

**PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE
Salvia elegans Vahl CULTIVADA A
DIFERENTES INTENSIDADES
LUMÍNICAS Y EVALUACIÓN DE SU
EFECTO ANTIINFLAMATORIO**

**VEGETATIVE PROPAGATION OF
Salvia elegans Vahl GROWN AT
DIFFERENT LIGHT INTENSITIES AND
EVALUATION OF ITS ANTI-
INFLAMMATORY EFFECT**

Herrera Ruiz, M., E. Jiménez Ferrer, M. González Cortazar, M.L. Lucía Arenas Ocampo, A.R. Jiménez Aparicio y N. Monterrosas Brisson

PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE *Salvia elegans* Vahl CULTIVADA A DIFERENTES INTENSIDADES LUMÍNICAS Y EVALUACIÓN DE SU EFECTO ANTIINFLAMATORIO

VEGETATIVE PROPAGATION OF *Salvia elegans* Vahl GROWN AT DIFFERENT LIGHT INTENSITIES AND EVALUATION OF ITS ANTI-INFLAMMATORY EFFECT



Propagación vegetativa de *Salvia elegans* Vahl cultivada a diferentes intensidades lumínicas y evaluación de su efecto antiinflamatorio

Vegetative propagation of *Salvia elegans* Vahl grown at different light intensities and evaluation of its anti-inflammatory effect

Maribel Herrera Ruiz, Enrique Jiménez Ferrer, Manasés González Cortazar, Martha Lucía Arenas Ocampo, Antonio Ruperto Jiménez Aparicio y Nayeli Monterrosas Brisson

PROPAGACIÓN
VEGETATIVA DE *Salvia
elegans* Vahl CULTIVADA A
DIFERENTES
INTENSIDADES
LUMÍNICAS Y
EVALUACIÓN DE SU
EFECTO
ANTIINFLAMATORIO

VEGETATIVE
PROPAGATION OF *Salvia
elegans* Vahl GROWN AT
DIFFERENT LIGHT
INTENSITIES AND
EVALUATION OF ITS ANTI-
INFLAMMATORY EFFECT

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 59: 181-198. Enero 2025

DOI:
10.18387/polibotanica.59.11

Maribel Herrera Ruiz <https://orcid.org/0000-0001-9056-3568>

Enrique Jiménez Ferrer <https://orcid.org/0000-0002-0783-8274>

Manasés González Cortazar <https://orcid.org/0000-0002-3693-1670>

Centro de Investigación Biomédica del Sur, Laboratorio de Fitofarmacología y Laboratorio de Fitoquímica, Instituto Mexicano del Seguro Social, Argentina 1, Colonia Centro, Xochitepec, Morelos 62790, México

Martha Lucía Arenas Ocampo <https://orcid.org/0000-0002-4400-5482>.

Antonio Ruperto Jiménez Aparicio <https://orcid.org/0000-0002-7748-4432>.

Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Departamento de Biotecnología, Instituto Politécnico Nacional, Carr. Yautepec-Jojutla, km. 8, calle CEPROBI No. 8, Col. San Isidro, Morelos 62731, México

Nayeli Monterrosas Brisson. *Autora de correspondencia:*

nayeli.monterrosas@uaem.mx / <https://orcid.org/0000-0002-4449-5813>

Facultad de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Neurociencias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001, Colonia Chamilpa, Cuernavaca, Morelos 62210, México

RESUMEN: Se ha demostrado que la especie medicinal *Salvia elegans* Vahl, induce efecto ansiolítico, antidepresivo, inmunomodulador, antihipertensivo, entre otros y se propone como una planta con potencial farmacológico que pudiera llegar a la clínica. La propagación clonal, es una herramienta biotecnológica que promueve la producción de biomasa genéticamente idéntica al progenitor en corto tiempo, lo que lleva a la obtención del material vegetal en condiciones controladas, para su posterior análisis biológico. En este trabajo se cultivaron esquejes de *S. elegans* en sustratos sólidos activos, inertes y en solución nutritiva, bajo dos condiciones de luminosidad: C1= 13.91 y C2= 4.94 ($\mu\text{mol}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{seg}^{-1}$). Se evaluó el crecimiento y desarrollo foliar (densidad estomática, área y color); con las plantas obtenidas de ambas condiciones, se obtuvieron extractos hidroalcohólicos de partes aéreas y raíces. Se analizaron químicamente con cromatografía de capa fina y se evaluó la actividad antiinflamatoria mediante el ensayo de edema local-inducido con TPA (12-O-Tetradecanoilforbol 13-acetato). El mayor crecimiento de esquejes y densidad estomatal de las hojas se observó en C1. El color de las hojas, parámetro sensible a la luminosidad, mostró diferencias entre C1 y C2. Por otro lado, en todos los extractos de C1 y C2 se detectó ácido oleoico y ursólico mientras que solo aquellos de C2 revelaron presencia de flavonoides. El mayor efecto antiinflamatorio se observó en los extractos de las partes aéreas y de raíces de C1. Las variables establecidas en C1 para cultivar esquejes de *S. elegans*, promueven el crecimiento, así como los parámetros morfométricos asociados al desarrollo foliar (densidad estomática, área foliar y color) y aumentan el efecto antiinflamatorio.

