y crearon un nuevo paradigma de actor del negocio primario (FAO, 1995).

En El Salvador la soya encuentra una variada gama de usos para grano y un amplio listado de productos importados, sin embargo, es en la alimentación de animales de granja, donde el consumo de harina de soya es mayor. Para el 2013 se importaron en grano 122.01 TM, aceite de soya 22,315.97 TM, salsa de soya 216.52 TM, y harina de soya para elaboración de concentrado 200.93 TM (MAG, 2013). Este potencial de mercado podría ser abastecido en alguna medida por producción interna dando lugar al establecimiento de plantas agro-industriales y producción de subproductos, generando liberación de divisas al reducir sus importaciones como el aceite y salsa de soya, para el 2014 según BCR 2015, reporta que se importaron \$8,183,736.01USD en total; sin embargo, la producción nacional de soya es mínima, siendo destinada principalmente para autoconsumo de animales de granja y bovinos.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento agronómico de ocho genotipos de soya (*Glycine max* L.), a 50 msnm del departamento de la Paz, con el propósito de generar una alternativa de seguridad alimentaria y nutricional, para ello fue necesario estudiar la fenología de los ocho

genotipos, identificar las características morfo-agronómicas cualitativas y cuantitativas y determinar rendimiento y características físicas del grano de los ocho genotipos en estudio.

Materiales y Métodos

Lugar de la investigación

La investigación se realizó en el periodo de enero a abril de 2016 en las instalaciones de la Estación Experimental y de Prácticas (EEP) de la Facultad de Ciencias Agronómicas (F.CC. AA.) de la Universidad de El Salvador (UES), ubicado en el municipio de San Luis Talpa, Departamento de La Paz, El Salvador, a 50 msnm, con una temperatura promedio de 33°C, y un promedio de lluvia de 1700 mm anuales, con coordenadas geográficas 13°28'30.21" N, y 89°5'43.39" W.

La selección de la semilla para la siembra se realizó en el Laboratorio del Departamento de Fitotecnia de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Consistió en clasificarlas según el tamaño utilizando tamices con medidas de 4.00 mm, 4.75 mm, 6.3 mm, 6.7 mm y 8.00 mm, de las cuales se seleccionaron las de mayor diámetro de cada genotipo, se pesaron con balanza analítica y se contaron en el contador de semillas PFEUFFER para cada unidad experimental, colocando cada tratamiento y repetición en bolsas identificadas.

Una vez seleccionada la semilla a utilizar, permaneció almacenada en una cámara fría a 6 °C, se realizaron pruebas de germinación para cada uno de los genotipos, elaborando cuatro pruebas en papel toalla húmeda con cien semillas para cada uno, observando cada 24 horas la aparición de la radícula y de acuerdo a los resultados los ocho genotipos presentaron entre el 90-98 % de germinación, determinando colocar tres semillas por postura para una densidad de siembra 29.74 kg/ha⁻¹.

Los genotipos en estudio fueron DENNISSON, BRS-TIANA, NC-RALEIGH, CL0J095-4, N8001, Pb-1, procedentes de la Colección del Banco de Germoplasma de USDA, Illinois, Estados Unidos y GUATEMALA 1, GUATEMALA 2, procedentes de Guatemala

Metodología de campo

La preparación del terreno se realizó en diciembre de 2015, ocho días antes de la siembra, haciendo uso de un paso de arado, dos pasos de rastra y un surcado a 0.60 m.

Posteriormente se delimito el área destinada para el experimento el cual fue de 805 m², luego se dividió el área en bloques de 30 m de largo por tres metros de ancho, separados por 1m entre bloque, ubicando los tratamientos de norte a sur en 5 bloques de 8 tratamientos por cada bloque.

La siembra se realizó el 8 de enero del 2016 de forma manual, colocando tres semillas por postura de acuerdo con los resultados obtenidos en la prueba de germinación con un distanciamiento de 0.30 m entre planta y 0.60 m entre surco, obteniendo 27,329 plantas/ha.

Durante todo el ciclo vegetativo se aplicó riego por aspersión, seis horas al día, 10 litros por minuto, necesitando 44.72 m³.

Se realizaron tres aplicaciones directas al suelo, la primera con fórmula N-P-K a los 8 dds con una relación de 100 kgN/ha y las últimas dos fertilizaciones con Nitrógeno en dosis de 32 kgN/ha.

Se realizó un control químico de maleza siete días antes de la siembra utilizando Herbicida-bipiridilo con una dosis de 2.85 lt/ha, después de la siembra se realizó control manual y una vez cada semana hasta la cosecha y para el control de plagas se aplicó preventivamente productos químicos y biológicos, debido a que se tenían variables morfológicas, fenológicas y agronómicas de interés en la investigación, para todos los genotipos

La cosecha y secado del grano se realizó cuando el cultivo finalizó la etapa de maduración del grano y se presentaron los índices de cosecha, por lo que se procedió a arrancar las plantas de cada tratamiento, separándolos por genotipo y repetición, dejándolas secar bajo techo.

Variables en estudio

Fenológicas cuantitativas: porcentaje de germinación, días a emergencia, a floración, a inicio de fructificación, a madurez fisiológica y a cosecha, evaluadas a través de la observación del periodo de días transcurridos desde la siembra hasta el momento en que se expresó el inicio de la etapa, el 50% y 95% de cada variable en la población de cada genotipo.

Variables cuantitativas: longitud de tallo principal (cm), diámetro del tallo (cm), número de ramas, número de nudos, tamaño de la hoja (medida después de la floración en centímetros), longitud y ancho de vaina (cm), número de vainas por planta, número de semillas por planta y rendimiento ton.ha-1, porcentaje de pureza de grano a cosecha, porcentaje de humedad, tamaño del grano, granos por libra, prueba de germinación, evaluadas en Estación Experimental y de Prácticas y en el Laboratorio del Departamento

de Fitotecnia de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. En cada fase del ciclo del cultivo se observaron las variables morfológicas cualitativas: hábito de crecimiento, color de flor, color de vaina, color de semilla, forma de semilla, pubescencia y forma de la hoja, evaluadas por medio de un descriptor para cultivo de soya del Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos (IPGRI).

