

Evaluación del desarrollo del cultivo de frijol radical (*Phaseolus Vulgaris*) a partir de la evaporación de diferentes láminas de agua en el municipio del Valle de San José

Evaluation of the development of the radical bean culture (*phaseolus vulgaris*) by different water sheets from the evaporation for the municipality of the Valle de San José

Cáceres P., Deisy¹., Gómez G., Robinson D²., Pereira P., Jeisson L³ y Roa., Mario⁴
Fundación Universitaria de San Gil – UNISANGIL
Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Programa Ingeniería Agrícola
San Gil, Colombia

deisycaceres@unisangil.edu.co
robinsongomez@unisangil.edu.co
jeissonpereira@unisangil.edu.co
mroa@unisangil.edu.co

Fecha de Recepción: noviembre 01 de 2019
Fecha de Aceptación: mayo 20 de 2020

Resumen — El presente proyecto se realizó en el segundo semestre del año 2018 y el primer semestre del 2019, en la finca el Guacimo de la vereda el hoyo del municipio del Valle de San José, Santander cuya ubicación es 6°25'05''N 73°09'16''W 1.42 km con el objetivo de evaluar el desarrollo y rendimiento del cultivo de frijol en la zona, mediante la aplicación de diferentes láminas de agua con base en la evaporación diaria registrada en la zona. Se realizó la aplicación de 4 tratamientos en bloques experimentales y para los cuales se les aplicaron láminas de agua correspondientes al (T1) 100%, (T2) 200%, (T3) 400% y (T4) 600% de la evaporación diaria registrada. Con base en los resultados se obtuvieron los siguientes datos: que el resultado entre todos los tratamientos y el promedio nacional y departamental (1.430 kg/ha) y (1.210 kg/ha respectivamente). De producción con base en datos de la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (FENALCE) fueron altamente significativos; los t1 y t4 fueron los de menor desarrollo y producción quedando por debajo del promedio nacional; seguidos del t2 que estuvo por debajo del promedio nacional pero por encima del departamental y por último el t3 que fue el de mejor comportamiento dando así un rendimiento altamente significativo por encima del promedio nacional y departamental. Con base en esto se concluyó que el tratamiento óptimo es el de 400%, debido a que es cuando la planta logra su mayor altura y mejor producción en comparación a las demás láminas; también se evidenció que en cuanto al cultivo de frijol una lámina constante de agua cercana al PMP(200%Ev) afecta de manera similar la altura y la producción del cultivo que una lámina de agua por encima de la CC(600%Ev), en otras palabras la falta y el exceso de agua afecta de manera similar la producción del cultivo de frijol. Para un más amplio estudio de la aplicación de

láminas de agua con base en la evaporación se recomienda implementar este método en otros cultivos con el fin de hacer una comparación del comportamiento que tenga con la aplicación de estas láminas. También es recomendable para futuros proyectos el realizar el análisis experimental en otra época del año donde la evaporación sea menor.

Palabras clave — Evaporación, fríjol, láminas de agua, rendimiento.

Abstract — The present project was carried out in the second semester of the year 2018 and the first semester of 2019, in the farm Guacimo of the hoyo of the municipality of Valle de San José whose location is 6°25'05''N 73°09'16''W 1.42 km with the objective of evaluating the development and yield of bean cultivation in the area, by applying different sheets of water based on the daily evaporation recorded in the area. The application of 4 experimental treatments and for which water sheets corresponding to (T1)100%,(T2) 200%,(T3) 400% and (T4) 600% of the registered daily evaporation were applied. Based on the results, the following data were obtained: that the result among all treatments and the national and departmental (1.430 kg/ha) y (1.210 kg/ha respectively) average of production based on (Fenalce, 2018) were highly significant; T1 and T4 were the ones with the least development and production being below the national average; followed by the T2 that was below the national average but above the departmental average and lastly the T3 that was the one with the best performance thus giving a highly significant performance above the national and departmental average. Based on this, it was concluded that the optimal treatment is the one of 400%, because

1 Ingeniero Agrícola, UNISANGIL

2 Ingeniero Agrónomo – Docente programa Ingeniería Agrícola UNISANGIL, San Gil.

that is when the plant achieves its highest height and best production compared to the other sheets; It is also evident that as regards the cultivation of beans, a constant sheet of water close to the PMP (200% Ev) similarly affects the height and crop production than a sheet of water above the CC (600% Ev), in other words the lack and excess of water similarly affects the production of the bean crop. For a more extensive study of the application of water sheets based on evaporation it is recommended to implement this method in other crops in order to make a comparison of the behavior that has with the application of these sheets. It is also recommended for future projects to perform the experimental analysis at another time of the year where the evaporation is lower.

