



## Extractos de *Verbesina sphaerocephala* y *Verbesina fastigiata* promueven el desarrollo en maceta de *Fragaria ananassa*

*Verbesina sphaerocephala* and *Verbesina fastigiata* extracts promote the pot development of *Fragaria ananassa*

A. P. Velasco-Ramírez<sup>1,\*</sup>; A. Velasco-Ramírez<sup>1</sup>; R. M Hernández-Herrera<sup>2</sup>; D. M. Murguía-Lizalde<sup>1</sup>; S. F. Velasco-Ramírez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Producción Agrícola, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), Universidad de Guadalajara, Zapopan Jalisco, CP 45010. México.

<sup>2</sup> Departamento de Botánica y Zoología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias CUCBA, Universidad de Guadalajara, Zapopan Jalisco, CP 45010. México.

<sup>3</sup> Departamento de Química, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (CUCEI), Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, CP 44430. México.

ORCID de los autores

A. P. Velasco-Ramírez <http://orcid.org/0000-0002-7113-1863>

A. Velasco-Ramírez <http://orcid.org/0000-0002-3828-8789>

R. M Hernández-Herrera <http://orcid.org/0000-0002-8753-3138>

D. M. Murguía-Lizalde <https://orcid.org/0000-0003-2620-9358>

S. F. Velasco-Ramírez <http://orcid.org/0000-0002-7054-1465>

### RESUMEN

El uso de bioestimulantes podrían reducir la dependencia de agroquímicos, aumentar el rendimiento y la resistencia de las plantas contra el estrés biótico y abiótico influyendo en el desarrollo de las plantas. El objetivo de esta investigación fue probar si extractos acuosos de *V. sphaerocephala* y *V. fastigiata* promueven el desarrollo vegetativo y radicular en *F. ananassa*. El estudio se realizó bajo un diseño de bloques al azar con seis tratamientos en plantas de *F. ananassa* crecidas en macetas en condiciones de vivero: plantas testigo solo riego con agua potable, plantas con extractos acuoso de *V. sphaerocephala* (concentraciones al 10% y 15%), plantas con extractos acuoso de *V. fastigiata* (Concentraciones al 10% y 15%) y Volvox. Se evaluó número de hojas, ancho de la hoja, largo de la hoja, número de flores, número de botones, número de frutos, número de coronas, peso fresco y longitud de raíz. También fue calculado el índice para determinar la eficiencia agronómica. Los resultados obtenidos mostraron evidencia que la aplicación de extractos acuosos de las especies de *V. sphaerocephala* y *V. fastigiata* pueden ser una alternativa viable como potencial agrícola ya que fue evidente un buen desarrollo en todas las etapas fenológicas del cultivo.

**Palabras clave:** bioestimulante de crecimiento; extractos botánicos; capitaneja; fresa; horticultura.

### ABSTRACT

The use of biostimulants could reduce the dependence on agrochemicals, increase the yield and resistance of plants against biotic and abiotic stress, influencing plant development. The objective of this research was to test whether aqueous extracts of *V. sphaerocephala* and *V. fastigiata* promote vegetative and root development in *F. ananassa*. The study was carried out under a randomized block design with six treatments in *F. ananassa* plants grown in pots under nursery conditions: control plants only irrigated with drinking water, plants with aqueous extracts of *V. sphaerocephala* (concentrations at 10% and 15%), plants with aqueous extracts of *V. fastigiata* (Concentrations at 10% and 15%) and Volvox. Number of leaves, leaf width, leaf length, number of flowers, number of buttons, number of fruits, number of crowns, fresh weight and root length were evaluated. The index was also calculated to determine the agronomic efficiency. The results obtained showed evidence that the application of aqueous extracts of the species of *V. sphaerocephala* and *V. fastigiata* can be a viable alternative as agricultural potential since a good development was evident in all the phenological stages of the crop.

**Keywords:** growth biostimulant; botanical extracts; capitaneja; strawberry; horticulture

## 1. Introducción

La fresa (*Fragaria ananassa*) es un producto exitoso en el comercio internacional por el aprovechamiento que este recurso representa por su sabor y contenido de vitamina C y minerales (hierro, ácido fólico y ácido salicílico); además de que la fresa tiene una amplia posibilidad de utilización en la industria alimenticia (SAGARPA, 2020).

La producción de fresa ha aumentado en los últimos años en México, siendo el tercer productor a nivel mundial con una producción de 468,248 toneladas al año. Los principales estados productores de esta hortaliza en México son: Michoacán (564,554 t ha<sup>-1</sup>), Baja California Norte (200,571 t ha<sup>-1</sup>), Guanajuato (79,752 t ha<sup>-1</sup>) y el séptimo lugar lo ocupa Jalisco (1,671 t ha<sup>-1</sup>) (SIAP, 2020).

A pesar de su importancia la producción de fresa en invernadero es aún muy escasa en México además de la poca información al respecto (Cedillo et al., 2021).

La nutrición de este cultivo es un factor de suma importancia y la producción excesiva de este tipo de hortalizas para satisfacer las demandas de alimento y al mercado a nivel mundial y nacional ha orillado al uso indiscriminado de agroquímicos y prácticas culturales excesivas creando graves consecuencias para el medio ambiente.

Los altos costos de fertilizantes en México los ha puesto fuera del alcance de los productores, lo que conlleva a bajos rendimientos, ingresos y productos de baja calidad (Basak et al., 2020).

Ante esta problemática la implementación de control biológico y nutrición orgánica con biofertilizantes y bioestimulantes podrían reducir la dependencia de agroquímicos, haciendo que la producción sea de menor peligro para el medio ambiente y el consumidor (Shaheen et al., 2013), además de que la aplicación de estos productos podrían reducir el uso de fertilizantes químicos, aumentar el rendimiento y la resistencia de las plantas contra el estrés biótico y abiótico influyendo en el desarrollo y crecimiento de la planta (Velasco-Ramírez et al., 2020).