Metodología estadística

Para el establecimiento del ensayo se utilizó el diseño de bloques completos al azar (BCA). Constituido por cinco bloques cada uno con ocho repeticiones para un total de 40 unidades experimentales, debido a que el terreno presenta una gradiente de humedad. Cada unidad experimental lo conformaron cinco surcos de 3.0m de largo y 0.60m entre surco. El área total de la parcela de 805 m² (35m de largo por 23 m de ancho), con una población total de 2,200 plantas y cada unidad experimental con 55 plantas en un área de 9.0 m² (3 m de largo y 3 m de ancho). El tamaño de la muestra dentro de cada tratamiento fue de cinco plantas que representan 0.81 m² de área útil en cada unidad experimental. El total de plantas muestreadas fue de 200.

Para la caracterización cuantitativa se utilizó el Análisis multivariado específicamente el análisis de componentes principales, que consiste en una matriz de datos de cada planta a las que se les toma todas las variables y se expresaron en una gráfica, identificando las de mayor representatividad.

La variable de producción fue evaluada con un análisis de varianza de dos vías. Al encontrarse diferencia significativa ($p > 0.005$), se realizó la prueba de LSD Fisher. Estos análisis se llevaron a cabo con el paquete Rcommander para R.2.3 (Fox J, 2005). Las variables cualitativas se les realizó análisis cluster jerárquico, ya que agrupa un conjunto de características de los genotipos detallando los más semejantes entre sí.

Resultados y Discusión

Caracteres fenológicos de soya (*Glycine max* L.)

En la figura 1 se observa que el Componente 1 (CP1- eje X) explica el 51.4% de la variación y el componente 2 (CP2- Eje Y) explica el 20.6%. Es decir que en el eje " X ", las variables días a germinación, cotiledonar, primer nudo, segundo nudo, tercer nudo, días a inicio de floración, floración (50%), floración completa, inicio de formación de vaina, fructificación (50%), formación de vaina completa, inicio de formación de semilla, semilla completamente formada, inicio de maduración, madurez fisiológica (50%), madurez completa, y cosecha están siendo mejor explicadas por los

genotipos GUATEMALA 1, Pb-1, y BRS TIANA las cuales presentaron similar ciclo vegetativo; no así el genotipo CL0J095-4, que fue las más temprana en días para mostrar las variables antes mencionadas. Mientras que en el eje " Y " la variable que mejor explica es días a fructificación con los genotipos DENNISSON, NC-RALEIGH. Las variables que mejor explica a la fenología de cultivo, son las fases evaluadas; días a inicio de maduración, días a madurez fisiológica (50%), días a madurez completa y días a cosecha, siendo los valores altos de las variables. En el análisis exploratorio utilizando componentes principales se determina que el genotipo más precoz fue el CL0J095-4 en días y el genotipo más tardío fue GUATEMALA 2 en días (Fig.1). El desarrollo en todo el ciclo de cada genotipo es determinado por la influencia de la genética, logrando a plenitud cada etapa por la influencia de la temperatura, ya que su desarrollo óptimo lo logra entre 20 °C-30 °C, condiciones propias de zonas costeras.

La temperatura y el fotoperiodo son los factores ambientales determinantes que regulan la duración de las etapas de desarrollo fenológico del cultivo (Kantolic *et al.*, 2004).

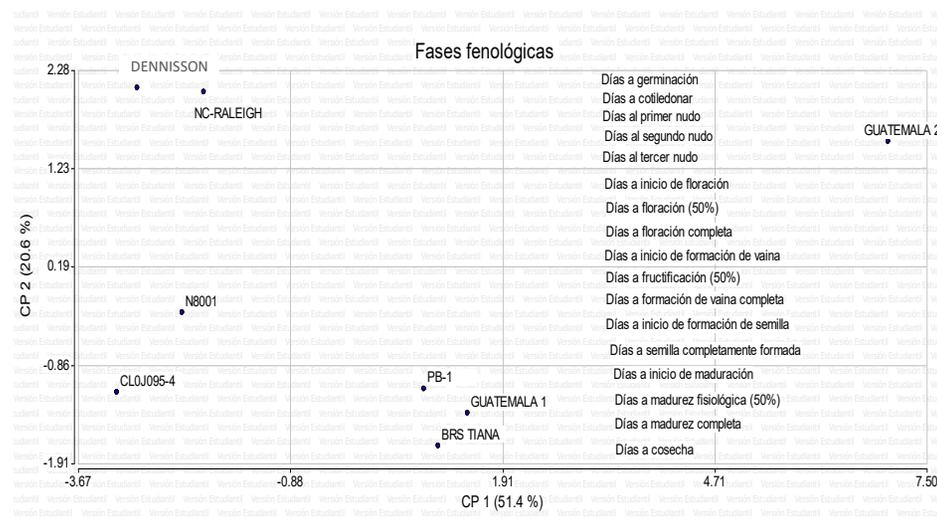


Figura 1. Análisis exploratorio entre las fases fenológicas de 8 genotipos de soya (Glycine max L.)

En la figura 2 se observa detalladamente cada etapa de las fases fenológicas del cultivo de soya por genotipos donde se identifica que el genotipo Pb-1 tiene menor tiempo de duración en la etapa de floración y cosecha ya que las flores desarrollaron rápidamente y las vainas demostraron ser dehiscentes, logrando completar su ciclo a los 77 días después de siembra, por lo tanto se determina como el más precoz. Se determinaron grupos de genotipos con fenología similar, CL0J095-4 y N8001 cosechados a la 78 días después de siembra y BRS-TIANA y GUATEMALA 1 cosechados a los 81 días después de siembra y los genotipos DENNISSON y NC-RALEIGH cosechados a los 84 días después de siembra; cabe resaltar que cada genotipo demostró características propias en el desarrollo morfológico. La tasa de crecimiento de las hojas, pecíolos y tallos aumenta hasta llegar aproximadamente a la etapa de formación de vainas (Rosas y Young, 1991).

