

Adaptabilidad de cuatro variedades de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la parroquia Luz de América - Ecuador

Adaptability of four varieties of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in the parish Luz de América - Ecuador

Rocío Noemí Guamán Guamán^{1*}, Teodoro Xavier Desiderio Vera¹, Ángel Fabián Villavicencio Abril¹, Santiago Miguel Ulloa Cortázar¹, Edison Javier Romero Salguero¹

¹ Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE. Extensión Santo Domingo de los Tsáchilas, Vía Santo Domingo-Quevedo km 24, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador P.O.BOX: 171-5-231B.

✉ Autor para correspondencia: mguaman@espe.edu.ec

Resumen

El fréjol seco forma el 0,90% de la producción nacional ecuatoriana, en los cultivos transitorios. Los rendimientos del cultivo se ven afectados por el uso de semillas no certificadas y la siembra sin considerar ubicaciones ecológicas. El objetivo de la investigación fue evaluar la adaptabilidad de cuatro variedades de fréjol *Phaseolus vulgaris* L. en Luz de América. Se utilizaron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones, bajo un diseño de bloques completamente al azar; las variedades fueron: Canario, Centenario, Fanesquero blanco y Vilcabamba. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de germinación, número de hojas por planta, altura de planta, diámetro del tallo, días a la floración, días a la fructificación, número de legumbres por planta, longitud de legumbres, número de granos por legumbre, porcentaje de afectación de enfermedades, peso de 100 granos y producción por hectárea. El rendimiento obtenido fue de 1,96, 1,01, 0,96 y 0,87 ton/ha para las variedades Centenario, Vilcabamba, F. blanco y Canario, respectivamente. En el desarrollo se concluye que Centenario tiene menor tamaño, y alcanzó mayor rendimiento; mientras Vilcabamba gastó energía creciendo, síntoma de estrés por la falta de adaptabilidad, también posee escasa resistencia a las plagas. Las variables número de hojas, diámetro del tallo, y número de granos por legumbre, resultaron ser no significativas al poseer valores aparentes.

Palabras clave: adaptabilidad, fréjol, rendimiento, variedades, zona

Abstract

Dried beans represent 0.90% of Ecuadorian national production, in transient crops. Yields are affected by the use of uncertified seeds and planting without considering ecological locations. The objective of the research was to evaluate the adaptability of four varieties of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in the Luz de América parish. Four treatments were used, with four repetitions, under a completely randomized block design. The varieties were: Canario, Centenario, Fanesquero Blanco and Vilcabamba. The variables evaluated were: germination percentage, number of leaves per plant, plant height, stem diameter, days of flowering, days of fruiting, number of legumes per plant, length of legumes, number of grains per legume, percentage of disease involvement, weight of 100 grains and production per hectare. The yield obtained was 1.96, 1.01, 0.96 and 0.87 tons per hectare for the Centenario, Vilcabamba, Fanesquero Blanco and Canario varieties, respectively. In the development, it is concluded that Centenario has smaller size and reached greater performance; Meanwhile, the Vilcabamba variety spent energy growing, a symptom of stress due to the lack of adaptability. It also has poor resistance to pests. The variables number of leaves, stem diameter, and number of grains per legum turned out to be non-significant because they had apparent values.

Keywords: adaptability, bean, variety, yields, zone

1. Introducción

El género *Phaseolus* es originario del continente Americano, lo comprenden alrededor de 70 especies de las cuales cinco fueron domesticadas, *Phaseolus vulgaris* L. tiene cerca del 90% del área cultivada en el mundo (Bukovnik, 2007). El fréjol es un cultivo tradicional que forma parte de la dieta básica alimenticia (Lardizabal *et al.*, 2013) al ser una alta fuente de proteína de bajo costo. Los rendimientos de un cultivo bajan por el uso de semillas de mala calidad, incidencia de plagas y manejo inadecuado del cultivo, según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2012). Otro aspecto de gran importancia es que generalmente se siembra sin considerar la ubicación y las condiciones de temporal errático, lo que afecta a la productividad del fréjol (López Salinas *et al.*, 2012).

Los cultivos transitorios en el Ecuador abarcan el 8,44% de la producción nacional. El fréjol seco durante el año 2010, en el nororiente del país, tuvo un rendimiento de 0,27 toneladas por hectárea (ton/ha), formando el 0,90% de la producción nacional argumenta el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2010). Como lo evidencia el INEC, la provincia Tsáchila a la que pertenece la parroquia Luz de América y sus alrededores no son productores de este cultivo debido al clima que nos ha caracterizado.

En la actualidad el creciente cambio climático está modificando los rangos ecológicos y geográficos donde se distribuye el fréjol y otros cultivos (Long & Ort, 2010), debido a que las variaciones térmicas a las que se encuentra expuesta una planta son de gran influencia sobre el desarrollo y procesos fisiológicos, siendo los grados de temperatura los que determinan el tiempo de cada etapa fenológica del cultivo (Barrios-Gómez y López-Castañeda, 2009).

Por ello cada vez se estrecha más la frontera agrícola (Beebe *et al.*, 2011), al considerar los aspectos antes mencionados se hace evidente la demanda de conocimientos sobre la adaptabilidad de los cultivos considerando la diversidad genética y los mecanismos fisiológicos que desarrollan las plantas al exponerse a distintos tipos de ambientes, según la zona donde se las plante. Para dejar de lado las estimaciones de predicción de los cultivos y pasar a identificar las áreas actualmente indicadas, es preciso determinar el tipo de cultivo que se puede generar en la zona para obtener una producción de manera eficaz y amigable con el ambiente.

La migración de los individuos pertenecientes a un determinado grupo poblacional, genera un efecto de cambio en el ámbito social, como consecuencia se ha producido la hibridación entre razas y especies que generan cambios crecientes en los factores genéticos, los cuales afectan directamente la selección natural, considerada como el proceso reproductivo que otorga adaptabilidad a una determinada especie, en donde solo aquellos individuos mejor adaptados tienen la capacidad de transmitir y expresar sus genes (Vallejo Cabrera & Estrada Salazar, 2002).

Tomando en consideración lo anteriormente expuesto la presente investigación tiene como objetivo realizar una evaluación sobre la adaptabilidad de cuatro variedades de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) establecidos en la parroquia Luz de América, Santo Domingo de los Tsáchilas - Ecuador.

La finalidad fue obtener una referencia que pueda ser sustentada y permita ayudar a los agricultores de la zona, brindándoles una nueva alternativa de producción ya que la siembra de fréjol no es común en esta parroquia y en las zonas aledañas, permitiéndoles ser más eficientes al momento de implantar este cultivo con una variedad adecuada, al recomendar aquella que permita obtener buenos rendimientos y producir fréjol de calidad, lo que impulsa el uso de esta alternativa tecnológica (Escoto, 2013) como son las evaluaciones en campo.