El uso y la implementación de extractos acuosos como bioestimulantes han funcionado para el desarrollo y crecimiento en varios cultivos como lo alude Zulfiquar et al. (2019) con la utilización de extractos acuosos de hojas de moringa (*Moringa oleifera*) probando que mejoran la germinación en semillas, el crecimiento y rendimiento de las plantas, la eficiencia en el uso de nutrientes y los rasgos de calidad de los frutos antes y después

de la cosecha. Mutlu-Durak & Kutman (2021) ratifican el uso de extractos acuosos de semillas de *Salix babylonica* para mejora y crecimiento temprano del maíz. Shahrajabian et al. (2021) dan a conocer el uso de quitina y quitosano como bioestimulantes vegetales en producción de hortalizas. Reyes-Pérez et al. (2021) proponen la aplicación de ácidos húmicos, quitosa y hongos micorrizicos como influyentes en el crecimiento y desarrollo en el pimiento (*Capsicum annum*).

Aunado a lo anterior, las propiedades de origen vegetal son beneficiosas en las aplicaciones agrícolas y las especies de *Verbesina sphaerocephala* y *Verbesina fastigiata* pueden unirse como estrategia botánica para reducir la dependencia de agroquímicos como lo menciona Hernández-Pérez (2020) donde informa del potencial agrícola de la especie *V. sphaerocephala* y lo verifican Velasco-Ramírez et al. (2021) donde demostraron el desarrollo en plantas de pepino (*Cucumis sativus*) y disminución de daño causado por el nematodo *Meloidogyne incognita* empleando extractos acuosos de *V. sphaerocephala*.

Las especies de *V. sphaerocephala* y *V. fastigiata* pertenecen a la familia Asteraceae y son endémicas del occidente de México (Jalisco, Michoacán, Nayarit, Guanajuato, Guerrero) (Rzedowski et al., 2011) y se les conoce con el nombre común de capitana y árnica capitaneja respectivamente, son especies de uso no tan extendido y solo se encuentra información taxonómica, etnobotánica (Velasco-Ramírez et al., 2019) y recientemente estudios químicos de la especie *V. sphaerocephala* (Arciniegas et al., 2020; Rodríguez-Valdovinos et al., 2021).

Por lo anterior, las especies de *V. sphaerocephala* y *V. fastigiata* se proponen como bioestimulantes de crecimiento vegetativo y radicular para el desarrollo del cultivo de fresa, ya que los extractos acuosos pueden ser elaborados por el mismo productor a un costo considerablemente bajo y de manera sostenible.

## 2. Material y métodos

**Zona de estudio.** El presente trabajo se desarrolló en las instalaciones del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) en el vivero experimental, perteneciente a la Universidad de Guadalajara. El vivero experimental se encuentra ubicado en el Predio las Agujas, Zapopan, Jalisco, México situado a 20° 45'N y 103° 31' O a 1510 m.s.n.m.

**Preparación de extractos acuosos de *Verbesina sphaerocephala* y *Verbesina fastigiata*.** Se recolectaron hojas jóvenes (fase vegetativa) sanas (asintomáticas) de las especies silvestres *Verbesina sphaerocephala* en los cerros aledaños de la comunidad de San Martín de las Flores en el municipio de San Pedro Tlaquepaque, Jalisco, México (longitud: -103,282778 longitud: 20,585278 a 1540 msnm) y de *Verbesina fastigiata* en el bosque de la primavera en el municipio de Zapopan, Jalisco, México (longitud 103,50 longitud 20,28). Las hojas se secaron a temperatura ambiente en el laboratorio (~26 °C), se pulverizaron en un molino de cuchillas (Hamilton Beach® 80335). Posteriormente, 100 g de peso seco se vertió en 1 L de agua destilada con agitación constante durante 15 min, seguido de autoclave a 121 °C por 1 h a 1,2 kg cm<sup>2</sup>. Los extractos calientes fueron pasados a través de papel filtro Whatman No. 40 y almacenados en frascos de vidrio a 4 °C. Los extractos líquidos de *V. sphaerocephala* y de *V. fastigiata* fueron designados como solución madre, adicionalmente se midió pH y conductividad eléctrica (CE, dS m<sup>-1</sup>). Finalmente, el color de los extractos se determinó visualmente. Todos los parámetros se evaluaron por triplicado.

**Caracterización química de los extractos acuosos de *Verbesina sphaerocephala* y *Verbesina fastigiata*.** Para la caracterización de los extractos acuosos de ambas especies de *Verbesina* se utilizó un fotómetro multiparamétrico de la marca HANNA® (HI83325), se determinó pH, conductividad eléctrica (CE) y concentraciones de Nitrato de amonio (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>), Ca, Mg, Nitrato, Fosfato (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) y K siguiendo los procedimientos descritos por el proveedor para la medición de cada parámetro. Los parámetros químicos fueron determinados por triplicado en cada extracto acuoso.

**Caracterización física y química de los sustratos.** Las caracterizaciones fisicoquímicas de los sustratos se hicieron de acuerdo como lo señalan Trejo-Téllez et al. (2013). Los parámetros físicos medidos en los sustratos fueron agua difícilmente disponible (ADD), agua retenida (AR), agua fácilmente disponible (AFD), capacidad de aireación (CA), espacio poroso total (EPT) y material sólido (MS). Las propiedades químicas determinadas fueron pH, conductividad eléctrica (CE) y concentraciones de N, P, K, Ca, Mg y Na. Los parámetros físicos y químicos fueron determinados por triplicado en cada sustrato.

**Establecimiento del experimento.** Se utilizaron plántulas de fresa variedad Fortuna, donadas por un predio de producción de fresa ubicado en Zamora Michoacán, México (longitud 19°59' N, latitud 102°17' O y altitud 1,560 m.s.n.m). De los cepellones donados se seleccionaron aquellos que presentaban mejor vigor, sanas y un total de tres hojas verdaderas expandidas. El experimento se llevó a cabo durante los meses de agosto a diciembre del 2020.