Key words — *Water sheets, beans, yield, evaporation.*

I. INTRODUCCIÓN

Este proyecto pretende evaluar el desarrollo vegetativo del frijol mediante la aplicación de diferentes láminas de agua de acuerdo a la evaporación, con el fin de poder planificar y programar actividades de riego que permitan mejorar la productividad que hoy en día es muy baja, teniendo en cuenta características propias de la región donde se evidencia procesos ideales garantizando productividad, reducción de costos en producción y sostenibilidad ambiental, en el entendido de que el crecimiento y a los constantes cambios de los sectores productivos especialmente el agrícola, no solo en Colombia [1][2][3] sino en todo el mundo [4][5]; están generando graves daños a los sistemas naturales que son parte fundamental para nuestra existencia y el desarrollo de futuras generaciones, las cuales cada día cuentan con unos recursos cada vez más agotados y de menor calidad haciendo necesario la optimización de dichos recursos especialmente el agua, mediante técnicas y tecnologías que permitan calcular y utilizar las cantidades mínimas requeridas para los cultivos [6][7][8], permitiendo así aumentar las áreas de producción, limitadas por la disponibilidad del líquido.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal. El material genético sembrado fue frijol Radical cuyas características se muestran a continuación en la tabla 1.

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DEL FRIJOL RADICAL

Características	
Tipo	Arbustivo
Altitud	900 y 1900 m.s.n.m.
Período vegetativo	90 y 95 días
Rendimientos promedio	Por encima de los 1500 kg/ha
Número de vainas	Entre 18-44
Peso por vaina	4-5 gramos
Color	Rojo sólido brillante
Resistencia a enfermedades	Resistencia a la Antracnosis

Tratamientos. Se desarrollaron 4 tratamientos a los cuales se les aplicó el 100, 200, 400, 600 % de la evaporación diaria registrada.

Diseño experimental. El cultivo se desarrolló en cuatro bloques experimentales cada uno con 27 plantas correspondientes a los porcentajes y se tomó como unidad de muestreo a tres plantas de cada bloque (Figura 1).

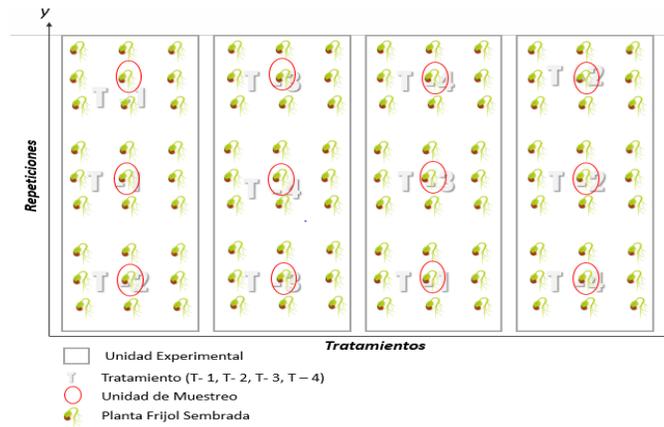


Fig. 1 Diseño experimental.

A. Variables evaluadas en el cultivo de frijol

Número de vainas por planta. Se tomaron 3 plantas de cada bloque experimental y se contó el número de vainas de cada una, posteriormente se realizó un promedio.

Altura de plantas. Se midió la altura de cada una de las unidades de muestreo y se promediaron según su etapa fenológica.

Rendimiento por hectárea. Para esta variable se recolectaron las vainas de cada una de las unidades de muestreo, posteriormente fueron trilladas, pesadas y extrapoladas.

