



ACCESO
ABIERTO

Fecha de recepción
abril-2025

Fecha de aceptación
junio-2025

Fecha de publicación
enero-2026

Evaluación del Crecimiento y Producción del Frijol Kiura (*Phaseolus vulgaris* L.) Bajo Diferentes Condiciones de Sombra en Panamá Oeste

Liseth Barrios¹, Francisco Corella^{1*}

¹Licenciatura en Seguridad y Salud Ocupacional, Universidad Especializada de las Américas, Facultad de Biociencias y Salud Pública, Paseo Andrews, Panamá, Panamá

²Universidad Especializada de las Américas, Facultad de Biociencias y Salud Pública, Paseo Andrews, Panamá, Panamá

Correspondencia: francisco.corella@udelas.ac.pa

Resumen

Se evaluó el crecimiento y la producción del frijol Kiura (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo dos condiciones de cultivo en terrenos del Ministerio de Salud y Centros de Atención Primaria en Salud Innovadora (MINSA CAPSI) en Burunga, distrito de Arraiján, Panamá Oeste. Se establecieron parcelas experimentales con 100 plantas organizadas en dos tratamientos: plantas experimentales cultivadas bajo malla sombra al 80% y plantas testigos a pleno sol. La siembra se realizó con una densidad de 25 cm entre plantas y 50 cm entre hileras, a una profundidad de 3 a 5 cm. Se registraron mediciones de crecimiento semanalmente durante ocho semanas, utilizando una cinta métrica para la altura y una balanza para el peso de las vainas. Los resultados mostraron que las plantas bajo malla sombra presentaron un incremento del 30% en altura y peso de las vainas en comparación con las plantas a pleno sol, destacando la importancia de las tecnologías de malla sombra para optimizar el rendimiento agrícola. Este hallazgo es relevante para mejorar las prácticas de cultivo y contribuir a la seguridad alimentaria y nutricional en Panamá, especialmente en áreas con condiciones climáticas adversas.

Palabras Clave: Frijol Kiura, *Phaseolus vulgaris* L., Seguridad Alimentaria, Malla Sombra, Agricultura Sostenible, Crecimiento de Plantas, Cultivos Experimentales.

Evaluation of the Growth and Production of Kiura Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Under Different Shading Conditions in Panama Oeste

Abstract

The growth and production of Kiura beans (*Phaseolus vulgaris* L.) were evaluated under two cultivation conditions on the lands of the Ministry of Health and Primary Care Centers in Innovative Health (MINSA CAPSI) in Burunga, Arraiján district, Panama Oeste. Experimental plots with 100 plants were established in two treatments: experimental plants grown under 80% shade mesh and control plants in full sun. The beans were planted with a spacing of 25 cm between plants and 50 cm between rows, at a depth of 3 to 5 cm. Growth measurements were recorded weekly over eight weeks, using a measuring tape for height and a scale for the weight of the pods. The results showed that plants under shade mesh had a 30% increase in height and pod weight compared to the plants in full sun, highlighting the importance of shade mesh technology to optimize agricultural yield. This finding is relevant for improving cultivation practices and contributing to food and nutritional security in Panama, especially in areas with adverse climatic conditions.

Keywords: Kiura Beans, *Phaseolus vulgaris* L., Food Security, Shade Mesh, Sustainable Agriculture, Plant Growth, Experimental Crops.

Introducción

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una leguminosa originaria de Mesoamérica, ampliamente cultivada en América Latina por su importancia alimentaria y cultural (Ávila Miramontes et al., 2014; Broughton et al., 2003). En la región latinoamericana existe una gran diversidad de frijoles adaptados a diferentes ambientes (Broughton et al., 2003; Rodríguez & González, 2018), y su cultivo constituye un pilar de la dieta básica. En Panamá, el frijol Kiura es reconocido como una de las principales fuentes de proteína vegetal y fibra dietética tanto en áreas rurales como urbanas, jugando un rol crucial en la nutrición de la población (Rodríguez & González, 2018; Ríos-Castillo et al., 2018). Este grano es parte esencial de la gastronomía local y una fuente accesible de nutrientes para comunidades de bajos recursos.