Los cepellones de las plantas de fresa fueron tratados previamente en una inmersión por 8 min (hasta la corona) en Previcur Energy (propamocarb 530 g.i.a./L<sup>-1</sup> + Fosetil 310 g.i.a./L<sup>-1</sup>) a una concentración de 1 ml/L<sup>-1</sup> (8 L de agua + 8 mL de Previcur, se expuso a los cepellones a una segunda inmersión durante 5 minutos en 500 ml de cada tratamiento.

Posterior a las inmersiones se trasplantaron 60 plántulas de fresa en contenedores de plástico de 12". A los contenedores se les agregó una mezcla de sustrato de 75% de tezontle (tierra volcánica) y 25% polvillo de coco, se homogenizó la mezcla, se llenaron los contenedores, se acomodaron en hileras dentro del vivero experimental, el cual está constituido por un techo cubierto de malla sombra de monofilamento y rafia negra de polietileno retráctil, con grand cover negro en el piso. Al momento del trasplante se evitó cubrir la corona de las plántulas de fresa para evitar pudriciones. Una vez instalado el experimento se procedió a humedecer el sustrato a saturación para mantener la turgencia y viabilidad de la plántula. Después de este periodo de aclimatación todas las plantas fueron sometidas al mismo tratamiento nutricional y manejo agronómico, que consistió en una primera fertilización hidrosoluble con GreenSol® (13-40-13) a una dosis 3 g/L<sup>-1</sup> con intervalos de 72h entre aplicaciones, después de cinco días se realizó la aplicación de los extractos acuosos de las especies de *Verbesina* a diferentes concentraciones, así como el tratamiento volvox (las aplicaciones fueron realizadas con un intervalo de cada cinco días durante todo el experimento). Cinco días después de la primera fertilización, se aplicó Mancozeb (1,5 g/L<sup>-1</sup>) como preventivo fúngico. Después de 20 días la fertilización hidrosoluble fue repetida agregando 1L/maceta de sulfato de amonio (2 g/L<sup>-1</sup>), sulfato de magnesio (2 g/L<sup>-1</sup>) y urea (46-00-00) como complemento nutricional en la etapa vegetativa. La solución nutritiva fue modificada al momento de la etapa de floración (1L/maceta) que consistió en agregar nitrato de calcio y nitrato de potasio (1,5 g/L<sup>-1</sup>) con un intervalo de aplicación de 72 h.

Las plántulas se mantuvieron en condiciones de vivero durante 69 días.

Se montaron seis tratamientos diferentes 1: Testigo, solo riego con agua potable, 2: Extracto acuoso de *Verbesina sphaerocephala* al 10% (V.s 10%), 3: Extracto acuoso de *Verbesina sphaerocephala* al 15% (V.s 15%), 4: Extracto acuoso de *Verbesina fastigiata* al 10% (V.f 10%), 5: Extracto acuoso de *Verbesina fastigiata* al 15% (V.f 15%) y 6: Volvox (dosis comercial). Las aplicaciones de los extractos fue 50 mL por maceta en sustrato y 20 mL de manera foliar (aspersión). Todos los tratamientos se aplicaron después del quinto día de trasplante.

El experimento fue organizado en un diseño de bloques al azar con diez repeticiones (macetas).

**Variables evaluadas.** Un diseño experimental de bloques completos al azar se utilizó con diez repeticiones para cada tratamiento.

Se realizaron mediciones de variables en nueve plantas seleccionadas al azar por unidad experimental (nueve plantas por tratamiento).

A los 69 días después del trasplante, se retiraron las plantas de las macetas con cuidado de no dañar las raíces, se lavaron con agua corriente se eliminó el exceso de agua, se contabilizó el número de hojas (NH), ancho de la hoja (AH), largo de la hoja (LH), número de flores (NFL), número de botones (NB), número de frutos (NFR), número de coronas (NC), peso fresco (con báscula) (PF) y longitud de raíz (LR). También fue calculado el índice para determinar la eficiencia agronómica (IEA) propuesto por Melo et al. (2020) que se calcula mediante el porcentaje como relación entre tratamientos proporcionados por la aplicación de concentraciones del producto probado (extractos de *Verbesina* y volvox), restando la productividad del tratamiento control:

$$IEA (\%) = [(Y2 - Y1) / (Y1)] \times 100$$

Donde Y1: producción obtenida por el tratamiento control en la dosis "cero"; Y2: producción obtenida con las dosis aplicadas.

**Análisis estadístico.** Los resultados se sometieron a análisis de varianza (ANOVA) y Prueba F, y cada par de las medias se compararon mediante la prueba de Tukey al 5% de significancia, después de determinar el mínimo significativo diferencia. En términos prácticos, este valor nos dio un margen igual ya que los tamaños de muestra eran los mismos, porque si la diferencia entre dos tratamientos es mayor que eso, los promedios podrían ser diferentes. Para ello se utilizó el software estadístico Statgraphics®

Centurion XV (New Jersey, United States) para Windows.

### 3. Resultados y discusión

**Propiedades físicas de los sustratos.** En la [Tabla 1](#) se muestran los valores obtenidos de la caracterización física de los sustratos. Se observa que el sustrato polvillo de coco tiene un mayor porcentaje de agua retenida en los microporos; es decir, el agua difícilmente disponible (ADD) es superior en más de cuatro veces a la del tezontle de granulometría de 3 mm. Estos valores fueron observados para las propiedades agua retenida (AR), agua fácilmente disponible (AFD) y espacio poroso total (EPT). El material sólido (MS) y la capacidad de aeración (CA) fue mayor en el tezontle que en el polvillo de coco.

**Tabla 1**

Propiedades físicas de los dos sustratos utilizados para el cultivo de fresa (*Fragaria ananassa*)

Sustrato	ADD	AR	AFD	CA	EPT	MS
	(% del volumen)					
Tezontle 3 mm	7,8	1,9	2,9	44,4	67,0	33,0
Polvillo de coco	33,1	5,0	25,9	40	90,1	6,9

ADD: agua difícilmente disponible; AR: agua retenida; AFD: agua fácilmente disponible; CA: capacidad de aeración; EPT: Espacio poroso total; MS: material sólido.