III. ANÁLISIS DE DATOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A. Determinación de las propiedades físicas del suelo empleado como sustrato para el cultivo de frijol radical

Con el fin de determinar las condiciones óptimas del suelo para el cultivo de Frijol Radical, se realizaron dos prácticas: La primera fue la determinación de la textura del suelo, que se hizo mediante el método de bouyucos, y la segunda fue la prueba de infiltración, que se realizó mediante el método de anillos concéntricos, con el fin de determinar la velocidad de infiltración. En los resultados se encontró que la textura del suelo es arcillosa y la velocidad de infiltración es muy baja, dando como resultado la velocidad de infiltración = 77.74 L/día = 3.23 l/hora. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés) [9], la textura del suelo ideal para el óptimo desarrollo del cultivo de frijol debe ser franco arcilloso. Partiendo de estos resultados y de las necesidades

nutricionales y mecánicas del suelo para el cultivo, se realizó el adiconamiento de enmiendas en el cual se agregó al suelo sustratos como: arena, gallinaza, cal y tamo de arroz de manera uniforme e igual para cada uno de los experimentos con el fin de mejorar las condiciones de suelo y permitiendo que este tenga mejor drenaje [10][11][12][13].

B. Análisis de resultados

Análisis de datos

El análisis de datos está desarrollado en dos partes, la primera a través del apoyo de un programa estadístico con el fin de analizar los datos que requieren una comparación significativa como la altura, número de vainas y rendimiento del cultivo. En la segunda parte se presentan figura y tablas de Excel para identificar las diferentes etapas del cultivo y la aplicación de las láminas de agua del cultivo.

Análisis estadístico

El análisis de los datos se realizó con el software estadístico IBM SPSS Statistics 22, corrido en Windows 10. Todas las variables evaluadas se sometieron al análisis de varianza (ANOVA) y contrarrestar la hipótesis nula de que la diferencia de láminas de agua no tiene diferencia significativa sobre las variables de rendimiento, se hizo una separación de medias mediante la prueba de Tukey a una $P \leq 5\%$ (intervalo de confianza del 95%). En la tabla 2 se presenta la significancia estadística, para las variables de rendimiento en el cultivo de fríjol Radical (*Phaseolus vulgaris*) durante el primer semestre de 2019.

TABLA 2. SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICA, PARA LAS VARIABLES DE RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DE FRÍJOL RADICAL

Variable	Valor significancia	Significancia
Altura de la planta	0,000	S
Número de vainas	0,000	S
Rendimiento (Kg/Ha)	0,000	S

S= significativo; NS= no significativo

El ANOVA realizado refleja que hubo diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, encontrando significancia en las variables altura de planta, número de vainas y rendimiento, esta última siendo la más relevante de la investigación.

En general, se rechaza la hipótesis nula y se deduce que hubo significancia en diferentes tratamientos.

Altura de planta

En la Figura 2 se toma en cuenta el desarrollo vegetativo del cultivo, basado en la altura de planta en centímetros, según la aplicación de los diferentes tratamientos, dando como resultado el tratamiento 3 como el más significativo,

seguido del tratamiento 2, en tercer lugar, el tratamiento 4 y por último el tratamiento 1, el cual evidencia que el sometimiento del cultivo a un extremo de estrés hídrico interviene directamente en la altura de la planta [14].

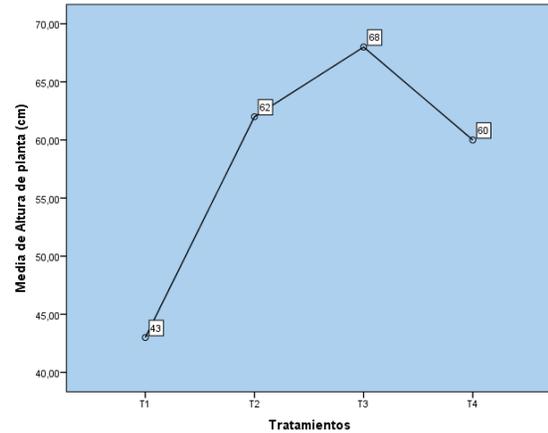


Fig. 2 Desarrollo vegetativo.

