

Contenido

CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE FRIJOL BAYO (PHASEOLUS LEPTOSTACHYUS) BAJO DISTINTAS LONGITUDES DE ONDA DE LA LUZ	497
EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO EN RÁBANO (RAPHANUS SATIVUS) BAJO DIFERENTES TIPOS DE SUELO	503
CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LENTEJA (LENS CULINARIS) MEDIANTE LA APLICACIÓN DE DIVERSOS FERTILIZANTES DE ORIGEN QUÍMICO Y BIOLÓGICO.	510
EFFECTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN (PHASEOLUS VULGARIS) frijol pinto	521

CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE FRIJOL BAYO (*PHASEOLUS LEPTOSTACHYUS*) BAJO DISTINTAS LONGITUDES DE ONDA DE LA LUZ

Carolina Hernández Rodríguez, Arturo Lozano González, Nadia Citlalli Nava Barrera, Daniela Villagómez Rojas, Blanca Estela Gómez Luna, Juan Carlos Ramírez Granados y César Díaz Pérez

Universidad de Guanajuato, Campus Celaya-Salvatierra, División de Ciencias de la Salud e Ingenierías
be.gomez@ugto.mx

RESUMEN

La respuesta de las plantas las diversas longitudes de onda en la luz, se atribuye a fotorreceptores que conduce a diversas expresiones fenotípicas en diferentes niveles y etapas de desarrollo de vegetal. El trabajo que se realizó fue determinar si el tipo de iluminación (longitud de onda de la luz) en que se cultiva las plantas de frijol bayo (*Phaseolus leptostachyus*) afecta su crecimiento. Se colocaron plantas bajo luz azul (470 nm), luz roja (699 nm), luz amarilla (578 nm) y con luz natural, se evaluó el desarrollo de las plantas en estas condiciones. Para conseguir los colores se colocaron películas de un polímero natural derivado de la celulosa de los colores señalados en forma de cubo cubriendo a las plantas y el control sin la cubierta y exposición a luz natural. Los resultados fueron mejores para las plantas con el filtro rojo, con mayor altura de la planta y número de hojas en comparación con el filtro azul, amarillo y luz natural. El filtro que menos aporte fue el amarillo. Con los resultados se apreció que la radiación monocromática alteró el crecimiento y la calidad del producto por efecto de los fotorreceptores.

INTRODUCCIÓN

El frijol es una especie anual nativa de Mesoamérica (México), erecta o trepadora, de tallo pubescente o glabrescente cuando es adulta. Las estípulas de las hojas tri-pinnadas son de forma lanceolada y de tamaño medio centimétrico. Los folíolos son anchamente ovalados u ovado-romboidal, los laterales miden 4-15 por 2,5-10 cm y son pubescentes con base redondeada o anchamente cuneada, de bordes enteros y ápice acuminado. Las bractéolas, persistentes, son habitualmente de longitud igual o algo superior al cáliz que es cupuliforme, bilabiado, de 3-4 mm, con cinco sépalos soldados y con el labio superior bidentado emarginado y el inferior tridentado. La corola, que puede ser blanca, amarilla, violácea o roja, tiene el estandarte centimétrico suborbicular y reflejo, las alas obovadas adheridas a la quilla, también centimétrica y con ápice espiralmente retorcido. Los estambres son diadelfos (9 soldados y 1 libre) mientras que el ovario es pubescente con el estilo espiralmente torcido de 360° o más y con estigma oblicuo. Dicho gineceo deriva en una legumbre lineal-oblonga de unos 1015 por 1-1,5 cm, algo curvada e hinchada, glabra, picuda y con cuatro a diez semillas oblongas arriñonadas de muy diversos colores y tamaños, usualmente 1-2 por 0,51, 5 cm (Téllez-Valdés. 2009).

La domesticación a partir de especies silvestres se inició en diferentes partes del mundo hace unos 12,000 años, convirtiéndose en uno de los hechos más importantes de la historia de la humanidad, algunas tuvieron mayor rendimiento en la parte occidental mientras otras en la parte oriental, la familia Fabaceae logró un alcance en ambas partes. Sus numerosas variedades se cultivan en todo el mundo para el consumo, tanto de sus vainas verdes como de sus semillas frescas o secas. Son de las más consumidas en el centro y norte del país de México. Aunque este cultivo representa un renglón importante en el sector hortícola, se busca mediante la implementación de técnicas que aumenten el rendimiento de las plantas, incrementar su capacidad de competencia en mercados globalizados (Téllez-Valdés. 2009).

La luz, uno de los factores más importantes del entorno vegetal, no sólo es un sustrato energético, sino también un regulador de procesos fisiológicos en los vegetales. Se han determinado tres tipos de receptores de la luz: el criptocromo 1, el criptocromo 2 y la fototropina, los cuales regulan primordialmente la inhibición del hipocótilo, el momento de la floración y el fototropismo, respectivamente. La luz azul afecta muchos aspectos del crecimiento y desarrollo vegetal en la planta. La respuesta de los vegetales a la luz azul incluye la inhibición de la elongación del

hipocótilo, la estimulación de la expansión de los cotiledones, la regulación del momento de la floración, la curvatura fototrópica, la apertura estomática, la regulación del ciclo circadiano y la regulación de la expresión genética (Kendrick, R.E., 1994).

El objetivo del presente estudio fue determinar si el color de iluminación en que se cultivan las plantas, afecta el crecimiento, el rendimiento y la calidad del producto a cosechar.

PARTE EXPERIMENTAL

Sustrato:

El Peat Moss es un musgo que pertenece al género *Sphagnum*, el cual cuenta con otras especies de musgos que van de las 150 a 350 diferentes, comúnmente conocidos como musgos de turbera (peat moss). Se forman en regiones nórdicas con pantanos, de una masa esponjosa y ligera en la que se pueden observar los componentes vegetales que la originaron. Se describe como un material orgánico compacto, de color pardo claro hasta oscuro y rico en carbono, tiene propiedades físicas y químicas variables en función de su origen, los miembros de este género pueden retener grandes cantidades de agua dentro de sus células, algunas especies pueden retener más de 20 veces su peso seco en agua.

Se pueden clasificar en dos grupos:

Turbas rubias: Las cuales tienen un mayor contenido en materia orgánica y están menos descompuestas. **Turbas negras:** Están más mineralizadas teniendo un menor contenido en materia. Para este experimento se utilizó turba rubia de tipo fino, que es naturalmente ácida ya que cuenta con un pH de entre 3,5 y 4,0, sin embargo, se pueden tener turbas con un pH arreglado entre 5,5 y 6,0 con el fin de poder garantizar una buena asimilación de los nutrientes que están disponibles para los primeros 10 a 15 días después de la siembra. De esta manera puede utilizarse en campo o en cultivos hidropónicos, puede estar sola con un pH ácido o formar parte de una mezcla de sustratos. Se puede utilizar para la multiplicación vegetal, por semilla o por medios vegetativos (esquejes, acodos, entre otros) y para la producción.

Semilla:

Semilla de frijol bayo marca "La Merced" para fin comestible, cultivado en el norte de la República Mexicana, el frijol bayo es de grano grande con forma de rombo, aplanado y su color es beige. Se utilizaron 40 semillas como unidades repartidas para cada tratamiento, siendo 10 semillas destinadas para observación del control, 10 semillas para el tratamiento de luz roja, 10 semillas para el tratamiento de luz azul y 10 semillas para el tratamiento de luz amarilla.

Recubrimiento:

Para conseguir que cada planta fuera irradiada con el color deseado, las plántulas cultivadas individualmente y separadas en grupos de 10, se recubrieron con películas de un polímero natural derivado de la celulosa con el tinte deseado que permitiera que la luz blanca del sol fuera reflejada internamente como la longitud de onda buscada, este polímero tuvo las medidas de 5,040 cm² (2.10 m de altura y 24 cm de base) logrando que recubriera la parte frontal, la parte superior y la parte trasera y malla sombra por los lados.

Estructura:

Estas películas fueron acomodadas sobre una estructura que fuera altamente resistente y pudiera mantener en buen estado y separadas por tratamientos a las plantas a observar. Esta estructura de PBC con 4 separaciones o "celdas" tuvo las dimensiones de 5760 cm² de base por 75 cm de altura.

Como metodología, primero se consiguieron los insumos, se seleccionaron las 40 semillas de manera aleatoria y se sembraron individualmente en envases de unicel con sustrato Peat Moss, se mantuvo un riego periódico diario hasta que estuvieran en etapa de plántula, llegando a esta fase, se colocaron 10 plantas debajo siendo en promedio raíces de 27 cm contra de cada tratamiento más las 10 plantas del control y se mantuvieron en observaciones y riego por un periodo de un

mes. Llegando al final de la segunda etapa, a cada planta por individual se le obtuvieron las medidas de longitud, cantidad de hojas, longitud de raíz, peso fresco utilizando una balanza analítica. Cuando los datos fueron obtenidos y registrados adecuadamente, se dejaron secar las plantas para ahora obtener su peso seco y se registró.

RESULTADOS

Observando los resultados presentados analizamos que los tres tratamientos tuvieron resultados de manera distinta como era esperado desde un inicio comprobando la hipótesis de que alguna variable en relación con la luz haría una diferencia en el crecimiento. Analizando la luz amarilla en comparación al control, observamos que el promedio de la longitud de tallo fue por debajo del parámetro de comparación siendo estos 10 cm más chicos. En cuestión a la longitud de raíz, de la misma forma la luz amarilla afectó para el desarrollo presentando valores bajos raíces de 35 cm de longitud en control.

Para las unidades de hojas sí presentó una mejora notable superando al control, ya que este presentaba 10.6 hojas en promedio y la planta bajo los efectos de la luz amarilla logró desarrollar 16 unidades de hojas por planta, superando al control por 6 hojas aproximadamente. Para peso fresco la diferencia fue mínima a favor del color amarillo ya que pudiendo comparar los resultados ante peso seco, se deduce y demuestra que las plantas expuestas al color amarillo tuvieron una mínima capacidad superior de retención de agua.

Cuadro 1. Comportamiento promedio de las variables agronómicas de cultivo de frijol (*Phaseolus leptostachyus.*), en relación a cada tratamiento.

Tratamiento / Variable	Long. Tallo (cm)	Long. Raíz (cm)	No. De hojas (unidades)	Peso fresco (gr)	Peso seco (gr)
Control	117,7 B	35 B	10,6 B	14,3664 B	2,6816 B
Luz amarilla	107,8 B	27 B	16 B	15,0708 B	1,9704 B
Luz roja	117,2 B	27,4 B	32 B	23,3358 A	1,9544 B
Luz azul	103 B	29,2 B	27,8 B	15,459 B	1,5752 B

A: Valores promedio estadísticamente iguales

B: Valores promedio estadísticamente distintos

Por otra parte, para la luz roja en comparación al control, observamos que el promedio de la longitud de tallo fue por debajo del parámetro de comparación en una manera muy mínima siendo estos 0.5 cm más chicos. Siendo la diferencia tan mínima, se reporta como igual. En cuestión a la longitud de raíz, de la misma forma la luz roja afectó para el desarrollo presentando valores bajos, siendo en promedio raíces de 27.4 cm contra raíces de 35 cm de longitud en control. Para las unidades de hojas se presentó la mejora notable en todos los tratamientos superando al control, ya que este presentaba 10.6 hojas en promedio y la planta bajo los efectos de la luz roja alcanzó a desarrollar 32 unidades de hojas por planta, superando al control por 21.4 hojas aproximadamente. Para peso fresco la diferencia también fue notoria a favor del color rojo ya que pudiendo comparar los resultados ante peso seco, se deduce y demuestra que las plantas expuestas al color rojo tuvieron una máxima capacidad superior de retención de agua.

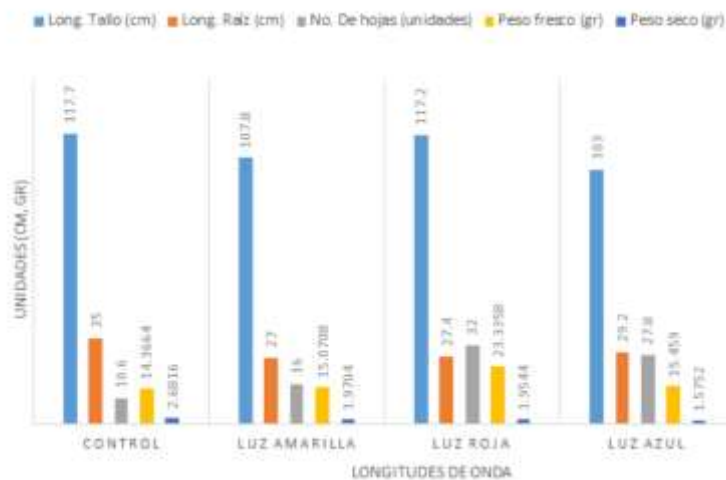
Finalmente, para la luz azul en comparación al control, observamos que el promedio de la longitud de tallo fue por debajo del parámetro de comparación en una manera significativa siendo estos 14.7 cm más chicos. En cuestión a la longitud de raíz, de la misma manera la luz azul afectó para el desarrollo presentando valores bajos, siendo en promedio raíces de 29.2 cm contra raíces de 35 cm de longitud en control. Para las unidades de hojas se presentó una mejora remarcable superando al control, ya que este presentaba 10.6 hojas en promedio y la planta bajo los efectos

de la luz azul alcanzó a desarrollar 27.8 unidades de hojas por planta. Para peso fresco la diferencia fue mínima a favor del color azul, casi igual al control ya que pudiendo comparar los resultados ante peso seco, se deduce y demuestra que las plantas expuestas al color azul tuvieron una mínima capacidad superior de retención de agua.

Comparando entonces, se observa que la luz amarilla tuvo dos tratamientos con resultado negativo y dos tratamientos con resultados positivos pero mínimos siendo estos insignificantes, llegando a una conclusión que la exposición de *Phaseolus leptostachyus* al color amarillo no es un tratamiento viable para una producción mejorada de dicha planta.

