

Revista del Centro de Investigación de la Universidad La Salle  
Vol. 14, No. 54, Julio-Diciembre, 2020: 37-48  
DOI: <http://doi.org/10.26457/recein.v14i54.2695>

---

## **Estudio de radiosensibilidad de chía negra (*Salvia hispanica* L.) (Lamiaceae), bajo siete niveles de irradiación gamma**

## **Radiosensitivity study of black chia (*Salvia hispanica* L.) (Lamiaceae), low seven levels of gamma irradiation**

Ernesto Díaz López<sup>1</sup>

Universidad Tecnológica de Tehuacán (México)

Recibido: 15 de junio de 2020

Aceptado: 21 de agosto de 2020

Publicado: 20 de noviembre de 2020

### **Resumen**

La chía negra es un cultivo, que se conoce desde la época precortesiana, se considera como un pseudocereal. Se utiliza como alimento y medicinal, por su alto contenido en ácidos alfa-linoléico y omega-3. Por esta razón es importante realizar trabajos de mejoramiento genético, para mejorar algunos atributos de importancia agronómica. Una herramienta importante para conocer las dosis de irradiación, a usar en programas de mejoramiento genético por mutagénesis, son los estudios de radiosensibilidad de la especie. Así el objetivo general de esta investigación fue: evaluar la radiosensibilidad de dos parámetros agronómicos en utrículos de chía negra (*Salvia hispanica* L.), sometidos a siete niveles de irradiación gamma de <sup>60</sup>Co. El experimento se llevó a cabo bajo condiciones de laboratorio, sembrando utrículos de chía negra, en charolas de poliestireno de 200 cavidades, los cuales fueron irradiados en el Transelektro LGI-01 en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Los

---

<sup>1</sup> Email: [ernesto.lopez@uttehuacan.edu.mx](mailto:ernesto.lopez@uttehuacan.edu.mx)



tratamientos consistieron de siete niveles de irradiación gamma de  $^{60}\text{Co}$ , 0; 250; 500; 750; 1000; 1250 y 1500 Gy y cuatro repeticiones, evaluadas bajo un diseño completamente al azar. Las variables respuesta fueron: porcentaje de germinación, brotación y sobrevivencia. Los resultados indican que la mayor germinación y brotación se alcanzan con 200 Gy de rayos gamma de  $^{60}\text{Co}$ . La sobrevivencia disminuyó progresivamente a dosis superiores de 500 Gy. La  $\text{LD}_{50}$ , se alcanzó con la aplicación de 530 Gy. Se puede concluir que, 200 Gy de irradiación gamma de  $^{60}\text{Co}$ , estimulan la germinación y brotación de chíá negra.

**Palabras clave:** germinación; brotación; sobrevivencia;  $\text{LD}_{50}$ .

**Abstract**

Black chia is a crop that has been known since pre-Cortesian times and is considered as a pseudocereal. This plant is used as food and medicinal due to its high content of alpha-linoleic and omega-3 acids, which are of great importance to humans. For this reason it is important to carry out genetic improvement work, in the specie, to improve some attributes of agronomic importance. An important tool to know the irradiation doses, to be used in mutagenesis breeding programs, are the radiosensitivity studies of the species. Thus, the general objective of this research was: To assess the radiosensitivity of two agronomic parameters in utricules of black chia (*Salvia hispánica* L.), subjected to seven levels of  $^{60}\text{Co}$  gamma irradiation. The experiment was carried out under laboratory conditions, sowing black chia utricules in 200-cavity polystyrene trays, which were irradiated in the Transelektro LGI-01 at the Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. The treatments consisted of seven levels of gamma irradiation of  $^{60}\text{Co}$ , 0; 250; 500; 750; 1000; 1250 and 1500 Gy and four repetitions, evaluated under a completely randomized design. The response variables were: percentage of germination, sprouting and survival. The results indicate that the highest germination and sprouting are achieved with 200 Gy of  $^{60}\text{Co}$  gamma rays. Survival progressively decreases at doses above 500 Gy. The  $\text{LD}_{50}$  was reached with the application of 530 Gy. It can be concluded that 200 Gy of  $^{60}\text{Co}$  gamma radiation stimulates the germination and sprouting of black chia.