Número de vainas

En la siguiente Figura 3 se muestra el número de vainas para cada uno de los tratamientos, mediante la prueba de Tukey a una $P \leq 5\%$ la cual dio una significancia alta para cada uno de los tratamientos, el de mayor numero de vainas fue el tratamiento 3 seguido del tratamiento 2, 4 y 1, presentando este último una diferencia significativamente baja en comparación con los demás al cual también se suma la cantidad de flores por planta y el espacio entre nudos.

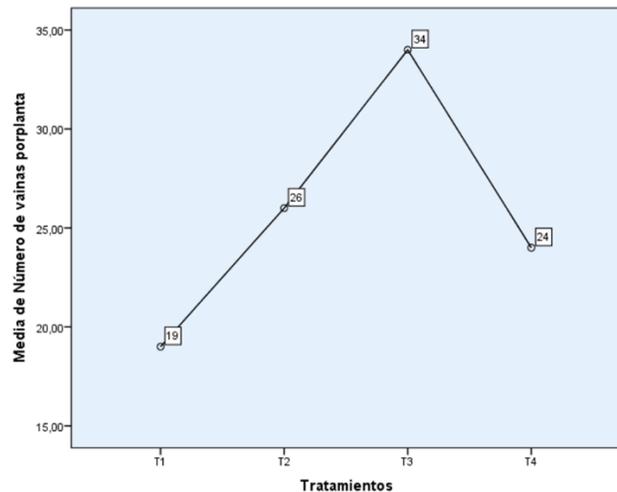


Fig. 3 Número de vainas.

Rendimientos

En la Figura 4 se muestra el rendimiento por hectárea para cada uno de los tratamientos y a su vez se compara con la producción nacional y departamental, según la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya (FENALCE) [15] en la cual también se detalla una significancia alta para cada uno de los tratamientos, dando

como el de mayor producción el tratamiento 3 con un rendimiento significativo ante la producción nacional y muy significativo a la producción departamental, en segundo lugar está el tratamiento 2 que se encuentra por debajo de la producción nacional pero por encima de la producción departamental, seguido del tratamiento 4 y 1 que se encuentran por debajo del promedio nacional y departamental

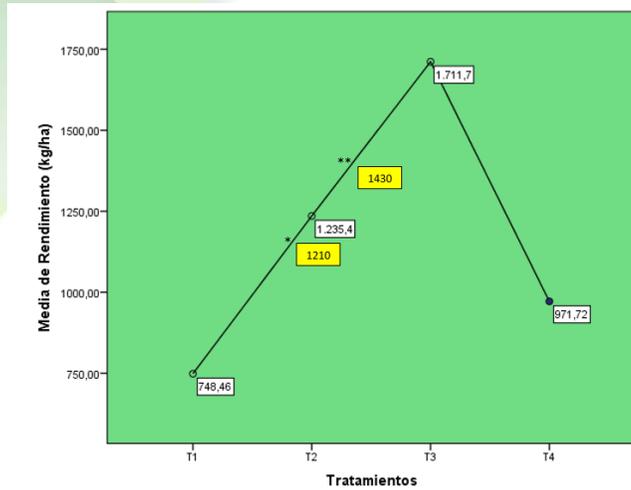


Fig. 4 Rendimientos del cultivo.
**Promedio nivel nacional, * Promedio nivel departamental

En la tabla 3, se pueden evidenciar los grupos homogéneos (igual letra), es decir, presentan una similitud en su comportamiento, a su vez los tratamientos que comparten 2 o más letras presentan semejanzas tanto de un grupo como del otro.

TABLA 3. AGRUPACIÓN HOMOGÉNEA MEDIANTE LA PRUEBA DE TUKEY (<0.05) PARA LAS VARIABLES ALTURA DE PLANTA, NÚMERO DE VAINAS Y RENDIMIENTO

Tratamiento	Altura de planta	Número de vainas	Rendimiento
T1	A	A	A
T2	B	B	B
T3	C	C	C
T4	B	AB	D

Según el ANOVA las cantidades de agua utilizadas en el tratamiento 3 (equivalentes al 400% de la evaporación diaria) le brindan al cultivo de frijol unas condiciones óptimas y que superan el promedio de producción departamental y nacional; incluso con las cantidades aplicadas en el tratamiento 2 (equivalentes al 200% de la evaporación diaria) se supera el promedio departamental.

