

## Residuos agroindustriales y pecuarios como componentes de sustrato para la producción de *Catharanthus roseus*

Crystal Gisselle Urgell-Cruz<sup>1</sup>, Salomé Gayosso-Rodríguez<sup>2</sup>, Maximiano Antonio Estrada-Botello<sup>2,\*</sup>, Areli Carrera-Lanestosa<sup>2</sup> y Eduardo Villanueva-Couoh<sup>3</sup>

- <sup>1</sup> Estudiante del programa de Ingeniería en Agronomía de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (DACA-UJAT). Carretera Villahermosa-Teapa Km 25, Ra. La Huasteca 2ª sección, Centro. 86280 Tabasco, México.
- <sup>2</sup> Profesores Investigadores del programa de Ingeniería en Agronomía de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (DACA-UJAT). Carretera Villahermosa-Teapa Km 25, Ra. La Huasteca 2ª sección, Centro. 86280 Tabasco, México.
- <sup>3</sup> Responsable del Laboratorio de Fisiología y Biotecnología Vegetal del Instituto Tecnológico de Conkal, Avenida Tecnológico s/n. 9345 Conkal, Yucatán, México.

### Resumen

Los residuos agroindustriales y agropecuarios son materias primas que reincorporadas a la producción de plantas como sustratos, son una opción económica y sustentable; por ello, el objetivo fue evaluar mezclas de suelo con estiércol y residuos agroindustriales para la producción de *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. Los materiales utilizados fueron: estiércol bovino (EB), estiércol ovino (EO), fibra de palma de aceite (FPA), cascarilla de palma de aceite (CPA) y aserrín de palma de coco (APC); se utilizó 40 % de un suelo Gleysol como base y el resto residuos orgánicos en diferentes proporciones. Se evaluaron 13 mezclas y suelo (100 %) como testigo. Se midieron características físicas y químicas en las mezclas: porosidad total (Pt), porosidad de aireación (Pai), porosidad de retención (Pra), densidad aparente (Da), pH y conductividad eléctrica (CE). A los 60 días de cultivo se midió: altura de planta (cm), diámetro de tallo (mm), días a floración, número de flores, biomasa aérea y de raíces (g). Los resultados mostraron que en las mezclas con residuos orgánicos la Da disminuyó, y la Pt y la Pai aumentaron; las mezclas tuvieron pH y CE en los rangos sugeridos para el cultivo de plantas, excepto las mezclas con EO (CE: 12 dS m<sup>-1</sup>). Las plantas cultivadas en EB (20 %) con FPA, CPA y APC en proporciones de 10-10-20, 0-20-20 y 20-0-20, tuvieron un incremento en altura, número de flores, biomasa seca aérea y de raíz. Por lo tanto, la incorporación de residuos agroindustriales y pecuarios como sustratos mejoraron la producción de vicaria.

**Palabras clave:** Residuos de palma de aceite, aserrín de palma de coco, economía circular, sustratos orgánicos.

---

\* Autor para correspondencia: maximiano.estrada@Ujat.mx

Cita del artículo: Urgell-Cruz C.G., Gayosso-Rodríguez S., Estrada-Botello M.A., Carrera-Lanestosa A., Villanueva-Couoh E. (2025). Residuos agroindustriales y pecuarios como componentes de sustrato para la producción de *Catharanthus roseus*. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 121(1): 2-16. <https://doi.org/10.12706/itea.2024.016>



## Agroindustrial and livestock waste as substrate components to produce *Catharanthus roseus*

### Abstract

Agroindustrial and agricultural waste are raw materials that, reincorporated into the production of plants as substrates, are an economic and sustainable option; therefore, the objective was to evaluate soil mixtures with manure and agroindustrial waste to produce *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. The materials used were bovine manure (EB), sheep manure (EO), oil palm fiber (FPA), oil palm husk (CPA) and coconut palm sawdust (APC); 40 % of Gleysol soil was used as a base and the rest of organic waste in different proportions. A total of 13 mixtures were evaluated and soil (100 %) as a control. Physical and chemical characteristics were measured: total porosity (Pt), aeration porosity (Pai), retention porosity (Pra), apparent density (Da), pH and electrical conductivity (CE). After 60 days of cultivation, they were measured: plant height (cm), stem diameter (mm), days to flowering, number of flowers, aerial and root biomass (g). The results showed that in the mixtures with organic waste, Da decreased and Pt and Pai increased; The mixtures had pH and CE in the ranges suggested for plant cultivation, except the mixtures with EO (CE: 12 dS m<sup>-1</sup>). Plants grown in EB (20 %) with FPA, CPA and APC in proportions of 10-10-20, 0-20-20 and 20-0-20, had an increase in height, number of flowers, dry aerial biomass, and root biomass. Therefore, the incorporation of agro-industrial and livestock waste as substrates improved *C. roseus* production.

**Keywords:** Oil palm waste, coconut palm sawdust, circular economy, organic substrates.

### Introducción

En los últimos años se ha generado el interés por incorporar residuos orgánicos como componentes de sustratos en el cultivo de especies forestales, hortalizas y ornamentales, con el objetivo de mejorar las características físico-químicas y disminuir el uso del suelo (López-Rodríguez et al., 2017). Los materiales orgánicos seleccionados, deben tener valor económico, disponibilidad local, fácil adquisición y mínimo impacto al ambiente (Gayosso-Rodríguez et al., 2021).

En relación con esto, los subproductos o residuos agroindustriales son materia prima que agregados a los sistemas productivos agrícolas en forma de sustrato, representa una alternativa accesible y económica para la producción de plantas en contenedor (Gayosso-Rodríguez et al., 2016 y 2018). Particularmente, en México se ha incrementado el cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis*) (Hernández-Rojas et al., 2018) donde la industrialización de una tonelada de fruto genera 0,37 t de residuos sólidos; 0,06 t de cascarilla del fruto y 0,09 t de fibras (Yeit y

Sobri, 2022). Por otra parte, otro material disponible localmente, es el aserrín de tallos de cocotero, residuo generado por el aprovechamiento de la madera a consecuencia del abandono del cultivo de cocotero por el amarillamiento letal y la caída del precio de la copra (Bermúdez et al., 2018).

En las áreas de producción pecuaria también se generan residuos como los estiércoles; al respecto, Da Costa Ferreira et al. (2018) concluyen después de una caracterización física, química y microbiológica de estiércol bovino, que es un material que puede ser utilizado como componente de sustrato para la producción de plantas. Se ha documentado que el aprovechamiento de estiércol como abono agrícola es un reciclado de nutrientes que mejora las características físicas y microbiológica de los suelos y es un material disponible y económico (Iguácel Soteras et al., 2018; Murillo-Montoya et al., 2020).

En relación con la incorporación de residuos agropecuarios en la producción de flores, en algunas áreas florícolas del país se aplica Bocosashi y composta a base de residuos vegeta-

les, estiércoles y otros materiales con el objetivo de disminuir el empleo de fertilizantes químicos (Ramírez-Gerardo et al., 2021). Los estiércoles se han utilizado como abono en diversos cultivos ornamentales, como: rosas (Cortes Jiménez et al., 2017), clavelinas (*Dianthus chinensis*), Fuchsias (*Fuchsia* sp.) (Jaulis et al., 2018), geranios (*Pelargonium Grandiflorum* Willd), belén (*Impatiens walleriana* Hook.f.) (Huerta-Muñoz y Cruz-Hernández, 2018), entre otros, obteniendo resultados variados de acuerdo a la cantidad de estiércol utilizada y la especie vegetal evaluada.