Palabras clave: *Salvia elegans* Vahl, inflamación, propagación vegetativa, intensidad luminosa.

ABSTRACT: *Salvia elegans* Vahl has shown to induce anxiolytic, antidepressant, immunomodulatory, and antihypertensive effects, with potential pharmacological

properties that could be applied in clinic assays. Clonal propagation is a biotechnological tool that promotes biomass production genetically identical to the progenitor in a short time, which leads to obtaining plant material under controlled conditions for further biological analysis. In this study, *S. elegans* cuttings were grown in solid substrates, which were chemically active or inert as well as in a nutritive solution, under two light conditions: C1= 13.91 and C2= 4.94 ($\mu\text{mol}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{seg}^{-1}$). Growth and leaf development (stomatal density, area and color) were evaluated; hydroalcoholic extracts of aerial parts and roots were prepared with the plants obtained from both conditions. They were chemically analyzed with thin layer chromatography and the anti-inflammatory activity was assessed by local edema-induced with TPA (12-O-Tetradecanoylphorbol 13-acetate). The highest cutting growth and leaf stomatal density were observed in C1. Leaf color, a light-sensitive parameter, showed differences between C1 and C2. In addition, Oleoic and Ursolic acids were detected in all the extracts from C1 and C2, while only those from C2 exhibited the presence of flavonoids. The greatest anti-inflammatory effect was found in C1 aerial and root extracts. Established parameters in C1 to cultivate cuttings of *S. elegans*, promote growth, enhance morphometric parameters associated with leaf development (stomatal density, leaf area and color) and increase the anti-inflammatory effect.

Key words: *Salvia elegans* Vahl, inflammation, vegetative propagation, light intensity.

INTRODUCCIÓN

La familia Lamiaceae está ampliamente distribuida, sus especies poseen valor biotecnológico y potencial farmacológico. Dentro de los géneros incluidos en esta familia se encuentra *Salvia*, con 900 especies en la República Mexicana (Martínez-Gordillo *et al.*, 2017), las cuales presentan gran diversidad en sus formas de crecimiento, producen abundantes y diversos metabolitos secundarios además de mostrar una morfología floral llamativa por su belleza, se consideran ornamentales (Ramírez-Zea *et al.*, 2016). Algunas especies se desarrollan en zonas cuyas temperaturas diarias exceden los 33°C en verano, promoviendo estrés por calor, suelos poco apropiados para el cultivo, lo cual inhibe el crecimiento y altera el desarrollo de las plantas. En la actualidad no se conoce algún método útil para fenotipificar la susceptibilidad de estas plantas a las altas temperaturas y elevadas intensidades lumínicas, que permitan medir la tolerancia sostenible al calor y que sirva como base para evaluar el rendimiento y la adaptación de las plantas de *Salvia* en determinadas zonas de cultivo (Lin *et al.*, 2021).

Aunque hay datos relacionados con el comportamiento del desarrollo de plantas del género *Salvia* bajo algunas condiciones, como el estrés hídrico (Bayat & Moghadam, 2019), salino y oxidante inducido con ozono (Lin *et al.*, 2020); hay poca información sobre la morfología, fisiología y bioquímica de plantas de *Salvia* cultivadas bajo estrés por altas temperaturas y modificaciones en la intensidad lumínica (Lin *et al.*, 2021).

Salvia elegans Vahl, es nativa de México y Centroamérica. Es una herbácea semileñosa, perenne, de 1 a 1.5m de altura. Es una especie que crece en climas templados entre los 2280 y 3100 msnm asociada a los bosques de pino, encino y mixto. Se desarrolla en suelos bien drenados y húmedos todo el año; preferentemente cubiertos por rocas ígneas con pH ácido (5-7), con diferentes texturas (arenosos o arcillosos), pedregosos y laderas de cerros. En la República Mexicana se puede encontrar en los estados de Sonora, Chihuahua, Durango, Michoacán, Hidalgo, Estado de México, Morelos, México D.F., Veracruz y Oaxaca (Argueta *et al.*, 1994).