El tratamiento 4 presenta un déficit por debajo del promedio de FENALCE [16][17] al ser sometido a una

saturación en aplicación por encima del 600% de la evaporación diaria seguido del tratamiento 1 el cual presenta la menor producción y desarrollo en las plantas al ser sometido a un estrés hídrico aplicándole solo el equivalente al 100% de la evaporación diaria.

Desarrollo fenológico del cultivo

Teniendo en cuenta los datos del ANOVA el cual evidencia la significancia en cuanto al desarrollo vegetativo también en la Figura 5 se ilustra dicho desarrollo a lo largo de las diferentes etapas fenológicas del cultivo el cual empieza a evidenciar su significancia después de la 4 etapa de las plantas y marcando una gran diferencia del tratamiento 1 por debajo de los demás tratamientos, a su vez que los tratamientos 2 y 4 presentan características similares pero significativas.

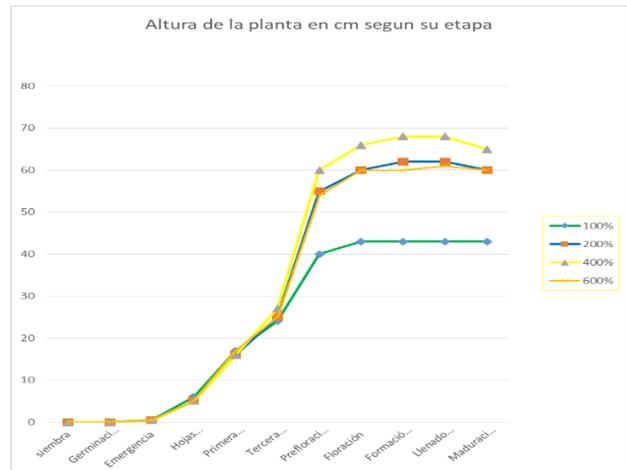


Fig. 5 Altura de las plantas.

Etapas del desarrollo fenológico

Según la Figura 6, presenta fechas vs porcentaje en las cuatro etapas de los tratamientos 1, 2, 3 y 4; se evidencia que la siembra, germinación, emergencia, hojas primarias, primera hoja trifoliada y tercera hoja trifoliada que forman la primera fase vegetativa no ocurren cambios mayores, pero sí se evidencia que su proceso fenológico es más rápido con la etapa del t1 hasta la fase de hojas primarias a comparación de las etapas del t2, t3, y t4. En cuanto a la fase primera hoja trifoliar y tercera hoja trifoliar se nivelan las 4 etapas menos la del t4, en la tercera hoja trifoliar únicamente cambia el t4 la cual demora unos días más a comparación de las 3 primeras etapas antes mencionadas para comenzar la fase reproductiva: prefloración, floración, formación de las vainas, llenado de vainas, y maduración. Sobre estas últimas, la etapa del t1 es el proceso fenológico más rápido a comparación del t2, t3, que son un poco más lentos y para la del t4, esta presenta la mayor lentitud.