Las propiedades físicas de los sustratos son consideradas las de mayor importancia porque, una vez establecido el cultivo ya no puede corregirse, ya que, si se detectan fitopatógenos en el sustrato, se desinfecta o si la relación N:C es mayor se puede añadir más nitrógeno en la solución nutritiva y/o si se tiene alta salinidad se incrementa el porcentaje de drenaje o se da un pulso de riego para disminuirla ([Santiago, 2017](#)). Las propiedades físicas más importantes son aquellas relacionadas con los poros; es decir, la granulometría, la porosidad y el reparto de las fases sólida y gaseosa ([Peñuelas & Ocaño, 2000](#)). De acuerdo a las propiedades físicas obtenidas en los sustratos utilizados, el tezontle se considera inadecuado ya que el espacio poroso total (EPT) no es el más favorable ([Tabla 1](#)). [Cabrera \(1999\)](#) y [Trejo-Téllez et al. \(2013\)](#) mencionan que un sustrato debe tener al menos una porosidad total del 70% ya que valores más bajos puede causar sofocación de raíces por la falta de aire o exceso de agua, sin embargo, el sustrato de polvillo de coco con respecto a la porosidad es adecuado, ya que la característica agua fácilmente disponible

(AFD) tuvo valores óptimos (20-30%). Por su parte el tezontle el AFD fue menor al 3% y esto se debe a baja capacidad de retención de agua ya que es una fracción gruesa y un sustrato con porcentaje de AFD menor al 15% debe regarse con mayor frecuencia. Por otra parte, López-Pérez et al. (2005) argumentan que el uso del tezontle para el crecimiento en fresa es óptimo, debido a sus propiedades, que es de bajo costo, su posibilidad de reusabilidad, así como su abundancia en el país, factores que combinan para dar posibles respuestas a un tipo de agricultura verdaderamente sostenible y sustentable.

**Propiedades químicas de los sustratos.** En la Tabla 2 se muestran los resultados de la determinación de propiedades químicas de los sustratos.

**Tabla 2**

Propiedades químicas de dos sustratos utilizados para el cultivo de fresa (*Fragaria ananassa*)

Parámetro	Tezontle	Polvillo de coco
pH	7,35	6,0
CE (dS m <sup>-1</sup> )	0,15	0,8
N%	0,61	0,80
P (mg kg <sup>-1</sup> )	0,31	4,33
K (mg kg <sup>-1</sup> )	2,74	7,0
Ca (mol m <sup>-3</sup> )	22,0	11,27
Mg (mol m <sup>-3</sup> )	10,09	1,3
Na (mg L <sup>-1</sup> )	Nd	8,85

CE: conductividad eléctrica; N: nitrógeno; P: fósforo; K: potasio; Ca: calcio; Mg: magnesio y Na: sodio, Nd: no detectado.

El pH del tezontle es alcalino mientras que el del polvillo de coco es determinado como ácido, la conductividad eléctrica (CE), es el que indica la concentración de sales totales en un sustrato y según Ansorena (1994) no debe exceder de los 3,5 dS m<sup>-1</sup> y nuestros resultados indican que el tezontle (0,15 dS m<sup>-1</sup>) y el polvillo de coco (0,8 dS m<sup>-1</sup>) son considerados como adecuados. El porcentaje de N fue bajo en ambos materiales, mientras que la concentración de P fue de 0,31 y 4,33 mg kg<sup>-1</sup>, para Tezontle y polvillo de coco, respectivamente. El Ca y Mg más alto se observó en el tezontle con 22 y 11,27 mol m<sup>-3</sup> en el polvillo de coco. El elemento Na no fue detectado en el tezontle, mientras que en el polvillo de coco este elemento en forma soluble no conduce al incremento de la CE a un valor mayor a 2 dS m<sup>-1</sup>, valor crítico para la mayoría de las especies cultivadas (Trejo-Téllez et al., 2013).

**Propiedades físicas y químicas de los extractos acuosos de *Verbesina sphaerocephala* y *Verbesina fastigiata*.** Los colores de los extractos de ambas especies de *Verbesina* resultaron verde intenso. Los resultados obtenidos de los parámetros químicos de los extractos de ambas especies de *Verbesina* se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3**

Propiedades químicas de los extractos acuosos de *Verbesina sphaerocephala* y *Verbesina fastigiata*

Parámetro	V. <i>sphaerocephala</i>	V. <i>fastigiata</i>
pH	8,33	8,24
CE (dS m <sup>-1</sup> )	1 a 1,3	1 a 1,3
Amoniaco (NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> ) mg/L	0,3	0,9
Ca mg/L	48	10
Mg mg/L	87	5
Nitrato mg/L	Nd	Nd
Fosfato mg/L	11,1	6,4
K mg/L	Nd	Nd

CE: conductividad eléctrica; Ca: calcio; Mg: Magnesio y K: potasio; Nd: no detectado.

Investigaciones anteriores han informado que *V. sphaerocephala* tiene un alto contenido de materia orgánica, carbohidratos y proteínas (Velasco-Ramírez et al., 2021). Los minerales determinados en los extractos acuosos de *V. sphaerocephala* y *V. fastigiata* (Amoniaco, Ca, Mg y Fosfato) no han sido reportados en ningún otro estudio, siendo este el primer reporte. Cabe mencionar que los minerales Nitrato y Potasio no fueron detectados, esto pudo deberse a que los extractos son considerados como orgánicos y que esta asimilación nutricional las plantas pueden absorberlos por medio de activación enzimática derivada de proteínas diversas contenidas en los extractos. Sin embargo, los análisis pueden variar de acuerdo con el estado fenológico de las colectas de hojas con que se realicen los extractos e incluso el método analítico.