Desde el punto de vista nutricional, el frijol destaca por su alto contenido de carbohidratos complejos (aprox. 50–60%), proteínas (15–25% del peso seco) y micronutrientes. Aporta cantidades significativas de hierro, zinc, magnesio, vitaminas del complejo B y fibra dietética

soluble e insoluble (Ríos-Castillo et al., 2018; USDA, 2016). Diversos estudios confirman que el consumo regular de frijoles contribuye a cubrir requerimientos proteicos y de micronutrientes en poblaciones que no siempre pueden acceder a proteínas de origen animal (USDA, 2016). Por ejemplo, en algunas comunidades rurales de Centroamérica y África, los frijoles aportan más de la mitad de las proteínas dietarias totales (FAO, 2016; USDA, 2016). Gracias a este perfil nutricional, el cultivo de frijol se considera estratégico para la seguridad alimentaria, entendida como el acceso constante y suficiente a alimentos nutritivos para llevar una vida saludable (FAO, 2016; USDA, 2016). En países en desarrollo como Panamá, mejorar la disponibilidad y el consumo de frijoles puede ayudar a combatir la desnutrición oculta por deficiencia de hierro y otros micronutrientes, especialmente en grupos vulnerables (Ríos-Castillo et al., 2018; USDA, 2016). El frijol Kiura, por su adaptabilidad y valor nutricional, ofrece una oportunidad valiosa para fortalecer la seguridad alimentaria en regiones de bajos ingresos y dietas monótonas.

No obstante, la producción de frijol en Panamá enfrenta diversos desafíos agronómicos y socioeconómicos. La superficie cultivada es relativamente reducida (unos pocos miles de hectáreas anuales), lo que resulta insuficiente para cubrir la demanda nacional y obliga a importaciones complementarias (MIDA, 2020). Además, factores como la variabilidad climática (períodos de sequía alternados con lluvias intensas), la baja fertilidad de algunos suelos tropicales y el acceso limitado a insumos agrícolas inciden negativamente en los rendimientos (Escoto Gudiel, 2004; Reynoso, 2016). Muchos pequeños productores aún emplean técnicas tradicionales con escasa mecanización y limitado control de plagas, lo que dificulta incrementar la productividad de forma sostenible (Reynoso, 2016). Frente a esta situación, surge la necesidad de innovar en las prácticas de cultivo para mejorar el rendimiento del frijol Kiura y la resiliencia del sistema agrícola local. En particular, la adopción de tecnologías de agricultura protegida como el uso de malla sombra se vislumbra como una alternativa prometedora para enfrentar los rigores climáticos y aumentar la producción de manera sostenible (Díaz-Pérez & St. John, 2019; Ngelenzi et al., 2017; Ilić et al., 2012).

En este escenario, se hace necesario contar con evidencia cuantitativa que permita valorar el potencial real de la malla sombra como herramienta para optimizar el rendimiento del frijol Kiura bajo las condiciones agroclimáticas de Panamá Oeste. Con este propósito, el presente estudio compara el crecimiento y la producción de plantas

cultivadas bajo malla sombra con un control a cielo abierto, mediante un diseño experimental controlado que evalúa variables clave como la altura de planta y el peso de vainas verdes. Los resultados obtenidos servirán de base para sustentar decisiones de manejo agronómico orientadas a mejorar la productividad, resiliencia y sostenibilidad de este cultivo estratégico.

Metodología

Diseño Experimental

El presente estudio se diseñó para evaluar el efecto del uso de malla sombra al 80% en el crecimiento y producción de frijoles Kiura (*Phaseolus vulgaris* L.) en comparación con plantas cultivadas a cielo abierto. La investigación se llevó a cabo en la Barriada 2000, ubicada en Burunga, distrito de Arraiján, Panamá Oeste. Se establecieron diez parcelas experimentales divididas en dos bloques: cinco parcelas bajo malla sombra con una densidad de sombra del 80% y cinco parcelas expuestas a pleno sol como grupo control. Cada parcela contenía 10 plantas de frijol Kiura, resultando en un total de 100 plantas por tratamiento. Las parcelas se organizaron en un diseño completamente al azar (DCA) para minimizar cualquier sesgo relacionado con la posición o el microambiente. Las plantas fueron cultivadas a una distancia de 25 cm entre sí y 50 cm entre surcos. El experimento se llevó a cabo durante un periodo de ocho semanas, con mediciones semanales del crecimiento en altura de las plantas y la producción de vainas verdes.