Es utilizada en la medicina tradicional mexicana en forma de cataplasma para tratar trastornos asociados a la inflamación como, por ejemplo, edemas, heridas y golpes (Argueta *et al.*, 1994). Es endémica de nuestro país, donde está ampliamente distribuida (Martínez-Gordillo *et al.*, 2017), lo cual promueve que la composición y concentración de sus metabolitos secundarios varíen según su hábitat (Ricciardi & Ricciardi, 2000). Con base en los reportes etnomédicos y farmacológicos mencionados más adelante, esta especie resulta de interés medicinal, por esta razón es indispensable que la composición de sus compuestos activos sea homogénea y para ello se requieren condiciones controladas de cultivo.

Al ser *S. elegans* una especie ampliamente distribuida, es muy probable que la composición y cantidad de principios activos (metabolitos secundarios) varíe de acuerdo con su hábitat

(Ricciardi & Ricciardi, 2000). De aquí que su propagación bajo condiciones controladas, resulte ser una buena alternativa para asegurar la concentración constante y homogénea de sus principios activos.

Una opción es la propagación vegetativa o clonal, que consiste en generar nuevos individuos a partir de tejidos vegetales diferenciados (Gautam *et al.*, 2021). Es utilizada cuando la probabilidad de germinación de las semillas es muy baja la cual, en el caso de las plantas medicinales y aromáticas, a veces es inferior al 50%. Lo anterior fue comprobado en esquejes de la especie *S. officinalis* L. que promovieron el enraizamiento por esqueje, aunque este proceso se vio favorecido significativamente por la aplicación de productos de enraizamiento Cytokin® y Radix® (Nicola *et al.*, 2005). De hecho, se ha reportado que esta técnica de propagación favorece el enraizado de esquejes de *S. uliginosa* silvestre, comparada con esquejes de esta especie sometidos a 10, 20, 30, 40 ó 50 Gy de rayos gamma procedentes de una fuente de ⁶⁰Co (Maynard & Ruter, 2024).

Se ha reportado que las especies del género *Salvia*, entre ellas *S. elegans*, *S. officinalis* o *S. miltiorrhiza*, tienen la capacidad de producir monoterpenos, sesquiterpenos, triterpenos, cumarinas, sacáridos y flavonoides en las partes aéreas, y en la raíz ácidos fenólicos y diterpenos (Karpinski, 2020); (Martínez-Hernández *et al.*, 2021); (Martínez-Hernández *et al.*, 2024).

Farmacológicamente, se ha demostrado desde el 2006 que el extracto hidroalcohólico de hojas de *S. elegans* a diferentes dosis en ratas a 3.12, 12.5, 25 y 50 mg/kg (Mora *et al.*, 2006) y en ratones ICR a 125, 250, 500, 1000 y 2000 mg/kg (Herrera-Ruiz *et al.*, 2006), ejerce efecto antidepresivo, ansiolítico y sedante. Posteriormente en el 2010, se mostró que el extracto hidroalcohólico de partes aéreas (flores, hojas y tallos) y dos fracciones obtenidas de este (butanólica, así como la fracción nombrada SeF8-22) contienen flavonoides y fenilpropanoides, además de poseer efecto antihipertensivo al actuar como inhibidor de la enzima convertidora de la angiotensina (ECA) (Jiménez-Ferrer *et al.*, 2010). Para el 2020 se identificó que la mezcla de dos terpenos rosignol y agarospirol administrados a las dosis de 0.01, 0.1, 0.5, 1.0 y 2.0 mg/kg vía oral a ratones ICR, fueron capaces de provocar efecto antidepresivo, cuando los animales fueron expuestos a la prueba de Natación forzada (NF) (Martínez-Hernández *et al.*, 2021). En un estudio químico-bio-dirigido se aislaron de esta especie, 17 compuestos que fueron evaluados en el ensayo *in vitro* de inhibición de la ECA, siendo los más activos el ácido rosmarínico, los flavonoides isosakuranetina-5-O-rutinósido y neoeriocitrina (Gutiérrez-Román *et al.*, 2021). En el 2018 se registró que la decocción de partes aéreas (hojas, flores y tallo) de *S. elegans*, posee efecto antioxidante por actuar como “scavenger” de radicales libres como el DPPH•, NO• y O₂^{-•}; además de mostrar la capacidad de reducir Fe³⁺ y evidenciaron un efecto inhibidor de las enzimas α-glucosidasa y xantina oxidasa (Pereira *et al.*, 2018).