**Variables agronómicas.** Después del análisis estadístico, los resultados mediante la prueba de Tukey para la variable número de hojas (NH) no fue significativo para ninguno de los tratamientos comparado con el control; donde el número mayor de hojas fue para el tratamiento de V.f al 15% con un promedio de 9,7 hojas mientras que el tratamiento control obtuvo 6.5 hojas. El tratamiento volvox obtuvo un promedio de 8,4 hojas (Tabla 4). A pesar de no tener efectos significativos en ninguno de los tratamientos para esta variable se puede decir que la aplicación de extractos acuosos con ambas especies de *Verbesina* en todas las concentraciones probadas

arrojó resultados donde establecen buena calidad en las hojas como lo refleja el índice de la eficiencia agronómica (IEA%) (Tabla 4, Figura 1), considerando que están dentro del intervalo de desarrollo como lo menciona; Celiktopuz et al. (2020) donde determinaron el efecto de la aplicación de un bioestimulante elaborado con plantas silvestres que fue certificado como orgánico y aprobado por BCS Oko-Garantie GMBH, Nurnberg/Alemania, obteniendo resultados considerables en el aumento de Nitrógeno (N), Fosforo (P), Potasio (K), Calcio (C) y concentraciones de Magnesio (Mg) y Manganeso (Mn) en el follaje en un año de prueba del experimento en el cultivo de fresa. Kirschbaum et al. (2019) afirman que el uso de bioestimulante en el cultivo de fresa aumenta la calidad en el follaje a bajas concentraciones de producto.

La aplicación foliar de los extractos acuosos de Verbesina fue aplicado en este experimento con el fin de lograr una respuesta visible relativamente a corto plazo principalmente en el follaje, mientras que la aplicación al sustrato se utilizó con efecto a largo plazo principalmente para el desarrollo radicular.

La variable ancho de la hoja (AH) resultó significativa para el tratamiento de V.f al 10% ( $5,0 \pm 6,2$ ) con un promedio de 5,29 cm, mientras que el valor más bajo lo obtuvo el tratamiento control ( $3,1 \pm 1,0$ ) con un promedio de 3,19 cm, los demás tratamientos de las especies de Verbesina no resultaron significativos, sin embargo, el promedio oscila de 4,6 a 4,8 cm, el tratamiento volvox fue bajo con un promedio de 4,13 cm (Tabla 4).

Lo que respecta el largo de la hoja (LH) los tratamientos de V.s al 10% y V.f al 10% resultaron significativos ( $5,6 \pm 6,3$  y  $6,2 \pm 6,9$  respectivamente) obteniendo un promedio de 5,65 y 5,47 cm respectivamente. El control resultó dar promedios similares al del tratamiento volvox (4,10 y 4,22 cm respectivamente) (Tabla 4). La aplicación de

manera foliar de los extractos acuosos de *V. sphaerocephala* y *V. fastigiata* a bajas concentraciones empleada durante el desarrollo del experimento principalmente en las hojas, pudieron haber influido a que dichos tratamientos de Verbesina a bajas concentraciones resultaran ser significativos por adquirir una mayor capacidad para sintetizar fotoasimilados, logrando que el parénquima de las hojas tenga mayor almacenamiento de sustancias sintetizadas a partir de  $CO_2$  al resto de los órganos de la planta (Melo et al., 2020).

El desarrollo de botones florares en las plantas de fresa (NB) fue beneficioso para el tratamiento V. f al 10% con un promedio de 1,8. Los tratamientos de V. s al 10 % y V.f al 15% obtuvieron un promedio aceptable 1,7 y 1,5 respectivamente, sin embargo, el tratamiento V.s al 10% resultó ser más bajo en comparación con el tratamiento volvox (1,3 y 1,4 respectivamente) quedando por debajo el control (1,0) (Tabla 4); pero a pesar de ello hay estudios que demuestran la eficiencia de las algas como lo indican Shukla et al. (2019) con la aplicación de *Ascophyllum nodosum* para la estimulación y desarrollo del crecimiento vegetal y lo afirman Dookie et al. (2021) en un experimento en tomate con la aplicación de un bioestimulante a base de macroalgas obteniendo resultados significativos el desarrollo de los botones florares y desarrollo de las flores.

Con lo que respecta al número de flores (NFL) el tratamiento de V.s al 10% resultó tener el mayor porcentaje de eficiencia agronómica (IEA% 207,14), seguido de V.f al 10% (IEA% 76,92), siendo el más bajo el tratamiento volvox (IEA% 7,69) (Tabla 4). Algo similar ocurre con el número de frutos (NFR) el tratamiento V.s al 10% obtuvo mayor eficiencia agronómica (IEA% 207,14), seguido de V.s al 15% (IEA% 171,42), ambos tratamientos de V.f (10 y 15%) también obtuvieron eficiencia agronómica aceptable (IEA% 150 y 142,85 respectivamente) (Tabla 4).

**Tabla 4**

Número de hojas (NH), ancho de la hoja (AH), largo de la hoja (LH), número de flores (NFL), número de botones (NB), número de frutos (NFR), número de coronas (NC), peso fresco (PF), longitud de raíz (LR), promedio de diez repeticiones por tratamiento y el índice de eficiencia agronómica (IEA%), de cada característica evaluada

Tratamientos	NH (unidad)	IEA% NH	AH (cm)*	LH (cm)*	IEA% NFL	NB	IEA% NFR	NC	IEA% PF	IEA% LR
Control	6,5	00	$3,1 \pm 1,0^a$	$4,7 \pm 2,1^a$	00	1,0	00	2,0	00	00
V.s 10%	9,6	47,69	$4,8 \pm 3,0^a$	$5,6 \pm 6,3^b$	207,14	1,7	207,14	3,1	65,78	94,71
V.s 15%	9,7	49,23	$4,1 \pm 2,4^a$	$4,9 \pm 2,4^a$	30,76	1,3	171,42	2,0	39,47	73,12
V.f 10%	9,6	47,69	$5,0 \pm 6,2^b$	$6,2 \pm 6,9^b$	76,92	1,8	150	2,0	50	70,64
V.f 15%	9,1	40	$4,6 \pm 2,0^a$	$5,1 \pm 2,4^a$	15,38	1,5	142,85	1,63	55,26	77,10
Volvox	8,4	29,23	$3,9 \pm 1,8^a$	$4,9 \pm 3,3^a$	7,69	1,4	114,28	1,6	21,57	40,07