Vicaria (*Catharanthus roseus* L. G. Don), es una planta herbácea ornamental y medicinal, nativa de Madagascar y sudoeste de Asia (Chaturvedi et al., 2022). Se distribuye en el Centro y Sureste de México, Baja California Sur y Sinaloa (Red de Herbarios del Noreste de México, 2023) y tiene importancia a nivel mundial por sus compuestos químicos, como: fenoles, flavonoides, alcaloides, carbohidratos, saponina, tanino, sustancias de valor medicinal y terapéutico (Mahood, 2021). Es una especie que crece a pleno sol y no tolera temperaturas inferiores a 10 °C (Paarakh et al., 2019); se desarrolla en zonas subtropicales (Alor Chávez et al., 2012), requiere de suelos drenados con pH de 5,5 a 6,5; es tolerante a la sequía y sensible al exceso de agua, crece incluso en suelos pobres y salinos (hasta a 2000 ppm) (Paarakh et al., 2019; Chaturvedi et al., 2022).

El número y tamaño de las flores son características morfológicas que varían de acuerdo a la especie (De Paula et al., 2021); sin embargo, la fertilización con nitrógeno aumenta altura de planta, número de flores, ramas y lecturas SPAD (Rani et al., 2023). La incorporación de residuos orgánicos como sustratos favorece el crecimiento de vicaria, al respecto, Alor Chávez et al. (2012) mencionan que mezclar 50 % de composta a suelo, generó mayor altura de planta y producción de biomasa comparada con 100 % suelo; por su parte, ElTantawy et al. (2023) mencionan que combinaciones de

cáscara de cacahuete con turba en una relación 1:1 incrementó altura de planta, número de flores, número de brotes y área foliar; y Damaceno et al. (2022) evaluaron mezclas de fibra de coco y cascarilla de arroz carbonizada relación 1:1, encontrando retención favorable de agua lo que mejoró atributos florales en *C. roseus*.; por otro lado, Behzadi et al. (2022) indican que el tipo de sustrato influye en los parámetros fisiológicos y de crecimiento (número de hojas, longitud de raíz, biomasa de la raíz, longitud del brote y biomasa del brote) de *C. roseus*.

Considerando la posibilidad de aprovechamiento de residuos agropecuarios disponibles localmente en la producción de plantas en vivero, el objetivo de esta investigación fue evaluar la utilización de residuos agroindustriales y estiércol como componentes de sustratos para la producción de *C. roseus* (L.) G. Don en contenedor.

## Material y métodos

El experimento se realizó en un área con malla sombra al 35 % en los viveros e invernaderos de la División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), ubicada en el kilómetro 25+2 de la carretera Villahermosa-Teapa, en la Ranchería la Huasteca 2ª sección del municipio de Centro, Tabasco; localizada entre los paralelos 92° 57' 15" y 92° 57' 30" LO, y 17° 47' 30" y 17° 47' 15" LN, con un altitud de 19,7 m s.n.m. La temperatura promedio del lugar del experimento de acuerdo a las normales climatológicas para los meses de estudio (enero, febrero y marzo) es 23,5; 24,8 y 26,4 respectivamente y la para la precipitación es 183,9; 101,8 y 52,4 mm (CONAGUA, 2024).

Se recolectó estiércol bovino (EB) de la posta bovina de la DACA UJAT y estiércol ovino (EO) del Centro de Integración Ovina del Su-

reste (CIOS). Ambos materiales solo se secan al sol para uniformizar la humedad durante un periodo de 30 días y posteriormente fueron almacenados y posteriormente se analizaron para determinar la composición química en base a materia seca (Tabla 1).

Se utilizaron fibra del fruto de palma de aceite (FPA), cascarilla del fruto de palma de aceite (CPA) y aserrín de la madera de palma de coco (APC). Estos se colectaron en las zonas de producción. Los dos primeros en la empresa Oleopalma® del municipio de Jalapa, Tabasco y el último, en un aserradero comercial de madera de coco del municipio de Paraíso, Tabasco. Los materiales se tamizaron en una malla de 1 cm<sup>2</sup> y posteriormente, se mezclaron con un suelo Gleysol (Tabla 2) en diferentes proporciones y se dejaron reposar durante 30 días. En total, se evaluaron 14 tratamientos, en un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones (Tabla 3).

Se utilizaron semillas de *C. roseus* L. variedad 'Cherry', se germinaron en charolas de po-

liestireno de 128 cavidades, utilizando como sustrato perlita y turba (*Sphagnum*), en una relación 1:2 v/v. Posteriormente, a los 25 días se realizó el trasplante a macetas de 15 cm de diámetro colocando una planta por maceta. Las plantas se aclimataron en vivero por una semana bajo malla sombra al 40 %, posteriormente, la malla fue retirada. Se utilizó fertiriego utilizando Polifeed® 19-19-19 y nitrato de calcio a una dosis de 0,5 g L<sup>-1</sup> durante los primeros 15 días, y posteriormente, se aumentó a 1 g L<sup>-1</sup>. Se aplicó Bayfolan® una vez por semana a una dosis de 1 ml L<sup>-1</sup> con aspersiones foliares.

En cuanto a las variables, en los sustratos se midió pH en una relación de 1:2 v/v y CE a una relación de 1:5 v/v, utilizando un potenciómetro-conductímetro marca Hanna Modelo HI 2211. Se determinó la densidad aparente (Da), utilizando la fórmula:

$$Da = \frac{\text{peso del sustrato seco (g)}}{\text{volumen total (cm}^3\text{)}} \quad [1]$$

Tabla 1. Análisis nutrimental del estiércol bovino y ovino.  
Table 1. Nutritional analysis of bovine and sheep manure.

| Determinación   | Método                       | Unidades           | Abonos orgánicos |       |
|-----------------|------------------------------|--------------------|------------------|-------|
|                 |                              |                    | Bovino           | Ovino |
| pH              | NMX-FF-109-SCFI-2007         |                    | 7,41             | 5,50  |
| CE              | NMX-FF-109-SCFI-2007         | dS m <sup>-1</sup> | 3,50             | 17,0  |
| Nitrógeno total | Dumas                        | %                  | 1,89             | 4,13  |
| Fósforo (P)     | Digestión en microondas/ ICP | %                  | 0,24             | 2,44  |
| Potasio (K)     | Digestión en microondas/ ICP | %                  | 1,16             | 4,16  |
| Calcio (Ca)     | Digestión en microondas/ ICP | %                  | 2,79             | 4,69  |
| Magnesio (Mg)   | Digestión en microondas/ ICP | %                  | 0,53             | 1,18  |

Tabla 2. Características físicas y químicas del suelo Gleysol.

Table 2. Physical and chemical characteristics of Gleysol soil.

| Propiedad                       | Valor |
|---------------------------------|-------|
| Textura                         |       |
| Arcilla (%)                     | 40,7  |
| Arena (%)                       | 24,6  |
| Limo (%)                        | 34,3  |
| Da (Mg m <sup>-3</sup> )        | 1,20  |
| CC (%)                          | 42,10 |
| PMP (%)                         | 13,91 |
| pH                              | 7,4   |
| MO (%)                          | 2,4   |
| CIC (cmol(+) kg <sup>-1</sup> ) | 42,1  |
| Ca (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )  | 26,4  |
| Mg (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )  | 14,3  |
| Na (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )  | 1,2   |
| K (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )   | 1,68  |

Da: Densidad aparente, CC: Capacidad de campo, PMP: Punto de marchitez permanente. CIC: Capacidad de intercambio catiónico. Fuente: Palma-López et al., 2007.

Se determinó porosidad total (Pt), porosidad de aireación (Pai) y porosidad de retención de agua (Pra), con el procedimiento descrito por Landis (1990).