**Keywords:** germination; sprouting; survival;  $\text{LD}_{50}$ .

## ***Introducción***

La chía negra (*Salvia hispánica* L.) es una planta que pertenece a la familia de las lamiáceas, antiguamente llamada Labiatae (Martínez et al., 2013), y junto con el amaranto y la quinua, son consideradas como pseudocereales, ya que no pertenecen a las poáceas, pero tienen propiedades y usos similares a los cereales. La familia lamiaceae presenta la mayor diversidad en México, con cerca de 500 especies (Xingú et al., 2017). En la actualidad, ha cobrado importancia debido a sus propiedades alimenticias y medicinales. A éste respecto Gutiérrez et al. (2014) mencionan que la semilla de chía, es una fuente importante de ácido alfa-linoléico con un contenido aproximado del 68 %. Por su parte, Jiménez et al. (2013) comentan que los ácidos grasos poliinsaturados como los omega-3 y omega-6 son esenciales para el ser humano, debido a que no se sintetizan en el cuerpo humano. Aunque el cultivo de chía se conoce desde la época prehispánica (Andrade y de la Cruz, 2010), ésta se ha considerado como una planta olvidada, debido al nulo aprovechamiento para programas de mejoramiento genético, en los que podrían abordarse algunos atributos de carácter agronómico, utilizando las distintas técnicas de fitomejoramiento tales como: mutagénesis radioinducida, cruzamiento clásico y técnicas modernas como la introgresión. Por ejemplo, la mutagénesis, es una herramienta de gran importancia para el mejoramiento genético de especies vegetales, ya que, comparado con otras técnicas, ahorra tiempo en la generación de nuevas características deseadas por el fitomejorador, debido a que se producen mutaciones moleculares, las cuales pueden ser manifestadas en la generación  $M_1 V_1$ , permitiendo así la variabilidad genética (Quiróz et al., 2012). A este respecto la mutagénesis, en la actualidad se ha utilizado con éxito en la creación de nuevos cultivares en la Agronomía. Por lo anterior en la presente investigación, se planteó el siguiente objetivo: evaluar la radiosensibilidad de dos parámetros agronómicos en utrículos de chía negra (*Salvia hispánica* L.), sometidos a siete niveles de irradiación gamma de  $^{60}\text{Co}$ . La hipótesis que guió al trabajo fue que existe un umbral a partir del cual la dosis de irradiación gamma de  $^{60}\text{Co}$  afectarán significativamente los procesos de germinación y brotación en utrículos de chía negra (*Salvia hispánica* L.).

## 1. Materiales y método

### 1.1. Ubicación del experimento

El experimento se llevó a cabo bajo condiciones de laboratorio, en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Tehuacán, en San Pablo Tepetzingo Tehuacán Puebla, México.

### 1.2. Germoplasma e irradiación

El material genético consistió de utrículos de chía negra (*Salvia hispánica* L.), los cuales fueron donados por el laboratorio de radiobiología del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), provenientes de 4 accesiones colectadas en el estado de Michoacán, México. Estos, fueron irradiados en el ININ, utilizando el Transelektro LGI-01 de manufactura checa. Los utrículos irradiados, fueron sembrados en charolas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como sustrato turba de musgo y a capacidad de campo, comúnmente llamada peat moss.

### 1.3. Diseño experimental y tratamientos

Los tratamientos consistieron en siete niveles de irradiación: 0, 250, 500, 750, 1000, 1250 y 1500 Gy, con una razón de dosis al momento de la irradiación de  $648.92 \text{ Gy h}^{-1}$ , la cual fue avalada por el departamento de metrología del instituto. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, mediante el modelo matemático  $Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$ , donde:  $Y_{ij}$ , es la variable respuesta de la  $i$ -ésima dosis de irradiación gamma de  $^{60}\text{Co}$ , en la  $j$ -ésima repetición;  $\mu$ , es la media general verdadera;  $T_i$ , es el efecto de la  $i$ -ésima dosis de irradiación gamma de  $^{60}\text{Co}$  y  $\varepsilon_{ij}$ , es el error experimental de la  $i$ -ésima dosis de irradiación gamma, en la  $j$ -ésima repetición (Cochran y Cox, 2005; Steel y Torrie, 1996).