\*Los promedios seguidos por la misma letra minúscula AH y LH, no difieren entre sí, según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

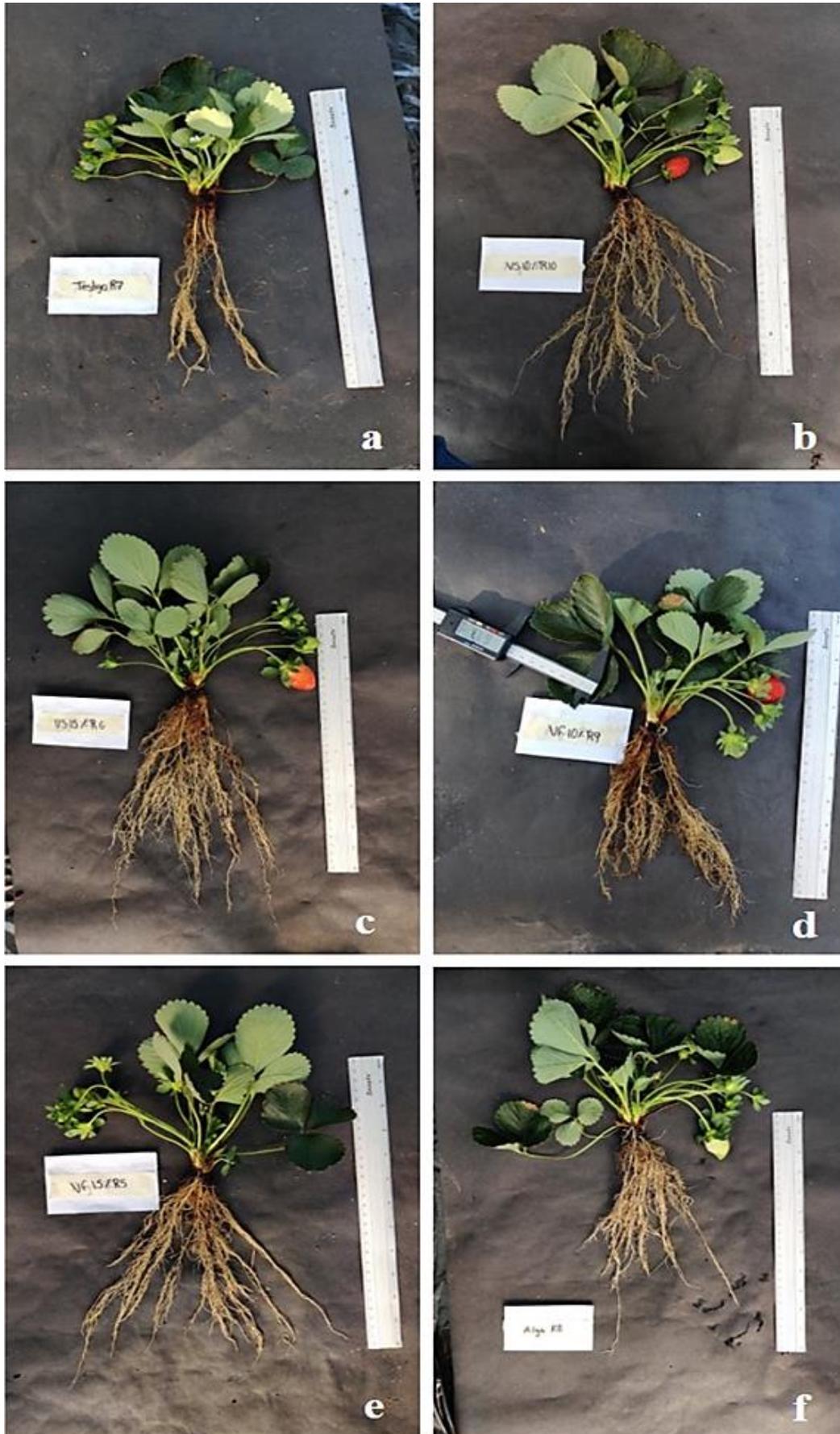


Figura 1. Diferencia entre los tratamientos en el desarrollo de plantas de fresa (*F. ananassa*) a) control, b) *Verbesina sphaerocephala* al 10%, c) *Verbesina sphaerocephala* al 15%, d) *Verbesina fastigiata* al 10%, e) *Verbesina fastigiata* al 15% y f) Volvox.

El número de flores (NFL) con aplicación de V.s al 10% fue el que mayor eficiencia agronómica obtuvo en el desarrollo de frutos. Los resultados con los extractos acuosos de ambas especies de *Verbesina*, pueden deberse a lo mencionado por [Moreno et al. \(2020\)](#) en donde señalan que la mayoría de las especies de la familia Asteracea que es a la que pertenecen dichas especies, tienen una fitohormona natural llamada ácido salicílico y dicha hormona pertenece al grupo de los fenólicos y esta favorece la síntesis de lignina, en la cual interfiere con el crecimiento celular, en la síntesis de fitoalexinas incrementando la resistencia a factores abióticos, obteniendo así un buen desarrollo en esta etapa fenológica del cultivo de la fresa que es el desarrollo de fruto. [Pérez \(2018\)](#) destaca que los bioestimulantes son sustancias que actúan sobre los procesos de la planta mejorando la capacidad productiva y de crecimiento.

La variable número de coronas (NC) que hace referencia algunos tallos rastreros que producen raíces adventicias de las cuales brotan nuevas plantas (estolones) el tratamiento V.s al 10% fue significativo obteniendo un promedio de 3,1, los tratamientos V.s al 15% y V.f al 10% junto con el control obtuvieron un promedio de 2, la aplicación con volvox resultó de 1,6 ([Tabla 4](#)).