Altura de planta cosecha

En la figura 3 se observa la variable altura de planta a cosecha con diferencia significativa $p < 0.05$ entre los genotipos, existiendo una variación entre las medias de la manera siguiente; el genotipo GUATEMALA 2 presentó mayor altura, la cual es aproximadamente de 53.91 cm y el de menor altura fue el genotipo NC-RALEIGH con 20.04 cm, dado que los demás genotipos no son significativamente diferentes. Con respecto a los demás, sin embargo se expresaron entre un rango promedio 23.66 cm y 41.60 cm. La soya adquiere alturas variables de 0.45 a 1.50 metros, suele ser erguido y bien ramificados (MAG/CENTA 1995).

En cultivares de porte alto, la altura es un requisito fundamental, porque permite una mayor eficiencia en la producción y a la vez para la cosecha mecanizada y de mayor posibilidad para competir con las plantas arvenses (FAO, 1995).

Diámetro del tallo.

En la figura 4 se puede observar que en la variable diámetro del tallo, existe diferencia significativa $p < 0.05$ entre los genotipos. El mayor diámetro de tallo se presenta en el genotipo GUATEMALA 2 con 3.52 mm, esto permite tener resistencia a los vientos y evitar el acame por ser el de mayor altura y el de menor diámetro fue el genotipo CL0J095-4 1.21 mm. Con respecto a los demás genotipos se expresaron entre un rango promedio 1.42 mm y 3.33 mm.

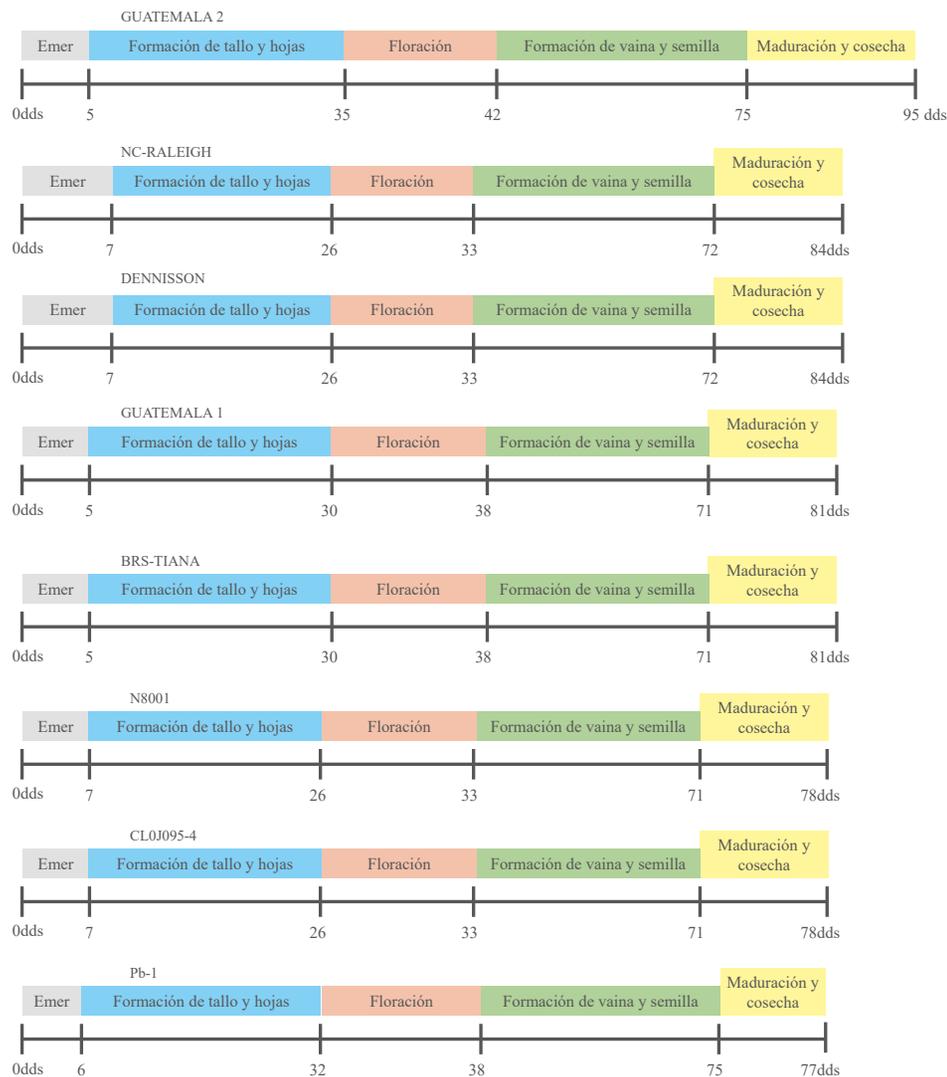


Figura 2. Fenología de ocho genotipos de soja (*Glycine max L.*)

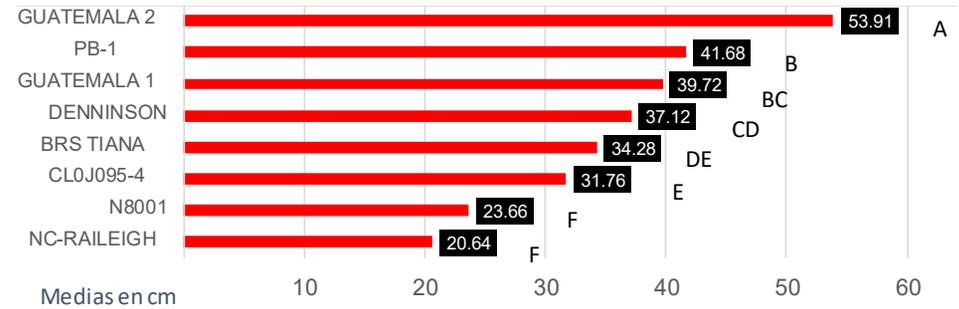


Figura 3. Altura a cosecha de ocho genotipos de soja (*Glycine max L.*). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.005$)