### 1.4. Variables respuesta

Las variables respuesta fueron: (1) porcentaje de germinación, el cual se determinó por medio de la ecuación  $PG = \left[ \frac{SS}{SG} \right] \times 100$  donde: PG, es el porcentaje de germinación; SS, semillas sembradas y SG, semillas germinadas (Díaz et al., 2018). Las semillas fueron sembradas siguiendo la técnica de papel húmedo, que consiste en colocar 50 utrículos de chía por papel

humedecido rotulados, y colocados en una incubadora a 25 °C. Se consideró como semilla germinada (utrículo) cuando aparece la radícula, ya que este órgano es semilla agronómica, y se utiliza como propágulo de la especie (Ramírez y Goyes, 2004; Salisbury y Ross, 2004; Taiz y Zeiger, 2003); (2) porcentaje de brotación, para ello se sembraron en charolas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como sustrato humedecido a capacidad de campo peat moss, utilizando la ecuación  $PB = \left[ \frac{PB}{SS} \right] \times 100$  donde: PB, es el porcentaje de brotación; PB, plántulas brotadas y SS, semillas sembradas; (3) porcentaje de sobrevivencia, este se determinó con la relación  $PS = \left[ \frac{PV}{PB} \right] \times 100$  donde: PS, es el porcentaje de sobrevivencia; PV, es el número de plantas vivas y PB, es el porcentaje de brotación. Con los datos de porcentaje de sobrevivencia, se realizó una regresión polinómica de grado dos, entre la irradiación vs el porcentaje de sobrevivencia, y al realizar una interpolación a 50 Gy se determinó la LD<sub>50</sub>. El coeficiente de corrección, para estimar el porcentaje de sobrevivencia, se realizó mediante una regresión lineal simple con intercepto en el origen (0,0) y la pendiente del modelo resultante, se consideró como el coeficiente de corrección entre ambas variables, ya que es la razón de cambio de la pendiente entre radiación y porcentaje de sobrevivencia  $m = \frac{S2 - S1}{R2 - R1}$  donde; m, es la pendiente de la curva de grado 1, entre sobrevivencia y dosis de radiación; S2 y S1, son los porcentajes de sobrevivencia en los tiempos 2 y 1 respectivamente, R2 y R1, las dosis de incremento en irradiación gamma de <sup>60</sup>Co.

Cuando las variables respuesta resultaron significativas, se les aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey, a un nivel de significancia del 5 % de probabilidad de error.

## 2. Resultados y discusión

El análisis de varianza, así como la prueba de comparación múltiple, para porcentaje de germinación y brotación, se presentan en el Tabla 1. En él se puede apreciar que el análisis de varianza, permitió detectar diferencias altamente significativas para ambas variables. El coeficiente de variación osciló entre 8.98 y 10.18 %, indicando que los datos fueron muy confiables. El mayor porcentaje de germinación se presentó al irradiar los utrículos de chíca con 0 y 250 Gy de <sup>60</sup>Co con 95.00 y 100 % respectivamente, superando así a los demás tratamientos. Por el contrario, la menor germinación fue cuando se aplicaron 1500 Gy con

50 %. El porcentaje de brotación fue un reflejo de la germinación, de igual modo los máximos valores ocurrieron en el testigo y 200 Gy, con 85.00 y 100.00 %, existiendo solo una disminución del 5.53 % entre brotación y germinación, respecto al testigo. La menor brotación también ocurrió en la dosis alta de irradiación con solo 40 %. Bajo esta tendencia Salomón et al., (2017) mencionan que al irradiar semillas de papa (*Solanum tuberosum* L.), la germinación se estimula con 10 Gy y sugieren, que esta dosis en particular es idónea para estimular este proceso fisiológico, por el contrario, dosis de 100 Gy, no estimularon la germinación, lo que difiere con este estudio, lo cual se puede atribuir a la diferencia de especies en ambos estudios. Por su parte Fé et al., (2000) al irradiar semillas de soya (*Glicine max* L.) encontraron que 280 Gy de irradiación gamma de  $^{60}\text{Co}$ , estimularon fuertemente la germinación, lo que coincide con este estudio.

Tabla 1.