Por otra parte, la luz azul tuvo un tratamiento con resultado igual, un tratamiento con resultado positivo significativo y un resultado positivo mínimo siendo también insignificante, llegando a una conclusión que la exposición de *Phaseolus leptostachyus* al color azul pudiera ser una buena opción si lo que se busca es únicamente tener una planta con raíces más grandes al promedio, sin más, tampoco es tratamiento recomendable para otros aspectos en relación a una producción buscando tener múltiples mejoras significantes en *Phaseolus leptostachyus*.

Finalmente, la luz roja tuvo un tratamiento con resultado igual y tres tratamientos con resultados positivo significantes y superiores. Llegando a la conclusión que la exposición de *Phaseolus leptostachyus* al color rojo es altamente recomendable y viable para una producción buscando tener múltiples mejoras significantes en *Phaseolus leptostachyus*.



Gráfica 1. Para las variables: longitud de raíz, longitud de tallo, No. De hojas, Peso fresco y Peso seco el análisis estadístico mostró diferencias significativas.

Los fitocromos son unos pigmentos vegetales que controlan diferentes aspectos del desarrollo e informan a las plantas de los cambios operados en el entorno para optimizar su crecimiento. Las plantas responden a la intensidad, dirección, duración y color de la luz.

Gracias a su plasticidad, se adaptan óptimamente al entorno. Esas respuestas, desencadenadas a lo largo del ciclo biológico, comprenden la inducción de la germinación de las semillas, el desarrollo en luz de las plántulas (desetiolación), la adaptación de la capacidad fotosintética a la intensidad lumínica, el fototropismo o crecimiento hacia la fuente de luz y el “síndrome de huida de la sombra”. La respuesta de floración se inicia en la estación del año adecuada gracias a la percepción de cambios en el fotoperíodo o duración día- noche.

La luz constituye también una fuente de información sobre el entorno. Las plantas “perciben” diferentes segmentos de su espectro de radiación, así como su intensidad, duración, periodicidad y

dirección. Detectan, además, los cambios de tales propiedades experimentados en el transcurso del año y del día o en la cercanía de otras plantas. Debido a esa información las plantas adaptan sus propios procesos, desde el momento de la germinación hasta la desetiología, y el fototropismo o la floración. El conjunto de respuestas que afectan al desarrollo y aspecto de la planta en función de la luz se conoce como “fotomorfogénesis”.

La radiación solar consta de diferentes colores acordes con las distintas longitudes de onda en que se transmite. Para captarlos, las plantas poseen receptores especiales, los pigmentos fotosensibles o fotorreceptores. De éstos, clorofilas y carotenoides absorben la gama que va del azul al rojo, implicada en la fotosíntesis.

Pero en el control de la fotomorfogénesis participan otros fotorreceptores que captan y transmiten señales de diferentes regiones del espectro: el receptor de luz ultravioleta-B, los criptocromos, que captan la luz ultravioleta cercana y azul y los fitocromos, que perciben la luz roja y roja lejana.

Los fitocromos son proteínas solubles que se encuentran en las semillas, hojas, tallos, raíces y demás órganos de la planta. Aparecen en dos configuraciones intercambiables, denominadas Pr y Pfr. De la absorción de la luz roja se encarga la forma Pr; de la radiación roja lejana, la forma Pfr. Puesto que en los procesos fisiológicos la luz roja tiene un efecto activador y la roja lejana un efecto inhibitorio, Pfr se considera la forma biológicamente activa del fitocromo y Pr, la inactiva. Esta última se aloja en el citoplasma, mientras que la forma activa (Pfr) se localiza preferentemente en el núcleo celular. Por tratarse de moléculas receptoras, los fitocromos cumplen dos funciones, una sensora y otra reguladora.

La función sensora implica la percepción de la señal luminosa incidente. Compete a la función reguladora transferir la información recibida a los componentes de la cadena de transducción de la señal, encargada de transmitir la información captada a otros componentes celulares. En la naturaleza, donde la luz es policromática, los fitocromos operan a la manera de interruptores moleculares, que informan a la planta de la presencia y los cambios en las proporciones relativas de luz roja y de roja lejana del ambiente, para que acometa las respuestas fisiológicas oportunas. Los fitocromos intervienen en el ciclo biológico de la planta, desde la germinación a la floración y tuberización, pasando por la desetiología de las plántulas y el alargamiento de tallo y entrenudos. Según la cantidad y duración de irradiación requeridas para inducir esos procesos en condiciones controladas de laboratorio, se han clasificado las respuestas en tres tipos: respuestas de baja fluencia (RBF), respuestas de muy baja fluencia (RMBF) y respuestas de alta irradiancia (RAI). Las respuestas de baja fluencia vienen inducidas por pulsos breves de luz roja; se anulan si se suministra un subsiguiente pulso de luz roja lejana. Para desencadenar una respuesta de muy baja fluencia bastan cantidades exiguas de cualquier longitud de onda entre 300 y 780 nm. Ocurre así en la expresión de los genes LHC, que cifran proteínas del aparato fotosintético que unen clorofilas. Por fin, las respuestas de alta irradiancia se presentan ante una irradiación de intensidad moderada o elevada y continuada de luz roja cercana o roja lejana. Es por estas actividades desencadenadas por los fitocromos que *Phaseolus leptostachyus* tuvo mejor respuesta ante el filtro color rojo, ya que mantuvo en actividad constante el trabajo de los fitocromos. En un experimento realizado en 2013 por Ferrarotto Silva en estudio del alpiste, se observó un aumento significativo de crecimiento en tratamientos con filtros de luz rojo y rojo lejano y una disminución si se utilizaba solo el filtro rojo. Por otra parte, en semillas de brocoli, el crecimiento fue favorecido por el uso de filtros rojos, sin embargo, con filtros azules la germinación fue menor (Casierra y Rojas, 2009). Sin embargo, en el trabajo de Júnior et al. (2012), se estudió el efecto de dos espectros de luz, blanca por medio de una luz fluorescente y roja obtenida por un filtro de papel celofán superpuesto a una lámpara fluorescente, en el crecimiento de *Cattleya loddigesii*. Como resultado se obtuvieron plantas de menor tamaño y cantidad de raíces en las tratadas con luz blanca con filtro rojo.

CONCLUSIONES

Por efecto de la actividad de los fitocromos en los organismos vegetales y el largo tiempo de exposición de las plantas para el tratamiento bajo el filtro color rojo (699 nm), podemos llegar a la conclusión que la exposición de *Phaseolus leptostachyus* al color rojo es altamente recomendable y viable para una producción buscando tener múltiples mejoras significantes de carácter fisiológico

en *Phaseolus leptostachyus*, logrando así cumplir con la hipótesis planteada al inicio del experimento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Téllez-Valdés, O. 2009. Base de datos SNIBCONABIO proyecto No. DS001. Base de datos de las Fabaceae y Caesalpiniaceae (Sensu Cronquist) y Dioscoreaceae de México. Universidad Nacional Autónoma de México.
2. Ramírez, R., Vargas, P. O., Arreola, H., Cedano, M., González, R., González Villarreal, L. M., Harker, M., Hernández, I., Martínez, R. E., Pérez de la Rosa, J. et al. 2010. Catálogo de plantas vasculares de Jalisco. Universidad de Guadalajara, Sociedad Botánica de México.
3. Saburido Álvarez M. S. Herrera Estrella A. 1994. El frijol en la Era Genómica. REVISTA DIGITAL UNIVERSITARIA, Universidad Autónoma de México.
4. Kendrick R. E. y Kronenberg G. H. M. 1994. PHOTOMORPHOGENESIS IN PLANTS. Kluwer Academic Publishers.
5. Robson P. R. H., McCormac A., Irvine S. y Smith H., 1996. GENETIC ENGINEERING OF HARVEST INDEX IN TOBACCO THROUGH OVEREXPRESSION OF A PHYTOCHROME GENE. Nature Biotechnology, vol. 14.
6. Nagy y Schäfer E. r 2000. NUCLEAR AND CYTOSOLIC EVENTS OF LIGHT-INDUCED, PHYTOCHROME- REGULATED SIGNALING IN HIGHER PLANTS. F. EMBO Journal, vol. 19.
7. Neff M. M., Fankhauser C. y Chory J. 2000. LIGHT: AN INDICATOR OF TIME AND PLACE. Genes and Development.

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO EN RÁBANO (*RAPHANUS SATIVUS*) BAJO DIFERENTES TIPOS DE SUELO

María Guadalupe Arciniega Salas, Jessica Jalpa Espinoza, María José Contreras Torres, Blanca Estela Gómez Luna, Graciela Ma de la Luz Ruiz Aguilar y César Díaz Pérez

Universidad de Guanajuato, Campus Celaya-Salvatierra, División de Ciencias de la Salud e Ingenierías
be.gomez@ugto.mx

RESUMEN

El rábano, *Raphanus sativus* L. es una planta hortícola de gran importancia por sus propiedades farmacéuticas y altos contenidos vitamínicos y de minerales. En el estado de Guanajuato existen al menos cuatro ordenes de suelo, estos órdenes incluyen vertisoles, feozem y litosoles. Los suelos de estudio fueron correspondientes a los municipios de Celaya, Cortázar, Jaral del Progreso, Salamanca, y un control con Peat Moss, con 20 repeticiones por tipo suelo. Las variables medidas fueron: longitud del tallo, número de hojas y rendimiento. En cuanto a la altura, se encontró diferencia significativa, siendo mayor la altura en el tratamiento testigo (17.83 cm) y la menor altura se encontró en el suelo de Salamanca (12.49 cm). Para el número de hojas no se encontró diferencias significativas. Los mejores resultados se presentaron en el control (peat moss), ya que este suelo posee un pH óptimo para el correcto desarrollo del rábano, así como los nutrientes necesarios.

INTRODUCCIÓN

El rábano, *Raphanus sativus* L., es una planta hortícola de gran importancia por sus propiedades farmacéuticas y altos contenidos vitamínicos y de minerales; 100g de materia fresca de rábano contienen 0.86g de prótidos, 30 IU (unidades internacionales) de vitamina A, 30mg de vitamina B1, 20g de vitamina B2 y 24mg de vitamina C. presenta además un contenido de 37mg de Ca, 31mg de P y 1 mg de Fe (Ramírez y Pérez, 2006).

El rábano se desarrolla bien en climas medios, aunque las altas temperaturas pueden originar sabores picantes en sus raíces. Su ciclo productivo es corto y puede variar entre 20 y 70 días, según la variedad, con una temperatura óptima de 18 a 22°C; se adapta a cualquier tipo de suelo pero los suelos profundos, arcillosos y de reacción neutra son los ideales (Montero et al., 2006).

En México, durante el año 2005, se sembraron 498 265 ha de hortalizas, de las cuales 24 725 ha fueron orgánicas, lo que equivalió al 5 % del total cosechado (Gómez-Cruz et al. 2005). En México, el rábano representó el 0.15% de las hortalizas, con un rendimiento promedio de 6.3 t ha⁻¹ (Anónimo 2005). En 2017, México exportó a cuatro países; Estados Unidos destaca como principal importador de esta hortaliza con 37 mil toneladas adquiridas, las cuales generaron al país un ingreso de 14 millones 488 mil dólares.

Se considera que el análisis de crecimiento representa el primer paso en el análisis de la productividad primaria, siendo un enlace entre el registro de la producción vegetal y su investigación por métodos fisiológicos, pudiendo ubicarse consecuentemente dentro del ámbito de los estudios ecofisiológicos. Su ventaja radica en la facilidad de obtención de los datos en los cuales se basa, como son el peso seco de plantas completas o de sus partes (hojas, tallos, vástagos) y las dimensiones del aparato asimilatorio (área foliar, área de hojas y tallos, contenido de clorofila, etc.) (Marín, 1989).

En el estado de Guanajuato las actividades agrícolas se efectúan en 1.2 millones de hectáreas de las cuales poco más de 430 mil (36%) se cultivan bajo condiciones de riego. El sector agropecuario aporta el 6.6% del PIB en el estado (plan de gobierno Guanajuato 2006-2012); sin embargo, 25% de la población (1.12 millones) depende de forma directa e indirecta de las actividades agropecuarias. La actividad agrícola en el estado de Guanajuato es muy dinámica en cuanto a la superficie y cultivos establecidos, debido a cambios en el uso del suelo, crecimiento urbano,

migración, aspectos económicos (precio de los productos) y disponibilidad de agua (García et al., 2002).

En el estado de Guanajuato existen al menos cuatros ordenes de suelo, de acuerdo con la clasificación FAO-UNESCO (INEGI.1991). Estos órdenes incluyen vertisoles, feozem y litosoles como los más comunes en el Estado, aunque solo los dos primeros son de interés agrícola. En la zona norte con un clima semiárido, los suelos que predominan son de orden feozem principalmente y las texturas son de medias a ligeras. Dentro de esta zona se encuentran los municipios de: Ocampo, San Felipe, San Diego de la Unión, Dolores Hidalgo, Guanajuato, San Luis de la Paz, San Miguel de Allende, Victoria, Dr. Mora, San José de Iturbide, Tierra Blanca, Santa Catarina, Xichú y Ataja. En la zona centro tiene un clima más lluvioso que la zona norte, los suelos corresponden a los tipos vertisoles, con altos contenidos de arcilla. Dentro de esta zona se encuentran los municipios de: Irapuato, Salamanca, Juventino Rosas, Villagrán, Cortázar, Jaral del Progreso, Comonfort, Celaya, Apaseo el Grande y Apaseo el Alto. En la zona poniente predomina el suelo de tipo feozem con textura de medias a finas, esta es una zona productora de papa del estado. Dentro de esta zona se encuentran los municipios de: Purísima de Bustos, San Francisco del Rincón, Romita y Silao. En la zona sur con humedad predominan los suelos de orden vertisol con altos contenidos de arcilla. Dentro de esta zona se encuentran los municipios de: Yuriria, Moroleón, Uriangato, Salvatierra, Tarimoro, Acámbaro, Jerécuaro, Tarandacuao y Coroneo. En la zona suroeste es caracterizada por el incremento en el nivel de sodio y pH en el agua subterránea. Dentro de esta zona se encuentran los estados de: Pénjamo, Abasolo, Huanímaro y Valle de Santiago.