2. Materiales y Métodos

El ensayo se realizó en la Universidad de las Fuerzas Armadas (UFA) ESPE -Hacienda San Antonio, kilómetro 35 de la vía Santo Domingo - Quevedo, parroquia Luz de América, Santo Domingo de los Tsáchilas - Ecuador, sobre las coordenadas UTM, X: 0684203 m; Y: 9945330 m (Figura 1). Dentro de la ubicación ecológica bosque húmedo tropical, altitud de 224 m s.n.m.; los datos meteorológicos bajo los cuales se desarrolló el cultivo durante los meses de abril, mayo, junio y julio de 2018, expresaron precipitaciones de **386,2**, **506,1**, **47,2** y **316** mm respectivamente, incluyendo una heliofanía de **87.7**, **54.8**, **33** y **483** horas, considerando los meses evaluados: abril, mayo, junio y julio, respectivamente. La humedad relativa fue de 89% en abril y 91% en los demás meses considerados, y una temperatura media de **25,7**, **24,9**, **23,6** y **23,2** °C en los meses correspondientes a abril, mayo, junio y julio, según la estación meteorológica Puerto Ila, ubicada aproximadamente a 2 km de distancia de la unidad experimental.

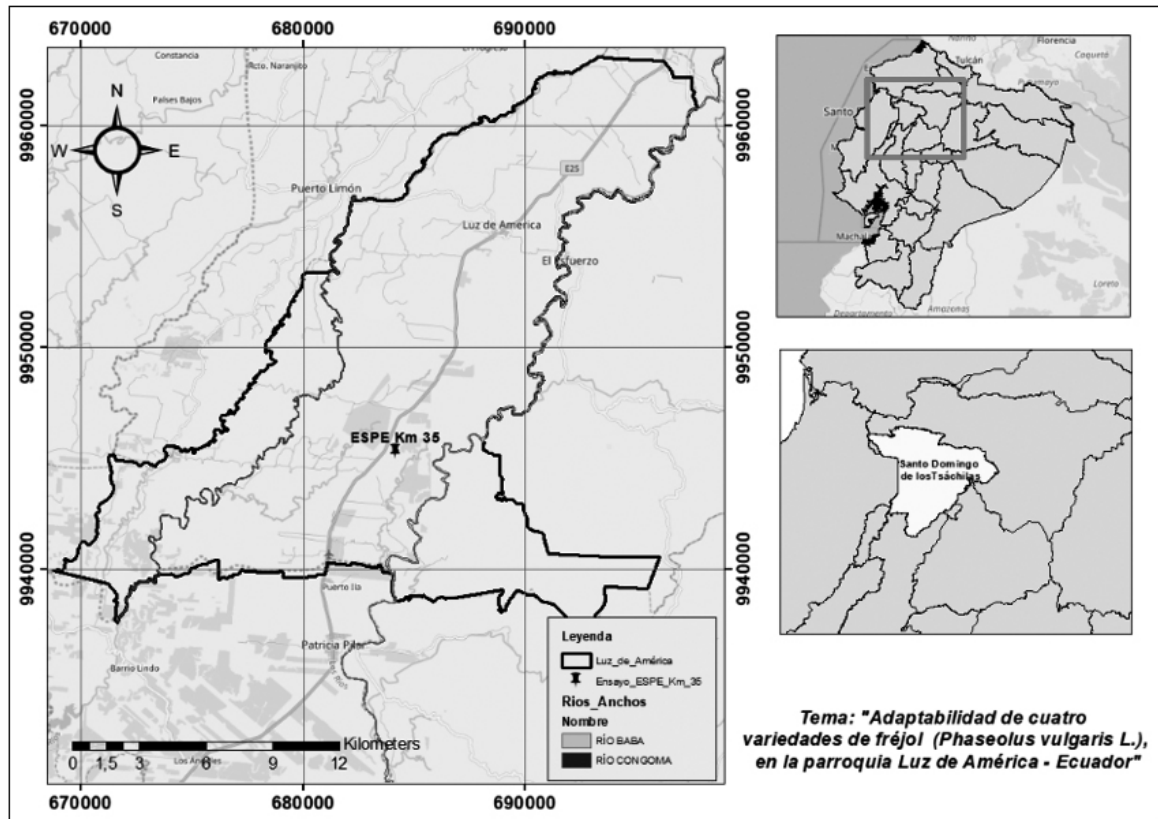


Figura 1. Mapa de ubicación del ensayo realizado en la Universidad de las Fuerzas Armadas (UFA) ESPE - Hacienda San Antonio, parroquia Luz de América, Santo Domingo de los Tsáchilas - Ecuador.

El experimento se llevó a cabo bajo un diseño de bloque completamente al azar; debido a las condiciones del suelo se utilizaron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones. El número de unidades experimentales (U.E.) fue de 16, mientras que el tamaño de la muestra fue de 160 plantas por U.E. correspondiente al 10% del total de plantas, la frecuencia de la toma de datos fue cada 8 días en todas las variables evaluadas dentro de un mismo horario.

Las variedades de fréjol evaluadas fueron: Canario (T1), Centenario (T2), Fanesquero blanco (T3) y Vilcabamba (T4), todas con hábito de desarrollo determinado. Las variables en estudio fueron: (i) porcentaje de germinación (**en laboratorio y en campo 15 días después de la siembra**); (ii) número de hojas por planta; (iii) altura de planta (desde la base de la planta hasta el ápice); (iv) diámetro del tallo (2 cm arriba de la base de la planta); (v) días a la floración (cuando las plantas alcanzaron el 75% de la floración); (vi) días a la fructificación (cuando las plantas alcanzaron el 75% de la fructificación); (vii) número de legumbres por planta (pre-cosecha); (viii) longitud de legumbres

(pos-cosecha); (ix) número de granos por legumbre; (x) porcentaje de afectación de enfermedades (por medio de las escalas de severidad); (xi) peso de 100 granos; y (xii) producción por hectárea en ton/ha. Los valores alcanzados en cada una de las variables fueron comparadas con las fichas técnicas de cada una de las variedades siendo Canario (T1), Centenario (T2), Fanesquero blanco (T3) y Vilcabamba (T4) los homólogos de INIAP entre los años 2008 y 2004 y Lepiz & Peralta (1993), respectivamente.

Todas las variables fueron evaluadas con el uso del software estadístico Infostat mediante un análisis de varianza (ADEVA) y para realizar la separación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

El manejo agronómico del cultivo fue idéntico en todos los tratamientos, bajo una distancia de siembra de 60 x 40 cm (**41 666 plantas / ha**), cada planta recibió 4,2 gramos (g) de úrea (175 kg/ha), luego de realizar el cálculo correspondiente en donde se identificó la deficiencia de nitrógeno en el suelo, considerando el análisis químico (de suelo) realizado con

anterioridad que presentó un tipo de suelo franco arenoso y los valores de pH 5,6, con un contenido nutricional de N (31,9); P (9,1); K (144,0) en kilogramos por hectárea (kg/ha), mientras el requerimiento del cultivo promedio es de N (97); P (9); K (93) kg/ha.