*Porcentaje de germinación y brotación en utrículos de chía negra (Salvia hispánica L.)(LAMIACEAE), sometidos a siete niveles de irradiación gamma de  $^{60}\text{Co}$ .*

<b>Irradiación</b> Gy	<b>PG</b> %	<b>PB</b>
0	95.00 a	85.00 a <sup>¶</sup>
250	100.00 a	100.00 a
500	75.00 b	65.00 b
750	70.00 bc	60.00 bc
1000	55.00 cd	45.00 cd
1250	65.00 bcd	55.00 bcd
1500	50.00 d	40.00 d
DSH	18.25**	18.00**
CV%	8.98	10.18

<sup>¶</sup>Medias dentro de columnas con la misma literal, estadísticamente son iguales según Tukey a  $P \leq 0.05$ ; PG, porcentaje de germinación; PB, porcentaje de brotación; DSH, diferencia significativa honesta; CV, coeficiente de variación; \*\*,\*, n.s, significativo al 0.01; 0.05 y no significativo, respectivamente.

La dosis letal media ( $LD_{50}$ ) para porcentaje de sobrevivencia se presenta en la Figura 1. En ella se observa que el modelo de ajuste fue cuadrático decreciente. El coeficiente de determinación fue altamente significativo,  $r^2=0.96$  indicando así que el 96 % de la sobrevivencia, se debió a la irradiación con gamma de  $^{60}\text{Co}$ . La  $LD_{50}$  derivada de la interpolación del 50 % de sobrevivencia se alcanzó a 530 Gy. Este elevado valor en la  $LD_{50}$

se podría atribuir también a la gran variabilidad genética que presenta la chíá Negra resultando ésta en una elevada plasticidad fenotípica, que presentan las especies silvestres o con poco grado de domesticación. Este comportamiento ha sido corroborado por De la Cruz et al. (2019), quienes al irradiar aquenios de girasol demostraron que la germinación y la brotación disminuyen a medida que se aumenta la irradiación gamma, ajustándose a un modelo cuadrático decreciente como ocurrió en este experimento. Respecto a la LD<sub>50</sub>, Hernández et al. (2017) al irradiar protocormos de *Laelia autumnalis*, encontraron que la LD<sub>50</sub> se logró a 53 Gy, dosis baja en comparación con los 530 Gy de este estudio. En otras especies como pasto garrapata (*Eragrostis superba*), Álvarez et al. (2019) encontraron que para alcanzar la LD<sub>50</sub> de la especie en cuestión, se tuvo que aplicar dosis altas, es decir 805 Gy, demostrando así que las especies poco domesticadas como el pasto garrapata y chíá, presentan alta plasticidad fenotípica para resistir la irradiación gamma de <sup>60</sup>Co, hecho también atribuible al amplio mecanismo de reparación de ADN de estas especies.