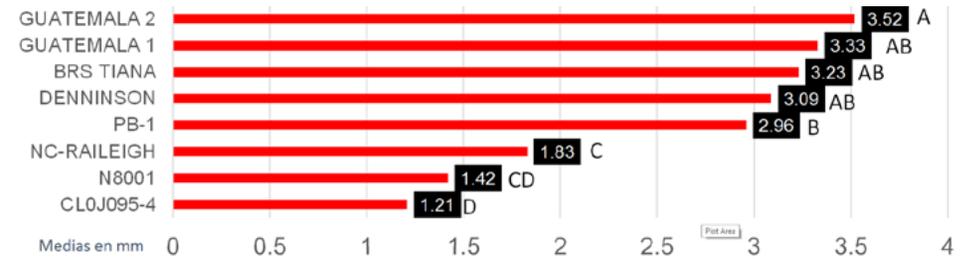


Figura 4. Diámetro del tallo de ocho genotipos de soja (*Glycine max L.*). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.005$)

Esta variable fue tomada durante la etapa de inicio de floración y cosecha, desde la base del suelo hasta el ápice del tallo, determinando que los genotipos CL0J095-4, N8001, BRS-TIANA, DENNISON y NC-RALEIGH son los que reflejan tener crecimiento determinado, ya que no siguieron desarrollándose vegetativamente y presentaron floración en el ápice del tallo; al mismo tiempo presentaron los menores diámetros de tallo. Los genotipos con mayor crecimiento y que mantuvieron alturas similares fueron GUATEMALA 1, Pb-1 y GUATEMALA 2, estos pasada la etapa de inicio de floración siguieron desarrollándose vegetativamente, originando botones florales en las axilas de los nudos y manteniendo el ápice en crecimiento, por lo tanto, estos genotipos desarrollaron más vainas. Para las plantas de crecimiento determinado el aumento del diámetro de tallo continuo poco después del florecimiento, en cambio, en las plantas de crecimiento indeterminado el crecimiento longitudinal continuo más allá del periodo de desarrollo de las vainas (FAO, 1995).

Altura de base a primera rama.

En la figura 5 se puede observar la variable altura de base a primera rama con diferencia significativa $p < 0.05$ entre el genotipo que presentó menor altura NC-RALEIGH con 5.08 cm, y los de mayor altura son GUATEMALA 2, BRS TIANA con 10.45 cm, estas reúnen la altura para poder ser cosechadas mecanizadamente. Con respecto a los demás genotipos se expresaron entre un rango promedio 6.58 cm y 10.04 cm.

La altura de base a primera rama está asociada con la altura de la planta y es de primordial importancia para la mecanización de la cosecha, ya que si la inserción de la primera vaina es muy baja la cosechadora no la recolecta y se pierde gran cantidad de grano (Blandón, 1988). La inserción de la primera vaina debe superar los 10 cm (Valencia *et al.* 2000)

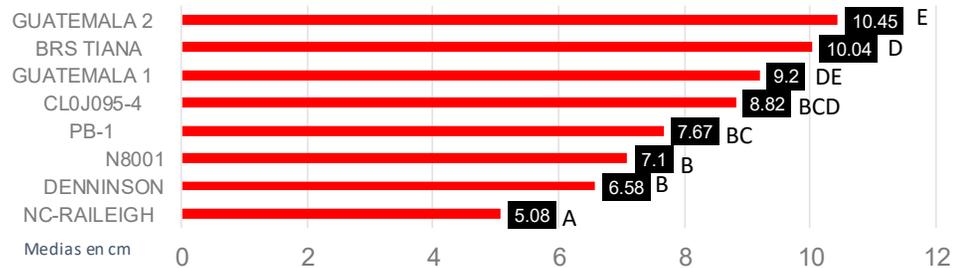


Figura 5. Altura de base a primera rama de ocho genotipos de soya (*Glycine max* L.). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.005$)

Total de vainas por planta

En la figura 6 se puede observar a la variable total de vainas, existe diferencia significativa ($p < 0.0001$) entre los genotipos, existiendo una variación entre las medias de la manera siguiente; el genotipo GUATEMALA 2 con 80.51 vaina y el que presentado menor cantidad de vaina es N8001 con 27.81 vainas. Con respecto a los demás genotipos se expresaron entre un rango promedio 28.8 y 53.03. Una inflorescencia puede llegar a desarrollar de 2 a 20 o más vainas por planta (Rosas y Young, 1991).

Cantidad de semillas por planta

En la figura 7 se puede observar a la variable cantidad de semillas por planta, existe diferencia significativa ($p < 0.0001$) entre los genotipos, existiendo una variación entre las medias de la manera siguiente; el genotipo Pb-1 obtuvo

mayor cantidad de 112.12 semillas y el menor es el genotipo N8001 con 45.66 semillas. Con respecto a los demás genotipos se expresaron entre un rango promedio 55.85 y 94.71.

Todas las ramas de las plantas de los ocho genotipos desarrollan vainas, sin embargo, producen diferente cantidad de vainas por planta, ya que la altura de cada planta da lugar a desarrollar ramas y vainas; por lo tanto la planta que más fructifico es del genotipo GUATEMALA 2 con 80.51 vainas en promedio pero produciendo 94.72 semillas por planta en promedio, en cambio el genotipo Pb-1 genero 52.03 vainas en promedio, produciendo 112.92 semillas por planta en promedio, registrándose con la menor producción de vainas y semillas el genotipo N8001 con 27.81 vainas en promedio y 45.66 semillas por planta en promedio. En el cultivo de soya se desarrolla de 1 a 4 semillas por vaina, siendo más común 2 ó 3 semillas y dependiendo de la variedad puede llegar a producir más de 400 semillas (Rosas y Young, 1991).