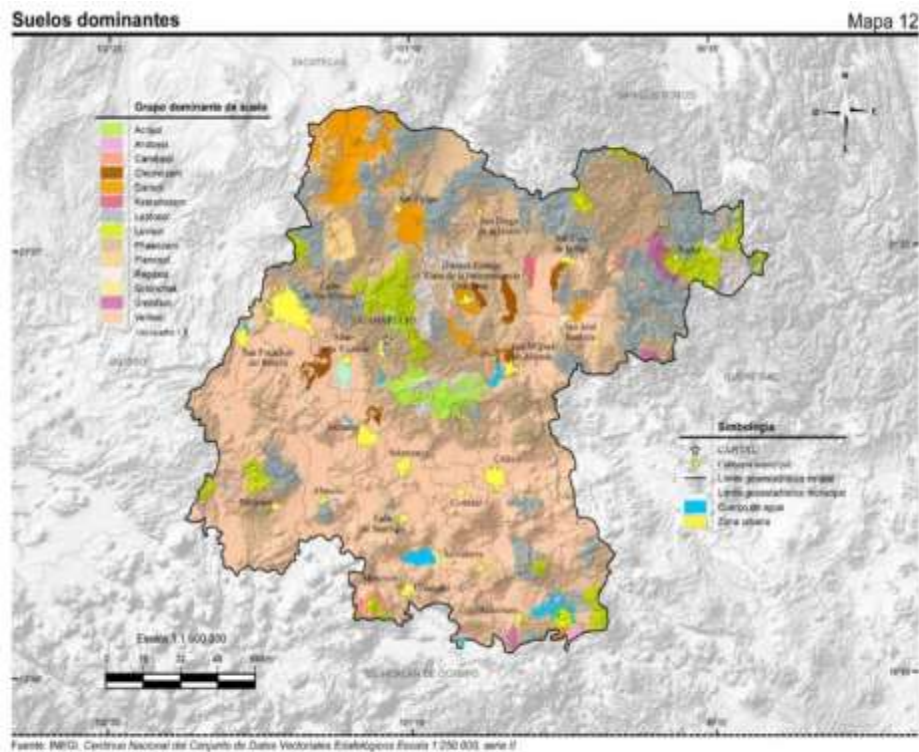


Imagen 1. Tipos de suelo en el estado de Guanajuato

Cuadro 1.8

Superficie estatal por grupo de suelo dominante (Porcentaje)			Clave textural	Total
Suelo dominante	Características			
ClaveNombre				
				100.00
AC	Acrisol	Suelos con arcillas de baja actividad y que no son fértiles en general para la agricultura. Muy susceptibles a la erosión por deforestación y remoción de raíces. Los Acrisoles son representativos de zonas muy lluviosas. Se caracterizan por sus colores rojos o amarillos claros con manchas rojas y por ser muy ácidos.	2	0.14
AN	Andosol	Suelos de origen volcánico reciente y que son muy ligeros en peso debido al abundante alófono o complejos aluminio-humas en los primeros 30 cm de profundidad. Tienen una consistencia grasosa o resbaladiza. Si bien los Andosoles son fáciles de cultivar y tienen buenas propiedades de enraizamiento y almacenamiento de agua, cuando están situados en ladera es preferible conservarlos bajo su vegetación original. Presentan valores superiores en promedio a 3.0% de carbono orgánico y se erosionan rápidamente por deforestación y remoción de raíces. Los Andosoles mexicanos son particularmente frágiles debido a que en su mayoría están situados en regiones con cambios drásticos en el uso del suelo.	1	0.10
CM	Cambisol	Suelos jóvenes con algún cambio apreciable en el contenido de arcilla o color entre sus capas u horizontes de suelo. Son suelos que no tienen un patrón climático definido pero que pueden encontrarse en alguna posición geomorfológica intermedia entre cualquiera de los grupos de suelo considerados por la WRB. Tienen en el subsuelo una capa más parecida a suelo que a roca y con acumulaciones moderadas de calcio, hierro, manganeso y arcilla. Son de moderada a alta susceptibilidad a la erosión.	2,3	0.44
CH	Chernozem	Suelos de clima árido o semiárido, con una capa superficial gruesa, negra o muy oscura y rica en carbono orgánico, fértiles en magnesio, potasio y carbonatos en el subsuelo. La mayor parte de los Chernozems se encuentran en clima semicálido seco o semiseco (BSt, BSt1) y se emplean en la agricultura de riego o temporal, en el cultivo de pastizales.	2,3	1.07
DU	Durol	Suelos con acumulación aluvial o coluvial de sílice y que en México presentan una capa endurecida conocida regionalmente como tepetate. Son muy susceptibles a la erosión hídrica. Algunas veces están afectados por sales y normalmente impiden el paso de las raíces después del medio metro de profundidad.	1,2	3.34
KS	Kastafozem	Suelos de clima árido o semiárido, con una capa superficial gruesa de color jardo oscuro y rica en carbono orgánico, fértiles en magnesio, potasio y carbonatos en el subsuelo. Requieren fertilizantes fosfatados y un buen programa de riego que evite riesgos de salinización. Son susceptibles a la erosión hídrica y eólica especialmente si son terrenos agrícolas en descanso o tierras de sobrepastoreo. Tanto el clima como el uso principal de este suelo son similares al del Chernozem, aunque con una mayor proporción de matorrales desérticos de tipo micrófilo, tamaulpeco y rosetófilo.	2	0.12
LP	Leptosol	Anteriormente se conocían como Litosoles, del griego Lithos, piedra. Actualmente representan a suelos con menos de 25 cm de espesor o con más de 80% de su volumen ocupado por piedras o gravas. Son muy susceptibles a la erosión por las diversas actividades humanas.	1,2,3	12.91
LV	Luvisol	Suelos rojos, grises o pardos claros, susceptibles a la erosión especialmente aquellos con alto contenido de limo y los situados en pendientes fuertes. Los Luviales son generalmente fértiles para la agricultura. Son el quinto grupo de suelos más extendido sobre nuestro país.	2,3	5.46
PH	Phaeozem	Suelos de clima semiseco y subhúmedo, tipos BSt, (A)C y AxD, de color superficial pardos a negro, fértiles en magnesio, potasio, aunque sin carbonatos en el subsuelo. El relieve donde se desarrollan estos suelos es generalmente plano o ligeramente ondulado.	1,2,3	30.78
PL	Planosol	Suelos con un horizonte superficial de textura gruesa abruptamente sobre un subsuelo denso y de textura más fina. Se encuentran típicamente en tierras planas de pastizales que durante algún periodo del año están cubiertos por agua. Presentan manchas rojas en el periodo de sequía. Son poco fértiles, comúnmente son arbustos dispersos y sistemas de raíces someros.	2	0.79
RG	Regosol	Suelos con propiedades físicas o químicas insuficientes para colocarlos en otro grupo de suelos. Son pedregosos, de color claro en general y se parecen bastante a la roca que les a dado origen cuando no son profundos.	1,2	2.61
SC	Solonchak	Suelos con enriquecimiento en sales fácilmente solubles en algún momento del año, formadas en ambientes de elevada evapotranspiración. Las sales son apreciables cuando el suelo está seco y en la mayoría de las veces precipitan en la superficie formando una costra de sal. Las sales afectan la absorción de agua por las plantas y afectan el metabolismo del nitrógeno. Algunos métodos de control son el riego y uso de yeso combinado.	2	0.12
UM	Umbrisol	Suelos oscuros y ácidos en la superficie, de clima húmedo o subhúmedo, en ambiente montañosos principalmente. Son susceptibles a la erosión por efecto de la deforestación del bosque o selva donde es localizado comúnmente.	2	0.57
VR	Vertisol	Suelos pesados bajo condiciones alternadas de saturación-sequía, con grietas anchas, abundantes y profundas cuando están secos y con más de 30% de arcillas expansibles. Mediante un buen programa de labranza y drenaje estos suelos son bastante fértiles para la agricultura por su alta capacidad de retención de humedad y sus propiedades de intercambio mineral con las plantas. Las obras de construcción asentadas sobre estos suelos deben tener especificaciones especiales para evitar daños por movimiento o inundación. Son bastante estables frente a la erosión.	3	39.59
Otro a/				1.96

Nota: En la columna de clase textural, la clave 1 corresponde al nombre de gruesa, la 2 a media y la 3 a fina.
a/ En el concepto Otro no se representa en el mapa de suelos dominantes, ya que es la sumatoria de varios tipos de suelo con áreas mínimas no cartografiadas.
Fuente: INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Vectorial Edafológico Escala 1:250 000, serie II. INEGI. Guía para la Interpretación de la Cartografía Edafológica Escala 1:250 000, serie II.

Tabla 1. Grupos de suelo dominante en el estado de Guanajuato y sus características

El objetivo del presente trabajo es evaluar el crecimiento y desarrollo en rábano (*Raphanus sativus* L.) bajo diferentes tipos de suelo de los municipios de Celaya, Cortazar, Jaral del Progreso y Salamanca estado de Guanajuato, y un control con Peat Moss.

PARTE EXPERIMENTAL

El presente estudio se llevó a cabo en el laboratorio de Ciencias básicas de la Universidad de Guanajuato, campus Celaya-Salvatierra, Sede Mutualismo en el periodo de Ago-Nov de 2019. Se emplearon semillas de rábano obtenidas de la marca comercial: Rancho “Los Molinos”, así como 5 tipos de suelo diferentes correspondientes a los municipios de Celaya, Cortázar, Jaral del Progreso y Salamanca estado de Guanajuato, y un control con Peat Moss con 20 repeticiones por tipo suelo. En vasos reciclados y previamente desinfectados del desecho de una cadena internacional de café.

Se sembraron en la tercera semana de Agosto del presente año con una altura de tierra en cada unidad de 10cm y la profundidad a la que se siembra de 5mm y con un riego de germinación de

cada 5 días y posteriormente cada 3 días, cuidando que la humedad no fuese excesiva para un buen desarrollo de la planta.

Para llevar un control adecuado del crecimiento y desarrollo de las plantas, se tomaron 3 mediciones en el periodo de crecimiento de hojas así como de la longitud de la planta. Transcurridas 10 semanas desde el inicio del experimento se dio por terminado para determinar el peso fresco y peso seco.

Peso fresco

Se extrajo la planta de la tierra con su respectiva raíz, desprendiendo el exceso de tierra en las mismas mediante un lavado y posteriormente quitar el exceso de agua para poder obtener el peso fresco en balanza electrónica y así mismo registrar.

Biomasa seca

Posterior a la obtención del peso fresco las plantas se colocaron en charolas de aluminio expuestas a luz solar directa por un periodo 72 horas para la obtención del peso seco en balanza electrónica y realizar el registro.

Diseño experimental

El Ensayo fue establecido en un Diseño de Bloques Completo al Azar con cinco tratamientos y veinte repeticiones [Tabla 2].

Tratamiento	20 rábanos por tratamiento
T1	Control (Peat Moss)
T2	Suelo Jaral
T3	Suelo Cortázar
T4	Suelo Celaya
T5	Suelo Salamanca

Tabla 2. Ubicación de los tratamientos y las repeticiones de acuerdo con cada tipo de suelo.

Variables de crecimiento.

Altura de la planta (cm): Se midió, utilizando una cinta métrica desde la base de la planta hasta la punta de la última hoja desarrollada.

Número de hojas: Se contaron todas las hojas de cada planta.

pH: Para obtener el pH de cada uno del tipo del suelo estudiado, se necesitaron 10g de cada uno y se colocaron en vasos de precipitado de 50mL con 10mL de agua destilada y agitar por 30min hasta que sea una mezcla homogénea. El pH obtuvo con un medidor de pH digital.

Variable de rendimientos. Peso fresco y peso seco (g): Se pesó toda la planta de rábano (hojas, tallos, bulbo y raíz) en una balanza electrónica.

RESULTADOS

Germinación

La germinación de las semillas comenzó a los dos días después de la siembra en los cinco sustratos y terminó al noveno día aproximadamente. En la ficha técnica del rábano se informa que la emergencia de las plántulas ocurre en la primera semana de la siembra (Santiago-Calvo et al., 2014). Lo cual concuerda con lo encontrado en la presente investigación.

Ensayo para evaluar el efecto del suelo en la calidad de planta de rábano En cuanto a la altura, se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$) siendo mayor la altura en el tratamiento control y la menor altura se encontró en el suelo de Salamanca. [Gráfica 1]. Para el número de hojas no se encontró diferencias significativas ($p > 0.05$) en el efecto del suelo control con respecto de los diferentes tipos de suelo, es decir, el número de hojas fue similar en todos los tratamientos, aun así, el mayor número se obtuvo con el tratamiento control, y el menor se obtuvo en Celaya. [Tabla 3][Gráfica 2].

Variable	Longitud (cm)	No. de hojas
T1	17.83	7
T2	14.54	6
T3	15.22	6
T4	14.5	4
T5	12.49	5

Tabla 3. Promedio de las mediciones de longitud de tallo y numero de hojas.

Las variables evaluadas en el presente experimento, los resultados obtenidos son inferiores a los reportados en investigaciones similares (Carrera Bastidas, 2015), el autor reporta que el ensayo duró 90 días, al final del experimento obtuvo una altura promedio de 32.68–35.07 cm, para el rábano mencionan que a los 90 días una altura promedio de 37.95 cm y en promedio 8.71 hojas por planta. Cabe señalar que en el presente estudio el ensayo duró aproximadamente 70 días, por lo que de haber continuado probablemente las variables hubieran incrementado.

En cuanto al peso fresco y peso seco de cada uno de los tratamientos, se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$) siendo mayor en peso fresco y seco el tratamiento de control, mientras que el menor fue en tratamiento de Celaya [Tabla 4] [Gráfica 3] [Gráfica 4].

Variable	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
T1	8.0239	0.979
T2	4.72467	0.492
T3	3.78912	0.506
T4	2.24187	0.338
T5	4.05972	0.398

Tabla 4. Promedio de las mediciones de peso fresco y peso seco de los tratamientos.

Efecto del pH

El pH es uno de los parámetros más importantes que influyen en la fertilidad del suelo. Indica si contiene niveles tóxicos de aluminio y manganeso, si es bajo el contenido de elementos básicos como el calcio y el magnesio, y si se le puede regular con la adición de sustancias como el óxido de calcio. La disponibilidad de otros nutrientes esenciales para la planta depende de los valores de pH [Tabla 5].