El control de plagas, se realizó aplicando cipermetrina a razón de **1 ml/litro** (dos aplicaciones), para combatir la infestación de insectos plagas como minadores, mosca blanca (*Bemisia tabaci*), cigarrita verde (*Empoasca* spp.), y pulgones (*Aphis nerii*) antes de iniciar la floración, para no bajar las poblaciones de insectos polinizadores. El control de malezas, en todo el ensayo se realizó de manera manual.

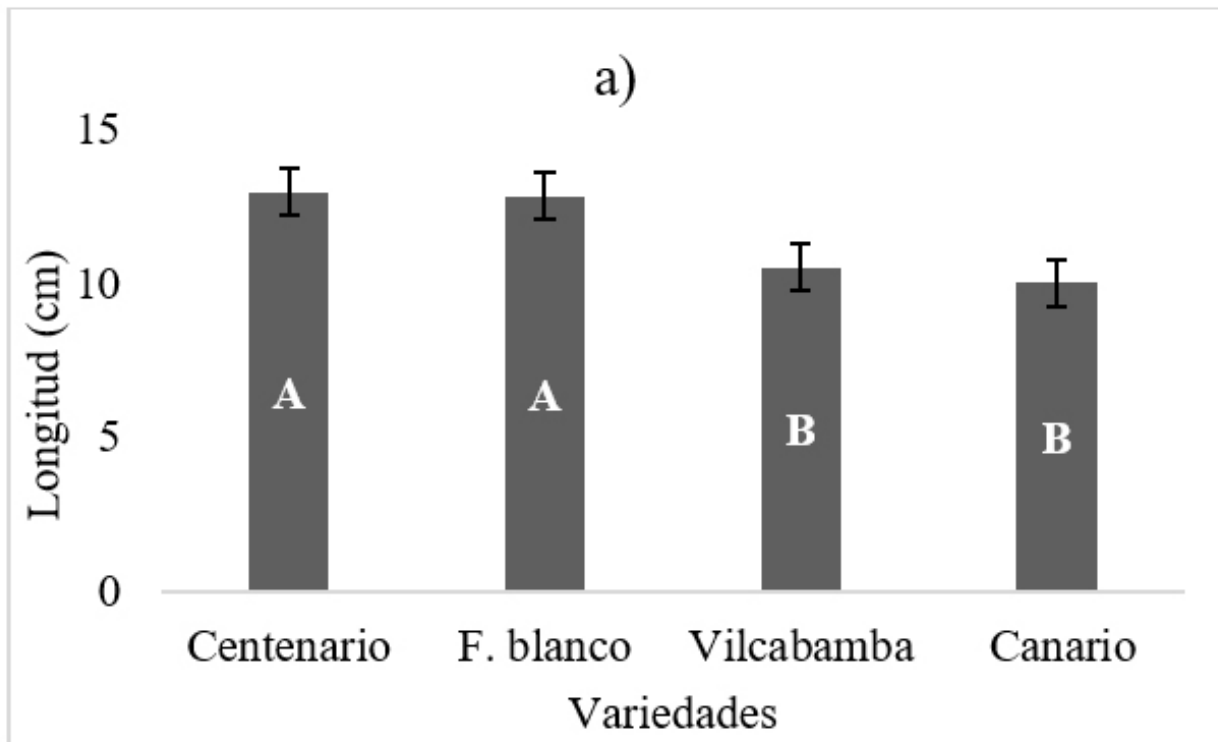
3. Resultados

3.1. Rendimiento del cultivo

La variedad Centenario alcanzó un rendimiento de 1,96 ton/ha, mientras Vilcabamba, F. blanco y Canario generaron 1,01, 0,96 y 0,87 ton/ha respectivamente. En cuanto al peso de 100 granos de fréjol, Centenario alcanzó los valores más altos con 75,8 g, mientras F. blanco, Canario y Vilcabamba alcanzaron 57,8, 51 y 47,8 g respectivamente, valores que se mantienen aparentes a los expuestos en sus fichas

técnicas INIAP (2005, 2008, 2004) y Lepiz & Peralta (1993), respectivamente, siendo de 51 hasta los 62 g. En estas variables estudiadas no se presentó diferencia estadística.

En cuanto a la longitud de la legumbre (Figura 2a), se detectaron diferencias significativas ($p = 0.0010$). Las variedades Centenario y F. blanco produjeron legumbres con 13 cm de promedio y estadísticamente mayores a la longitud de legumbre en las variedades Vilcabamba y Canario, las cuales alcanzaron 10,56 y 10,08 cm, respectivamente. Las variedades Centenario y F. blanco pueden tener de 12 a 16 cm de longitud (INIAP, 2004, 2008). Por otra parte las variedades Vilcabamba y Canario alcanzan una longitud de legumbre de 10 a 11 cm (Lepiz & Peralta, 1993; INIAP, 2005). Al evaluar el número de legumbres por planta (leg/plta) se halló una diferencia altamente significativa ($p = <0.0001$). La variedad Centenario se distinguió estadísticamente de las otras tres variedades con 19 leg/plta, cuando puede desarrollar de 8 a 23 leg/plta (INIAP, 2008). Los tratamientos Canario, F. blanco y Vilcabamba generaron 10, 9 y 7 leg/plta, respectivamente, los cuales pueden producir entre 7 y 16 leg/plta (Lepiz & Peralta, 1993; INIAP, 2004, 2005) (Figura 2b). Sin embargo no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al número de