A los 60 días de cultivo se midió: altura de la planta (cm) y diámetro del tallo (mm). Se determinó la biomasa fresca y seca de la parte aérea (tallos, hojas y flores) y raíces (g) en una balanza digital marca OHAUS modelo Scout Pro SP401 con 0,1 g de precisión. Posteriormente, se colocaron las muestras en bolsas de papel y se secaron en una estufa de aire forzado marca Felisa, modelo FE-291 a 60 °C hasta peso constante.

Se calculó el índice de calidad de Dickson (ICD) mediante la fórmula:

$$ICD = \frac{\text{Peso total seco (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}} + \frac{\text{Peso seco de la parte aérea (g)}}{\text{Peso seco de la raíz (g)}}} \quad [2]$$

Se midió longitud y se determinó el volumen de raíces utilizando el principio de Arquímedes que consiste en la sumersión del material en un contenedor con agua y se determinó el volumen de agua desplazado (Córdoba-Rodríguez et al., 2011). Se registraron los días a floración, número de flores por planta y el diámetro de la corola. Para las variables de crecimiento y desarrollo se utilizaron tres repeticiones.

El procesamiento de los datos se realizó mediante un análisis de varianza; con el modelo:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij} \quad [3]$$

dónde: es la variable respuesta de la ij-esima unidad experimental;  $\mu$  es el efecto de la media general; es el efecto del i-esimo tratamiento; es el efecto del error experimental asociado a la i-esima unidad experimental; cuando hubo las diferencias, se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey ( $P < 0,05$ ) utilizando el paquete estadístico STATGRAPHICS 2009.

## Resultados y discusión

En las características químicas de las mezclas se observaron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en pH y CE. Las mezclas con estiércol bovino tuvieron valores de pH de 5,76 a 6,29, y CE promedio de 0,737 dS m<sup>-1</sup> (Tabla 4). Estos valores fueron semejantes a los reportados por Acevedo-Alcalá et al. (2020a) para estiércol bovino; el pH y la CE se incrementó ligeramente al incorporarlo en la mezcla, no obstante, los valores se mantuvieron en el rango sugerido para el cultivo de plantas en contenedor.

Tabla 3. Porcentajes de los materiales combinados para la formulación de sustratos (v/v).  
Table 3. Percentages of the combined materials for the substrate formulation (v/v).

| Sustratos | Materiales orgánicos (%) |    |    |     |     |     |
|-----------|--------------------------|----|----|-----|-----|-----|
|           | Suelo                    | EB | EO | FPA | CPA | APC |
| T1        | 40                       | 20 | 0  | 20  | 10  | 10  |
| T2        | 40                       | 20 | 0  | 10  | 20  | 10  |
| T3        | 40                       | 20 | 0  | 10  | 10  | 20  |
| T4        | 40                       | 20 | 0  | 0   | 20  | 20  |
| T5        | 40                       | 20 | 0  | 20  | 0   | 20  |
| T6        | 40                       | 20 | 0  | 20  | 20  | 0   |
| T7        | 40                       | 0  | 20 | 20  | 10  | 10  |
| T8        | 40                       | 0  | 20 | 10  | 20  | 10  |
| T9        | 40                       | 0  | 20 | 10  | 10  | 20  |
| T10       | 40                       | 0  | 20 | 0   | 20  | 20  |
| T11       | 40                       | 0  | 20 | 20  | 0   | 20  |
| T12       | 40                       | 0  | 20 | 20  | 20  | 0   |
| T13       | 40                       | 0  | 0  | 20  | 20  | 20  |
| T14       | 100                      | 0  | 0  | 0   | 0   | 0   |

EB = Estiércol de bovino; EO = Estiércol de ovino; FPA = Fibra del fruto de palma de aceite; CPA = Cascarilla del fruto de palma de aceite; APC = Aserrín de la madera de palma de coco.

Las mezclas que contenían estiércol ovino tuvieron valores de pH entre 5,44 y 5,63, mientras que la CE se incrementó hasta 12,89 dS m<sup>-1</sup>, considerada alta para el cultivo de plantas en contenedor (Gayosso-Rodríguez et al., 2016). Aunque Chaturvedi et al. (2022) mencionan a *C. roseus* L. es tolerante a la salinidad, en este estudio se observaron que estos valores de CE ocasionaron efectos negativos en variables de crecimiento y producción de biomasa.

En cuanto a las características físicas de los sustratos, la Da de las mezclas con residuos orgánicos fueron menores con valores de hasta 0,569 g cm<sup>-3</sup> respecto al testigo (0,950 mg cm<sup>-3</sup>). La Da baja favorece el desplazamiento de

las raíces y el movimiento del agua al interior del sustrato (infiltración y percolación) y se traduce en sustratos ligeros y fáciles de manejar; por el contrario, una alta Da genera dificultad para la penetración de las raíces y disminuye la porosidad (Arias Arias, 2021).

Al incorporar residuos orgánicos al suelo, la Pt se incrementó excepto T2 y T3 (Tabla 4). La Pai de las mezclas con sustratos orgánicos oscilaron de 8,44 % a 13,98 % superando significativamente al testigo (4,03 %). Las mezclas T5, T9 y T12 destacaron por su incremento en los valores de Pt y Pai. La Pra de las mezclas con residuos orgánicos fueron inferiores al testigo con valores mínimos de 39 %, lo que se atribuye al incremento de la porosidad de

Tabla 4. Características físicas y químicas de mezclas de estiércol de bovino (EB), estiércol de ovino (EO), fibra del fruto de palma de aceite (FPA), cascarilla del fruto de palma de aceite (CPA) y aserrín de madera de palma de coco (APC).

Table 4. Physical and chemical characteristics of mixtures with bovine manure (BE), sheep manure (EO), oil palm fruit fiber (FPA), oil palm fruit husk (CPA) and wood sawdust coconut palm (APC).