NIVELES DE ACIDEZ DE LOS SUELOS	
Extremamente ácido	<4,5
Fuertemente ácido	4,5 -5,5
Medianamente ácido	5,6-6
Ligeramente ácido	6,1-6,1
Neutro	6,6-7,3
Medianamente básico	7,4-7,8
Básico	7,9-8,4
Ligeramente alcalino	7,9-8,4
Alcalino	9,1-10
Fuertemente alcalino	>10'

Tabla 5. Clasificación de los suelos según el nivel de pH en que se encuentra.

Los resultados del pH de cada tipo de suelo demuestran que el pH más básico fue el de Salamanca, mientras el que más se acercaba al valor de un pH neutro es el de Jaral. [Tabla 6].

Municipio	pH
Control	7.6
Jaral	7.2
Cortázar	7.4
Celaya	7.5
Salamanca	8.5

Tabla 6. pH de los suelos estudiados.



Gráfico 2. Número de hojas en cada tratamiento, donde se demuestra que el tratamiento Control tuvo un mejor desarrollo en cuanto a hojas en las plantas, seguido de Jaral, Cortazar, Salamanca y Celaya en dicho orden.



Gráfico 3. Longitud de cada tratamiento en cm, donde se demuestra que el tratamiento Control tuvo un mejor desarrollo en cuanto a longitud de la planta desde la superficie de la tierra hasta la punta de la última hoja, seguido de Cortazar, Jaral, Celaya y Salamanca es dicho orden.



Gráfico 4. Peso promedio en gramos de cada tratamiento, donde se demuestra que el tratamiento Control tuvo un mejor desarrollo en las plantas, seguido de Jaral, Salamanca, Cortazar y Celaya en dicho orden.

Los resultados indican que la calidad del suelo en cuanto a nutrientes influye directamente en el crecimiento de las plantas, así como la textura de la tierra, por dichos motivos los agricultores seleccionan los cultivos que mejor se adaptan al tipo de suelo con el que se trabaja, adicionando nutrientes para obtener mejores resultados.

Análisis estadístico

Se utilizó el diseño experimental de Bloques completamente al azar, se introdujeron los datos de mediciones para las variables a analizar que eran longitud de la planta y número de hojas. En la Tabla 7. se aprecia una F de tablas de 2.035 y este valor es crucial para poder observar las diferencias entre tratamientos como se observa en la Tabla 10. que interpreta la igualdad o diferencias entre tratamientos, y el control es significativamente diferente del resto de los tratamientos en cuanto a la longitud que presentaron las plantas bajo este tipo de suelo.

CONCLUSIONES

Al finalizar esta investigación, se ha cumplido satisfactoriamente los objetivos planteados, los diferentes tipos de suelo mostraron un efecto significativo sobre las variables de crecimiento medidas durante el desarrollo del cultivo. Al evaluar el rendimiento que presentó el cultivo del rábano en los diferentes tipos de suelo, se observó que los mejores resultados fueron en el control (peat moss), ya que este suelo posee un pH óptimo para el correcto desarrollo del rábano, así como los nutrientes necesarios. Las partículas de la tierra (control) no son lo suficientemente pequeñas para impedir el paso de agua y aire, a diferencia del resto de suelos, los

BIBLIOGRAFÍA

1. Criollo, R. & García, J. 2009. Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento de la planta de rábano (*Raphanus sativus* L.) bajo invernadero. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 3-No.2, pp.210-222.
2. Marín, D. 1986. Rendimiento en granos en *Canavalina ensiformis* bajo diferentes arreglos espaciales, épocas y densidades de siembra. Rev. Fac. Agron.14, 205-219.
3. Marín, D. 1989. Análisis de crecimiento en *Canavalina ensiformis* bajo condiciones de campo. Rev. Fac. Agron. 15, 1-16.
4. Montero, S.M.; B.K. Singh y R. Taylor. 2006. Evaluación de seis estructuras de producción hidropónica diversificada en el trópico húmedo de Costa Rica. Tierra Tropical 2(1), 27-37.
5. Gómez-Cruz MA, Schwentesius Rindermann R, Meraz-Alvarado MR, Lobato-García AJ, Gómez-Tovar L. 2005 Agricultura, Apicultura y Ganadería Orgánica en México (Situación-Retos-Tendencias). CONACYT, SAGARPA, CEDRSSA, UACH, CIESTAAM, PIAS. Texcoco. 69 pp.
6. Paredes, R., Mandujano, A.,
7. Gámez, A. & García, H. 2011. ACTUALIZACIÓN DEL MAPA DE USO DEL SUELO AGRÍCOLA EN EL ESTADO DE GUANAJUATO. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 2 Núm.1, pp. 85-96. INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Vectoriales Edafológicos Escala 1:250 000, serie II.
8. INEGI. Guía para la Interpretación de la Cartografía Edafológica Escala 1:250 000, serie II.

CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LENTEJA (LENS CULINARIS) MEDIANTE LA APLICACIÓN DE DIVERSOS FERTILIZANTES DE ORIGEN QUÍMICO Y BIOLÓGICO.

Daniela Carolina Esteban Pérez, Brenda Julieta Jiménez Ramírez, Blanca Estela Gómez Luna, Laura Mejía Teniente, Rafael Alejandro Veloz García y César Díaz Pérez

Universidad de Guanajuato, Campus Celaya-Salvatierra, División de ciencias de la salud e ingeniería
be.gomez@ugto.mx

RESUMEN

Las lentejas se encuentran entre los cinco principales tipos de legumbres en el mundo y son consideradas como super alimento. Su consumo es primordial en la población, especialmente por ser un recurso económico. En México, este alimento ha cobrado importancia por ser parte de la canasta básica de alimentos y en programas para evitar la desnutrición. Su cultivo se realiza principalmente en los estados de Michoacán y Guanajuato, siendo la mayoría cultivos de temporal. Se han presentado mermas en la producción de la legumbre, debido a condiciones ambientales poco adecuadas y degradación de suelos, por lo que resulta de relevante encontrar estrategias para aumentar la producción nacional de la lenteja. En este trabajo se probaron diferentes fuentes de fertilización. Se prepararon cinco tratamientos con fertilizantes inorgánicos, lixiviados de lombriz, y bacterias benéficas, cada tratamiento con diez repeticiones, 50 plantas en el experimento. Se determinaron longitud del tallo, longitud de la raíz, número de ramificaciones, peso fresco y peso seco. El experimento tuvo una duración de 87 días después de la germinación. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar. Los mejores resultados fueron con fertilización química de sulfato de amonio, sin embargo, el uso de fertilizantes orgánicos también favorece su desarrollo pero aún se requiere mejorar en forma de aplicación, dosis y estos tienen menor impacto ambiental.

INTRODUCCIÓN

En el 2016, el año internacional de las legumbres, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, se reconoció como parte fundamental de la alimentación humana, en la producción sostenible de alimentos y en la seguridad alimentaria. Incluso se le atribuye una mención como super alimentos. Las lentejas se encuentran entre los cinco tipos principales de legumbres (Departamento de comunicación corporativa de la FAO, 2016).

El consumo de lentejas se utiliza principalmente para la dieta de las poblaciones de bajos ingresos económicos. En 2016, la mayor producción de lenteja se realizaba en Asia, con el 58,4%, y el 33,1% se realizaba en América. Específicamente, el país con mayor producción del continente americano era Canadá, con el 28% de la producción a nivel mundial, exportando el 88% de su producción. Respecto a al mercado mundial de legumbres, las lentejas representaban el 5,8%. La zona que más consume lenteja es el continente asiático, seguido de África y de Europa Occidental. En ese mismo año, en México se destinaban el 0,4% de las zonas de cultivo a las lentejas, que contribuían con el 6,4% del valor de los cultivos anuales. Los únicos estados productores de lentejas son Michoacán, con el 83% y Guanajuato con el 17%, estos valores cambiaron, ya que en 2013 Michoacán producía el 61% y Guanajuato el 39% (Gaucín, D., 2016).

Respecto a las zonas de cultivo en Michoacán, se ha destacado que los productores de lentejas prefieren los abonos orgánicos. Las lentejas producidas en los estados de Michoacán y Guanajuato son transportadas a varios estados del país, a través de Diconsa, un programa creado por el gobierno mexicano para distribuir alimentos a las comunidades rurales. Entre esos estados se encuentran Estado de México, Veracruz, Guerrero, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Guanajuato y Michoacán (Fregoso, J., 2013).

La mayoría de los cultivos se realizan en condiciones de temporal, lo que las vuelve susceptibles a condiciones ambientales negativas, que pueden causar mermas en la producción. Se han dado estos casos, por ejemplo, en 2013 la producción de lenteja en el estado de Michoacán se perdió en un 95,6%, debido a las heladas que se presentaron en marzo de ese año. Esto causó graves

problemas ya que esas lentejas iban a formar parte de las despensas armadas por el DIF local y la Secretaría de Política Social, que serían entregadas a personas en situación de pobreza. Un dato muy interesante es que casi el 90% de la cantidad de lentejas consumidas a nivel nacional, son importadas.

Las legumbres son inteligentes en base al clima, ya que se adaptan simultáneamente al cambio climático y contribuyen a mitigar sus efectos. Su introducción en los sistemas agrícolas puede ser clave para aumentar la resiliencia al cambio climático. Las lentejas, principalmente, son resistentes a las sequías, se pueden cultivar en climas áridos que tienen lluvias limitadas, y a menudo erráticas, 300-450 mm/año. Estas plantas tienen cierta preferencia por suelos arenosos, los cuales favorecen el crecimiento de las raíces y la aireación. Su necesidad de agua es media, por lo que no requieren suelos con gran retención de agua (De Bernardi, L. A., 2016).

Las lentejas son capaces de fijar su propio nitrógeno en el suelo, lo que aumenta la fertilidad del suelo. Este proceso se conoce como fijación Biológica de Nitrógeno (FBN) el cual consiste en que algunos microorganismos utilizan el nitrógeno contenido en el aire, reduciéndolo a amoníaco a través de una enzima llamada nitrogenasa para la producción de proteínas. Los microorganismos fijadores de nitrógeno son bacterias y cianobacterias, de vida libre en el suelo, eventualmente asociados a una planta, o viviendo en simbiosis con una planta (Guillém-Cruz, 2006).

Las lentejas constituyen uno de los componentes de la dieta humana más antiguos, pues su consumo se remonta a unos 9,500-13,000 años atrás. La planta en la que se producen es parte de la familia de las leguminosas, que incluye las plantas de frijol, chícharo, garbanzo y cacahuete. La palabra lenteja alude a la forma cóncava de sus semillas, que recuerdan la de las lentes. Es una especie de hierba anual (con un ciclo biológico de 1 año: germinación, reproducción y muerte) de unos 40 o hasta 75 centímetros de altura, de tallos delgados y casi erectos que tienden a crecer hacia arriba, con varios zarcillos a lo largo. Tanto el tallo principal como los demás tallos exhiben una forma cuadrada que se hace evidente al ser cortados transversalmente. Hojas compuestas con 5-16 folíolos que crecen de forma alterna en los tallos, mostrando un color verde (Tay. J. 2000; Prieto, G. 2019).

Las flores de *Lens culinaris* se disponen en racimos axilares (entre el tallo y la hoja) que contienen hasta 7. Los pétalos son de un azul pálido, morado, rosado o blanco, con 10 estambres y un ovario. 9 de los estambres están fusionados y forman un tubo, mientras que el décimo estambre está libre. Su fruto es una vaina que mide entre 6 y 20 milímetros de longitud y de 3 a 12 milímetros de ancho, con 2 o 3 semillas en su interior. Las semillas, mejor conocidas como lentejas, miden unos 2-9 milímetros de longitud y se presentan en una amplia variedad de colores como marrón, amarillo, gris, verde parduzco, rojo, negro, etcétera. Algunas tienen una superficie salpicada de pequeñas motas de color más oscuro que el fondo (Tay. J. 2000; Prieto, G. 2019).

Lens culinaris parece ser una especie nativa de Asia occidental. Se cree que forma parte de la dieta de los seres humanos desde tiempos del Neolítico temprano, y que fue una de las primeras especies vegetales que se domesticaron en Oriente Próximo. Los restos de lentejas más antiguos descubiertos datan del 11000 a. C., si bien está en duda si estos corresponden a la especie tal como se le conoce actualmente o a una forma silvestre. En los siglos siguientes a su domesticación en el oeste de Asia, la planta fue llevada al resto de África, a la región mediterránea y a Europa. Su introducción en América claro está, ocurrió tras la colonización europea. En días presentes, la especie se cultiva en las regiones templadas, tropicales y subtropicales, en sitios con suelos arenosos o arcillosos. Su crecimiento en zonas de clima tropical es un poco más difícil, por lo que los cultivadores tienen que aprovechar las temporadas frías y los sitios de mayor altitud para lograr la cosecha (Tay. J. 2000; Prieto, G. 2019).

No se sabe su estado de conservación en estado silvestre, pero *Lens culinaris* es una especie deseada y muy cultivada, por lo que no se encuentra globalmente amenazada ni en peligro de extinción. Tampoco se le considera especialmente propensa a las enfermedades, pero claro, bajo

circunstancias inadecuadas para su desarrollo, puede enfermar y padecer graves plagas por acción de hongos, virus, bacterias e insectos o artrópodos (Tay, J., 2000).

El cultivo de la lenteja requiere un suelo con un pH comprendido entre 5.5 a 9. Es un cultivo muy sensible a la salinidad, por ello suelos con presencia de sal puede ser un obstáculo para el rendimiento en la producción de lenteja. Tolerancia la sequía bastante y no los suelos mal drenados. Requiere suelos profundos, frescos, ricos en materia orgánica y sueltos. En suelos arcillosos el cultivo de lenteja se hace más manejable para la recolección mecanizada. Los suelos pedregosos y profundos facilitan la infiltración del agua en el suelo (Etchevehere, L. M., 2015).