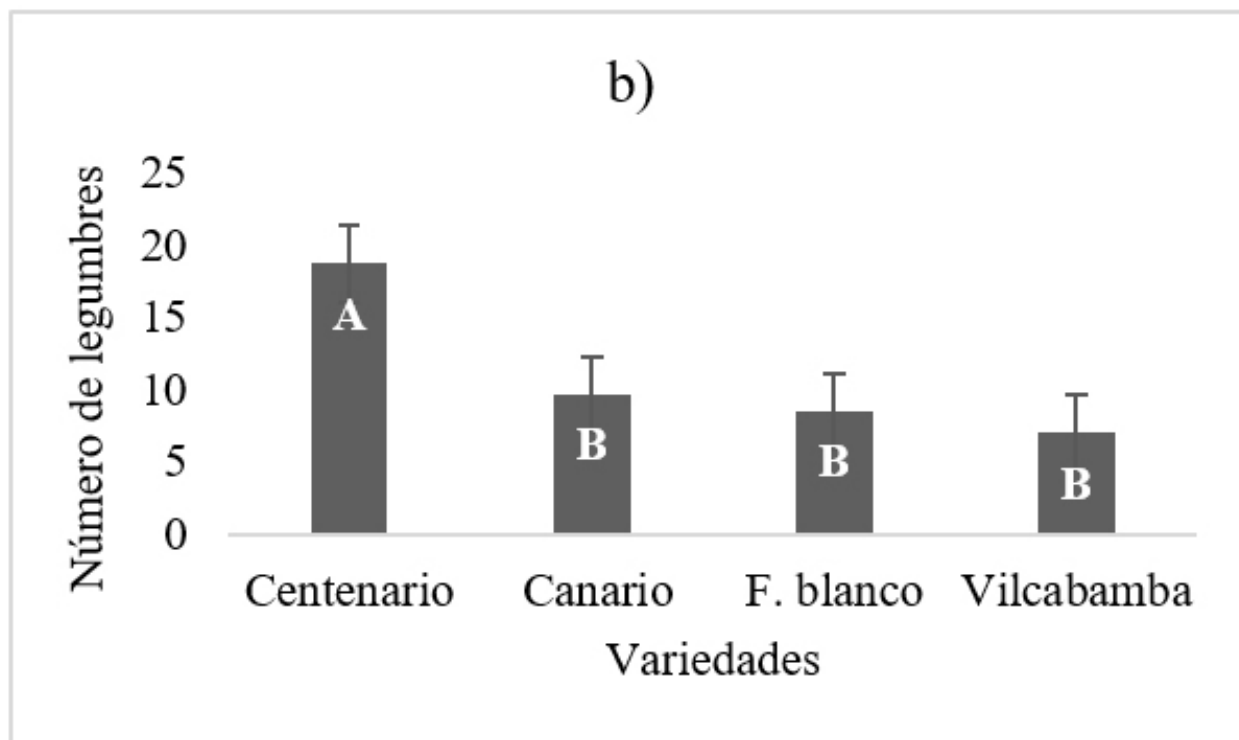


Figura 2. Variables evaluadas tomando en consideración el rendimiento del cultivo de fréjol *Phaseolus vulgaris* L., mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

granos por legumbre.

3.2. Desarrollo del cultivo

La variedad Canario presentó significativamente ($p < 0.0002$) los valores más bajos de germinación en campo con 62% (Figura 3a), y los valores más altos fueron de Vilcabamba 96.5%; seguido por Centenario, y F. blanco con 92.75 y 83.75%, respectivamente. Sin embargo, durante la evaluación en laboratorio todas las variedades presentaron una germinación de 100%.

En cuanto a la altura de la planta, Vilcabamba tuvo significativamente una mayor altura de planta que Centenario. De acuerdo con los datos presentados en la Figura 3b, la longitud de planta de Vilcabamba y F. blanco fueron estadísticamente iguales y solo se distinguieron de la longitud en la variedad Centenario, la cual fue estadísticamente igual a Canario. Vilcabamba presentó una diferencia significativa ($p < 0.0002$) entre las variedades Vilcabamba y Canario (Figura 