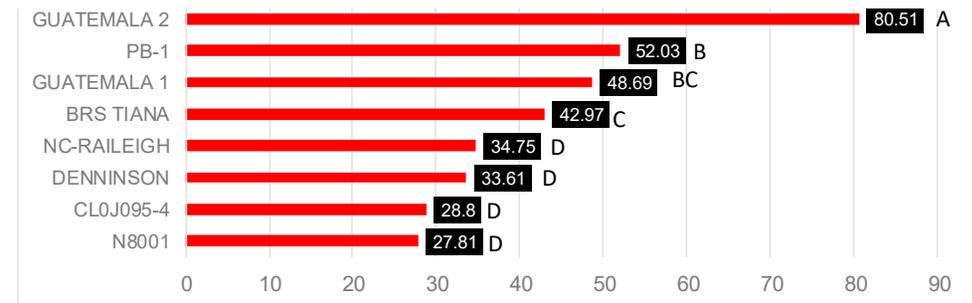


Figura 6. Total de vainas de ocho genotipos de soya (*Glycine max* L.). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.001$)

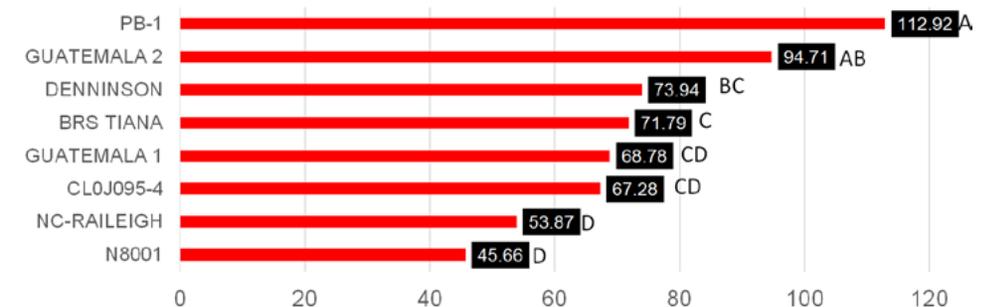


Figura 7. Cantidad de semilla por planta de ocho genotipos de soya (*Glycine max* L.). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.001$)

Rendimiento de grano tn/ha

En la figura 8 se puede observar a la variable rendimiento con diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los genotipos, existiendo una variación entre las medias de la manera siguiente; el genotipo GUATEMALA 2 obtuvo el mayor rendimiento con 3.77 tn/ha y el de menor rendimiento fue N8001 con 2.75 tn/ha. Según el USDA el promedio de la producción de los países mas exportadores de soya es de 3-4 toneladas por hectárea, el genotipo Guatemala 2 tiene el potencial para disminuir las altas importaciones del país en harinas, concentrados y poder elaborar sus productos de soya.

El rendimiento depende directamente de la interacción existente entre el genotipo y el ambiente (Toledo, 1997). El número de granos por unidad de superficie y el peso de los granos; si bien existen compensaciones entre estos componentes, guardan cierta independencia entre sí, que permite suponer que un aumento en cualquiera de los dos puede producir un aumento en el rendimiento. Sin embargo, en un rango amplio de condiciones agronómicas el número de granos es el componente que mejor explica las variaciones en la productividad del cultivo (Kantolic y Satorre, 2004).

Tamaño de semilla

El tamaño de la semilla se determinó pesando 100 semillas de cada genotipo escogidas al azar con 13% de humedad, obteniendo los siguientes tamaños de acuerdo a los tamices utilizados: 8mm, 6.7mm, 6.3mm, 4.75mm, 4mm. En la figura 9 se observa Análisis Clúster diferenció 3 grupos siendo los genotipos NC-RALEIGH, N8001 son similares con el tamaño 8.00 mm y 6.7mm, BRS TIANA, CL0J095-4, GUATEMALA 2, son iguales y los genotipos GUATEMALA 1, DENNISON, Pb-1, con 4.74mm y 4mm. La forma de la semilla es variable desde esférica hasta ovalada, siendo la testa de diferentes colores, amarilla, verde negra, o café (Rosas y Young, 1991). Las semillas generalmente miden de 3-8 mm (Bastidas, 2000).

Granos por libra

En la figura 10 se puede observar que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) el genotipo GUATEMALA 2 con 3,723.6 semillas por libra equivalentes a 820 semillas por 100 gramos y el menor fue el genotipo CL0J095-4 1849.4 semillas por libra equivalente a 407 semillas por 100 gramos. Con respecto a los demás genotipos se expresaron entre un rango promedio 2220.2 semillas y 3221.6 semillas por libras. Algunas variedades de soya pueden llegar a tener 3200-4500 semillas por libra (704-991 semillas/100gramos), dependiendo su tamaño (Pérez y Oviedo, 2013).