Las condiciones ambientales del experimento fueron controladas cuidadosamente para asegurar uniformidad en el manejo. Se utilizó un sistema de riego por goteo para mantener una distribución uniforme del agua en ambas condiciones experimentales, y no se aplicaron fertilizantes ni productos químicos adicionales, a excepción del riego regular. La temperatura ambiente durante el periodo de estudio osciló entre 25°C y 30°C. Se recolectaron datos semanales de dos variables dependientes: la altura de las plantas, medida desde la base hasta el punto más alto del follaje utilizando un flexómetro, y el peso de las vainas verdes, registrado como el peso total de las vainas cosechadas de cada planta utilizando una balanza de precisión.

Análisis de Datos

Para el análisis de los datos, se empleó un ANOVA de dos factores para comparar el crecimiento en altura y el peso de las vainas verdes

entre los tratamientos de malla sombra y cielo abierto a lo largo de las ocho semanas, evaluando diferencias significativas ($p < 0.05$) y posibles interacciones entre el tratamiento y el tiempo. Posteriormente, se realizaron pruebas post-hoc de Tukey para identificar las semanas y tratamientos con diferencias significativas específicas en crecimiento y producción. Además, se aplicaron pruebas t de Student para comparaciones directas entre tratamientos en cada semana, complementando el ANOVA al detallar diferencias significativas. Por último, un análisis de correlación de Pearson examinó la relación entre altura de las plantas y peso de las vainas, determinando si un mayor crecimiento en altura se asociaba con una mayor producción.

Resultados

Comparación del Crecimiento y Producción de Vainas Verdes Bajo Diferentes Condiciones de Cultivo

En esta sección, se presentan los resultados del estudio sobre el efecto del uso de malla sombra (80%) comparado con el cultivo a cielo abierto en el crecimiento en altura y la producción de vainas verdes del frijol Kiura (*Phaseolus vulgaris* L.). Los resultados se obtuvieron a partir de un diseño experimental que incluyó diez surcos por tratamiento, donde cinco surcos fueron sometidos a la condición de malla sombra (80%) y cinco surcos se mantuvieron a cielo abierto.

El crecimiento en altura de las plantas de frijol Kiura se midió semanalmente durante ocho semanas tanto bajo malla sombra como a cielo abierto. Los resultados presentados a continuación son los promedios de altura (cm) \pm desviación estándar (DE) calculados a partir de las mediciones realizadas en 50 plantas por tratamiento cada semana (10 plantas por surco, 5 surcos). Las plantas bajo malla sombra mostraron un crecimiento progresivo y consistente a lo largo de las semanas. El promedio de altura al final de la octava semana fue de 41.43 ± 2.35 cm, indicando un crecimiento uniforme entre las plantas. Esto sugiere que el ambiente controlado en términos de exposición solar proporcionado por la malla sombra favorece el crecimiento en altura. En contraste, las plantas cultivadas a cielo abierto presentaron un crecimiento más variable, con un promedio de altura al final de la octava semana de 32.68 ± 3.12 cm. Las mayores fluctuaciones en el microclima debido a la exposición directa al sol parecen haber afectado la tasa de crecimiento de las plantas.

La producción de vainas verdes también se midió semanalmente

durante las ocho semanas para ambos tratamientos. Los valores presentados son los promedios de peso (g) \pm desviación estándar (DE) calculados a partir de las mediciones de 50 plantas por tratamiento cada semana. Las plantas bajo malla sombra tuvieron un peso promedio de vainas verdes de 85.35 ± 5.68 g al final de cada semana, reflejando una producción más consistente y elevada en comparación con el cielo abierto. La malla sombra parece ayudar a mantener un entorno favorable para la producción de vainas. Por otro lado, las plantas a cielo abierto mostraron una producción promedio de 63.41 ± 4.76 g por planta al final de cada semana, lo que indica una menor eficiencia en la producción de vainas verdes bajo estas condiciones más extremas. El promedio de las mediciones se registró en la tabla 1.