3b), también tuvo una significativamente mayor altura de planta que Centenario. De acuerdo con los datos presentados en la Figura 3b, la longitud de planta de Vilcabamba y F. blanco fueron estadísticamente iguales y solo se distinguieron de la longitud en la variedad Centenario, la cual fue esta-

dísticamente igual a Canario.

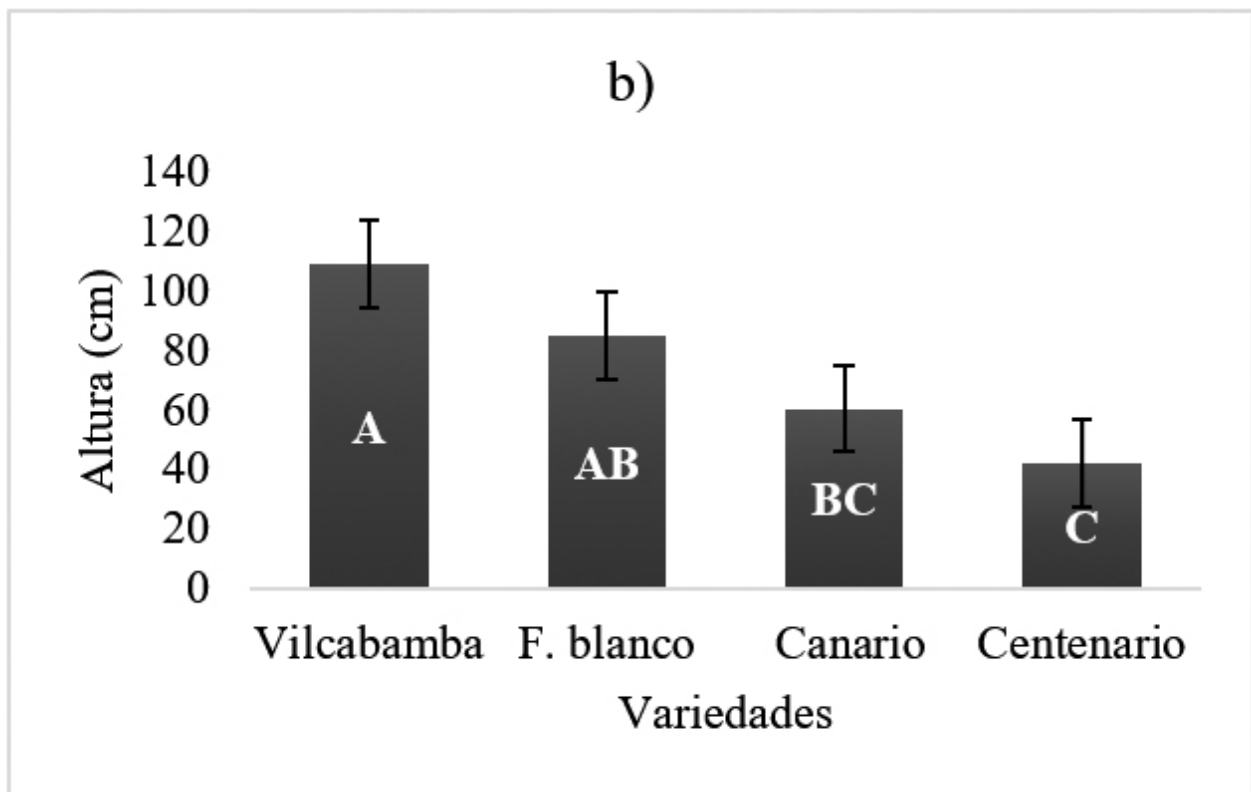
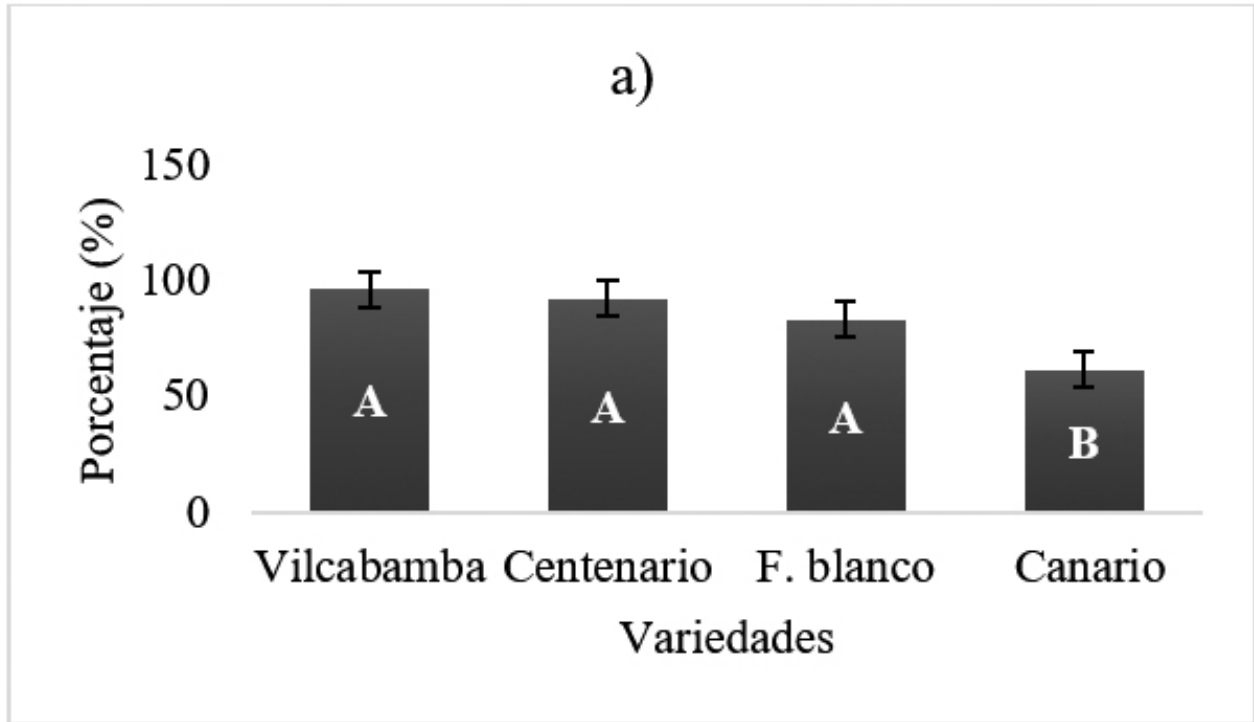
La variedad Canario alcanzó 60,65 cm; mientras que su ficha técnica de INIAP (2005) expresa valores entre 30 y 50 cm. F. blanco tuvo 85.15 cm siendo su altura característica de la variedad de 43 a 56 cm conforme INIAP (2004) en las dos variedades antes mencionadas existió un desarrollo de la planta en comparación con la información de sus fichas técnicas; mientras la variedad Centenario fue la que menos creció con 42,18 cm, cuando sus plantas deben desarrollarse entre 45 y 50 cm de altura, de acuerdo con INIAP (2008), por lo que se afirma que tuvo un crecimiento idóneo. Vilcabamba se desarrolló hasta 109.48 cm promedio cuando su crecimiento óptimo es de 41 cm, según Lepiz & Peralta (1993).