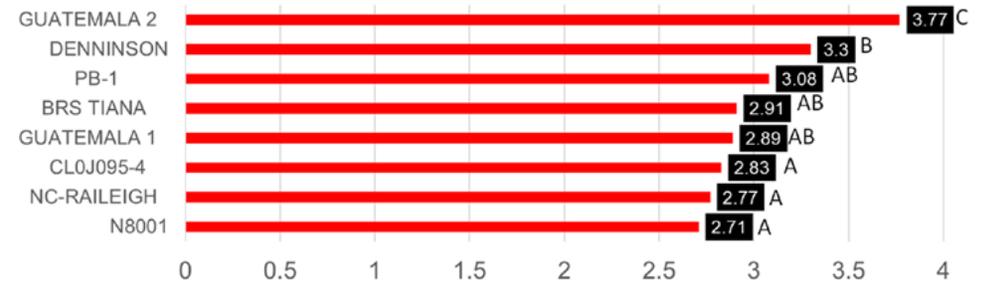


Figura 8. Rendimiento en Toneladas por hectárea de ocho genotipos de soya (*Glycine max* L.). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.005$)

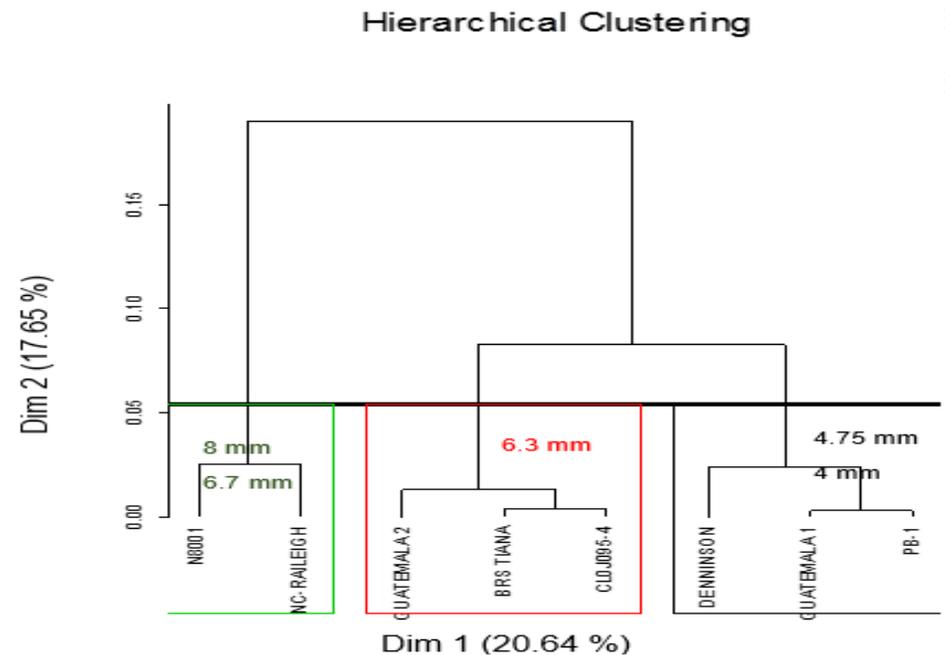


Figura 9. Análisis Clúster, método jerárquico aglomerativo entre el tamaño de semilla de 8 genotipos de soya (*Glycine max* L.)

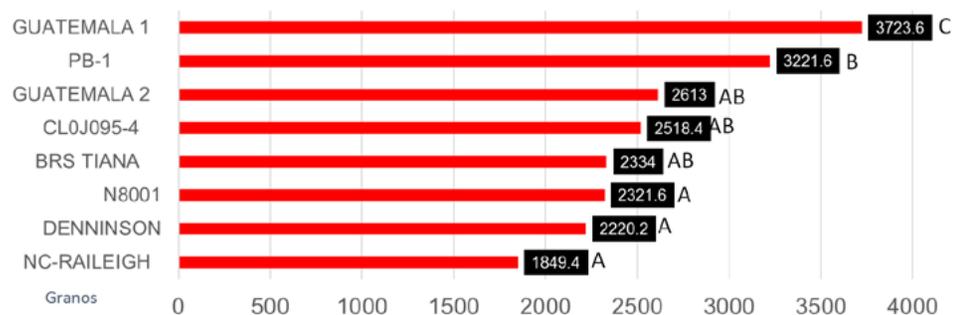


Figura 10. Granos por libras de ocho genotipos de soya (*Glycine max* L.). Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.005$)

Caracteres cualitativos en soya (*Glycine max* L.)

En la figura 11 se observa que la Dimensión 1 (Dim 1- eje X) explica el 20.64% de la variación y la Dimensión 2 (Dim 2- Eje Y) explica el 17.65%. Es decir que en el eje X, las variables hábito de crecimiento, pubescencia, forma de la hoja, inflorescencia, fruto color de vainas, forma y color de semilla está siendo mejor explicadas por los genotipos de GUATEMALA 1, Pb-1, CL0J095-4, no así los genotipos GUATEMALA 2, N8001, que fueron las más tempranas en mostrar las variables antes mencionadas. Mientras que el eje Y, la variable que mejor explica las variables cualitativas es la DENNISON. El análisis Clúster jerárquico diferenció 4 grupos de los cuales los genotipos BRS TIANA, GUATEMALA 1, PB-1, CL0J095-4 son semejantes; al mismo tiempo que GUATEMALA 2, N8001, y DENNINSON, NC-RALEIGH son diferentes a los demás en las variables cualitativas.

Las hojas, tallos y vainas se encuentran cubiertos con pubescencia, variando en su erección y densidad (FAO, 1995), siendo la mayoría de las variedades erecta (ICA Y CORPOICA, 2001). La forma de los folíolos es controlada genéticamente. Las flores pueden ser purpuras, blancas o blancas con la base purpura. Las vainas son verdes volviéndose bronceadas, marrones o negras en la madurez (FAO, 1995)

Hábito de crecimiento

En cuanto a la variable hábito de crecimiento se obtuvo un resultado de 75% de las plantas en estudio presento un hábito de crecimiento indeterminado (crecimiento indefinido hasta la cosecha) siendo los genotipos DENNISON, BRS TIANA, CL0J095-4, GUATEMALA 1, PB-1, GUATEMALA 2 y que solo un 25 % corresponde a un hábito determinado (culminación de crecimiento detectado en la etapa de floración) NC-RALEIGH, N8001.