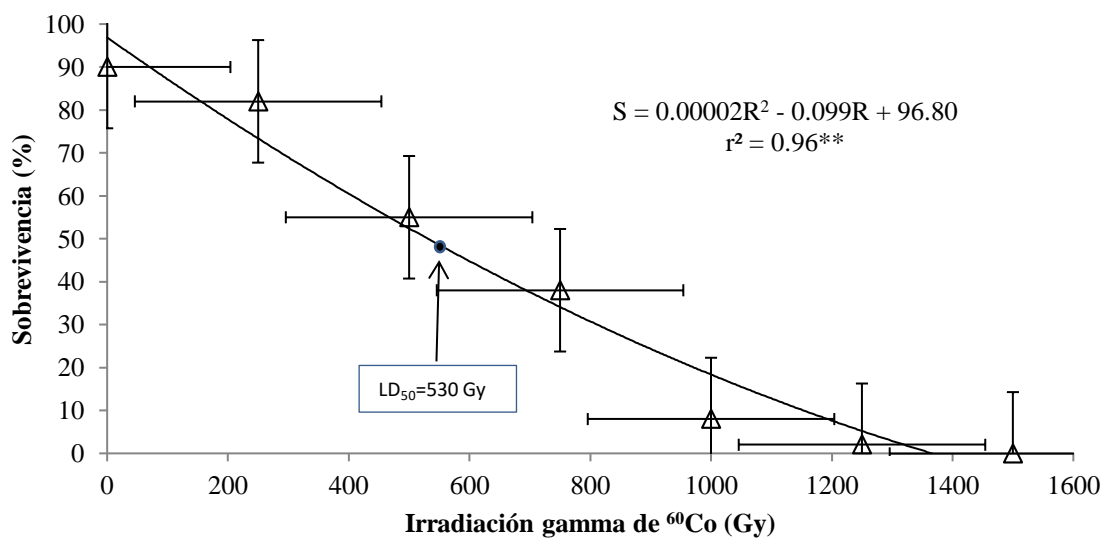


Figura 1. Dosis letal media (LD<sub>50</sub>) en utrículos de chíá negra (*Salvia hispánica* L.), sometidos a siete niveles de irradiación gamma de <sup>60</sup>Co. R, radiación; S, sobrevivencia. \*\*, \*; n.s, significativo al 0.01; 0.05 y no significativo, respectivamente.

El coeficiente de corrección para la determinación del porcentaje sobrevivencia, en función de la germinación, fue 0.61 como se muestra en la Figura 2. Este valor es de gran importancia,



ya por medio del porcentaje de germinación, se podrá estimar el porcentaje de sobrevivencia, cuando se realicen estudios futuros de irradiación en el cultivo de chía.

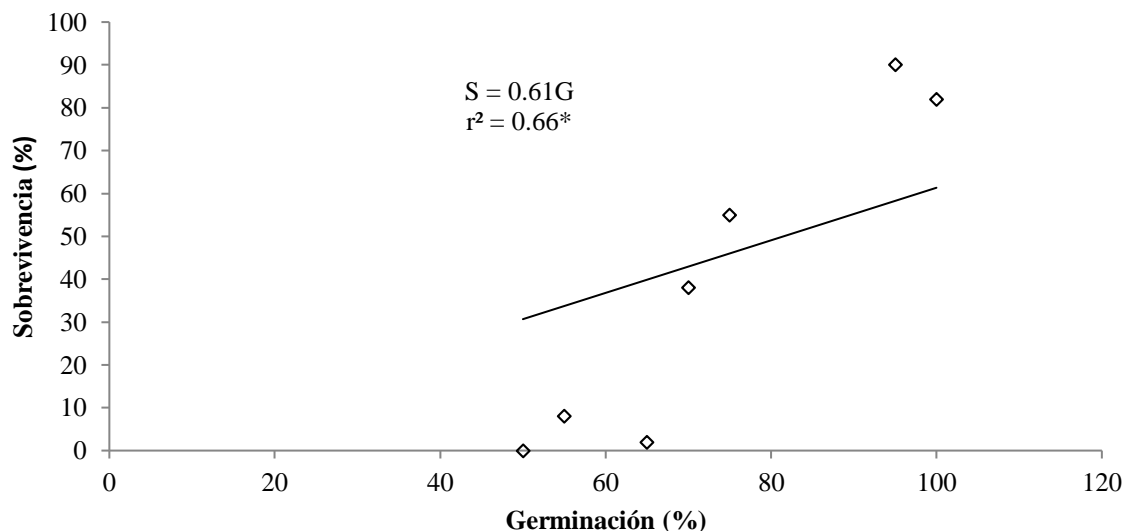


Figura 2. Coeficiente de corrección para estimar porcentaje de sobrevivencia, en función de la germinación en utrículos de chía negra (*Salvia hispanica* L.)(LAMIACEAE). G, germinación; S, sobrevivencia. \*\*, \*; n.s, significativo al 0.01; 0.05 y no significativo, respectivamente.

De esta manera los resultados obtenidos, permitieron conocer la radiosensibilidad de los utrículos de chía negra, cumpliéndose así el objetivo planteado para futuras investigaciones sobre la fitogenética de la especie, basados en la germinación, brotación y sobrevivencia, cuando se utilice como técnica de mejora por mutagénesis radioinducida, que será base en futuros programas de mejoramiento genético.