Las variables número de hojas por planta y diámetro del tallo, no tuvieron diferencia significativa entre las variedades, las cuales se dejaron de evaluar cuando las plantas pasaron de la etapa de floración a fructificación.

Considerando los días que tardan las plantas en llegar a la floración, se halló una diferencia significativa ($p = 0.0014$) al comparar Vilcabamba con

48 días con F. blanco que abarcó **67 días** (Figura 3c), según las fichas técnicas de Lepiz & Peralta (1993) e INIAP (2004) de las variedades evaluadas estas deberían llegar a la floración entre los días 41 y 55 después de la siembra. En cuanto a los días que transcurren para que las plantas alcancen la fruc-

tificación existió una diferencia significativa ($p = 0.0001$) entre la variedad Canario que arrojó **86 días** en comparación con las variedades Centenario, Vilcabamba, y F. blanco con cantidades menores a **68 días** (Figura 3d).



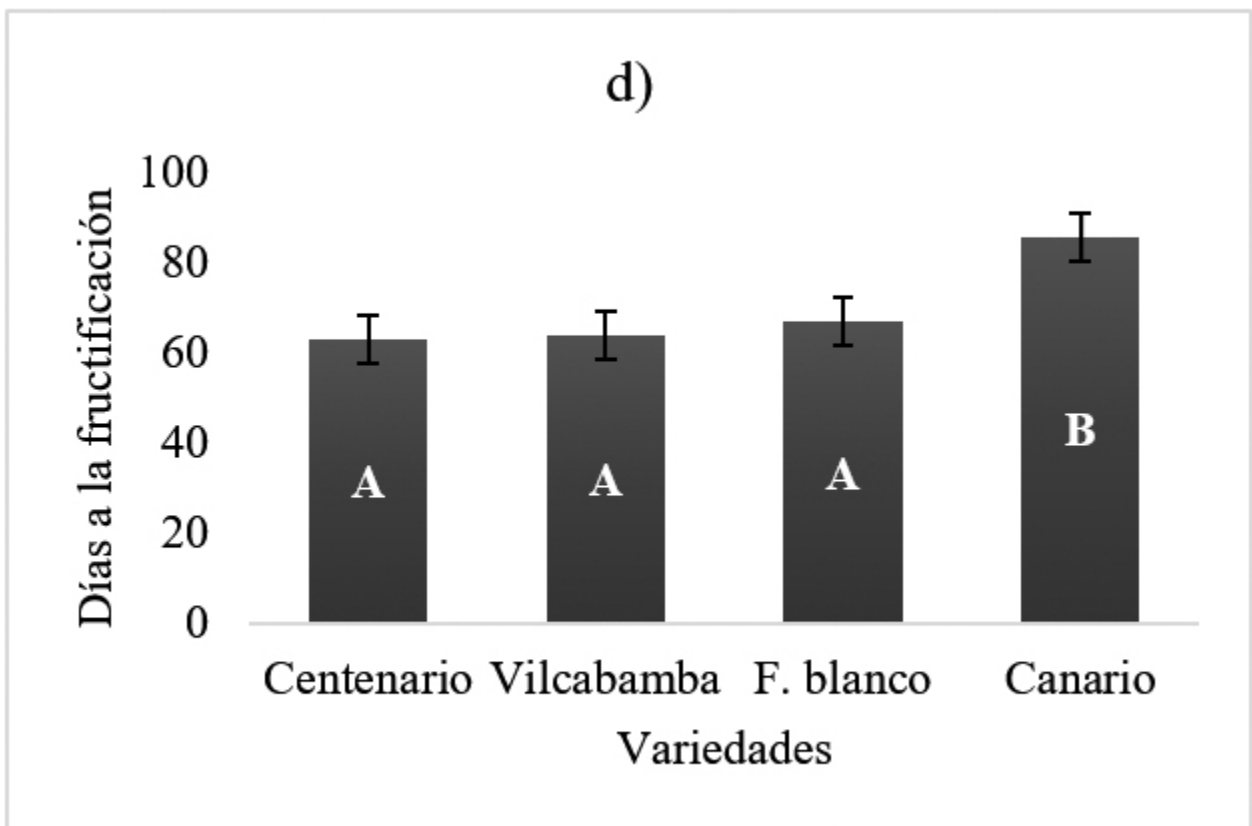
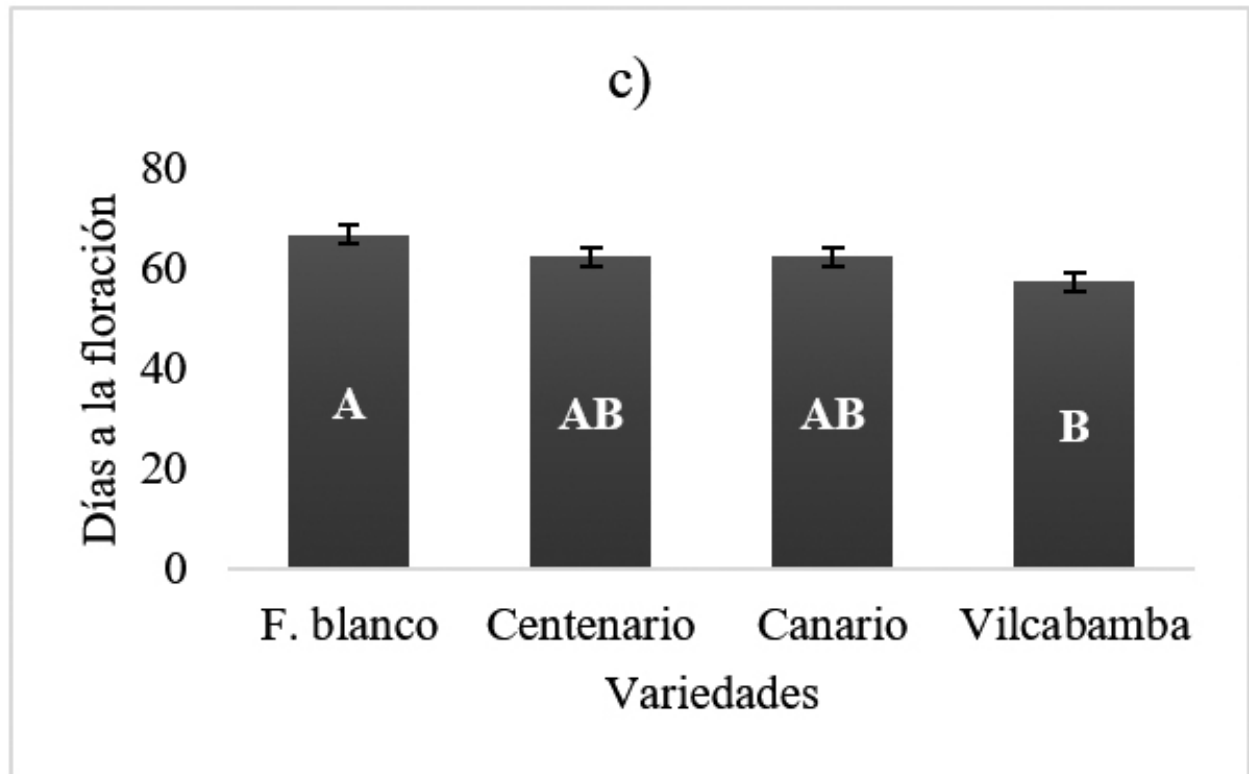


Figura 3. Variables estudiadas tomando en consideración el desarrollo del cultivo de fréjol *Phaseolus vulgaris* L., obtenidas mediante la prueba de Tukey ($p = <0.05$).

3.3. Plagas y enfermedades presentes en el cultivo

La afectación de plagas no fue de mayor alcance ya que se realizó un manejo preventivo. En cuanto a la presencia de enfermedades, el cultivo en general presentó bajos porcentajes de Damping off, siendo el más elevado de 1,6% de Centenario

por lo que no se consideró como un factor relevante, la virosis fue la afectación más importante debido a que se expresó una diferencia significativa ($p = 0.0186$) (Figura 4), donde Vilcabamba presenta una afectación de 65%, mientras que Canario, F. blanco, y Centenario generaron cantidades menores de 5,8%.