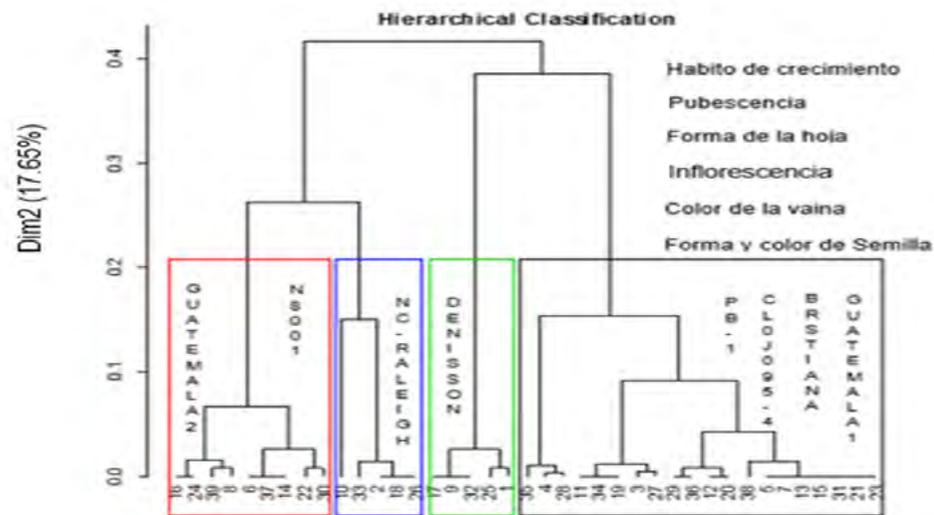


Figura 11. Análisis Clúster, método jerárquico aglomerativo entre las variables cualitativas de 8 genotipos de soya (*Glycine max* L.)

Los grupos IV o menores, son de hábito de crecimiento indeterminado, mientras que la mayoría de las de grupos V o superiores son de hábito determinado (ICA Y CORPOICA, 2001).

Pubescencia

En cuanto a la variable pubescencia se obtuvo 50% de la población de todos los genotipos semi erecto, de las plantas en estudio, el 37% presento erecto y un 13% a rizado. La pubescencia de la mayor parte de los tipos cultivados es aproximadamente erecta, también existen rizados y reclinados (FAO, 1995).

Forma de la Hoja

Para los genotipos en estudio se obtuvo un mismo resultado en cuanto a la variable forma de la hoja y podemos notar que el 100% de las plantas en estudio presentaron forma lanceolada pero diferentes tamaños. La forma de folíolos de la hoja puede variar entre oval, lanceolados (Lafarga *et al.* 2003). Las variaciones de forma de los folíolos desde oval a lanceolada son controladas genéticamente (FAO, 1995).

Inflorescencia

En cuanto la variable inflorescencia, se obtuvo que el 62% de los materiales presentaron color purpura CL0J095-4, GUATEMALA 1, GUATEMALA 2, Pb-1, N8001 y 38% color blancas siendo estos BRS TIANA, NC-

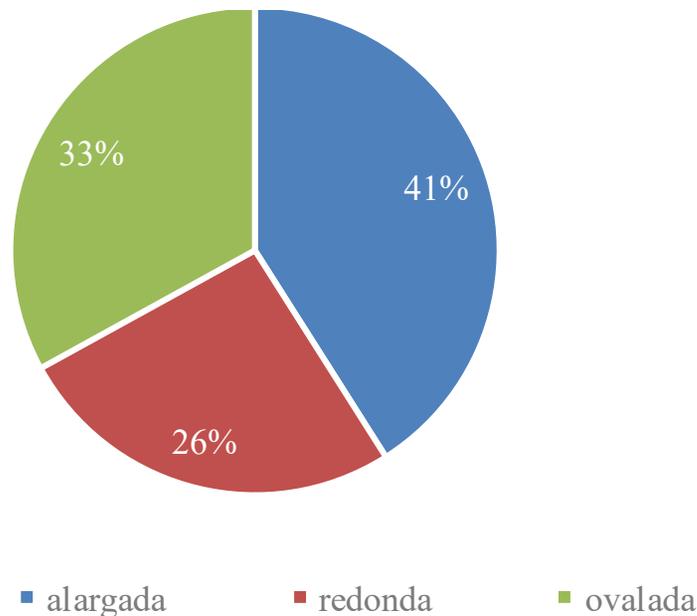
RALEIGH, DENNINSON la inflorescencia de los 8 genotipos de soya el color predominante fue el púrpura y un 38% color blanco. Inflorescencias racimosas axilares son de color blanquecino o púrpura, según la variedad. (Lafarga *et al.* 2003). Las flores pueden ser púrpuras, blancas o blancas con la base púrpura (FAO, 1995).

Color de la vaina

El 100% de la población de plantas en estudio presentaron color café en las vainas a cosecha, esto al presentarse determino el inicio de la madurez fisiológica de cada genotipo. Las vainas son verdes volviéndose bronceadas o negras en la madurez (FAO,1995).

Forma y Color de la semilla

En relación a la variable forma de la semilla se observa que se encontraron tres formas de semillas, las cuales son alargada, circular, ovalada; así mismo se detalla que un 41 % de los genotipos presentaron forma alargada, 33% ovalada y 26 % de la semilla con forma redonda (Fig.12). La semilla generalmente es esférica, la superficie es lisa, color amarillo crema, forma ovalada (MAG/CENTA 1995).



Conclusiones

Se identificaron tres grupos de genotipos con desarrollo fenológico similar, distribuidos en fase vegetativa BRS-TIANA, Pb-1 y GUATEMALA 1; fase reproductiva CL0J095-4 y N8001 y fase de fructificación NC-RALEIGH y DENNISSON además de tener los mismos días de cosecha.

Los genotipos con hábitos de crecimiento determinado fueron NC-RAILEIGH y N8001 los cuales fueron los que obtuvieron menor altura y cantidad de semillas, al contrario que los genotipos GUATEMALA 1, GUATEMALA 2, Pb-1, BRS-TIANA, DENNINSON Y CL0J095-4 que fueron indeterminadas estos genotipos tuvieron crecimiento de 30 a 50 centímetros de altura, lo que permite obtener mayor cantidad de vainas y semillas por planta.