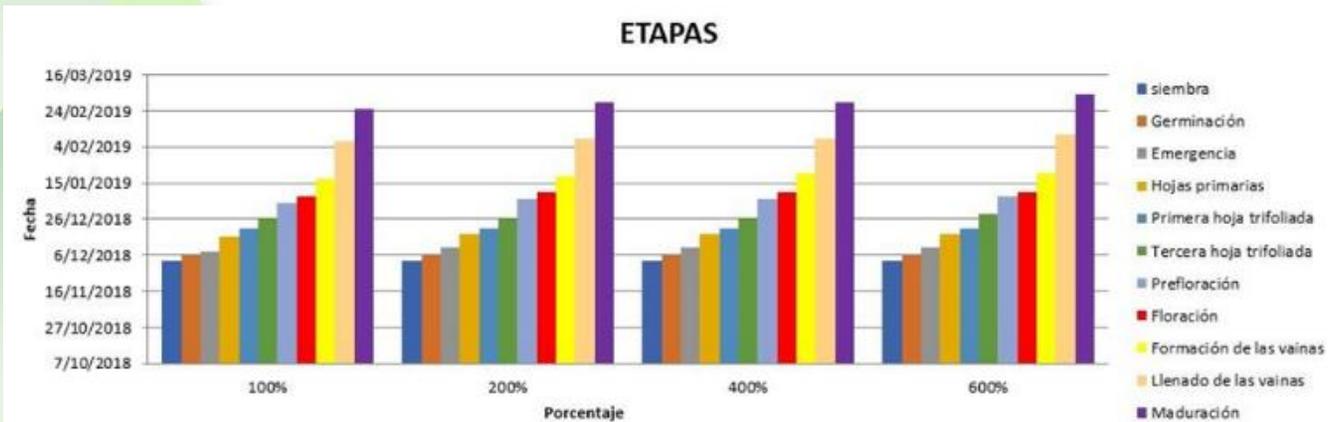


Fig. 6 Etapas del desarrollo frenológico.

Aplicación de láminas de agua

Como se observa en la Figura 7 los resultados de la lámina aplicada en cada etapa o fase vegetativa con respecto al tratamiento, se evidencia que en el tratamiento 1 la cantidad de agua mínima aplicada es de 100 mm y la mayor es de 300 mm, para la de t2 la menor cantidad de agua aplicada es de 200 mm y la mayor aplicada es de 600 mm, en la del t4 la menor cantidad de agua es de 80 mm y la mayor es 700mm y finalmente, en la etapa del t4 la menor cantidad de agua es de 600 mm y la mayor es de 1800 mm de agua aplicada. Pudiéndose observar que en la etapa del t1, la variación es menor en el agua evaporada a comparación de las 3 siguientes antes mencionadas y la que presentó mayor lámina de agua aplicada fue el t4. También se pudo observar que en los meses de diciembre y enero se presentó una mayor aplicación de agua debido a la alta evaporación que se presentan en esos meses gracias a las altas temperaturas y fuertes vientos de la época, a su vez que la aplicación más baja se dio a finales de febrero y principios de marzo.

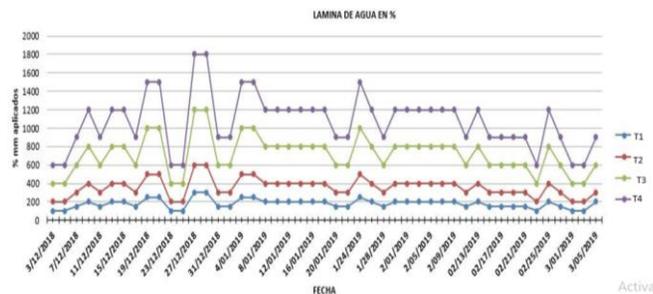


Fig. 7 Aplicación de láminas de agua.

VI. CONCLUSIONES

El tratamiento óptimo fue el T3 (400%) de lámina de agua, porque logró su mayor altura y su mayor producción en comparación a las demás láminas que presentaban una mayor o menor aplicación de láminas.

También se evidenció que en cuanto al cultivo de frijol una lámina constante de agua menor (200% Ev) y mayor al (400% Ev) afecta la altura y la producción óptima del cultivo.

Al establecer las etapas frenológicas del cultivo se observó que una lámina de agua baja (100% Ev) hace que la etapa vegetativa y reproductiva sea más acelerada.

Se observó que, de acuerdo al momento de pesado de la recolección del frijol, la mayor producción fue lograda por la lámina de agua de 400%:t3, situación que sobresale con la menor producción que de las otras láminas.

REFERENCIAS

- [1] CORPOICA, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Capacitación en Tecnología de Frijol y en Gestión Empresarial para Agricultores y Técnicos de la Región Andina. 2004. [En línea]. Disponible en: https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/15612/44814_59781.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [2] Cámara de Comercio de Bogotá. Manual frijol. 2015 [En línea]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/handle/11520/14313>
- [3] Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT. Etapas de desarrollo en la planta de frijol. [En línea]. Disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/82106/etapas-1e4dab22.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [4] J.A Ulloa, y J.C. Ramírez Ramírez. “El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos”, *Revista Fuente*, Año 3 No. 8 julio - septiembre 2011. [En línea]. Disponible en: <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/1.pdf>
- [5] Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura, FIRA, Dirección de investigación y evaluación económica y sectorial. Panorama Agroalimentario, Frijol 2016. [En línea]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200638/Panorama_Agroalimentario_Frijol_2016.pdf
- [6] J.S. Salinas Piedra, “Determinar los requerimientos hídricos del fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.), mediante el lisímetro volumétrico en la parroquia San Antonio de cumbe del Cantón Saraguro”. Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional de Loja. Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Carrera de Ingeniería Agronómica.