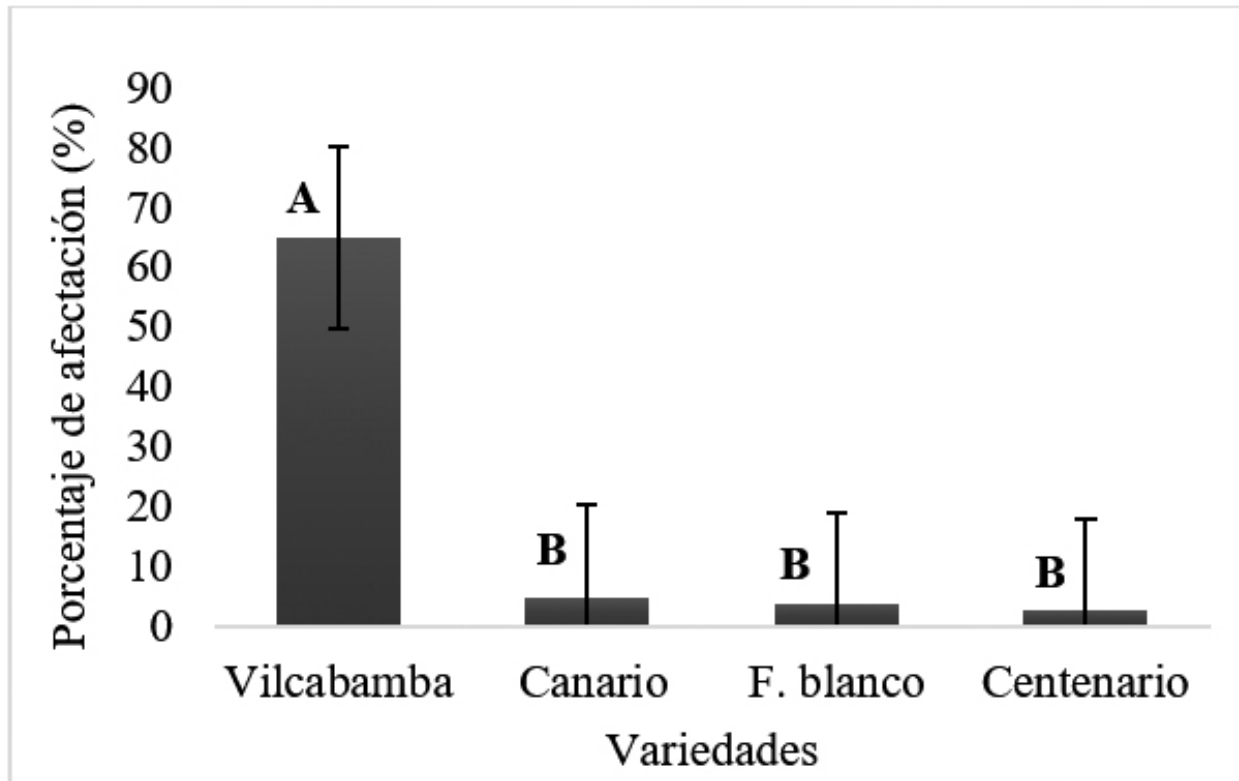


Figura 4. Porcentaje de afectación de la virosis presente en el cultivo de fréjol *Phaseolus vulgaris* L., obtenido mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

4. Discusión

El rendimiento promedio de fréjol en Ecuador es 0,43 ton/ha establecido en monocultivo (INEC, 2002), mientras que el rendimiento potencial del cultivo sobrepasa las 2 ton/ha (Sanders & Schwartz, 1980). En el ensayo establecido el rendimiento del cultivo de fréjol, obtenido por la variedad Centenario fue de 1,96 ton/ha, este resultado fue favorable debido a que los componentes que conforman el rendimiento, como son el número de granos por legumbre, tamaño del grano, y el peso de los 100 granos que expresaron los valores más elevados, durante el ensayo, demuestran que Centenario, que posee una alta adaptabilidad a la zona, generó una producción muy elevada en comparación al rendimiento promedio del país, y con las demás variedades evaluadas que obtuvieron valores menores a 1,01 ton/ha.

Esto sin duda es el resultado de la combinación tanto de los factores ambientales, como enfermedades foliares, estrés, fertilidad del suelo (Torres Navarrete *et al.*, 2013), acompañado del uso de semilla reciclada, debido a que existe poco acceso a un material genético de variedades mejoradas de fréjol, siendo las semillas criollas muy susceptibles a plagas y enfermedades con lo que su potencial de rendimiento es bajo (Galindo-González & Zandate-Hernández, 2006). Este tipo de factores se deben considerar ya que si se siembra sin tomar en cuenta la ubicación y las condiciones edafoclimáticas el potencial de rendimiento del cultivo será bajo, lo cual afecta a la productividad del fréjol (López Salinas *et al.*, 2012), que es la consecuencia directa de sembrar en condiciones marginales y ambientes desfavorables al cultivo (Rao, 2001). Por ello, se debe tomar en cuenta como punto clave la variabilidad en los

rangos de temperatura de la zona que tienden a ser un factor limitante en la calidad del grano y en la restricción para la adaptabilidad de la planta (Rainey & Griffiths, 2005).

Los resultados obtenidos en cuanto a germinación oscilaron entre 62 y 96.5% debido a las condiciones agroclimáticas de la zona, ya que el mes de abril cuando se implantó el ensayo, según la estación meteorológica Puerto Ila, se presentó una temperatura de 25,7°C cuando la temperatura óptima para la germinación en este cultivo es de 21°C (Vallejo, 2003), acompañado de una precipitación de 386,2 mm que tiende a ser elevada. Por detalles como los anteriormente expuestos antes de plantar un cultivo se debe considerar el tipo de ambiente, sin dejar de lado la calidad de la semilla, ya que al ser esta reciclada es el principal factor al que se le atribuye directamente la baja productividad (Torres Navarrete *et al.*, 2013), hecho que se debe evitar por la consecuente demanda de alimentos y la limitada expansión de la frontera agrícola (Malla Lema, 2018).

Al evaluar el desarrollo del cultivo en cuanto a la altura de la planta, días a la floración, días a la fructificación, número de legumbres por planta y longitud de la legumbre, se ha logrado evidenciar que el desarrollo vegetativo de las plantas tiende a generar una serie de fenómenos fisiológicos que causan en la planta reducción o aumento del crecimiento vegetativo (Beebe, 2012). Este resultado fue influenciado por el estrés de sequía, ocasionado por la escasa disponibilidad de agua a causa de la baja precipitación del mes de junio, la cual fue de 47,2 mm, cuando las plantas estaban en la etapa de desarrollo del cultivo, y cuando el requerimiento del cultivo para la etapa reproductiva supera los 200 mm, con lo que diversos autores generan una relación directa entre la cantidad de precipitaciones y el llenado del grano, sin destacar el porcentaje de humedad presente en el suelo (Maqueira López *et al.*, 2017).

A la vez, influenciado por el estrés que puede ocasionar los cambios de temperaturas, que pueden generar daños irreversibles en el desarrollo de la planta, cuando existen variaciones en cuanto a temperatura y humedad la planta tiende a transpirar más de lo normal, y si junto con ello la cantidad de agua para la absorción de la planta es limitada como resultado se conduce a una perturbación en el desarrollo fisiológico de la planta (Porch & Hall, 2013), como se pudo evidenciar claramente en la altura de la planta donde el resultado de Vilcabamba fue el más notorio cuando se desarrolló hasta 109,48 cm

mientras que el tamaño normal promedio oscila en 41 cm según Lepiz & Peralta (1993).

Dentro del ensayo la humedad promedio osciló entre 89 y 91% lo cual es un dato característico de la zona, aunque aparentemente es un rango de humedad alto, dentro de estudios realizados se considera que valores menores a 45% se debe considerar como una sequía terminal (Allen *et al.*, 2006), mientras que una humedad de 100% se considera en capacidad de campo (Hillel, 1980). Varios autores consideran que uno de los componentes principales del rendimiento se concentra en el contenido de humedad en el suelo, durante la floración y la etapa de llenado del grano (Rodríguez *et al.*, 2014), lo que se puede afirmar al comparar el rendimiento promedio del Ecuador de 0.43 ton/ha (INEC, 2002), con los rendimientos obtenidos en el ensayo de 1,96, 1,01, 0,96 y 0,87 ton/ha, con la humedad relativa antes mencionada.

La falta de adaptación por parte de la planta a un determinado ambiente puede ocasionar enfermedades que alteran el área foliar las cuales son las responsables de generar la energía para que se lleven a cabo los procesos metabólicos de las plantas, lo que repercute en la producción de fréjol (Torres Navarrete *et al.*, 2013), por lo que se puede considerar a Centenario una variedad menos susceptible a enfermedades.