Los genotipos evaluados que presentaron mayor precocidad fueron Pb-1 cosechado a los 77 días, CL0J095-4 y N8001 a los 78 días después de siembra y el genotipo Guatemala 2 cosechado a los 92 días después de siembra es el más tardío pero el rendimiento por hectárea es mayor.

Los genotipos NC-RALEIGH y N8001 presentaron semillas con tamaños de 6.3 mm hasta 8 mm, las más grandes entre los ocho genotipos evaluados y los genotipos DENNISSON, GUATEMALA 1 y Pb-1 son los que produjeron semillas de 4mm a 4.75mm las más pequeñas entre los ocho genotipos evaluados.

El genotipo con mayor rendimiento es Guatemala 2 con 3.7 t_{ha}⁻¹, 81 vainas promedio, 95 semillas promedio por planta y el genotipo N8001 produjo 2.71 t_{ha}⁻¹, 28 vainas promedio por planta y 46 semillas promedio por planta, determinándose como el material evaluado con menor rendimiento. El genotipo Guatemala 2 tiene el potencial para competir con el mercado de exportación mostrando un rendimiento de 3.7 t_{ha}⁻¹, ya que según la USDA los países más productores reportan rendimientos de 2-3.5 t_{ha}⁰, ayudando a través de la producción reducir las importaciones de soya y el déficit de divisas.

Figura 12. Forma de la semilla de 8 genotipos de soya (*Glycine max* L.)

Recomendaciones

Sembrar a distanciamientos menores de 0.30 m, los genotipos DENNISON, N8001, BRS-TIANA, CL0J095-4 Y NC-RALEYGH ya que, según su comportamiento vegetativo observado pueden crecer en un distanciamiento menor, logrando aumentar la densidad de siembra.

Realizar ensayos de rendimientos, en diferentes altitudes del país con los genotipos DENNISON, GUATEMALA 2 y Pb-1 por ser los más productivos que se obtuvieron.

Evaluar en todos los genotipos resistencia a plagas y enfermedades, altitud de siembra asocio con otros cultivos.

Realizar análisis bromatológico del contenido nutricional y de aceite de los ocho genotipos estudiados y caracterizarlos molecularmente.

Se recomienda la promoción del cultivo de soja por ser una alternativa de diversificación de la agricultura en El Salvador y disminuir la importación de grano y subproductos y así mejorar la seguridad alimentaria.

Bibliografía

BCR (Banco Central de El Salvador). 2015. (Importaciones y exportaciones de soja en El Salvador). (Correo electrónico). San Salvador, S.V. Consultado 23 jun. 2015

Bastidas, R. G. 2000. El cultivo de soja: Aspectos botánicos de la soja. en línea. CL. ICA. Consultado el 6 nov 2016. Disponible en <https://bibliotecadeamag.wikispaces.com/file/view/Cultivo+de+Soja.pdf>

Blandón, V. 1988. Influencia de diferentes métodos de control de malezas en soja (*Glycine max L.*) variedad cristalina. Tesis Ing. Agr. Managua, NI. ISCA. 55p

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1995. Cultivo de la soja en los trópicos: mejoramiento y producción. Roma, IT. 256 p.

Fox, J. 2005. The R commander; a basis statistics graphic user interface to R. *Sourhal of staatistical software*, 14 (a): 1-42

ICA (Instituto Colombiano Agropecuario); CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). 2001. El cultivo de la soja. en línea. Palmira, Co. Consultado el 7 nov 2016.

IIP (Instituto Internacional de La Potasa). 2011. Soja en Latinoamérica. (en línea). CH. Agroeditorial. Consultado 10 abr 2015. Disponible en <http://www.ipipotash.org/udocs/328-IIP-Boletin-No20.pdf>

IPGRI (Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos). s.f. Descriptor de soja *Glycine max L.* Consultado 20 de ene 2015.

Kantolic, A, y E. Satorre, 2004. Elementos centrales de ecofisiología del cultivo de soja: Manual práctico para la producción de soja. Buenos Aires, Ar. p.19-37

Lafarga, A; Lezaun, J; Goñi, J. 2003. El cultivo de soja. (en línea). Buenos aires, AR. Consultado 10 abr 2015. Disponible en <http://www.itga.com/docs/Fichascultivo/fisoja.pdf>

MAG/CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, SV).1995. Guía técnica del cultivo de soja. La liberta, sv.19p

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). SV. 2013. Anuario de estadísticas agropecuarias (DEA) 2013-2014. Santa Tecla, S.V. p.85

Pérez, L. y Oviedo C. 2013. Soja: Una alternativa para la región Norte de Nicaragua, ante el efecto climático. en línea. NI. CIAN. Consultado 8 nov 2016. Disponible en <http://norte.uni.edu.ni/doc/noticias/Soja-Una-Alternativa-Alimentaria.pdf>

Rosas, J; Young, R. 1999. El cultivo de la soja. 3 ed. Honduras. EAP. 71 p.

Toledo, R. 1997. El cultivo de soja. (en línea). Buenos aires, AR. Consultado 15 mar 2015. Disponible en http://agro.unc.edu.ar/~ceryol/documentos/soja/feno_soja.pdf

Valencia, R; Carmen, H; Vargas, H; Arriata, G. 2000. Variedades mejoradas de soja para zonas productoras actuales y potenciales de Colombia. (en línea). Co. Consultado 7 julio 2016. Disponible en <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/18018/37669>

WWF (World Wide Fund for Nature). 2014. Crecimiento de la soja: impactos y soluciones. (en línea). Trad. S. Kernohan. Gland, CH. Consultado 30 ene 2015. Disponible http://aws-assets.panda.org/downloads/reporte_final_soja_esp_2.pdf