| Sustratos           | pH<br>1:2 v/v      | CE<br>(dS m <sup>-1</sup> ) | Pt<br>(%)                 | Pai<br>(%)                           | Pra<br>(%)                          | Da<br>(g cm <sup>-3</sup> )                           |
|---------------------|--------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---|
| T1                  | 6,07 <sup>b</sup>  | 0,726 <sup>ef</sup>         | 50,33 <sup>de</sup>       | 8,44 <sup>d</sup>                    | 41,89 <sup>cdefg</sup>              | 0,649 <sup>d</sup>                                    |
| T2                  | 6,29 <sup>a</sup>  | 0,666 <sup>ef</sup>         | 48,21 <sup>f</sup>        | 8,73 <sup>d</sup>                    | 39,48 <sup>g</sup>                  | 0,642 <sup>de</sup>                                   |
| T3                  | 6,25 <sup>a</sup>  | 0,753 <sup>ef</sup>         | 49,77 <sup>ef</sup>       | 8,80 <sup>cd</sup>                   | 40,98 <sup>defg</sup>               | 0,601 <sup>f</sup>                                    |
| T4                  | 6,28 <sup>a</sup>  | 0,733 <sup>ef</sup>         | 51,95 <sup>cd</sup>       | 11,19 <sup>abc</sup>                 | 40,76 <sup>efg</sup>                | 0,618 <sup>ef</sup>                                   |
| T5                  | 5,76 <sup>c</sup>  | 0,756 <sup>ef</sup>         | 56,44 <sup>a</sup>        | 13,33 <sup>a</sup>                   | 43,11 <sup>bcd<sup>e</sup></sup>    | 0,569 <sup>g</sup>                                    |
| T6                  | 6,02 <sup>b</sup>  | 0,786 <sup>e</sup>          | 53,67 <sup>bc</sup>       | 13,54 <sup>a</sup>                   | 40,13 <sup>fg</sup>                 | 0,643 <sup>de</sup>                                   |
| T7                  | 5,44 <sup>f</sup>  | 12,89 <sup>a</sup>          | 53,71 <sup>bc</sup>       | 13,98 <sup>a</sup>                   | 39,72 <sup>fg</sup>                 | 0,662 <sup>d</sup>                                    |
| T8                  | 5,46 <sup>f</sup>  | 6,946 <sup>c</sup>          | 53,40 <sup>bc</sup>       | 9,27 <sup>bcd</sup>                  | 44,13 <sup>abc</sup>                | 0,653 <sup>d</sup>                                    |
| T9                  | 5,63 <sup>d</sup>  | 7,340 <sup>c</sup>          | 55,04 <sup>ab</sup>       | 13,06 <sup>a</sup>                   | 41,98 <sup>cdef</sup>               | 0,599 <sup>f</sup>                                    |
| T10                 | 5,55 <sup>de</sup> | 6,283 <sup>d</sup>          | 51,95 <sup>cd</sup>       | 8,96 <sup>cd</sup>                   | 42,99 <sup>bcde</sup>               | 0,661 <sup>d</sup>                                    |
| T11                 | 5,57 <sup>d</sup>  | 10,060 <sup>b</sup>         | 51,69 <sup>cde</sup>      | 10,08 <sup>bcd</sup>                 | 41,61 <sup>cdefg</sup>              | 0,617 <sup>ef</sup>                                   |
| T12                 | 5,55 <sup>de</sup> | 6,290 <sup>d</sup>          | 54,99 <sup>ab</sup>       | 11,53 <sup>ab</sup>                  | 43,46 <sup>bcd</sup>                | 0,747 <sup>c</sup>                                    |
| T13                 | 5,48 <sup>ef</sup> | 0,546 <sup>ef</sup>         | 54,75 <sup>ef</sup>       | 9,59 <sup>bcd</sup>                  | 45,15 <sup>ab</sup>                 | 0,803 <sup>b</sup>                                    |
| T14                 | 5,12 <sup>g</sup>  | 0,180 <sup>f</sup>          | 50,49 <sup>de</sup>       | 4,03 <sup>e</sup>                    | 46,46 <sup>a</sup>                  | 0,950 <sup>a</sup>                                    |
| Rangos<br>sugeridos | 5,3-6,5            | <2 dS m <sup>-1</sup>       | Abad<br>(1995)<br>70-85 % | De Boodt<br>et al. (1974)<br>10-30 % | Handreck<br>y Black (1994)<br>>55 % | Ansorena<br>Miner (1994)<br><0,60 mg cm <sup>-3</sup> |

T1(S40+EB20+FPA20+CPA10+APC10);T2(S40+EB20+FPA10+CPA20+APC10);T3(S40+EB20+FPA10+CPA10+APC20);T4(S40+EB20+CPA20+APC20);T5(S40+EB20+FPA20+APC20);T6(S40+EB20+FPA20+CPA20);T7(S40+EO20+FPA20+CPA10+APC10);T8(S40+EO20+FPA10+CPA20+APC10);T9(S40+EO20+FPA10+CPA10+APC20);T10(S40+EO20+CPA20+APC20);T11(S40+EO20+FPA20+APC20);T12(S40+EO20+FPA20+CPA20);T13(S40+FP A20+CPA20+APC20);T14(S100). CE = Conductividad eléctrica; Pt = Porosidad total; Pai = Porosidad de aireación; Pra = Porosidad de retención de agua; Da = Densidad aparente. Letras superíndices iguales no representan diferencia estadística significativa (Tukey  $P < 0,05$ ).

aireación. En general, se observó que la inclusión de residuos orgánicos a suelo (T14) incrementó la porosidad y disminuyó la Da; esto se debe a que la porosidad es mayor por la combinación de formas y tamaños de partículas que determinan los poros y en consecuen-

cia, la capacidad de retención y aireación del sustrato (Gayosso-Rodríguez et al., 2021).

Respecto a las variables de crecimiento y desarrollo, se observó que a 60 días de cultivo, las plantas cultivadas en mezclas con estiércol bovino alcanzaron mayor altura que las

cultivadas en mezcla con estiércol ovino (Tabla 4). Particularmente, la altura de planta de T5 fue mayor significativamente (18,80 cm), tratamiento que contiene fibra de palma de aceite lo que puede afectar el su crecimiento como lo indica Ghouili et al. (2022) en sus reportes. Mientras que las de la mezcla T7 (11,63 cm) tuvo un crecimiento inferior incluso al testigo (15,63 cm); este tratamiento tiene el 10 % de aserrín lo que debería ayudar a mejorar sus propiedades físicas ya que Yasin et al. (2020) encontraron que el uso de este sustrato contribuye al desarrollo de las plantas, sin embargo, la concentración de CE del EO pudo reducir su crecimiento.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Huerta-Muñoz y Cruz-Hernández (2018) en geranio (*Pelargonium Grandiflorum* Willd) en el que indican que los tratamientos que contienen lombricompost de bovino, turba y compost de ovino, incrementaron la altura de planta, longitud de raíz y número de hojas; de igual manera, en lechugas la incorporación de estiércol bovino y composta de residuos orgánicos domiciliarios (1:1) incrementó la altura y el número de hojas, las características físicas, químicas y microbiológicas de estiércol bovino son adecuadas para la producción de plantas (Da Costa Ferreira et al., 2018).

Respecto al diámetro de tallo se observaron diferencias en los tratamientos con estiércol bovino y con estiércol ovino; destacando T2, T3 y T5 con valores de 7,66 mm; 7,32 mm y 7,76 mm, respectivamente, con valores superiores al testigo (Tabla 5). En relación al Índice de Calidad de Dickson, hubo diferencias significativas entre mezclas ( $P < 0,05$ ), T5 tuvo el mayor valor (0,70) sin diferencias significativas con el testigo (Tabla 5) y mezclas con estiércol bovino, sin embargo, fueron superiores significativamente a las cultivadas en mezclas con estiércol ovino (Tabla 5). Considerando que el IDC se ha utilizado para representar la relación de la biomasa y la robustez, y expresa el vigor de la planta (Dickson et al., 1960), los valores bajos denotan plan-

tas con menor resistencia al trasplante y condiciones de estrés; por lo tanto la calidad de las plantas cultivadas con residuos agroindustriales y estiércol bovino tuvieron calidad similar a las cultivadas en suelo.

En relación a la floración, T5 presentó floración a los 54 dds, 24 flores por planta y diámetro de flor promedio de 47,77 mm (T5), valores superiores significativamente al testigo ( $P < 0,05$ ) (Tabla 5); resultados similares a los obtenidos por Huerta-Muñoz y Cruz-Hernández (2018) en belén (*Impatiens walleriana* Hook.f.) al combinar lombricomposta de estiércol bovino (25 %) con turba (75 %) donde el número de inflorescencias se incrementó. Por el contrario, la floración de T7 fue casi nula con tres flores por planta y diámetro de flor de 31,84 mm, efecto que se atribuye a la alta CE de las mezclas; al respecto, Jaulis et al. (2018) reportaron la disminución o nula producción de flores en *Dianthus chinensis* (clavelina) y *Fuchsia* sp. (Fuchsia) ocasionada por alta CE y relación C/N, en mezclas de estiércol de caballo con aserrín (1:1) y aserrín con composta y tierra (1:1); por lo que se asume que las variables de floración estuvieron influenciadas por la alta CE de las mezclas con estiércol ovino.