Los primeros datos del uso de la fibra de coco y del polvo de coco como medios de cultivo datan de finales de los cuarenta del pasado siglo, pero no fue hasta principios de los noventa cuando el coco realmente irrumpió en el mercado como medio de cultivo a raíz de ser introducido en la horticultura holandesa, en la que entró como sustitutivo de la tierra para macetas y como alternativa a la lana de roca. Ofrece la ventaja de ser un medio de cultivo de alta calidad y respetuoso con el medioambiente. A primera vista, la fibra de coco parece tierra, pero, en realidad, es un derivado del procesado de la fibra de la cáscara del coco. Fibra de coco es el nombre que recibe el material fibroso de la capa intermedia de la fruta del cocotero (*Cocos nucifera*). Principalmente, son tres los productos hortícolas de fibra que se pueden obtener de la cáscara del coco: chip, fibra de coco y polvo de coco. El coco fino retiene bien el agua, mientras que el estándar y el grueso favorecen una buena aireación y drenaje. El coco estándar, a diferencia de otros medios como la turba esfágnea, no contiene restos de otro tipo de materia orgánica como madera u hojas (Noguera, P. 1999).

La fibra de coco estándar, formada en su mayor parte de polvo de coco, está formado por millones de microesponjas capilares que absorben y retienen hasta nueve veces su propio peso en agua. El sustrato de fibra de coco es un sustrato bien aireado y su compactación una vez seco es mínima. Tiene un pH natural de 5.7-6.5 y una alta capacidad de intercambio catiónico o CIC, lo que lo convierte en un sustrato de calidad (Noguera, P. 1999).

El cultivo en fibra de coco favorece el desarrollo de raíces, tallos y flores. Al contrario que la tierra para macetas, la cual se compacta fácilmente, la estructura de la fibra de coco mantiene las bolsas de aire necesarias para un buen desarrollo del sistema radicular, lo cual da lugar a una saludable rizosfera aeróbica -esencial para una adecuada absorción de agua y nutrientes. La fibra de coco tiene, por naturaleza, un alto contenido en lignina, lo cual favorece la presencia de microorganismos beneficiosos en la zona radicular y evita la descomposición, convirtiéndolo en un medio de cultivo idóneo para ser reutilizado. Se cree también que la existencia de microorganismos beneficiosos funciona como protección contra los patógenos de la planta. Esto ha sido demostrado en varios experimentos in vitro en los que se ha podido apreciar que la fibra de coco evita el desarrollo de patógenos del suelo (Noguera, P., 1999).

Los sustratos formados por arena son los que más se utilizan por su facilidad de uso, granulometría y porque da un buen drenaje general al homogeneizarse bien con el resto de los componentes del sustrato. Las mejores arenas para este fin son las de río. Tienen una capacidad de retención de agua media. El único problema que podemos tener a diferencia de las gravas, por ejemplo, es que con el tiempo se perderá un poco de la fase aérea debido a la compactación por lo tanto la capacidad de aireación disminuirá levemente. Otro aspecto interesante es que apenas se degradan con el tiempo (Noguera, P. 1999).

Los fertilizantes y abonos se encargan de entregar y devolver a la tierra los nutrientes necesarios para el adecuado crecimiento de plantas, árboles, prados y arbustos. Los abonos orgánicos como el estiércol, el compost y la turba aportan nutrientes a las plantas, pero en poca cantidad y de manera lenta. Sus beneficios se refieren más como mejorantes de la tierra al formarse humus, como suministrador de nutrientes. Los abonos químicos o minerales lo único que aportan son nutrientes, pero no humus, y no mejoran el suelo en otros aspectos como hacen los abonos

orgánicos. Eso sí, enriquecen de minerales el suelo y las plantas disponen de alimento en cantidad rápidamente (Prensa libre, 2014).

Yara es una línea de fertilizantes que produce y distribuye diversas formulaciones para distintos tipos de cultivo. La empresa hace su primera incursión en la Ciudad de México en el año 1993 con el nombre de Hydro AgriMéxico. Hoy en día, Yara México vive un trascendental momento, al aportar a México la tecnología más avanzada del mundo en nutrición de cultivos, mediante un amplio portafolio de productos, los cuales están diseñados y formulados para mejorar el rendimiento y la calidad de la agricultura en México (Gómez, S. 2013).

Yara es una gama de fertilizantes complejos de alta calidad que contienen Nitrógeno, Fósforo y Potasio, todos ellos disponibles y asimilables para el cultivo. Son productos con una fórmula equilibrada y eficiente para una nutrición de precisión; una fuente equilibrada de nitrógeno nítrico y amoniacal, fósforo en forma de polifosfatos para una disponibilidad prolongada durante un mayor periodo de tiempo y potasio. Los fertilizantes Yara son esenciales de los programas de nutrición vegetal, tanto por la amplia gama de formulaciones, como por la disponibilidad de formulaciones con nutrientes secundarios y micronutrientes (Gómez, S. 2013).

Cada producto se presenta en forma perlada o granulada y han sido diseñados para cultivos de alto valor como verduras, frutales, vid y césped. Los productos Yara son excelentes para aportar nutrientes secundarios y micronutrientes, permitiendo el esparcimiento parejo en cantidades pequeñas y con exactitud. A demás, por las sinergias metabólicas y formulaciones más eficientes, la absorción de nutrientes secundarios y micronutrientes es más alta comparado con fertilizantes simples aplicados por separado (Gómez, S. 2013).

El sulfato de amonio $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ fue uno de los primeros y más ampliamente utilizados fertilizantes nitrogenados para la producción de cultivos. Ha sido producido por más de 150 años. Está hecho a partir de una reacción de ácido sulfúrico y amoníaco caliente. El tamaño de los cristales resultantes se determina mediante el control de las condiciones de reacción. Cuando se alcanza el tamaño deseado, los cristales son secados y se tamiza en tamaños de partícula específicos (Gómez, S. 2013).

El sulfato de amonio es principalmente utilizado donde se necesita adicionar nitrógeno (N) y azufre (S) para satisfacer los requerimientos nutricionales de plantas en crecimiento. Debido a que contiene solo 21% de nitrógeno amoniacal, hay otros fertilizantes con mayor concentración y más económicos para manipular y transportar. Sin embargo, provee una excelente fuente de azufre en forma de sulfato que tiene numerosas funciones en las plantas, incluyendo la síntesis de proteínas. Asegura el aumento en la rentabilidad de los cultivos, formación de la clorofila, promueve el crecimiento de hojas y tallos, añade frescura y firmeza a las plantas (Gómez, S. 2013).

Luego de la aplicación al suelo, el sulfato de amonio se disuelve rápidamente en sus componentes amonio y sulfato. Si permanece en la superficie del suelo, el amonio puede ser susceptible a pérdidas gaseosas en condiciones alcalinas. En estas situaciones, es recomendable la incorporación del material en el suelo tan pronto como sea posible o la aplicación previa a un riego o una precipitación prevista (Gómez, S. 2013).

El lixiviado humus de lombriz líquido es un fertilizante abono orgánico natural que se obtiene durante el proceso que llevan a cabo las lombrices para descomponer la materia orgánica la cual es transformada en composta. Contiene todos los elementos o nutrientes mayores de nitrógeno, fósforo, y potasio, así como, de los elementos o nutrientes menores de zinc, hierro, cobre, manganeso, molibdeno, boro, calcio, magnesio, azufre y sodio, siendo abono ideal para su aplicación en todos los cultivos, ya sea por medio del riego o por aplicación en forma foliar que resulta de la dilución de los elementos más aprovechables y solubles en el agua. Se obtiene mediante un proceso biotecnológico avanzado de micro filtración transformándolo en un líquido lixiviado humus de lombriz de excelente calidad para mejorar, corregir y aumentar los nutrientes en

suelos agrícolas debido a su alto contenido de humatos los cuales son ácidos húmicos, úlmicos y fúlvicos extremadamente ¿asimilables y aprovechables por las raíces de los cultivos y la micro flora y micro fauna de los suelos y sustratos de siembra agrícola (Gómez, S. 2013).

Al ser aplicado al suelo o al follaje de la planta actúa como fertilizante abono orgánico, ya que hace aprovechables todo el amplio rango de los macros y micro nutrientes, además de evitar la concentración y acumulación de sales. Además de formular un medio o ambiente ideal para la proliferación de organismos benéficos tales como: bacterias, hongos, protozoarios, que limitan el desarrollo de patógenos y enfermedades, reduciendo sensiblemente el riesgo en el desarrollo de afectaciones a forraje, hojas, ramas y raíces. Del mismo modo, estimula la humificación propia del suelo y su enriquecimiento de la micro flora y micro fauna ya que incorpora y descompone los residuos orgánicos (vegetales principalmente) presentes en el suelo (Gómez, S., 2013).

El género *Bacillus* fue descrito por primera vez por Ferdinand Julius Cohn entre 1870 y 1880, su heterogeneidad en la fisiología ecológica dificulta su clasificación genética o su generalización. *Bacillus* es un género de interés, dado que aporta un amplio perfil de diversidad fisiológica (acidofilia, alcalofilia, psicofilia, termofilia y parasitismo), virtud que es otorgada por la formación de su esporas, cualidad que le permite estar en diferentes hábitats tanto acuáticos como terrestres.

La interacción del género *Bacillus* con el hábitat terrestre puede ocurrir de forma directa o indirecta. La forma directa, cuando actúa como agente rizosférico, el cual tiene la capacidad de degradar sustratos derivados de la fauna, la flora y los compuestos de origen orgánico como los hidrocarburos; promueve la producción de antibióticos, promoción de crecimiento vegetal y los procesos de fijación de nitrógeno y solubilización de fosfatos y de forma indirecta, cuando actúa en la producción de sustancias antagonistas de patógenos o induciendo mecanismos de resistencia (Restrepo-Franco, G.M.,2015).

La fijación biológica del nitrógeno mediada por *Bacillus* mejora la fertilidad del suelo en comparación con la fertilización química y orgánica que genera altos niveles de contaminación con sales nitrogenadas, metales pesados, y microorganismos patógenos para el ser humano y los animales. Especies como *B. fusiformis* aislados de maíz, trigo y arroz, han sido caracterizados con una elevada actividad nitrogenasa, demostrando su excelente fijación de nitrógeno. Estudios han mostrado que la especie *B. firmus* tiene la capacidad de potenciar la actividad nitrogenasa de microorganismos aislados de otras plantas como *Dactylus glomerata*, aumentando la cantidad de nitrógeno fijado por la planta, lo cual conlleva a una reducción considerable en el uso de fertilizantes nitrogenados de origen químico (Y. Gómez-Guiñán, 2004).

En la atmósfera, el nitrógeno se encuentra en forma molecular (N_2) con una disponibilidad del 80%. Como se ha comentado antes, las plantas solamente pueden asimilar el nitrógeno mayormente en forma de nitratos (NO_3^-) y en forma de amonio (NH_4^+). Para poder convertir el nitrógeno de su forma no asimilable (N_2) por las plantas a una que sí lo sea, las bacterias realizan la FBN. La energía requerida por las bacterias para desarrollar este proceso proviene de:

Los carbohidratos del suelo cuando los microorganismos son de vida libre.

Los exudados radiculares para aquellos asociados en la rizósfera de una planta.

Directamente de los productos de la fotosíntesis de la planta huésped cuando existe una simbiosis. De manera específica, la bacteria *Bacillus* vive en simbiosis con las leguminosas, incluidas las lentejas, y se le puede añadir al cultivo a manera de fertilización (Paredes, M. C., 2013).

Para asegurar el crecimiento de las lentejas, existen distintos tipos de fertilización. Hay distintas empresas que realizan fertilizantes para este tipo de plantas, por ejemplo, la empresa Yara. Un tipo de fertilización química bastante popular es el sulfato de amonio, cuya presentación física es de cristales sólidos finos y que ofrece gran cantidad de beneficios. Además, pueden usarse otras opciones de fertilización orgánicas, por ejemplo, el lixiviado de lombriz, el cual es una concentración líquida de nutrientes.

Objetivo: Determinar el tipo de fertilización más adecuado para lenteja (*Lens culinaris*), favoreciendo su crecimiento para evitar pérdidas en los cultivos.

PARTE EXPERIMENTAL

El experimento se realizó en las instalaciones de la Universidad de Guanajuato Campus Celaya-Salvatierra, ubicada en la ciudad de Celaya, Guanajuato. La condición térmica promedio de la ciudad son 27°C al día con condiciones de humedad al 26%. Se pusieron a prueba cuatro distintos tipos de fertilización de origen tanto químico como biológico: yara, sulfato de amonio, bacteria cepa 225, lixiviado de lombriz; los cuales se distribuyeron de la siguiente manera: el primer tratamiento como fertilización recomendada a manera de control positivo. El segundo tratamiento representaba la fertilización química; el tercer y cuarto tratamiento correspondían a fertilización biológica. Finalmente se añadió un control negativo que solo contenía el sustrato seleccionado. El material vegetal fue lenteja (*Lens culinaris*). Este material fue seleccionado por las características de germinación, la resistencia a las sequías, los requerimientos del sustrato, tiene un ciclo es anual. Además, es uno de los cultivos más comunes y demandados en la región, lo que nos resalta la importancia agronómica que representa. En un principio, el experimento se estableció en recipientes de unicel pequeños de 8 onzas. La siembra se realizó el mismo día para todos los cultivos y en todos los sustratos. Se colocaron de dos a tres semillas de lenteja por recipiente y se le añadió un cincuenta por ciento de la capacidad del vaso de sustrato convencional empleado en jardinería. Al final se registró una cantidad de 100 repeticiones.

La preparación del suelo se hizo a base de una mezcla de sustratos: mitad fibra de coco y mitad arena. En octubre 02 de 2019 se procedió a realizar el trasplante a nuevos recipientes, para este propósito, previamente se recolectaron botellas de agua de un litro de capacidad; se les cortó la parte superior y al fondo se le hicieron pequeños orificios para tener un sistema de drenaje. Se sacó la planta del recipiente de unicel, se limpiaron las raíces y se colocaron en las botellas que ya tenían cierta cantidad de la mezcla del nuevo sustrato.

Una vez que se tenían listas las plantas se procedió con el experimento. La fertilización consistió en la aplicación e incorporación de sustancias químicas y biológicas de la siguiente manera: Fertilizante recomendado: Yara 1.16 gramos. Fertilización química: Sulfato de amonio 2.20 gramos. Fertilización biológica: Bacteria cepa 225 y lixiviado de lombriz 15 mililitros.