- Ecuador. 2019 [En línea]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19277/1/Janio%20Stalin%20Salinas%20Piedra.pdf>
- [7] IDEAM. Estudio Nacional del agua 2010. Capítulo 5. Estimación de la demanda de agua, Conceptualización y dimensionamiento de la demanda hídrica sectorial. 2010. [En línea]. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021888/CAP5.pdf>
- [8] J. J. Arévalo Hernández, “Evaluación del efecto de la aplicación de diferentes láminas de riego en el cultivo de rosa (*Rosa sp*) cv. Freedom, bajo invernadero en la sabana de Bogotá”. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Agrícola y Civil, Maestría en Ingeniería Agrícola, Bogotá D.C. 2011. [En línea]. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/6472/1/820030.2011.pdf>
- [9] J.H. Arias Restrepo, T. Rengifo Martínez y M. Jaramillo Carmona. “Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Frijol Voluble” Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación -FAO-, Gobernación de Antioquia, Dirección Seccional de Salud de Antioquia, Plan de Seguridad Alimentaria, y Nutricional de Antioquia -MANA-, Convenio FAO-MANA: Proyecto de Seguridad Alimentaria y Buenas Prácticas Agrícolas para el Sector Rural en Antioquia Proyectos UTF/COL/027/COL, TCP/COL/3101.Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -CORPOICA-, Centro de Investigación La Selva. 2007. [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a1359s.pdf>
- [10] G. García Herrera, “Análisis de la evapotranspiración con fines de planeación del riego en la comarca lagunera”. Monografía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, División de Carreras Agronómicas, Ingeniería Agrónoma en Irrigación. Torreón, Coahuila, México 2013. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/7298>
- [11] J. Marmolejo, y A. Roy Jesly, “Estudio de la evapotranspiración potencial etp., del cultivo de haba (*vicia faba l.*) con tres niveles de capa freática en la provincia y Distrito de Acobamba Huancavelica. Repositorio Institucional. Tesis pregrado. Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela profesional de Agronomía. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Huancavelica. 2014. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/193>
- [12] A.A.Tenecota Tenecota, J.E. Chabla Carrillo.”Determinación del coeficiente de cultivo kc para soya *glycine max l* bajo invernadero en la granja Santa Inés”. (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Machala UTMACH, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, Ingeniería Agronómica. Machala, Ecuador. 2016. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/7633>
- [13] A.P. Tofiño-Rivera, I.J. Pastrana Vargas, A.E. Melo Ríos. “Rendimiento, estabilidad fenotípica y contenido de micronutrientes de frijol biofortificado en el Caribe seco colombiano” *Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria*, Mosquera (Colombia), vol. 17(3): pp. 309-329, septiembre – diciembre. 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449946663001.pdf>
- [14] F. Fernández de Córdova, P. L. Gepts y M. López Genes. “Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*)”– Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, 1986. [En línea]. Disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/69566>
- [15] FENALCE “Informe de gestión 2017 Fondo Nacional Cerealista, Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas FENALCE”. 2017. [En línea]. Disponible en: http://fenalce.org/siembras/archivos_lt/lt_756IG-FNC-2017-CONSOLIDADO.pdf
- [16] (2004) FENALCE. Sensibilidades del sector cerealista y de leguminosas: frijol Bogotá, noviembre de 2004. [En línea]. Disponible en: <http://fenalce.org/archivos/frijoldmlm.pdf>
- [17] (2016) FENALCE Hay que salvar el frijol arbustivo de Santander: Fenalce. [En línea]. Disponible en: <https://www.vanguardia.com/economia/local/hay-que-salvar-el-frijol-arbustivo-de-santander-fenalce-AEVL346464>