En cuanto a la biomasa seca aérea T3, T4 y T5 fueron iguales estadísticamente ( $P < 0,05$ ) al testigo, destacando T5 con valor superior incluso al testigo (Tabla 6) con 0,86 g. La producción de biomasa aérea de las plantas a las que se le incorporó estiércol bovino fueron superiores a las de estiércol ovino (Tabla 6) llamando la atención nuevamente T7 con la menor producción de biomasa (14,36 g). Al respecto, Bezerra (2019) menciona que la disminución de biomasa seca es un efecto de la alta CE en el medio de cultivo. Efectos semejantes fueron registrados en girasol (*Helianthus annuus* L.) cultivado en suelo con alta CE ( $7 \text{ dS m}^{-1}$ ), con disminución de la biomasa seca de tallo (18 %), hoja (24 %), receptáculo (25 %) y grano (28 %) (Escalante-Estrada et al., 2022).



Tabla 5. Altura de planta, diámetro de tallo e índice de calidad de Dickson en plantas de *Catharanthus roseus* L. variedad 'Cherry' cultivadas en mezclas de estiércol de bovino (EB), estiércol de ovino (EO), fibra del fruto de palma de aceite (FPA), cascarilla del fruto de palma de aceite (CPA) y aserrín de madera de palma de coco (APC).

Table 5. Plant height, stem diameter and Dickson quality index in plants of *Catharanthus roseus* L. variety 'Cherry' grown in mixtures with bovine manure (BE), sheep manure (EO), palm fruit fiber of oil (FPA), oil palm fruit husk (CPA) and coconut palm wood sawdust (APC).

| Sustratos | Altura (cm)            | Diámetro (mm)        | Índice de Calidad de Dickson (IDC) |
|-----------|------------------------|----------------------|------------------------------------|
| T1        | 15,80 <sup>bcdef</sup> | 6,81 <sup>abcd</sup> | 0,586 <sup>bcdef</sup>             |
| T2        | 17,83 <sup>abc</sup>   | 7,66 <sup>a</sup>    | 0,603 <sup>abcde</sup>             |
| T3        | 18,20 <sup>ab</sup>    | 7,32 <sup>ab</sup>   | 0,656 <sup>abc</sup>               |
| T4        | 17,43 <sup>abcd</sup>  | 6,94 <sup>abcd</sup> | 0,643 <sup>abcd</sup>              |
| T5        | 18,80 <sup>a</sup>     | 7,76 <sup>a</sup>    | 0,703 <sup>a</sup>                 |
| T6        | 15,96 <sup>bcde</sup>  | 6,16 <sup>cdef</sup> | 0,586 <sup>bcdef</sup>             |
| T7        | 11,63 <sup>g</sup>     | 5,27 <sup>f</sup>    | 0,463 <sup>g</sup>                 |
| T8        | 15,00 <sup>def</sup>   | 5,56 <sup>ef</sup>   | 0,543 <sup>defg</sup>              |
| T9        | 14,43 <sup>ef</sup>    | 6,53 <sup>bcde</sup> | 0,573 <sup>cdef</sup>              |
| T10       | 14,40 <sup>ef</sup>    | 6,01 <sup>def</sup>  | 0,586 <sup>bcdef</sup>             |
| T11       | 13,23 <sup>fg</sup>    | 5,71 <sup>ef</sup>   | 0,490 <sup>fg</sup>                |
| T12       | 13,63 <sup>efg</sup>   | 5,57 <sup>ef</sup>   | 0,496 <sup>efg</sup>               |
| T13       | 15,56 <sup>cdef</sup>  | 7,15 <sup>abc</sup>  | 0,660 <sup>abc</sup>               |
| T14       | 15,63 <sup>bcdef</sup> | 7,03 <sup>abcd</sup> | 0,690 <sup>ab</sup>                |

T1(S40+EB20+FPA20+CPA10+APC10);T2(S40+EB20+FPA10+CPA20+APC10);T3(S40+EB20+FPA10+CPA10+APC20);T4(S40+EB20+CPA20+APC20);T5(S40+EB20+FPA20+APC20);T6(S40+EB20+FPA20+CPA20);T7(S40+EO20+FPA20+CPA10+APC10);T8(S40+EO20+FPA10+CPA20+APC10);T9(S40+EO20+FPA10+CPA10+APC20);T10(S40+EO20+CPA20+APC20);T11(S40+EO20+FPA20+APC20);T12(S40+EO20+FPA20+CPA20);T13(S40+FP A20+CPA20+APC20);T14(S100). Letras superíndices iguales no representan diferencia estadística significativa (Tukey  $P < 0,05$ ).

La calidad nutrimental de los estiércoles puede variar por la especie animal, manejo y tiempo de maduración (Iguácel Soterías *et al.*, 2018), en particular la CE de las mezclas con estiércol ovino probablemente fue influenciada por el manejo de los animales en plataformas elevadas que acumulan las excretas y orina por largos períodos de tiempo. No obstante, la incorporación de estiércol al

suelo aporta nutrientes y promueven la actividad microbiana (Murillo-Montoya *et al.*, 2020). Particularmente *C. roseus* responde favorablemente a la incorporación de materia orgánica al sustrato (composta) incrementando indicadores nutricionales y de biomasa (Alor Chávez *et al.*, 2012).

En cuanto al crecimiento y desarrollo de raíces, las plantas cultivadas en T3, T4 y T5 fue-

Tabla 6. Biomasa fresca y seca, diámetro de flor, número de flores y días a floración de *Catharanthus roseus* L. variedad 'Cherry' cultivada en mezclas de estiércol de bovino (EB), estiércol de ovino (EO), fibra del fruto de palma de aceite (FPA), cascarilla del fruto de palma de aceite (CPA) y aserrín de madera de palma de coco (APC).

Table 6. Fresh and dry biomass, flower diameter, number of flowers and days to flowering of *Catharanthus roseus* L. variety 'Cherry' grown in mixtures with bovine manure (BE), manure ovine (EO), oil palm fruit fiber (FPA), oil palm fruit husk (CPA) and coconut palm wood sawdust (APC).

| Sustratos | Días a floración (dds) | Número de flores (dds) | Diámetro de flor (mm) | Biomasa aérea fresca (g) | Biomasa aérea seca (g) |
|-----------|------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|
| T1        | 58 <sup>abc</sup>      | 7 <sup>efg</sup>       | 44,05 <sup>ab</sup>   | 24,23 <sup>de</sup>      | 3,06 <sup>cdf</sup>    |
| T2        | 55 <sup>bc</sup>       | 9 <sup>de</sup>        | 44,83 <sup>ab</sup>   | 27,73 <sup>cd</sup>      | 3,30 <sup>bcd</sup>    |
| T3        | 56 <sup>bc</sup>       | 16 <sup>b</sup>        | 44,4 <sup>ab</sup>    | 38,6 <sup>ab</sup>       | 4,06 <sup>abc</sup>    |
| T4        | 56 <sup>bc</sup>       | 13 <sup>c</sup>        | 45,34 <sup>ab</sup>   | 31,83 <sup>bcd</sup>     | 4,03 <sup>abc</sup>    |
| T5        | 54 <sup>c</sup>        | 24 <sup>a</sup>        | 47,77 <sup>a</sup>    | 42,33 <sup>a</sup>       | 5,16 <sup>a</sup>      |
| T6        | 56 <sup>abc</sup>      | 8 <sup>ef</sup>        | 43,1 <sup>ab</sup>    | 28,33 <sup>cd</sup>      | 3,30 <sup>bcd</sup>    |
| T7        | 61 <sup>a</sup>        | 3 <sup>h</sup>         | 31,84 <sup>c</sup>    | 14,36 <sup>f</sup>       | 1,63 <sup>g</sup>      |
| T8        | 56 <sup>bc</sup>       | 8 <sup>de</sup>        | 45,83 <sup>ab</sup>   | 23,66 <sup>de</sup>      | 2,86 <sup>df</sup>     |
| T9        | 58 <sup>abc</sup>      | 5 <sup>gh</sup>        | 43,19 <sup>ab</sup>   | 23,96 <sup>de</sup>      | 2,73 <sup>dfg</sup>    |
| T10       | 58 <sup>abc</sup>      | 5 <sup>gh</sup>        | 38,14 <sup>bc</sup>   | 24,33 <sup>de</sup>      | 2,93 <sup>cdf</sup>    |
| T11       | 57 <sup>abc</sup>      | 5 <sup>fgh</sup>       | 45,32 <sup>ab</sup>   | 16,53 <sup>ef</sup>      | 1,96 <sup>fg</sup>     |
| T12       | 59 <sup>ab</sup>       | 5 <sup>fgh</sup>       | 45,15 <sup>ab</sup>   | 17 <sup>ef</sup>         | 2,13 <sup>fg</sup>     |
| T13       | 55 <sup>bc</sup>       | 12 <sup>c</sup>        | 45,37 <sup>ab</sup>   | 31,8 <sup>bcd</sup>      | 3,76 <sup>bcd</sup>    |
| T14       | 56 <sup>bc</sup>       | 10 <sup>cd</sup>       | 40,95 <sup>ab</sup>   | 34,9 <sup>abc</sup>      | 4,30 <sup>ab</sup>     |