La aplicación de bioestimulante de origen botánico es un enfoque relativamente nuevo, pero de gran ayuda al medio ambiente para la producción agrícola que enfrenta varias limitaciones, como escasez de agua, agotamientos de recursos, factores ambientales estresantes y cambio climático ([Petropoulos, 2020](#)).

La aplicación de extractos acuosos de *V. sphaerocephala* y *V. fastigiata* puede ser una alternativa viable como potencial agrícola por el buen desarrollo en todas las etapas fenológicas de la fresa como ([Figura 1 b, c, d y e](#), y [Tabla 4](#)), siendo, la *V. sphaerocephala* al 10% fue la que más destacó en todas las variables estudiadas en dicho experimento según el IEA% excepto el ancho y largo de las hojas. [Velasco-Ramírez et al. \(2021\)](#) probaron concentraciones bajas en cultivo de pepino (*C. sativus*) de *V. sphaerocephala* obteniendo resultados similares a los de este proyecto. Por otra parte, la eficiencia y uso de nutrientes es un término dinámico y complejo que incorpora varios componentes que reflejan la recuperación de nutrientes o rendimiento producido por unidad de nutriente aplicado ([Vera et al., 2019](#)). El índice de eficiencia agronómica (IEA) ayuda a evaluar ese uso eficiente de nutrientes en rendimiento por unidad de nutriente aplicado y por

los resultados que observamos en el experimento podemos destacar que los extractos acuosos de ambas especies de *Verbesina* pudieron observarse a corto plazo por el comportamiento visto en el desarrollo de las plantas a lo largo de la investigación, esto pudo deberse a que la combinación de fertilizantes utilizados junto con los extractos de *V. sphaerocephala* y *V. fastigiata* ayudaron a una mejor asimilación de aminoácidos a partir del nitrógeno y todo el proceso bioquímico complejo que enfrentan; por lo que la aplicación de ambos extractos acuosos permitieron ahorrar energía y mejorar el desempeño de las plantas en etapas críticas donde se requieren elementos altamente disponibles para realizar sus funciones. [Kocira et al. \(2020\)](#) mencionan que cuando un bioestimulante se aplica a bajas cantidades induce a mejorar la biosíntesis de un compuesto específico que desempeña un papel importante en las adaptaciones de la planta a las condiciones de estrés, [Macik et al. \(2020\)](#) argumentan que el uso de bioestimulantes estimula el proceso nutricional de las plantas independientemente de su contenido nutricional, esto para mejorar la eficiencia y uso de nutrientes, características cualitativas de calidad y la disponibilidad de nutrientes confinados en el suelo o en la rizosfera, tal como lo reveló el índice de eficiencia agronómica aplicado a las variables estudiadas en este proyecto.

#### 4. Conclusiones

Se demostró que los extractos acuosos de *V. sphaerocephala* y *V. fastigiata* a bajas concentraciones funcionan como potencial biológico para promover el crecimiento y rendimiento en cultivo de fresa e incluso se puede utilizar en otras hortalizas de la familia Rosacea. El mejorar la eficiencia del uso de nutrientes es una meta válida y un reto fundamental que debe enfrentar la industria de fertilizantes y de la agricultura en general, y el tratar de promover la elaboración y el consumo de productos orgánicos, sería una tarea clave para minimizar el impacto ambiental. Este estudio proporciona información para animar a los productores a utilizar este tipo de productos que puede elaborar él mismo a bajo costo y de una manera sustentable con resultados eficaces.

#### Agradecimientos

Este proyecto fue financiado a través del fondo PRO-SNI (2020) otorgado por la Universidad de Guadalajara.