Además de esto, se decidió trabajar con un control negativo que no tuviera ninguna clase de tratamiento, con el fin de tener un parámetro de comparación. Cada tratamiento tenía veinte plantas, conservando el total de cien que se sembraron al inicio. El riego se realizaba por intervalos de dos días con una cantidad aproximada de 100 mililitros de agua de garrafón por plántula. Se verificaba que la cantidad de sustrato mantuviera un nivel adecuado para la planta. De igual manera y de forma periódica, se rotaban las plantas colocadas en los peldaños del anaquel en el que fueron colocadas, con la finalidad de que todas pudieran recibir radiación solar; se eliminaban las plantas que con el tiempo se fueron secando, así como basuras, malezas o alguna clase de insecto que pudiera interferir en el experimento. Evaluaciones en las plantas de lenteja Pasados 84 días desde que se realizó la aplicación de los fertilizantes, se seleccionaron las plantas que tuvieran longitudes y apariencias similares; así pues, de las veinte plantas por tratamiento solo se conservaron diez, teniendo una cantidad final total de cincuenta plantas.

Las variables por evaluar de cada una de ellas fueron: longitud del tallo, longitud de raíz, número de ramificaciones, peso fresco y peso seco. Para las mediciones correspondientes a longitud de tallo y longitud de raíz, se midieron de manera manual con regla. El número de ramificaciones también se hizo de manera manual, contando aquellas que provenían del tallo principal. Para obtener los pesos fresco y seco se hizo un lavado de la raíz con agua de llave; posteriormente y con la ayuda de una balanza analítica, se introdujo un recipiente de peso ligero en el cual se pudiera depositar la planta. Se taró la balanza para desprejar este peso y se colocó la planta. Cada una de ellas se colocó en una superficie plástica cercana a una ventana donde recibiera mucha luz solar; se dejaron a temperatura ambiente por dos días para asegurar que la planta se

había secado totalmente y se repitió el mismo procedimiento realizado para la obtención del peso fresco (a excepción del lavado de raíz). Con cada uno de los procedimientos se debió tener mucha cautela en que se efectuaran de la manera más rápida, breve y correcta posible, para garantizar que las plantas no tuvieran pérdida de agua y generaran variaciones significativas al momento de reportar los resultados.

Diseño experimental y análisis estadístico Los datos obtenidos de cada uno de los parámetros a evaluar fueron registrados en tablas, y con la ayuda de un software se obtuvieron los promedios de cada uno de ellos, asegurándonos una distribución sencilla y un mejor manejo de la información.

El diseño empleado fue bloques completos al azar. Se realizó análisis de varianza y comparación de medias.

RESULTADOS

El experimento se realizó durante el período agosto-noviembre, donde la mayoría del tiempo se registró una temperatura cálida, solo en las últimas dos semanas se presentaron temperaturas más frías. Esto representa un factor a considerar, ya que las lentejas son plantas que prefieren niveles más bajos de temperatura. La cantidad de agua utilizada en cada tratamiento se mantuvo lo más constante posible, conservando siempre una cantidad de 100 mililitros de agua purificada.

En este estudio, el sustrato correspondió a un sistema compuesto por dos subsistemas, donde el subsistema fibra de coco tiene un potencial mayor que el de la arena, lo cual provoca que el suelo se torne esponjoso y adquiera una mejor estructura para el desarrollo del sistema radicular, así como un auxiliar para la retención de agua. El subsistema arena ayudó a la filtración de agua. En nuestro caso, al darse el riego cada dos días, la humedad que se perdía primero era la que se encontraba en la arena, pero la que se almacenaba en la fibra de coco pudo ser utilizada por la planta.

Algunas variaciones en los resultados podrían deberse a que, por el acomodo de las plantas, no todas recibían el mismo tiempo de luz solar. También, debido a las lluvias ocasionales que se presentaron en el transcurso del experimento, podríamos correr con la suerte de que la cantidad de agua que cada planta obtuvo variaba de una a otra. Las mediciones de longitud de tallo, longitud de raíz, número de ramificaciones y peso fresco de las plantas se realizaron 87 días después de que las semillas se plantaron y las plantas se dejaron secar en luz solar durante 2 días para poder pesar el peso seco de cada planta.

Se utilizó diseño de bloques completos al azar; para cada tipo de tratamiento se contaron 10 plantas de lenteja, y cada grupo de 10 plantas se usó para formar un bloque, por lo que en total contamos con 5 bloques distintos para realizar el procesamiento de los datos.

Podemos notar que en el tipo de medición donde se identificaron mayores diferencias respecto al resto es en la altura del tallo de la planta de lenteja, lo que nos deja claro que el efecto más importante del tipo de fertilización reside en esta característica. Para analizar el efecto de cada tipo de fertilización en relación con las plantas, también se realizó una comparación de medias. En estos cálculos encontramos que ninguno de los tipos de fertilización mostró diferencias significativas con respecto al resto, pues ninguna de las diferencias entre medias superó el valor de W calculado para el experimento. A pesar de esto, la comparación de medias nos permite identificar que el tratamiento de Control Negativo muestra mayores diferencias con respecto a los otros tipos de tratamiento, y el tratamiento de Lixiviado muestra menores diferencias. Un efecto similar puede observarse en trabajos previos (Ferraris, G., 2016) donde se probó el efecto de fertilización en lenteja y se notó que este no tenía efectos significativos en el crecimiento de la planta.

Con ayuda de las gráficas y de los resultados del diseño experimental podemos observar que los resultados más favorables se dieron en el tratamiento de Control Negativo. Esto quizás se deba a la posición en que se colocaron las plantas de este tratamiento a lo largo del experimento, ya que las lentejas son plantas que requieren una gran cantidad de luz solar. Debido a la organización de

las plantas de cada tratamiento, las plantas del Control Negativo eran las que tenían la capacidad de recibir más luz solar.

Los resultados menos favorables se pueden encontrar con el tratamiento de Lixiviados. Esto se pudo notar desde que comenzó su aplicación, pues a los pocos días las plantas comenzaron a secarse, para luego reponerse. Se sospecha que este fenómeno puede deberse a una dosis excesiva, por lo que podría ser necesario realizar otra investigación variando la cantidad añadida de este fertilizante, o bien, realizar una dilución del líquido; todo esto con la finalidad de que no llegue al sistema radicular en concentraciones elevadas y genere un daño en la planta, marchitarla e inclusive quemarla para generar un daño permanente y pérdida del cultivo.

La principal función de la bacteria añadida, un *Bacillus* cepa 225, es inhibir los fitopatógenos del suelo y auxiliar en el crecimiento de la planta. En el experimento se observó que este tratamiento arrojó como resultado una mayor longitud del tallo de las plantas, por lo que fue capaz de cumplir con lo esperado al momento de aplicarse. En este análisis no es posible identificar su efecto contra los fitopatógenos, ya que no se realizaron ese tipo de evaluaciones (Guillén-Cruz, R., 2006).

Longitud del tallo

Las plantas de mayor altura en los cultivos evaluados se dieron en los tratamientos a los que se les aplicó sulfato de amonio y bacteria como tipos de fertilización (Gráfica 1.a). Se destaca también el impacto que tuvo el control negativo, en comparación con los otros tipos de fertilizantes suministrados. Son las condiciones fisicoquímicas de cada fertilizante las que definen el comportamiento de esta y las restantes variables agronómicas. Así estos tratamientos ofrecen buenas condiciones para el desarrollo de las plantas tales como un buen contenido nutricional. El lixiviado de lombriz tuvo un pobre comportamiento, aunque presentó buenas propiedades físicas. El control positivo mostró un comportamiento intermedio.

Longitud de raíz

La longitud de raíz que presentó mayor impacto se dio en sulfato de amonio como una forma de fertilización (Gráfica 1.b). La más notoria correspondía a control negativo, pero no se considera en la comparación de los tratamientos tanto químicos como biológicos. Al momento de separar las plantas del sustrato se pudo observar cómo los pelos radicales de la raíz de lenteja se encontraban incrustados o dentro de los pequeños fragmentos de la fibra de coco. Lo anterior fue similar a lo reportado por Savvas et al. (2006) que menciona que la raíz de la planta puede tener acceso al agua que se encuentra dentro de los poros de los diversos componentes de los sustratos.

Peso fresco

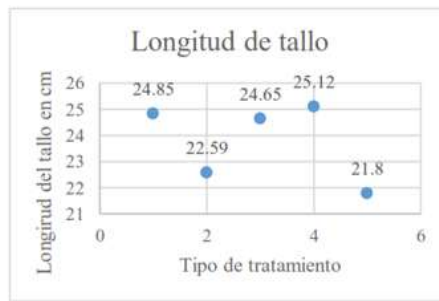
Los valores más altos de peso fresco total de la planta correspondieron a los tratamientos de control positivo y sulfato de amonio (Gráfica 1.c). El control negativo presentaba mayor masa, pero no se considera como un tipo de fertilización. Entre los fertilizantes que no registraron pesos frescos altos no hubo diferencias significativas y ambos corresponden a la fertilización biológica. Como se mencionó anteriormente, estos muestran algún tipo de carencia de orden fisicoquímico que afectan el desarrollo de las plantas.

Peso seco

Al analizar los datos, se observó una correlación lineal entre los pesos fresco y seco, ya que los mismos tratamientos presentaron los pesos más significativos, es decir, aquellos que correspondían a control positivo y sulfato de amonio (Gráfica 1.d). De igual manera, se observa esa relación entre los dos fertilizantes biológicos que registraron los pesos menores.

Número de ramificaciones

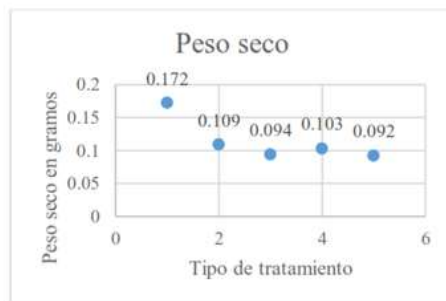
El número de ramificaciones se tomó en cuenta a partir de la primera aparición de brotes que tuviera el tallo principal. Las plantas de los tratamientos control positivo y lixiviado de lombriz al final del experimento, tuvieron el mayor total de ramificaciones (Gráfica 1.e). El resto de los tratamientos presentó rendimientos intermedios, de lo cual se cree que fue debido a alguna clase de estrés hídrico o la cantidad de radiación solar, esto es de importancia ya que afectan directamente la floración y disminuyen la producción del cultivo.



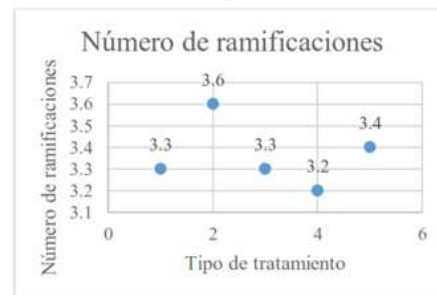
Gráfica 1.a



Gráfica 1.b



Gráfica 1.d



Gráfica 1.e

Gráfica 1. Relación entre cada tipo de fertilización y las características medidas en cada planta, donde 1 es Control Negativo, 2 es Control Positivo, 3 es Bacteria, 4 es Sulfato de Amonio y 5 es Lixiviado.

Otro aspecto para considerar es la ausencia de floración en las plantas del experimento, pues ninguna de ellas presentó flores, a pesar de tener 87 días. En experimentos anteriores, (Cárdenas Travieso, R. M., 2014) se observaron que, en climas templados con bajas precipitaciones, la floración y la maduración de la lenteja se produjo de manera temprana, con un promedio de 40.67 días. Además de que también observaron un promedio de 4.83 ramificaciones en cada planta. Se atribuye este efecto a un posible estrés hídrico o por las variaciones térmicas del medio (Shubang, N., 2002).

CONCLUSIONES

De acuerdo con los datos analizados en el experimento, el tratamiento que nos entregó resultados más favorables fue el Control Negativo, ya que este nos entregaba mayor longitud de raíz, mayor peso fresco y mayor peso seco; de las plantas seleccionadas para esta muestra, no se deja ver una fertilización recomendada, sin embargo, permite apreciar las condiciones ideales que debe tener el cultivo de lenteja para su óptimo crecimiento, considerando principalmente, la cantidad y ubicación con la que recibía la radiación solar. En segundo lugar, el tratamiento más favorable fue el Sulfato de Amonio, el cual nos permite conseguir una mayor longitud del tallo de la planta. Se recomienda como el tipo de fertilización química ideal, ya que su composición le asegura la nutrición adecuada a la planta, así como una absorción directa y completa.

De los tipos biológicos de fertilización, el más recomendado corresponde a la aplicación de la cepa *Bacillus 225*, que presentaba mayor longitud de tallo y longitud de raíz, en comparación con la fertilización orgánica correspondiente a lixiviado de lombriz; por lo tanto, se puede decir, que el uso de bacterias promotoras del crecimiento, se considera una alternativa favorable de fertilización.

Las plantas del experimento no mostraron una presencia de yemas florales, ya que regularmente la floración debe de presentarse durante los 40-60 días posteriores al cultivo, y al postergar el experimento a 87 días después de haber sido cultivadas, ninguna de las plantas presentaba flores.