T1(S40+EB20+FPA20+CPA10+APC10),T2(S40+EB20+FPA10+CPA20+APC10),T3(S40+EB20+FPA10+CPA10+APC20),T4(S40+EB20+CPA20+APC20),T5(S40+EB20+FPA20+APC20),T6(S40+EB20+FPA20+CPA20),T7(S40+EO20+FPA20+CPA10+APC10),T8(S40+EO20+FPA10+CPA20+APC10),T9(S40+EO20+FPA10+CPA10+APC20),T10(S40+EO20+CPA20+APC20),T11(S40+EO20+FPA20+APC20),T12(S40+EO20+FPA20+CPA20),T13(S40+FP A20+CPA20+APC20),T14(S100). Letras superíndices iguales no representan diferencia estadística significativa (Tukey  $P < 0,05$ ).

ron iguales significativamente al testigo en tamaño, volumen y biomasa seca, no obstante, las plantas cultivadas en mezclas con estiércol ovino mantienen la misma tendencia de menor crecimiento y desarrollo (Tabla 7); resultados semejantes a los reportados por Acevedo-Alcalá et al. (2020b) en Chile po-

blano (*Capsicum annuum* L.) donde la producción de biomasa seca de raíz fue menor en sustratos abonados con estiércol ovino comparado con las de estiércol bovino.

Otras investigaciones realizadas con estiércol ovino indican que la longitud de raíces en geranio y altura de planta en belén fueron me-

Tabla 7. Crecimiento y desarrollo de raíces de *Catharanthus roseus* L. variedad 'Cherry' cultivada en mezclas de estiércol de bovino (EB), estiércol de ovino (EO), fibra del fruto de palma de aceite (FPA), cascarilla del fruto de palma de aceite (CPA) y aserrín de madera de palma de coco (APC).

Table 7. Growth and development of roots of *Catharanthus roseus* L. variety 'Cherry' grown in mixtures with bovine manure (BE), sheep manure (EO), oil palm fruit fiber (FPA), palm fruit husk. oil palm (CPA) and coconut palm wood sawdust (APC).

| Sustratos | Biomasa fresca de raíces | Biomasa seca de raíces | Largo de raíz         | Volumen de raíz      |
|-----------|--------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|
|           | (g)                      | (g)                    | (mm)                  | (ml)                 |
| T1        | 6,43 <sup>def</sup>      | 0,36 <sup>cde</sup>    | 18,83 <sup>abc</sup>  | 4,5 <sup>bcd</sup>   |
| T2        | 6,96 <sup>bcd</sup>      | 0,46 <sup>bcd</sup>    | 17,73 <sup>bcd</sup>  | 6,16 <sup>abcd</sup> |
| T3        | 9,43 <sup>a</sup>        | 0,70 <sup>a</sup>      | 21,36 <sup>a</sup>    | 7,33 <sup>ab</sup>   |
| T4        | 8,93 <sup>abc</sup>      | 0,70 <sup>a</sup>      | 20,43 <sup>ab</sup>   | 7,66 <sup>a</sup>    |
| T5        | 8,83 <sup>abc</sup>      | 0,63 <sup>ab</sup>     | 21,33 <sup>a</sup>    | 7,83 <sup>a</sup>    |
| T6        | 7,70 <sup>abcd</sup>     | 0,43 <sup>cde</sup>    | 16,50 <sup>cd</sup>   | 5,83 <sup>abcd</sup> |
| T7        | 4,36 <sup>f</sup>        | 0,30 <sup>de</sup>     | 15,93 <sup>cd</sup>   | 4,16 <sup>cd</sup>   |
| T8        | 6,00 <sup>def</sup>      | 0,33 <sup>de</sup>     | 20,1 <sup>ab</sup>    | 5,16 <sup>abcd</sup> |
| T9        | 6,83 <sup>cde</sup>      | 0,30 <sup>de</sup>     | 15,76 <sup>cd</sup>   | 5,33 <sup>abcd</sup> |
| T10       | 6,83 <sup>cde</sup>      | 0,43 <sup>cde</sup>    | 18,08 <sup>abcd</sup> | 5,33 <sup>abcd</sup> |
| T11       | 4,90 <sup>ef</sup>       | 0,26 <sup>e</sup>      | 16,06 <sup>cd</sup>   | 3,16 <sup>d</sup>    |
| T12       | 4,76 <sup>ef</sup>       | 0,30 <sup>de</sup>     | 14,73 <sup>d</sup>    | 4,83 <sup>abcd</sup> |
| T13       | 8,03 <sup>abcd</sup>     | 0,53 <sup>abc</sup>    | 19,06 <sup>abc</sup>  | 7,16 <sup>abc</sup>  |
| T14       | 9,30 <sup>ab</sup>       | 0,66 <sup>a</sup>      | 20,53 <sup>ab</sup>   | 7,50 <sup>ab</sup>   |

T1(S40+EB20+FPA20+CPA10+APC10),T2(S40+EB20+FPA10+CPA20+APC10),T3(S40+EB20+FPA10+CPA10+APC20),T4(S40+EB20+CPA20+APC20),T5(S40+EB20+FPA20+APC20),T6(S40+EB20+FPA20+CPA20),T7(S40+EO20+FPA20+CPA10+APC10),T8(S40+EO20+FPA10+CPA20+APC10),T9(S40+EO20+FPA10+CPA10+APC20),T10(S40+EO20+CPA20+APC20),T11(S40+EO20+FPA20+APC20),T12(S40+EO20+FPA20+CPA20),T13(S40+FP A20+CPA20+APC20),T14(S100). Letras superíndices iguales no representan diferencia estadística significativa (Tukey  $P < 0,05$ ).

nores comparadas con las cultivadas con estiércol bovino (Huerta-Muñoz y Cruz-Hernández, 2018) resultados que coinciden con los obtenidos en esta investigación. De igual manera, en moringa (*Moringa oleifera* Lam.) el crecimiento de raíces en mezcla de estiércol ovino con suelo (1:2) fue menor comparado con mezclas de estiércol bovino, porcino y otros estiércoles (Romero-Marcano et al., 2021).