## Referencias bibliográficas

- Ansorena, M. J. (1994). Sustratos propiedades y caracterización. Ediciones Mundiprensa. 172 p.
- Arciniegas, A., Pérez- Castorena, A. L., Villaseñor, J. L., & Romo de Viivar, A. (2020). Cadinenes and other metabolites from *Verbesina sphaerocephala* A. Gray. *Biochemical Systematics and Ecology*, 93, 1-6.
- Basak, R. (2020). Benefits and Costs of Nitrogen Fertilizer Management for Climate Change Mitigation: Focus on India and Mexico. CCAFS Working Paper No. 161. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CAAFS): Copenhagen, Denmark. Available online: [www.ccafs.cgiar.org](http://www.ccafs.cgiar.org).
- Cabrera, R. I. (1999). Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. *Revista Chapingo, Serie Horticultura*, 5(1), 5-12.
- Cedillo, E., Martínez, L. P., Castro, P., & Contreras, F. D. (2021). Strawberry production (*Fragaria* × *ananassa* Duchesne ex Rozier) in coconut fiber slabs under greenhouse, a teaching tool. *Acta Horticulturae*, 1309, 303-308.
- Celiktopuz, E., Kapur, B., Sardas, M. A., & Kargı, S. P. (2020). Response of strawberry fruit and leaf nutrient concentrations to the application of irrigation levels and a biostimulant. *Journal of Plant Nutrition*. 1-13.
- Dookie, M., Ali, O., Ramsabhadra, A., & Jayaraman, J. (2021). Flowering gene regulation in tomato plants treated with brown seaweed extracts. *Scientia Horticulturae*, 276, 109715.
- Hernández-Pérez, A. R. (2020). *Verbesina sphaerocephala* como recurso medicinal y potencial agrícola. Tesis de Licenciatura. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. 36 p.
- Kirschbaum, D. S., Heredia, A. M., Funes, C. F., & Quiroga, R. J. (2020). Effects of biostimulant applications on strawberry crop yield and quality. *Horticultura Argentina*, 38(95), 25-40.
- Kocira, S., Szparaga, A., Findura, P., & Treder, K. (2020). Modification of Yield and Fiber Fractions Biosynthesis in *Phaseolus vulgaris* L. by Treatment with Biostimulants Containing Amino Acids and Seaweed Extract. *Agronomy*, 10(9), 1338.
- López-Pérez, L., Cárdenas-Navarro, R., Lobit, P., Martínez-Castro, O., & Escalante-Linares, O. (2005). Selección de un sustrato para el crecimiento de fresa en hidroponía. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 28(2), 171-174.
- Melo, P., Abreu, C., Bahcevandziev, K., Araujo, G., & Pereira, L. (2020). Biostimulant Effect of Marine Macroalgae Bioextract on Pepper Grown in Greenhouse. *Applied Sciences*, 10, 2-12.
- Moreno, P. G. F., Narváez, G. H. F., & González, T. M. E. (2020). Plantas medicinales para el alivio del dolor. *Ciencia*, 71(2), 44-51.
- Mutlu-Durak, H., & Kutman B. Y. (2021). Seed Treatment with Biostimulants Extracted from Weeping Willow (*Salix babylonica*) Enhances Early Maize Growth. *Plants*, 10, 2-20.
- Peñuelas, R. J. L., & Ocaño, B. L. (2000). Cultivo de plantas forestales en contenedor. 2ª edición. Mundi Prensa. Madrid, España. 190 p.
- Pérez, G. L. L. (2018). Inducción de la floración en fresa (*Fragaria* × *ananassa*) variedad albión, mediante la aplicación de extracto de sauce (*Salix humboldtiana*) y agua de coco (*Cocos nucifera* L). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Ambato. 68 p.
- Petropoulos, S. A. (2020). Practical Applications of Plant Biostimulants in Greenhouse Vegetable Crop Production. *Agronomy*, 10(10), 1569, 1-4.
- Reyes-Pérez, J. J., Rivero-Herrada, M., Solórzano-Cedaño, A. E., Carballo-Méndez, F. J., Lucero-Vega, G., & Ruiz-Espinoza, F. H. (2021). Aplicación de ácidos húmicos, quitosano y hongos micorrizicos como influyen en el crecimiento y desarrollo de pimiento. *Terra Latinoamericana*, 39, 1-13.
- Rodríguez-Valdovinos, K. Y., Salgado-Garciglia R., Vázquez-Sánchez, M., Álvarez-Bernal, D., Oregel-Zamudio, E., Ceja-Torres, L. F., & Medina-Medrano, J. R. (2021). Quantitative Analysis of Rutin by HPTLC and In Vitro Antioxidant and Antibacterial Activities of Phenolic-Rich Extracts from *Verbesina sphaerocephala*. *Plants*, 10, 2-14.
- Rzedowski, J., Calderón de Rzedowski, G., & Carrillo-Reyes, P. (2011). Compositae. Tribu Heliantheae II (géneros Lagascea-Zinnia). Flora del Bajío y de Regiones adyacentes. Instituto de Ecología, A.C. Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro, México.
- SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2020). Planeación Agrícola Nacional, Fresa Mexicana. p 13.
- Santiago, J. (2017). Características del sustrato ideal para alto rendimiento. [Hortalizas.https://www.hortalizas.com/proteccion-de-cultivos/caracteristicas-del-sustrato-ideal-para-alto-rendimiento/](https://www.hortalizas.com/proteccion-de-cultivos/caracteristicas-del-sustrato-ideal-para-alto-rendimiento/) (Consultado en agosto de 2021).
- Shaheen, M. A., Abd ElWahab, S. M., El-Morsy, F. M., & Ahmed, A. S. S. (2013). Effect of organic and bio-fertilizers as a partial substitute for NPK mineral fertilizer on vegetative growth, leaf mineral content, yield and fruit quality of superior grapevine. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*, 5, 151-159.
- Shahrajabian, M. H., Chaski, C., Polyzos, N., Tzortzakis, N., & Petropoulos, S. A. (2021). Sustainable Agriculture Systems in Vegetable Production Using Chitin and Chitosan as Plant Biostimulants. *Biomolecules*, 11, 2-18.
- Shukla, P. S., Mantin, E. G., Adil, M., Bajpai, S., Critchley, A. T., & Prithiviraj, B. (2019). *Ascophyllum nodosum*-Based Biostimulants: Sustainable Applications in Agriculture for the Stimulation of Plant Growth, Stress Tolerance, and Disease Management. *Frontiers in Plant Science*, 10, 655.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2020). Atlas-Agroalimentario. [inforural.com.mx](http://inforural.com.mx). (Consultado agosto 2021)
- Trejo-Téllez, L. I., Ramírez-Martínez, M., Gómez-Merino, F. C., García-Albarado, J. C., Baca-Castillo, G. A., & Tejeda-Sartorius O. (2013). Evaluación física y química de tezontle y su uso en la producción de tulipán. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5, 863-876.
- Velasco-Ramírez, A., Velasco-Ramírez A. P., Hernández-Herrera, R. M., García-Contreras F. M., & Maldonado-Villegas, M. M. (2020). Effect of liquid seaweed extract on potted growth of *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinnery. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23, 1-11.
- Velasco-Ramírez, A. P., Velasco-Ramírez, S. F., & Velasco-Ramírez, A. (2019). Uso en medicina tradicional de *Verbesina sphaerocephala* A. Gray (Asteraceae) en la comunidad de San Martín de las Flores, Jalisco, México. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 18(2), 144-154.
- Velasco-Ramírez, A. P., Virgen-Calleros, G., Hernández-Herrera, R. M., Velasco-Ramírez, A., Corona-Cervantes, M. P., Munguía-Lizalde, D. M., & Hernández-Pérez, A. R. (2021). *Verbesina sphaerocephala* extracts promote the development of *Cucumis sativus* and reduce the damage caused by *Meloidogyne incognita*. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 39, 1-15.
- Vera, A. D., Cedeño, G. G., Cedeño-García, G., Cargua, C., & Garay, L. M. (2019). *Agrociencias*, 35(3), 251-260.
- Zulficar, F., Casadeús, A., Brockman, H., & Munné-Bosch, S. (2019). An overview of plant-based natural biostimulants for sustainable horticulture with a particular focus on moringa leaf extracts. *Plant Science*, 110194.