Los resultados pueden deberse a la exposición de las plantas a la luz solar y a las temperaturas de la época en que se realizó el experimento. Se debe tener cuidado en las dosis y manera en la que se emplean los diversos fertilizantes, ya sean del tipo químico o biológico, así como otros factores relacionados al manejo de las plantas, la administración del sustrato, cantidades de agua y frecuencia de riego, por mencionar solo algunos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Gaucín, D. (2016). Producción y consume de legumbres (II). Economista. <https://www.economista.com.mx/opinion/Produccion-y-consumo-delegumbres-II-20160616-0006.html>
2. De Bernardi, L. A. (2016). Informe de: Lenteja (*Lens culinaris*). Subsecretaría de Mercados Agropecuarios. https://www.agroindustria.gov.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/areas/regionales/_archivos/000030_Informes/000040_Legumbres/000011_Info_rme%20de%20Lenteja%20%202016.pdf
3. Departamento de comunicación corporativa de la FAO. (2016). Legumbres, semillas nutritivas para un futuro sostenible. FAO. <http://www.fao.org/3/a-i5528s.pdf>
4. Fregoso, J. (2013). Las lentejas y los indicadores económicos. Forbes México. <https://www.forbes.com.mx/laslentejas-y-los-indicadoreseconomicos/>
5. Fregoso, J. (2013). Las lentejas y los indicadores económicos. Forbes México. <https://www.forbes.com.mx/laslentejas-y-los-indicadoreseconomicos/>
6. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). Conclusiones del Año Internacional de las Legumbres. FAO. <http://www.fao.org/zhc/detailevents/es/c/470558/>
7. Paredes, M. C. (2013). Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas. Repositorio Institucional UCA. <https://repositorio.uca.edu.ar/handle/123456789/393>
8. Ferraris, G. (2016). Tolerancia de diferentes especies invernales a aplicación de fertilizantes. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_pergamino_tolerancia_de_diferentes_especies_invernales_a_la_aplicacion_de_fertilizantes_en_linea_de_siembra.pdf
9. Cárdenas Travieso, R. M. (2014). Comportamiento agronómico de la lenteja (*Lens culinaris*) en la localidad de Tapaste, Cuba. scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025859362014000400012
10. Soto Iguia, K. L. (2018). Evaluación de los componentes de rendimiento de lentejas (*Lens culinaris* L.) el Mantaro Universidad Nacional del Centro del Perú. <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4383/Soto%20I.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
11. Prieto, G. (2019). Manejo productivo de arveja (*Pisum sativum*) y lenteja (*Lens culinaris*) en la región pampeana húmeda. <https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-oliveros.manejo-productivo-arveja-region-pampa-humeda.pdf>
12. Andueza, G. P. (1996). Efecto sobre el rendimiento del cultivo mixto lenteja y cebada diferentes dosis de siembra. <https://core.ac.uk/download/pdf/77085899.pdf#page=436>
13. Guillén-Cruz, R. (2006). *Bacillus* spp. como Biocontrol en un Suelo Infestado con *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani* y *Phytophthora capsici* y su Efecto en el Desarrollo y Rendimiento del Cultivo de Chile (*Capsicum annum*). Revista mexicana de fitopatología, vol. 24, núm. 2, pp. 105-114.
14. Tay, J., A. France, M. Gerding, V. Kramm, y R. Velasco. (2000). Manual de leguminosas de grano y hortalizas para el Secano Costero de la Región del Maule. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile.
15. Etchevehere, L. M. (2015). Aspectos generales para implementar BPA en el cultivo de legumbres. Manual de buenas prácticas agrícolas para legumbres. http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Publicaciones/documentos/calidad/bpa/BPA_Legumbres.pdf.

16. Noguera, P. (1999). Caracterización y evaluación agronómica del residuo de fibra de coco, un nuevo material para el cultivo en sustrato. Universidad Politécnica de Valencia. España.
17. Prensa libre. (2014). Prensa Libre Guatemala. La importancia de fertilizantes. <https://www.prensalibre.com/vida/fertilizantes-plantas-hojas-abono-01158484217/>
18. Gómez, S. (2013). Guía de buenas prácticas de reciclaje de excretas: Uso de lixiviados de humus de lombriz para la producción de forraje verde. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. Publicación Especial Núm. 3.
19. Restrepo-Franco, G. M., Marulanda Moreno, S., de la Fe-Pérez, Y., Díaz de la Osa, A., Baldani Vera, L., Hernández-Rodríguez, A. (2015) Bacterias solubilizadoras de fosfato y sus potencialidades de uso en la promoción del crecimiento de cultivos de importancia económica. *Revista CENIC*; 46(1): 63-76.
20. Gómez-Guiñán. (2004). Actividad de las fosfatasas ácidas y alcalinas (extracelulares e intracelulares) en hongos de la rizosfera de *Arachis hypogaea* (Papilionaceae). *Rev. biol. Trop.*; 52 (1): 287-295.
21. Savvas, D., Passam, H. C., Olympios, C., Nasi, E., Moustaka, E., Mantzos, N., Barouchas, P. (2006). Effects of ammonium nitrogen on lettuce grown on pumice in a close hydroponic system. *HortScience* 41: 1667–1673.
22. Shubang, N. (2002). Effect of water stress during flowering on macademia plants. *J. Southwest Agric. Univ.* 24:34–37.

EFFECTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN (*PHASEOLUS VULGARIS*) FRIJOL PINTO

Daryana Cabrera Vázquez, Cynthia Berenice Ceballos Mejía, Yuvia Darina Hurtado Sánchez, Roxana Morales García, Blanca Estela Gómez Luna y Laura Mejía Teniente

Universidad de Guanajuato, Campus Celaya-Salvatierra, División de ciencias de la salud e ingenierías, Programa de Ingeniería en Biotecnología
be.gomez@ugto.mx

RESUMEN

El frijol es una leguminosa de suma relevancia a nivel mundial; en México ocupa el segundo lugar en importancia nacional después del maíz. En el país sólo se cultiva 70 variedades y en Guanajuato se ocupan cerca de 120 mil hectáreas para su cosecha. Debido a su gran demanda es de suma importancia analizar el efecto que tiene el tipo de agua utilizada para el riego en el desarrollo de la planta. El experimento se realizó mediante un diseño de bloques completamente al azar, el cual consistió en cuatro tratamientos, agua embotellada, agua de manantial, agua de la llave y agua salada y diez plantas en cada tratamiento. El trabajo se realizó por 12 semanas y se pudieron observar diversos cambios entre cada tratamiento, de los cuales el agua manantial resultó ser el más eficiente, seguido de agua de la llave y agua embotellada y en menor resultados el agua salada. Con esto es muy clara la relación de la calidad del agua usada para producción vegetal y su desarrollo.

INTRODUCCIÓN

El frijol era cultivado en Mesoamérica desde hace ya 9 mil años, siendo una de las principales especies que se integró a la dieta básica de las culturas indígenas que habitaban el país. Actualmente se conocen más de 150 variedades de frijol, de las cuales sólo una tercera parte se encuentra en México; algunas de ellas son el frijol blanco, al que también se le conoce como alubia, negro, flor de mayo, morado, pinto, canario, y ayocote.

En cuanto a su producción, en 2017 se obtuvieron más de un millón 183 mil toneladas de esta leguminosa, lo que colocó a México como el 7º productor de frijol a nivel mundial. Particularmente en México, el frijol es la leguminosa de mayor consumo humano y representa el 36% de la ingesta diaria de proteínas.

El frijol aporta grandes beneficios, entre ellos está que pueden reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y el colesterol gracias a la fibra soluble que contiene, previene enfermedades graves como el cáncer, ya que contiene altos niveles de antioxidantes, aportan energía gracias a su elevado contenido en carbohidratos de lenta absorción y mejora el sistema inmune. Al ser un alimento de bajo índice glucémico, puede ser consumido por enfermos de diabetes, mejoran la digestión y previene el estreñimiento (Lahera, 2019).

El agua cumple una función crucial en la vida de las plantas. La fotosíntesis requiere que las plantas obtengan el CO₂ de la atmósfera, pero al mismo tiempo se exponen a una pérdida de agua y por tanto a una amenaza de deshidratación (Taiz & Zeiger, 2010).

El 90% del cuerpo de una planta está compuesto por agua. El agua es transportada por toda la planta de manera casi continua para mantener sus procesos vitales en funcionamiento. Es muy importante reconocer los minerales y nutrientes que contiene cada tipo de agua, se sabe que las plantas necesitan de estos, pero en grandes cantidades puede ser perjudicial.

Las aguas seleccionadas para utilizar en el experimento fueron: Agua embotellada, que contiene minerales como sodio, yodo, cloro, en cantidades adecuadas, esta agua es proveniente de aguas minerales naturales, aquellas microbiológicamente sanas que tengan su origen en un estrato o yacimiento subterráneo y que broten de un manantial o puedan ser captadas artificialmente mediante sondeo, pozo, zanja o galería, o bien, la combinación de cualquiera de ellos. Durante

2011, según datos de la Asociación Nacional de Empresas de Aguas de Bebida Envasada (ANEABE) el 96% del agua embotellada correspondía a aguas minerales naturales.

Agua de manantial, la cual es rica en calcio, magnesio, sulfato y hierro. Son aguas de origen subterráneo que emergen espontáneamente en la superficie de la tierra o se captan mediante labores practicadas, con las características naturales de pureza que permiten su consumo; características que se conservan intactas, dado el origen subterráneo del agua, mediante la protección natural del acuífero.

Agua salada, nutriente necesario en cantidades pequeñas para su crecimiento de la planta. Las plantas necesitan una pequeña cantidad de salinidad para sobrevivir, de modo que la presencia de algo de sal es necesaria. Utilizar agua salada para experimentar con plantas es un proyecto muy común. Las plantas necesitan una cantidad abundante de agua para sobrevivir, pero el agua salada puede ser mortal para la mayoría de ellas.

Agua de la llave, la cual tiene una variación en la composición de contaminantes según el lugar donde se obtiene, sin embargo, es muy común para riego, existen minerales presentes en agua de la llave, como Flúor (71 µg), Sodio (4 mg) o Calcio (3 mg) en 100 gramos pero no Hierro, Fósforo o Potasio (Astiasarán & Martínez, 2000). Conocer el suelo antes de plantar las plantas puede ayudarnos a conseguir mejores productos, el Peat Moss es un musgo que pertenece al género Sphagnum, el cual cuenta con otras especies de musgos que van de las 150 a 350 diferentes, comúnmente conocidos como musgos de turbera, muy utilizado como tierra para macetas, y fue el utilizado en esta experimentación.

PARTE EXPERIMENTAL

Se sembraron 110 semillas de frijol pinto en charolas de germinación a las cuales se les añadió previamente tierra tipo Peat Moss; una vez que todas alcanzaron una longitud de tallo de entre 10–15 cm fue necesario trasplantarlas para garantizar un crecimiento adecuado. Fueron seleccionadas 100 plantas, las cuales se sacaron cuidadosamente desde la raíz para luego colocarlas en macetas con capacidad aproximada de 300 g; estas a su vez fueron rellenas con el tipo de tierra previamente utilizado en la germinación, es decir Peat Moss. Una vez hecho el trasplante, se comenzó a contar como la semana 1 del experimento y se procedió a aplicarles los diferentes tipos de agua. Las 100 unidades experimentales, fueron distribuidas entre los cuatro tratamientos (25 unidades experimentales cada uno) de la siguiente manera: T1: agua de la llave; T2: agua salada; T3: agua de manantial; T4: agua embotellada (control), colocadas en un espacio donde fácilmente podían tener tanto sombra por las mañanas como sol por las tardes.

Tratamiento 1: Agua de la llave

El suministro de agua se obtuvo de la llave de la escuela. La temperatura del agua era promedio era alrededor de 25°C. Las plantas se regaban tres veces por semana durante las tardes.

Tratamiento 2: Agua Salada

Esta agua fue preparada con 2g de sal por litro de agua, teniendo cuidado de no tocarlas hojas con el agua a la hora de regar, para evitar interferir en procesos químicos. La sal era mezclada con agua de la llave. Las plantas se regaban tres veces por semana durante las tardes.

Tratamiento 3: Agua de manantial

El agua de manantial se obtuvo del municipio de Tarandacuao, Gto. de un ojo de agua que se ubica cerca del centro de la ciudad, posterior a su obtención fue transportada hasta Celaya. El agua variaba según la temperatura del ambiente una vez traída, estaba entre los 18°C y 28°C. Las plantas se regaban tres veces por semana durante las tardes.

Tratamiento 4 - Control: Agua embotellada

Para este tratamiento fue necesario comprar agua de garrafón, la marca elegida fue “Santorini”, aproximadamente un garrafón de agua se utilizaba por semana, por lo que fue necesario comprar

cerca de 12 garrafones, la temperatura del agua se acercaba a los 15°C. Las plantas se regaban tres veces por semana durante las tardes.

Durante las 12 semanas de experimentación además del monitoreo constante de las plantas, se hicieron mediciones de 3 variables que se consideró podían verse afectadas por el tipo de agua aplicada a las plantas, estas fueron: longitud de la raíz, número de hojas y número de vainas (en caso de que presentaran), estos conteos se realizaron semanalmente durante el tiempo de duración para cada una de las 25 unidades experimentales de cada tratamiento.

Al finalizar el experimento, para facilidad de los cálculos estadísticos, se decidió quedar con solo 10 unidades experimentales por tratamiento y se procedió a realizar las mediciones para las otras 3 variables a considerar en el diseño experimental, las cuales fueron: Longitud de la raíz, peso fresco y peso seco, para lo cual fue necesario sacar las plantas de las macetas. Para realizar estas mediciones fue utilizado el laboratorio de ciencias básicas de la Universidad de Guanajuato, donde se procedió a etiquetar cada una y así poder medir el tamaño de la raíz de las todas las plantas por tratamiento, posteriormente con ayuda de una balanza analítica se midió el peso fresco y se procedió a dejar secarlas por tres días para obtener el peso seco, entre los cuales se calculó una diferencia.

Finalmente, con los datos recopilados de las 5 variables medidas se implementó el diseño experimental de bloques completamente al azar, 4 tratamientos y 10 repeticiones en cada uno de ellos, todos los cálculos fueron hechos con el procesador de datos Excel, se realizó ANOVA y prueba de Turkey.

RESULTADOS

Agua Salada

Durante el periodo de experimentación las plantas que fueron regadas con agua salada (preparada previamente) durante las primeras semanas 1-3 no presentaron grandes deterioros aunque ya se aplicaba el tratamiento salado, sin embargo sólo lograron sobrevivir durante 9 semanas, pues a la semana 10 de haber comenzado el experimento todas ellas presentaban secas tanto sus hojas como vainas, por ende en ese momento se decidió parar el experimento en este tratamiento, esta marchitez puede ser atribuida al exceso de sal con el que se rego. Se comprobó lo descrito en la literatura, pues las raíces de este tratamiento mantuvieron un crecimiento corto y todos los órganos de estas plantas un crecimiento lento notablemente hasta llegar a su muerte total. La concentración de sal que se le adiciono influye a su deterioro sin embargo en la actualidad se maneja un porcentaje de salinidad en aguas de riego que generan perdidas porcentualmente altas o incluso totales en el mercado, sería preciso seguir con la investigación para encontrar una concentración de salinidad adecuada en la que no dañe al cultivo de una manera tan drástica (Cortés, 2007).