En cuanto al uso de aserrín en mezclas de sustratos, Domínguez-Liévano y Espinoza-Zaragoza (2021) reportan que la longitud de raíz, altura y diámetro de tallo de Cuapinol (*Hymenaea courbaril* L.) se incrementa en mezclas de aserrín de mango con materiales como suelo y turba (2:1 v/v). Al evaluar la micromorfología de mezclas con aserrín, Goyoso-Rodríguez et al. (2021) mencionan que

mezclas con aserrín de pino genera poros de empaquetamiento compuesto, que incrementaron el volumen y peso seco de raíces en crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* (Ramat.) Kitamura); mientras que Schiappacasse et al. (2022) mencionan que la combinación aserrín con corteza de pino (3:1 v/v) generó plantas de crisantemo (*Dendranthema grandiflora*) de calidad.

Cabe mencionar que durante el cultivo se presentaron problemas de enfermedades en las plantas cultivadas en suelo 100 % (T14), pero no en las mezclas con residuos orgánicos; evidencia observada también por Escamilla-López et al. (2018) en ixora (*Ixora coccinea*) donde se presentaron plantas enfermas en suelo, pero no en mezclas de cachaza, composta, aserrín y jal. Por lo tanto, es probable que la modificación en las características físicas al incorporar residuos orgánicos disminuya el ataque de hongos patógenos.

## Conclusiones

Los residuos agroindustriales y el estiércol animal incorporados como componentes de sustratos mejoraron las características físicas de la mezcla, incrementando la porosidad de aireación y disminuyendo la densidad aparente. Éstas características son favorables para obtener un sustrato ligero, de fácil preparación y transporte; no obstante, es importante mencionar que cada material debe caracterizarse químicamente al menos en pH y CE, porque estos factores influyen notoriamente en el desarrollo de la planta. Particularmente, las mezclas de suelo (40 %) con estiércol bovino (20 %) combinadas con fibra de palma de aceite, cascarilla de palma de aceite y aserrín de tallo de cocotero en proporciones de 10-10-20 (T3), 0-20-20 (T4) y 20-0-20 (T5) pueden utilizarse como sustrato para el cultivo de plantas de vicaria (*Catharanthus roseus* L.) variedad 'Cherry', generando un incremento

en altura de planta, duplicando el número de flores sin afectar el diámetro de flor, y superando significativamente a las plantas cultivadas en suelo (100 %).

## Referencias bibliográficas

- Abad B.M. (1995). Sustratos para el cultivo sin suelo. En: El cultivo del tomate Madrid, España (Ed. Nuez F.), pp. 131-166. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Acevedo-Alcalá P., Taboada-Gaytán O.R., Cruz-Hernández J. (2020a). Caracterización de fertilizantes orgánicos y estiércoles para uso como componentes de sustrato. Acta Agronómica 69(3): 234-240. <https://doi.org/10.15446/acag.v69n3.84508>
- Acevedo-Alcalá P., Cruz-Hernández, J., Taboada-Gaytán, O.R. (2020b). Abonos orgánicos comerciales, estiércoles locales y fertilización química en la producción de plántula de chile poblano. Revista Fitotecnia Mexicana 43(1): 35-44. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.1.35>
- Alor Chávez M.D.J., Gómez Álvarez R., Huerta Lwanga E., Pat Fernández J.M., González Cortázar M., De La Cruz, González C. (2012). Nutrición y crecimiento en fase de vivero de *Catharanthus roseus* (L.) G. Don, *Momordica charantia* L. y *Azadirachta indica* A. Juss, en el municipio Centro, Tabasco-México. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas 11(2): 163-171.
- Ansorena Miner J. (1994). Sustratos. Propiedades y caracterización. Mundi-Prensa, Madrid, España. 17 pp.
- Arias Arias N.A. (2021). Agua y nutrición: eficiencias necesarias frente al cambio y la variabilidad climática. Palmas 42(1): 81-95.
- Bermúdez Cuellar E., Pérez Rodríguez Y., Pérez Armas R. (2018). Reutilización de la Palma de Coco (*Cocos nucifera* L.) con fines madereros. Revista Científica Agroecosistemas 6(3): 121-128.
- Behzadi M., Javanmard A.S., Khakdan F., Mohsenzadeh S. (2022). Efectos de la suplementación

- con urea y diferentes sustratos en la producción de indol alcaloide reserpina en plantas de *Catharanthus roseus*. Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology 156(4): 1011-1018. <https://doi.org/10.1080/11263504.2021.1986587>
- Bezerra F.M.S. (2019). Produção de mudas de três espécies ornamentais sob irrigação com águas salinas. Mestre em Engenharia Agrícola. Universidade Federal Do Ceará. Fortaleza. 67 p.
- Chaturvedi V., Goyal S., Mukim M., Meghani M., Patwekar F., Patwekar M., Sharma, G.N. (2022). A Comprehensive Review on *Catharanthus roseus* L. (G.) Don: Clinical Pharmacology, Ethnopharmacology and Phytochemistry. Journal of Pharmacological Research and Developments 17-36. <https://doi.org/10.46610/JPRD.2022.v04i02.003>
- CONAGUA. (2024). Normales climatológicas por estado. Estación meteorológica Playas del Rosario 27092. Disponible en: [https://smn.conagua.gob.mx/tools/RECURSOS/Normales\\_Climatologicas/Normales9120/tab/nor9120\\_27092.txt](https://smn.conagua.gob.mx/tools/RECURSOS/Normales_Climatologicas/Normales9120/tab/nor9120_27092.txt) (Consultado: 12 de abril de 2024).
- Córdoba-Rodríguez D., Vargas-Hernández J.J., López-Upton J., Muñoz-Orozco A. (2011). Crecimiento de la raíz en plantas jóvenes de *Pinus pinceana* Gordon en respuesta a la humedad del suelo. Agrociencia 45: 493-506.
- Da Costa Ferreira D.A., Da Silva Dias N., Da Costa Ferreira A.K., Vasconcelos C.B.L., De Sousa F.S., Porto V.C.N., Fernandes, C.S., Navarro, V.M.A. (2018). Efecto del compost de residuos orgánicos domiciliarios, vegetales y estiércol en el crecimiento de lechuga. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas 12(2): 464-474. <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i2.7902>
- Damaceno F.M., Pereira N., Andrade E.A., Carvalho-Zanao M.P., Zanao Jr L.A. (2022). Coconut fiber and carbonized rice husks mixtures may reduce the use of commercial pine bark substrate in *Catharanthus roseus* and *Zinnia elegans* cultivation. Environmental Engineering & Management Journal 21(4): 651-660.
- De Boodt M., Verdonck O., Cappaert I. (1974). Method for measuring the water release curve of organic substrates. Acta Horticulturae 37: 2054-2063. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1974.37.20>
- De Paula F., Gonçalves Soares I.F., Neto J.D.S., Moreira Moulin M., Berilli A.P.C.G., De Carvalho Nascimento L., Rodrigues Pretti I. (2021). Ccorrelações fenotípicas e genotípicas a expressão de vincristina e vimblastina relativas ao efeito do solo em características concernentes a *Catharanthus roseus*. Revista Ifes Ciência 7(1): 1-9. <https://doi.org/10.36524/ric.v7i1.1124>
- Dickson A., Leaf A.L., Hosner J.F. (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedlings stock in nurseries. The Forestry Chronicle 36(1): 10-13. <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>
- Domínguez-Liévano A., Espinosa-Zaragoza S. (2021). Evaluación de sustratos alternativos en la germinación y crecimiento inicial de *Hymenaea courbaril* L. en condiciones de vivero. Revista Forestal del Perú 36(1): 107-117. <http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v1i36.1707>
- ElTantawy A.A., Swaefy H.M., Heikal A. (2023). Utilization of some organic wastes as growing media for improving plant growth and chemical compositions in Madagascar periwinkle. Scientific Journal of Agricultural Sciences 5(3): 38-51. <http://dx.doi.org/10.21608/sjas.2023.222011.1319>
- Escalante-Estrada J.A.S., Aguilar-Carpio C., Escalante-Estrada Y.I. (2022). Rendimiento, acumulación y distribución de biomasa en girasol en función de la salinidad y nitrógeno. Ecosistemas y recursos agropecuarios 9(1): e3116. <https://doi.org/10.19136/era.a9n1.3116>
- Escamilla-López M., Tejeda-Castrejón J.F., Mejías-Brito J., Meza-Jiménez J., Ríos-Farías M., Calleros Valencia J.E., Romero Uribe S.M. (2018). Comparación de dos sustratos orgánicos en la producción de plantas de ornato de la especie coralito enano. Conciencia Tecnológica, (56): 1-12.
- Gayosso-Rodríguez S., Borges-Gómez L., Villanueva-Couoh E., Estrada-Botello M.A., Garruña-Hernández, R. (2016). Sustratos para producción de flores. Agrociencia 50(5): 617-631.
- Gayosso-Rodríguez S., Villanueva-Couoh E., Estrada-Botello M.A., Garruña R. (2018). Physicochemical characterization of mixtures from organic waste for using as agricultural substrates. Bioagro 30(3): 179-190.
- Gayosso-Rodríguez S., Gutiérrez Castorena M.C., Estrada Botello M.A., Sánchez Hernández R.