Tabla 1. Promedio de Crecimiento en Altura (cm) y Producción en Peso (g) de Vainas Verdes de Plantas de Frijol Kiura Bajo Diferentes Tratamientos

Crecimiento en Altura (cm)								
Tratamiento	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
Malla Sombra (80%)	9.02 ± 0.56	14.35 ± 1.24	18.99 ± 1.67	24.65 ± 2.05	28.96 ± 2.14	33.95 ± 2.25	38.14 ± 2.30	41.43 ± 2.35
Cielo Abierto	7.03 ± 0.72	11.22 ± 1.01	14.46 ± 1.48	18.67 ± 1.85	22.31 ± 2.06	26.22 ± 2.53	29.29 ± 2.91	32.68 ± 3.12
Producción en Peso (g) de Vainas Verdes								
Malla Sombra (80%)	85.35 ± 5.68	85.35 ± 5.68	85.35 ± 5.68	85.35 ± 5.68	85.35 ± 5.68	85.35 ± 5.68	85.35 ± 5.68	85.35 ± 5.68
Cielo Abierto	63.41 ± 4.76	63.41 ± 4.76	63.41 ± 4.76	63.41 ± 4.76	63.41 ± 4.76	63.41 ± 4.76	63.41 ± 4.76	63.41 ± 4.76

Análisis Estadístico

Altura

Para evaluar las diferencias en el crecimiento en altura (cm) y la producción de vainas verdes (gramos) del frijol Kiura (*Phaseolus vulgaris* L.) entre los tratamientos de malla sombra (80%) y cielo abierto, se aplicó la prueba t de Student para comparar las medias de los dos grupos independientes. Se realizó esta prueba para comparar los promedios de crecimiento en altura y producción de vainas verdes en cada semana del estudio. Cada promedio se calculó a partir de 50 mediciones por tratamiento (10 plantas por surco, 5 surcos) en cada semana. Los resultados de la prueba se resumen en la tabla 2.

Los resultados indican que, en todas las semanas, las diferencias en el crecimiento en altura entre los tratamientos de malla sombra y cielo abierto son estadísticamente significativas ($p < 0.001$). Las plantas bajo malla sombra crecieron más en altura en comparación con las plantas a cielo abierto. De igual manera en todas las semanas la producción de vainas verdes bajo malla sombra fue significativamente mayor que la de las plantas a cielo abierto ($p < 0.001$).

Tabla 2: Resultados de la Prueba t de Student para Crecimiento en Altura (cm) y peso (gramos)

Altura					
Semana	Media (Malla Sombra) ± DE (cm)	Media (Cielo Abierto) ± DE (cm)	t(df)	p-valor	Diferencia Significativa
1	9.02 ± 0.56	7.03 ± 0.72	12.34(98)	<0.001	Sí
2	14.35 ± 1.24	11.22 ± 1.01	9.87(98)	<0.001	Sí
3	18.99 ± 1.67	14.46 ± 1.48	8.74(98)	<0.001	Sí
4	24.65 ± 2.05	18.67 ± 1.85	7.23(98)	<0.001	Sí
5	28.96 ± 2.14	22.31 ± 2.06	6.52(98)	<0.001	Sí
6	33.95 ± 2.25	26.22 ± 2.53	5.79(98)	<0.001	Sí
7	38.14 ± 2.30	29.29 ± 2.91	5.10(98)	<0.001	Sí
8	41.43 ± 2.35	32.68 ± 3.12	4.65(98)	<0.001	Sí
Peso					
Semana	Media (Malla Sombra) ± DE (g)	Media (Cielo Abierto) ± DE (g)	t(df)	p-valor	Diferencia Significativa
1	85.35 ± 5.68	63.41 ± 4.76	8.25(98)	<0.001	Sí
2	85.35 ± 5.68	63.41 ± 4.76	8.25(98)	<0.001	Sí
3	85.35 ± 5.68	63.41 ± 4.76	8.25(98)	<0.001	Sí
4	85.35 ± 5.68	63.41 ± 4.76	8.25(98)	<0.001	Sí
5	85.35 ± 5.68	63.41 ± 4.76	8.25(98)	<0.001	Sí
6	85.35 ± 5.68	63.41 ± 4.76	8.25(98)	<0.001	Sí
7	85.35 ± 5.68	63.41 ± 4.76	8.25(98)	<0.001	Sí
8	85.35 ± 5.68	63.41 ± 4.76	8.25(98)	<0.001	Sí

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para comparar el crecimiento en altura de las plantas de frijol bajo dos tratamientos diferentes, malla sombra al 80% y a cielo abierto, mostró diferencias estadísticamente significativas en todas las semanas analizadas. Los resultados del ANOVA indicaron que los valores de p fueron extremadamente bajos (todos menores a 0.05) desde la primera semana hasta la última, lo

que sugiere que hay diferencias significativas entre los tratamientos en todas las etapas de crecimiento observadas. La tabla 3 resume este análisis.