Agua de la llave

La mayoría de las unidades experimentales pertenecientes a este tratamiento presentaron floración entre las semanas 3-4 y las vainas comenzaron a presentarse en la semana 5 y 6. De manera general, todas las plantas pertenecientes a este tratamiento se mantuvieron durante 9 semanas en buen estado, con buen porte y coloración, sin embargo, en las últimas 3 semanas mostraron un deterioro bastante notable tanto en sus hojas como en su tallo; este daño puede ser atribuido a la temperatura ya que en las últimas semanas del experimento se presentó una disminución notable en esta (Figura 1). Es posible que las unidades experimentales se vieron afectadas por la cantidad de metales pesados que se permite tenga el agua para uso y consumo humano de acuerdo con la modificación a la NOM127-SSA1-1994, los cuales se obtienen del tipo de tubería utilizada para su transporte así como la zona de dónde es extraída.

Agua de manantial

En el periodo experimental uno de los tratamientos consistió en regar las unidades experimentales con agua de manantial que fue transportada del municipio de Tarandacuao Guanajuato, durante las primeras semanas del experimento se obtuvieron buenos resultados hubo un crecimiento de vainas entre las semanas 2-4 sin embargo para la semana 9 se presentó un deterioro de ciertas unidades que fue notable, se perdieron hojas y una decoloración de las plantas. Para la semana 12 en este tratamiento lograron sobrevivir más plantas a comparación de los demás tratamientos. El agua de manantial emerge espontáneamente sobre la tierra por que esta se encuentra limpia para su uso no obstante tiene minerales no en cantidades constantes, pero contiene minerales tales como calcio, magnesio, hierro entre otros que presentan un beneficio para la planta (Garcia, 2003).

Agua embotellada

Al igual que las plantas regadas con agua de la llave, presentaron deterioro en las últimas semanas del experimento lo cual provocó pérdida de hojas y disminución en su tamaño, atribuyéndolo a una ligera clorosis en las plantas por su falta de coloración en las extremidades de algunas de las hojas. En el transcurso del tratamiento las plantas tuvieron un crecimiento considerable, teniendo en las semanas 4 y 5 un crecimiento de vainas y un número de hojas mayor que los tratamientos de agua salada y agua de manantial. De acuerdo con la NOM-201-SSA1-2015 hecha para agua purificada y hielo, envasado y a granel, está permitido que este tipo de productos contenga cantidades pequeñas (en el orden de los mg/L) de elementos tales como antimonio, arsénico, bario, boro, cadmio, cobre, fluoruros, manganeso, mercurio, níquel, nitratos, nitritos, plomo y selenio, los cuales a pesar de no conocer en qué concentración se encontraban en el agua utilizada son elementos primarios, secundarios y traza importantes para el desarrollo de las plantas.

Tal como se presentó en el apartado de métodos, se seleccionaron para evaluar en el diseño experimental cinco variables: longitud del tallo, número de hojas, número de vainas, longitud de la raíz y diferencia de eso, de las cuales se obtuvo el promedio de la semana final para poder llevar a cabo el análisis estadístico y comprobar si existieron o no diferencias significativas ya sea entre tratamientos o bloques. Cabe recalcar que no se pudo realizar dicho análisis con el tratamiento 2 (agua salada) para las variables diferencia de peso, ya que como todas las unidades experimentales se secaron en la semana 10 no fue posible obtener su peso fresco y número de vainas debido a que perdieron todas sus vainas en las semanas restantes del experimento.

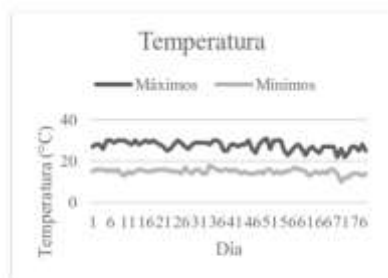


Figura 1. Máximos y mínimos de temperatura que se registraron a lo largo del experimento.

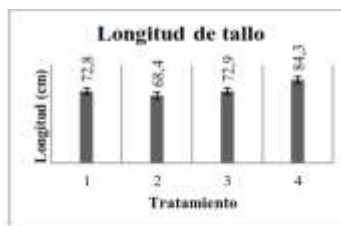


Figura 2. Longitud del tallo que se obtuvo de cada tratamiento. Los datos son el promedio de diez repeticiones y su error estándar. Letras mayúsculas iguales indican que no existe diferencia significativa entre tratamientos.

Longitud del tallo

Una vez que fueron calculados los promedios con las longitudes finales que obtuvieron los tratamientos se procedió a graficar; al observar la gráfica se aprecia que no existen diferencias grandes entre los datos, sin embargo, se procedió a realizar el análisis de varianza (ANOVA) para obtener resultados estadísticos. De acuerdo con el ANOVA no existieron diferencias significativas entre bloques ni tampoco entre tratamientos, sin embargo, se realizó una comparación de medias

de los tratamientos por la prueba de Tukey para verificar los resultados, ya que estos eran los más susceptibles a presentar diferencias entre sí. El análisis arrojó que no existieron diferencias significativas entre tratamientos tal como el ANOVA lo mostro (Figura 2).

Número de hojas

De igual manera que con la variable anterior se calcularon los promedios de las hojas que presentaron en la semana 12 cada tratamiento. Al llevar a cabo el análisis de varianza ANOVA se obtuvo que no existían diferencias significativas entre bloques, pero sí diferencias altamente significativas entre tratamientos. Tras realizar la comparación de medias por medio de la prueba de Tukey se verificó que sí existía una diferencia, mostrando que T3, T1 y T4 fueron estadísticamente superiores a T2 (Figura 3), lo cual se esperaba pues además de haber perdido todas sus vainas durante las últimas semanas, también presentó una considerable pérdida de hojas.

Número de vainas

Como fue descrito con anterioridad T2, no fue utilizada para el ANOVA, por lo que sólo se consideraron los tratamientos T1, T3 y T4 para el análisis de esta variable. De manera muy similar a la primera variable analizada, el análisis de varianza ANOVA no mostró que existieran diferencias significativas entre bloques ni tratamientos, sin embargo, se realizó una comparación de medias de los tratamientos por la prueba de Tukey, por ser el factor más susceptible para presentar diferencias, para verificar. El análisis nos permitió corroborar que no existieron diferencias significativas entre tratamientos tal como el ANOVA lo mostró (Figura 4).

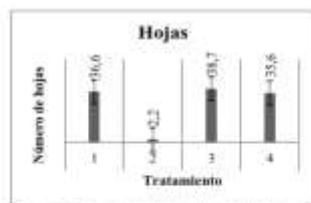


Figura 3. Número de hojas que se obtuvieron de cada tratamiento. Los datos son el promedio de diez repeticiones y su error estándar. Letras mayúsculas iguales indican que no existe diferencia significativa entre tratamientos. Letras mayúsculas diferentes indican que existe diferencia significativa entre tratamientos.

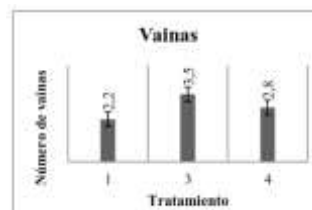


Figura 4. Número de vainas que se obtuvieron de cada tratamiento. Los datos son el promedio de diez repeticiones y su error estándar. Letras mayúsculas iguales indican que no existe diferencia significativa entre tratamientos.

Longitud de la raíz

Para el análisis de esta variable también fueron considerados los promedios obtenidos para realizar el análisis de varianza ANOVA, el cual arrojó que sí existían diferencias altamente significativas entre tratamientos por lo cual se procedió a realizar la comparación de medias por la prueba de Tukey para saber cuál de los tratamientos presentaba mejores resultados estadísticos. El análisis arrojó que T4 y T1 eran estadísticamente iguales, así como T1 y T2, y T3 y T4, sin embargo, este último par de tratamientos presentó superioridad frente a los otros (Figura 5).

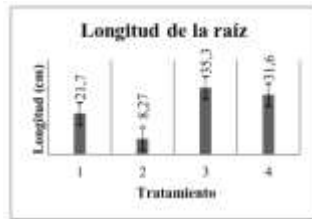


Figura 5. Longitud de la raíz que se obtuvo de cada tratamiento. Los datos son el promedio de diez repeticiones y su error estándar. Letras mayúsculas iguales indican que no existe diferencia significativa entre tratamientos. Letras mayúsculas diferentes indican que existe diferencia significativa entre tratamientos.

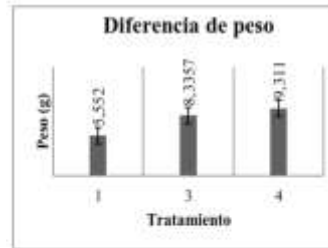


Figura 6. Diferencias de peso que se obtuvieron de cada tratamiento. Los datos son el promedio de diez repeticiones y su error estándar. Letras mayúsculas iguales indican que no existe diferencia significativa entre tratamientos.

Diferencia de peso

Para obtener los datos a considerar en esta variable se contemplaron tanto peso fresco como peso seco, se realizó una resta entre ellos y se promediaron para cada tratamiento, a excepción de T2 por lo mencionado anteriormente. Al realizar el análisis de varianza ANOVA este mostró que no existieron diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, como en los casos anteriores se procedió a realizar una comparación de medias por la prueba de Tukey para y verificar los resultados. En análisis corroboró la información que el ANOVA mostró, es decir que no existieron diferencias significativas entre tratamientos (Figura 6).

CONCLUSIONES

Se sembraron 110 semillas de frijol pinto, de los cuales 100 fueron trasplantados. Para su trasplante se utilizó tierra tipo Peat Moss como sustrato, a lo largo del experimento fueron utilizadas distintos tipos de agua para su riego. De acuerdo con los resultados obtenidos, el tipo de agua de riego no influye en el tamaño que alcanzan las plantas (longitud del tallo) durante su desarrollo, sin embargo sí influye en el número de hojas y longitud de la raíz, siendo el tratamiento de agua de manantial el mejor; en el caso de número de vainas y diferencia de peso los resultados obtenidos nos aportan información precisa acerca del tratamiento con agua de llave, agua de manantial y agua embotellada, de los cuales se concluye que tampoco influye el tipo de agua utilizada, sin embargo, debido a la razón por la que el tratamiento del agua salada fue descartado del análisis se concluye que si se utiliza para fines de riego las plantas de frijol presentarán una pérdida total o parcial considerable de número de vainas, además de que si la sal que contiene el agua se encuentra por encima del rango establecido anteriormente se presentará una pérdida prematura y total del cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alais, C., Linden, G. (1990). Bioquímica de los alimentos. Barcelona: Masson, S. A.
2. Astiasarán, I., Martínez, J.A. (2000). Alimentos: composición y propiedades. Madrid: McGraw-Hill Interamericana.
3. Lahera, S.P. (2019). "Genetic Diversity in Cultivated Common Bean. I. Allozymes", en Crop Science 31:19-23.
4. Taiz & Zaiger, A. I. (2010). Sustainable Water for the Future: Water Recycling Versus Desalination. Elsevier.
5. Cortes, V. G. (2007). Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y practicas agronómicas. Scielo p 3-7.
6. García, R.R. (2003). Calidad de agua de fuentes de manantial. Scielo, 3-5.
7. Organización Panamericana de Salud. (1987). Guías para la calidad del Agua Potable. Volumen 2, Criterios relativos a la salud y otra información base. Publicación Científica

- Nº506. Washington DC:OPS. junio de 1995 (pp. 383-408). Instituto de Estudios Almerienses.
8. Martínez-Ferrer, Á., Peris, P., Reyes, R., & Guañabens, N. (2008). Aporte de calcio, magnesio y sodio a través del agua embotellada y de las aguas de consumo público: implicaciones para la salud. *Medicina Clínica*, 131(17), 641-646.
 9. NOM-201-SSA1-2015. Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México, 22 de diciembre de 2015.
 10. Azcón-Bieto, J., & Talón, M. (2000). *Fundamentos de fisiología vegetal* (No. 581.1). México: McGraw-Hill Interamericana.
 11. Betancur, B., Jiménez, D. M., & Linarez, B. G. (2012). Potencial Zeta (Z) como criterio de optimización de dosificación de coagulante en planta de tratamiento de agua potable. *Dyna*, 79(175), 166-172.
 12. Ramos, Y., & Uribe, I. (2009). Planta piloto para tratamiento de aguas residuales industriales de ACESCO por medio de humedales construidos—láminas filtrantes. II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. Universidad del Norte (Vol. 24, pp. 1-15).
 13. Ron, Z. Y. (1995). Sistemas de manantiales y terrazas irrigadas en las montañas mediterráneas. *Agricultura y regadío en Al-Andalus, Síntesis y problemas: actas del coloquio*, Almería, 9 y 10 de junio de 1995 (pp. 383-408). Instituto de Estudios Almerienses.
 14. Martínez-Ferrer, Á., Peris, P., Reyes, R., & Guañabens, N. (2008). Aporte de calcio, magnesio y sodio a través del agua embotellada y de las aguas de consumo público: implicaciones para la salud. *Medicina Clínica*, 131(17), 641-646.

INDICE DE AUTORES

Arciniega Salas María Guadalupe 503
Cabrera Vázquez Daryana 521
Ceballos Mejía Cynthia Berenice 521
Contreras Torres María José 503
Díaz Pérez César 497, 503, 510
Esteban Pérez Daniela Carolina 510
Gómez Luna Blanca Estela 497, 503, 510, 521
Hernández Rodríguez Carolina 497
Hurtado Sánchez Yuvia Darina 521
Jalpa Espinoza Jessica 503
Jiménez Ramírez Brenda Julieta 510
Lozano González Arturo 497
Mejía Teniente Laura 510, 521
Morales García Roxana 521
Nava Barrera Nadia Citlalli 497
Ramírez Granados Juan Carlos 497
Ruiz Aguilar Graciela Ma de la Luz 503
Veloz García Rafael Alejandro 510
Villagómez Rojas Daniela 497