### 3. Conclusiones

El estudio de radiosensibilidad logró demostrar que los procesos fisiológicos de germinación, brotación así como sobrevivencia en chía negra, se vieron afectados significativamente, a medida que se incrementó la dosis de radiación gamma. La mayor germinación y brotación se alcanzó al aplicar 200 Gy con gamma de  $^{60}\text{Co}$ . La  $\text{LD}_{50}$  se registró con dosis superiores a 500 Gy, comparado con otras especies. La radiosensibilidad con irradiación gamma de  $^{60}\text{Co}$  puede ser una alternativa para iniciar programas de mejoramiento genético en especies olvidadas o poco domesticadas como la chía negra.

## Agradecimientos

El autor agradece al departamento de radiobiología del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ). Dr. Eulogio de la Cruz Torres y M. en C. Juan Manuel García Andrade, por el apoyo en la irradiación del material genético, así como al personal del irradiador gamma.

## Referencias

- Álvarez, H. A., Morales, N. C.R., Avendaño, A. C. H., Corrales, L. R., Villareal, G. F., Santellano, E. E. & Gómez, S. Y. (2019). Dosis letal media (DL<sub>50</sub>) y reducción de crecimiento (GR<sub>50</sub>) por irradiación gamma en pasto garrapata (*Eragrostis superba*). *Revista Mexicana de Ciencia Pecuaria*. 10(1), 227-238.
- García, A. J. M. & De la Cruz T. E. (2010). Las chías de México. *Revista Contacto Nuclear*. 59, 14-18.
- Cochran, G. & Cox, M. G. (2005). *Diseños experimentales*. Ed. Trillas. 4ª. 661 p.
- De la Cruz, T. E., García, A. J. M. & Díaz, L. E. (2019). Slopes Comparison of: Germination and Seedling Emergence Curves VS <sup>60</sup>Co Gamma Radiation Dose Sunflower Achenes. *International of current microbiology and applied sciences*. 8(7), 1606-1611.
- Fé, C., Romero, M., Ortíz, R. y Ponce, M. 2000. Radiosensibilidad de semillas de soya a los rayos gamma <sup>60</sup>Co. *Cultivos tropicales*. 21(2): 43-47.
- Gutiérrez, T. R., Ramírez, V. M. L., Vega, L. S., Fontecha, J., Rodríguez, L. M. & Escobar, M. A. (2014). Fatty acid content in chia (*Salvia hispanica* L.) seeds grown in four Mexican states. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*. 19(1), 199-207.
- Hernández, M. S., Pedroza, S. M. E., López, A. P., De la Cruz, T. E., Fernández, P. S. P., Martínez, P. A. & Martínez, T. M. (2017). Determinación de la LD<sub>50</sub> y GR<sub>50</sub> con rayos gamma de <sup>60</sup>Co en protocormos de *Laelia autumnalis*. *Agrociencia*. 51, 507-524,
- Jímenez, P. P., Masson, S. L. & Quitral, R. V. (2013). Chemical composition of chia seed, flaxseed and rosehip and its contribution in fatty acids omega-3. *Revista chilena de Nutrición*. 40(2), 155-160.

- Martínez, G. M., Fragoso, M. I., García, P. M. R., & Montiel, O. (2013). Géneros de Lamiaceae de México, Diversidad y Endemismo. *Revista Mexicana de Bioiversidad*. 84, 30-86.
- Quiróz, Ch. J., García, P. L. M. & Quiróz, F. R. (2012). Mejoramiento vegetal usando genes con funciones conocidas. *Ra Ximhai*. 8(3), 79-92.
- Ramírez, P. B. R. y Goyes, A. R.I. (2004). *Botánica. Generalidades, morfología y anatomía de las plantas superiores*. Universidad del Cauca. 195 p.
- Salisbury, F. & Ross, C. (2004). *Fisiología Vegetal*. México D.F: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Salomón, D. J. L., González, C. M. C., Castillo, H. J. G. y Varela, N. M. (2017). Efecto de los rayos gamma sobre la germinación de la semilla botánica de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos tropicales*. 38(1): 89-91.
- Steel, D. G. R. y Torrie, H. J. (1996). *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. Mc. Graw-Hill. 2ª. Ed.
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2014). *Plant Physiology and development*. MA. U.S.A.: Sinauer.
- Xingú, L. A., González, H. A., De la Cruz, T. E., Sangerman, J. D. M., Orozco, D. G. & Rubí, A. M. (2017). Chía (*Salvia hispánica* L.) situación actual y tendencias futuras. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 8(7), 1619-1631.