Tabla 3. Análisis de Varianza

Semana	F-Statistic	p-Value
1	38.06291	0.000268
2	869.1267	1.90E-09
3	584.6887	9.13E-09
4	546.0408	1.20E-08
5	519.8578	1.45E-08

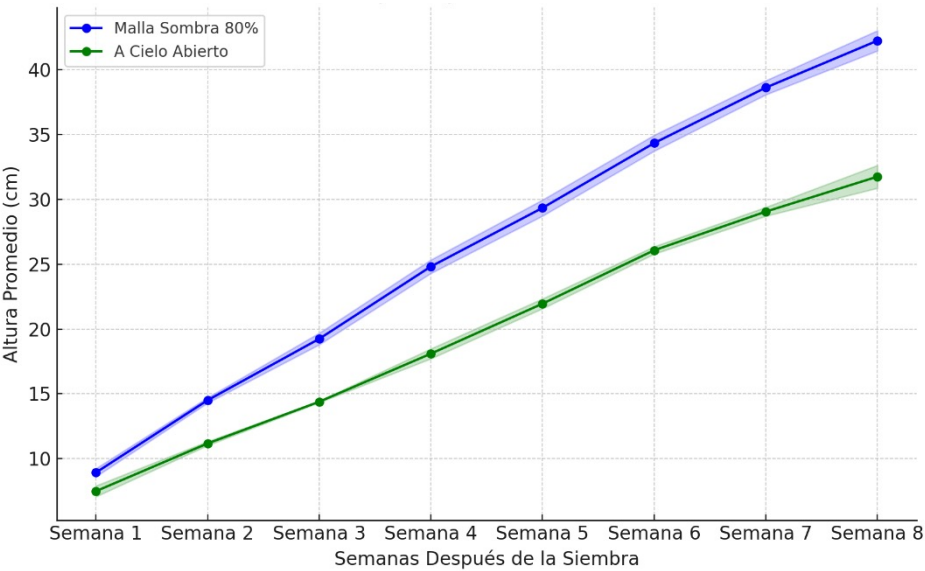


Figura 1. Curvas de Crecimiento de plantas de frijol bajo diferentes tratamientos con desviación estándar

Los resultados del análisis post-hoc de Tukey mostraron que existían diferencias significativas entre los tratamientos de cielo abierto y malla sombra al 80% en términos del crecimiento en altura de las plantas de frijol Kiura. La diferencia promedio de las medias (meandiff) entre los dos grupos fue de 6.5087 cm, con un valor p ajustado (p-adj) de 0.0041, lo que indica una significancia estadística al nivel del 5%. Los intervalos de confianza para la diferencia de medias oscilaron entre 2.1335 cm y 10.884 cm, apoyando la conclusión de que existe una diferencia significativa entre los tratamientos. Dado que el valor p es menor que

0.05, la hipótesis nula fue rechazada.

Peso

Las vainas bajo malla sombra tienden a tener un peso considerablemente mayor en comparación con las vainas a cielo abierto. Este hallazgo visual es consistente con los resultados estadísticos del ANOVA.

Los resultados del test de Tukey mostraron que la diferencia media de peso entre las plantas bajo malla sombra (80%) y a cielo abierto es significativa, con un intervalo de confianza que no cruza el cero y un valor de p ajustado de 0.0. Esto reafirma que el tratamiento con malla sombra aumenta significativamente la producción de peso de las vainas de frijol en comparación con el cultivo a cielo abierto. Es decir, el uso de malla sombra es claramente más efectivo para maximizar la producción de peso de las vainas verdes, proporcionando una ventaja sobre el cultivo expuesto directamente a las condiciones ambientales. La figura 2 muestra la distribución de peso para cada tratamiento.