Las variedades florecieron dentro de las características de las fichas técnicas, esto puede deberse a que las condiciones agroclimáticas de la zona en ese período de tiempo fueron las que requiere el cultivo y la biología floral que está relacionada con factores ambientales (Medina-Torres *et al.*, 2012).

5. Conclusiones

La variedad que mejor se adapta en la parroquia Luz de América durante el período abril-agosto (época seca), fue Centenario, la cual obtuvo un rendimiento promedio de 39,3 sacos (40 kg)/ha, mientras se considera que en las zonas frijoleras se obtiene un rendimiento de 40 a 50 sacos (40 kg)/ha, por lo que mediante resultados preliminares de investigación se aduce que la variedad Centenario es propicia para la zona.

La variedad que tuvo un menor tamaño es Centenario y llegó a ser la variedad que mayor rendimiento por hectárea alcanzó, mientras que Vilcabamba con mayor altura de planta tuvo un rendimiento

de casi la mitad de Centenario, con base en ello se concluye que la variedad Vilcabamba se dedicó a gastar su energía creciendo, síntoma característico

de estrés por sequía con lo que se logró evidenciar la falta de adaptabilidad de esta variedad, lo que afecta directamente al rendimiento del cultivo.

Referencias

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Roma, Italia: Estudio FAO. Riego y Drenaje No. 56. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Barrios-Gómez, E. J., & López-Castañeda, C. (2009). Temperatura base y tasa de extensión foliar en frijol. *Agrociencia*, 43(1), 29-35.
- Beebe, S. E. (2012). Common bean breeding in the tropics. *Plant Breeding Reviews*, 36: 357-426.
- Beebe, S. E., Ramírez, J., Jarvis, A., Rao, I. M., Mosquera, G., Bueno, J. M., & Blair M. W. (2011). Genetic improvement of common beans and the challenges of climate change. In *crop adaptation to climate change* (pp.356-369). Oxford, GB: John Wiley & Sons, Inc. <https://dx.doi.org/10.1002/9780470960929.ch25>
- Bukovnik, R. (2007). Correlation between heat stability of thylakoid membranes and loss of chlorophyll in winter wheat under heat stress. *Crop Science*, 47(5), 2067-2073. <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.10.0674>
- Escoto, N. (2013). *Origen y taxonomía del cultivo de fréjol, Propiedades alimentarias del fréjol*. Tegucigalpa: Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA), de la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG).
- Galindo-González, G., & Zandate-Hernández, R. (2006). Adopción de variedades de frijol en el noroeste de zacatecas. *Terra Latinoamericana*, 24(1): 141-147.
- Hillel, D. (1980). *Applications of soil physics*. 1rd. ed. New York, USA: Academic Press.
- INEC, Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Quito: ESPAC.
- INEC, Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2012). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Quito: ESPAC.
- INEC, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, EC. (2002). *III Censo Nacional Agropecuario. Resultados nacionales y provinciales*. Quito, EC: INEC.
- INIAP, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. (2004). *Informe anual 2003. Frejol*. Quito: Estación experimental Santa Catalina, Progamma Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (PRONALEG-GA).
- INIAP, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. (2005). *Informe anual 2004. Frejol*. Quito: Estación experimental Santa Catalina, Progamma Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (PRONALEG-GA).
- INIAP, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. (2008). *Informe anual 2007. Frejol*. Quito: Estación experimental Santa Catalina, Progamma Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (PRONALEG-GA).
- Lardizabal R., Arias S., & Segura R. (2013). *Manual de producción de fréjol*. Honduras: USAID, FINTRAC.
- Lepiz I., R., & Peralta I, E. (1993). Nuevas variedades de fréjol obtenidas por el proyecto INIAP-PROFRIZA. *Revista Informativa INIAP*, 1(1), 31-32.
- Long, S. P., & Ort, D. R. (2010). More than taking the heat: crops and global change. *Current Opinion in Plant Biology*, 13(3), 240-247. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2010.04.008>
- López Salinas, E., Tosquy Valle, Ó. H., Jiménez Hernández, Y., Salinas Pérez, R. A., Villar Sánchez, B., & Acosta Gallegos, J. A. (2012). Rendimiento y adaptación de la variedad de frijol Negro Comapa en dos regiones de Mé-

- xico. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(4), 309-315.
- Malla Lema, J. G. (2018). *Evaluación del rendimiento de fréjol (Phaseolus vulgaris L.) INIAP484 Centenario, en siembra directa bajo fertilización química, orgánica más Rhizobiumsp.* Universidad Central del Ecuador.
- Maqueira López, L. A., Rojan Herrera, O., Pérez Mesa, S. A., & Torres de la Noval, W. (2017). Crecimiento y rendimiento de cultivares de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) en la localidad de los Palacios. *Cultivos Tropicales*, 38(3): 58-63.
- Medina-Torres, R., Salazar-García, S., Valdivia-Bernal, R., & Martínez-Moreno, E. (2012). Fenología de la floración y ciclos reproductivos del nanche (*Byrsonima crassifolia* L. HBK), Nayarit. *Universidad y ciencia*, 28(3): 259-269.
- Porch, T. G., & Hall, A. E. (2013). Heat Tolerance. In *Genomics and Breeding for Climate-Resilient Crops* (Vol. 2, pp. 167–202). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <http://doi.org/10.1007/978-3-642-37048-9>
- Rainey, K. M., & Griffiths, P. D. (2005). Inheritance of heat tolerance during reproductive development in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of American Society for Horticultural Science*, 130(5), 700–706. <http://doi.org/10.21273/JASHS.130.5.700>
- Rao, I. M. (2001). Role of Physiology in Improving Crop Adaptation to Abiotic Stresses in the Tropics. In *Handbook of Plant and Crop Physiology*. CHAP, CRC Press. <http://doi.org/doi:10.1201/9780203908426.ch29>
- Rodríguez, R., López, S., & Tosquy, V. (2014). Componentes del rendimiento de frijol negro en diferentes fechas de siembra durante el ciclo otoño-invierno en el norte de Veracruz, México. *Revista biológico agropecuaria Tuxpan*, 2(3): 266–70.
- Sanders, J. Y., & Schwartz, H. (1980). Bean production and pest constraints in Latin America. En *Bean production problems* (pp. 3). Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Torres Navarrete, E., Quisphe Caiza, D., Sánchez Laiño, A., Reyes Bermeo, M., González Osorio, B., Torres Navarrete, A., Cedeño Briones, A., & Haro Chong, A. (2013). Caracterización de la producción de frijol en la provincia de Cotopaxi Ecuador, caso Comuna Panyatug. *Revista Ciencia y Tecnología*, 6(1): 23-31.
- Vallejo Cabrera, F. A., & Estrada Salazar, E. I. (2002). *Mejoramiento genético de plantas*. Cali: Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.
- Vallejo, A. (2003). *Manual de cultivo de frijol caupi*. Piura: Asociación de productores agropecuarios del Distrito de Morropón.