- (2021). Características micromorfológicas de sustratos orgánicos y su relación con retención de agua y crecimiento radical. *Agrociencia* 55(3): 195-208. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v55i3.2413>
- Ghouili E., Hidri Y., M'Hamed H.C., Somenahally A., Xue Q., Znaïdi I.E.A., Jebara M., Ouertani R.N., Muhovski Y., Riahi J., Abid G., Sassi K. (2022). Date palm waste compost promotes plant growth and nutrient transporter genes expression in barley (*Hordeum vulgare* L.). *South African Journal of Botany* 149: 247-257. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.06.018>
- Handreck K.A., Black N.D. (1994). *Growing media ornamental plants and turf*. University of New South Wales Press, Sydney, Australia. 542 pp.
- Hernández-Rojas D.A., López-Barrera F., Bonilla-Moheno, M. (2018). Análisis preliminar de la dinámica de uso del suelo asociada al cultivo palma de aceite (*Elaeis guineensis*) en México. *Agrociencia* 52(6): 875-893.
- Huerta-Muñoz E., Cruz-Hernández J. (2018). Efecto de los abonos orgánicos en el crecimiento de plantas de geranio y belén. *Acta agrícola y pecuaria* 4(2): 44-53. <https://doi.org/10.30973/aap/2018.4.2/3>
- Iguácel Soteras F., Castillo Aranda A., López Elbaile L., Barrós Torres A., Betrán Aso J.A. (2018). Estiércoles. Caracterización, analítica e implicaciones sobre su aprovechamiento fertilizante. *Informaciones Técnicas* No. 268. Centro De Transferencia Agroalimentaria, Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad, Gobierno de Aragón. 40 p.
- Jaulis C.J., Pacheco A.A., Martínez V.A., Moreno L.I.S. (2018). Insumos orgánicos en la preparación de sustratos para el crecimiento de *Dianthus chinensis* y *Fuchsia* sp. *Anales científicos* 79(2): 360-367. <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v79i2.1248>
- Landis T.D. (1990). Volume 2: Containers and Growing Media. En: *The Container Tree Nursery Manual* (Ed. Landis T.D., Tinus R.W., McDonald S.E., Barnett J.P.), 88 p. *Agriculture Handbook* 674. Department of Agriculture Forest Service. Washington D.C., EEUU.
- López-Rodríguez G., Pérez-Esteban J., Ruiz-Fernández J., Masaguer A. (2017). Caracterización física e hidrofísica de sustratos orgánicos sostenibles para sistemas de naturación en espacios urbanos. *Revista Ingeniería Agrícola* 7(1): 33-40.
- Mahood H.E. (2021). Estimation of essential elements and mineral in *Catharanthus roseus* and its biological importance as a medicinal plant. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology* 22(25): 1-7.
- Murillo-Montoya S.A., Mendoza-Mora A., Fabul-Vásquez C.J. (2020). La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales* 7(1): 58-68. <https://doi.org/10.23850/24220582.2503>
- Paarakh M.P., Swathi S., Taj T., Tejashwini V., Tejashwini B. (2019). *Catharanthus Roseus* Linn-a review. *Acta Scientific Pharmaceutical Sciences* 3(10): 19-24. <https://doi.org/10.31080/ASPS.2019.03.0393>
- Palma-López D.J., Cisneros Domínguez J., Moreno Cáliz E., Rincón-Ramírez J.A. (2007). *Suelos de Tabasco: Su uso y manejo sustentable*. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-FUPOTAB, Villahermosa Tabasco México. 195 pp.
- Ramírez-Gerardo M.G., Vázquez-Villegas S., Méndez-Gómez G.I., Mejía-Carranza J. (2021). Caracterización de abonos orgánicos aplicados a cultivos florícolas en el sur del Estado de México. *CienciaUAT* 16(1): 150-161. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v16i1.1518>
- Rani V., Kumar V., Meena R., Jain S.K., Birla D. (2023). Impact of nitrogen levels on the growth and medicinal properties of periwinkle (*Catharanthus roseus*) in an Inceptisol of Varanasi, India. *International Journal of Plant & Soil Science* 35(19): 954-962. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i193630>
- Red de herbarios del Noreste de México (2023) Universidad de Sonora, México, y Universidad Estatal de Arizona. Disponible en: <https://herbanwmex.net/portal/collections/map/google-map.php?usethes=1&taxa=31301>. (Consultado: abril 2023)

- Romero-Marcano G., Silva-Acuña R., Maza, I.J. (2021). Calidad morfológica en plántulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) producidas en sustratos compuestos de suelo y estiércol animal. CIENCIA UNEMI 14(35): 54-72. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol14iss35.2021pp54-72p>
- Schiappacasse F., Carrasco G., Espinoza M.C., Moons W. (2022). Uso de aserrín y corteza de *Pinus radiata* como sustratos para crisantemos belgas cultivados para producción de verano. Idesia 40(3): 127-133. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292022000300127>
- Cortes Jiménez S., Etchevers Barra J.D., Hidalgo Moreno C.M.I., Navarro Garza H. (2017). Estado nutrimental del agroecosistema rosa (*Rosa* spp.) en la ladera este del Iztaccíhuatl. Terra Latinoamericana 35(3): 237-246. <https://doi.org/10.28940/terra.v35i3.132>
- Yasin M., Jabran K., Afzal I., Iqbal S., Nawaz M.A., Mahmood A., Asif M., Nadeem M.A., Rahman Z.U., Adnan M., Siddiqui M., Shahid M.Q., Andreasen, C. (2020). Industrial sawdust waste: An alternative to soilless substrate for garlic (*Allium sativum* L.). Journal of applied research on medicinal and aromatic plants 18: 100252. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2020.100252>
- Yeit Haan T., Sobri Takriff M. (2022). Tecnologías de residuos cero para el desarrollo sostenible en las plantas de beneficio de aceite de palma. Palmas 43(3): 40-55. <https://doi.org/10.5366/jope.2021.04>
- (Aceptado para publicación el 24 de septiembre de 2024)