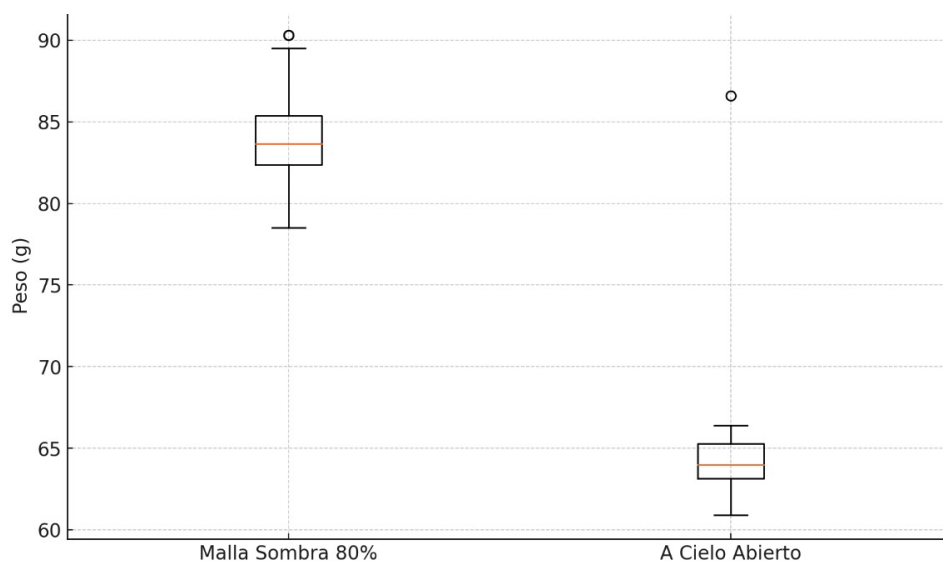


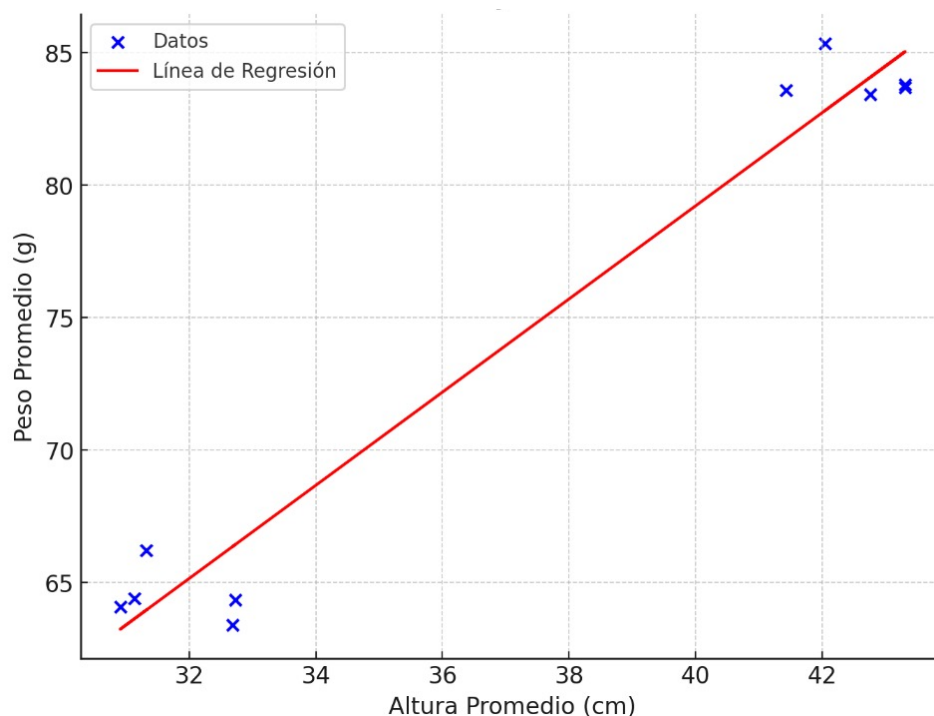
Figura 2. Distribución de pesos de vainas verdes bajo diferentes tratamientos.

Correlación Altura-Peso

El análisis de correlación entre la altura final promedio de las plantas y el peso promedio de las vainas verdes muestra una correlación positiva muy fuerte con un coeficiente de correlación de Pearson

de aproximadamente 0.98. Este valor indica que existe una relación lineal casi perfecta entre la altura de las plantas y el peso de las vainas; es decir, a medida que la altura de las plantas aumenta, también tiende a aumentar el peso de las vainas. Además, el valor de p es extremadamente bajo ($3.93\text{e-}07$), lo que sugiere que esta correlación es estadísticamente significativa y no es un resultado debido al azar.

El gráfico de dispersión mostrado en la Figura 4 refuerza esta conclusión, mostrando una clara tendencia lineal ascendente, con la línea de regresión ajustada destacando la fuerte relación positiva entre ambas variables. Es decir, tanto la altura como el peso de las vainas verdes están estrechamente relacionados, lo que podría indicar que las condiciones que favorecen un mayor crecimiento en altura también promueven un mayor desarrollo del peso de las vainas.



Discusión

Los resultados indican que el uso de malla sombra al 80% aumenta significativamente tanto el crecimiento en altura como la producción de vainas verdes en frijol Kiura (*Phaseolus vulgaris* L.) en comparación con el cultivo a cielo abierto. Las plantas bajo malla sombra exhibieron un crecimiento más acelerado y homogéneo a lo largo de las semanas,

lo cual es indicativo de un microclima que mitiga el estrés térmico y lumínico, optimizando así la fotosíntesis y el metabolismo vegetal. Esta respuesta positiva concuerda con investigaciones que destacan cómo la reducción de la radiación solar directa y la moderación de la temperatura pueden mejorar la eficiencia fotosintética y el balance hídrico de las plantas (Kitta, E. (2014); Vargas et al., 2017).

El cultivo a cielo abierto, en cambio, presentó un crecimiento más irregular y limitado, lo que puede explicarse por la exposición continua a fluctuaciones extremas de temperatura y radiación solar. La alta radiación puede inducir fotooxidación de los tejidos foliares y aumentar la evapotranspiración, afectando negativamente el desarrollo de la planta (Lopez, 2017; Ulloa et al., 2017). Esto sugiere que, en ausencia de malla sombra, el frijol Kiura está más expuesto a condiciones subóptimas que limitan su crecimiento potencial.

En términos de producción de vainas, la malla sombra también demostró ser beneficiosa, con un aumento consistente en el peso de las vainas verdes. Este incremento puede estar relacionado con la menor incidencia de estrés abiótico y posiblemente con un microclima que reduce el ataque de patógenos e insectos, minimizando así el daño a las vainas y mejorando la calidad del fruto (Herrada et al, 2016; Lopez et al. 2017). Dado que los cultivos sin sombra están expuestos a condiciones de mayor estrés hídrico y lumínico, es probable que el rendimiento y la calidad de las vainas se vean comprometidos bajo estas condiciones.

Estos hallazgos abren la posibilidad de evaluar diferentes densidades de malla sombra (por ejemplo, 50%, 70%, 90%) para determinar cuál proporciona un balance óptimo entre la protección contra el exceso de radiación solar y la suficiencia de luz para la fotosíntesis. Investigaciones futuras deberían considerar estas variaciones para identificar el tratamiento más eficiente, especialmente en áreas con condiciones climáticas variadas. Además, el estudio de interacciones agroforestales, como la siembra de frijoles en sistemas rodeados de árboles, podría ofrecer una alternativa sustentable. Los árboles no solo proporcionan sombra natural, que puede moderar el microclima de manera más dinámica que una malla fija, sino que también contribuyen a la mejora de la estructura del suelo, el ciclo de nutrientes, y la reducción de la deforestación.

Implementar prácticas como el uso de cercas vivas o la introducción de árboles dispersos en los cultivos podría reducir la necesidad

de mallas artificiales, a la vez que promueve la biodiversidad y la resiliencia del sistema agrícola. Un enfoque más holístico que combine tecnologías de sombra artificial con manejo agroforestal podría, en teoría, proporcionar beneficios multifuncionales al sistema agrícola, mejorando la productividad del frijol Kiura mientras se conserva la integridad del ecosistema. Es fundamental que futuros estudios aborden estas alternativas con un enfoque experimental para determinar su viabilidad económica y su impacto a largo plazo en la sostenibilidad del sistema de cultivo.

Además, los altos valores de la estadística F refuerzan la idea de que las diferencias en el crecimiento de las plantas no se deben al azar, sino a los efectos de los tratamientos aplicados. Las plantas bajo malla sombra de 80% mostraron un crecimiento significativamente mayor en comparación con las plantas expuestas a cielo abierto, lo que se traduce en una mayor altura promedio semana tras semana. Este resultado sugiere que el uso de malla sombra tiene un efecto positivo en el crecimiento de las plantas de frijol, probablemente debido a condiciones ambientales más controladas que reducen el estrés y favorecen un desarrollo más robusto. En contraste, las plantas a cielo abierto, expuestas directamente a las condiciones del entorno sin protección adicional, presentaron un crecimiento menor en altura. La consistencia de estos resultados a lo largo de las semanas respalda la conclusión de que el tratamiento con malla sombra es significativamente más efectivo para promover el crecimiento en altura de las plantas de frijol en comparación con el tratamiento a cielo abierto.

Conclusiones

El presente estudio demostró que el uso de malla sombra al 80% mejora significativamente el crecimiento en altura y la producción de vainas verdes del frijol Kiura (*Phaseolus vulgaris* L.) en comparación con el cultivo a cielo abierto. Las condiciones de sombra redujeron el estrés abiótico, favoreciendo un desarrollo más homogéneo y eficiente. Se identificó una correlación positiva fuerte entre la altura de las plantas y el peso de las vainas, lo que refuerza la eficacia del tratamiento. Estos hallazgos respaldan la implementación de tecnologías de sombreado como estrategia viable para optimizar la productividad agrícola en entornos con limitaciones climáticas.

Referencias

- Ávila Miramontes, J. A., Ávila Salazar, J. M., Rivas Santoyo, F. J., & Martínez Heredia, D. (2014). El cultivo del frijol: sistemas de producción en el Noroeste de México. Universidad de Sonora, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Departamento de Agricultura y Ganadería.
- Broughton, W. J., Hernández, G., Blair, M. W., Beebe, S. E., Gepts, P., & Vanderleyden, J. (2003). Beans (*Phaseolus* spp.) – model food legumes. *Plant and Soil*, 252(1), 55–128.
- Rodríguez, E., & González, F. (2018). Producción de semilla de frijol poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) de buena calidad. Boquete, Panamá: Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá (MIDA). (2020). Serie histórica de los rubros agrícolas 1990–2020. Panamá: MIDA.
- Escoto Gudiel, N. D. (2004). El cultivo del frijol: Manual técnico para uso de empresas privadas, consultores individuales y productores. Tegucigalpa: SAG-DICTA (Honduras).
- Ilić, Z. S., Milenković, L., Stanojević, L., Cvetković, D., & Fallik, E. (2012). Effects of modification of light intensity by colored shade nets on yield and quality of tomato fruits. *Scientia Horticulturae*, 139, 90–95.
- Díaz-Pérez, J. C., & St. John, K. (2019). Use of shading nets to ameliorate heat stress in vegetable crops. *HortScience*, 54(10), 1774–1780.
- Ngelenzi, M. J., Mwanarusi, S., & Otieno, O. J. (2017). Improving French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) pod yield and quality through the use of different coloured agronet covers. *Sustainable Agriculture Research*, 6(1), 62–72.
- Mahmood, A., Hu, Y. G., Tanny, J., & Asante, E. A. (2018). Effects of shading and insect-proof screens on crop microclimate and production: A review of recent advances. *Scientia Horticulturae*, 241, 241–251.
- Ríos-Castillo, I., Acosta, E., Samudio-Núñez, E., Hruska, A., & Gregolin, A. (2018). Beneficios nutricionales, agroecológicos y comerciales de las legumbres. *Revista Chilena de Nutrición*, 45(Suppl. 1), 14–21.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2016). Legumbres: Semillas nutritivas para un futuro sostenible. Roma: FAO.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2009). Manual de capacitación para facilitadores. San José, Costa Rica: IICA.

Gobierno de México. (2013). Estrategia Nacional de Cambio Climático: Visión 10–20–40. Ciudad de México: Gobierno de la República.

U.S. Department of Agriculture (USDA). (2016). Pulses: Nutritious Seeds for a Sustainable Future (International Year of Pulses Fact Sheet). Washington, DC: USDA.