Recientemente, se publicó que el extracto hidroalcohólico de partes aéreas (100 mg/kg), la fracción de acetato de etilo SeFAc (50 mg/kg) y una sub-fracción nombrada SeF3 (10 mg/kg), pueden actuar sobre una parte de la fisiopatología asociada al síndrome metabólico en ratones que ingirieron una dieta hipercalórica. Por ejemplo, redujeron los niveles séricos de glucosa, triglicéridos y colesterol, el índice de adiposidad y la resistencia a la insulina. Además, actuó como inmunomodulador en diferentes órganos al disminuir citocinas inflamatorias, además de ejercer un efecto antidepresivo y disminuir los niveles de corticosterona en sangre. Asimismo, se reportó la presencia del ácido rosmarínico, ácido cafeico a través de gases masas, glicerol y algunos esteroides como el Stigmastano-3,5-dieno y acetato de campesterol (Martínez-Hernández *et al.*, 2024).

Debido a que en los últimos años *S. elegans* ha sido reportada con efectos farmacológicos relevantes, la convierten en una especie con posibilidades de continuar con su estudio y de ser posible, llegar a la clínica, y generar la necesidad de realizar estudios sobre la obtención de material vegetal bajo condiciones controladas. En este sentido, el objetivo de este trabajo fue, por un lado, evaluar el crecimiento y el desarrollo foliar (densidad estomática, área y color) de esquejes de *S. elegans*, introducidos en sustratos sólidos químicamente activos, inertes y en solución nutritiva, cultivados bajo dos intensidades de luz diferentes y, además, evaluar el efecto antiinflamatorio del extracto hidroalcohólico de las partes aéreas y raíces de las plantas cosechadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se colectaron las plantas silvestres de *S. elegans* en la localidad de Ozumba, Estado de México (19°2'21" N, 98°47'37" W) y posteriormente fueron adaptadas en el Laboratorio de Biotecnología del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional (CEPROBI-IPN). A partir del material cultivado bajo diferentes condiciones de cultivo (partes aéreas y raíces), se prepararon extractos hidroalcohólicos en el Laboratorio de Química del Centro de Investigación Biomédica del Sur del Instituto Mexicano del Seguro Social (CIBIS-IMSS). Un ejemplar fue enviado al Herbario del IMSS (IMSSM), para ser identificado como IMSSM-14588, por la M.Sc. Abigail Aguilar Contreras.

Cultivo de *S. elegans* en diferentes sustratos bajo dos condiciones de luz

Con el objetivo de evaluar si el sustrato y la intensidad lumínica ejercen algún efecto sobre el crecimiento y/o el desarrollo foliar de *S. elegans*, se planteó el siguiente diseño experimental:

Inicialmente, se obtuvieron esquejes a partir de yemas apicales de una planta madre sana, se recortaron en segmentos de 10 cm de longitud y se eliminaron las hojas de la parte inferior de cada esqueje. Posteriormente, se lavaron con agua destilada y se sumergieron en una solución de Agrimycin® (1 mg/ml) durante 1 min. Se estableció un lote experimental con 17 estacas, para promover el enraizado se removieron las hojas situadas cerca del corte inferior, cada estaca se impregnó con Radix® a una concentración de 1500 ppm y fueron introducidas en un orificio de 3 cm de profundidad (Maynard & Ruter, 2024).

Posteriormente, se eligieron al azar esquejes enraizados, para introducirlos en macetas para vivero de plástico (4 in), empleando sustratos sólidos químicamente activos e inertes de la siguiente manera: **a)** Mezcla de vermiculita/agrolita/peat moss; en proporción 1:1:1 (agrolita; n=10); **b)** Cultivos hidropónicos sólidos químicamente inertes, con arena (n=10) y con tierra (n=10) y otros en solución de Hoagland & Arnon (Hoagland & Arnon, 1950) al 100% de nutrientes (Hidroponía; n=10). Los sistemas de cultivo previamente mencionados (sólidos y solución nutritiva), se establecieron por triplicado y evaluaron bajo dos diferentes condiciones de cultivo entre los meses de septiembre y octubre del año 2006. Para tal efecto, el sistema de cultivo se reprodujo. La condición uno (C1), de alta intensidad lumínica registrada como cantidad de fotones por unidad de área y unidad de tiempo ($15.08 \mu\text{mol}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{seg}^{-1}$), situada dentro de los invernaderos del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, en el municipio de Yautepec, Morelos (18°49'29.4"N 99°05'46.0"W), en un ambiente que registró promedios de humedad relativa (HR) de 26.0%, temperatura (T) mínima de 22.3°C y máxima de 33.8°C. La condición 2 (C2), de baja intensidad lumínica ($7.22 \mu\text{mol}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{seg}^{-1}$), HR de 32.9%, T media mínima y máxima de 30.8 °C y 39.4 °C respectivamente, situada en el exterior, a un costado de los invernaderos y cubierta por una malla de sombra al 50 %. Durante ocho semanas, se mantuvo la humedad de los sustratos sólidos activos e inactivos, administrando 200 ml de agua cada dos días y se registró el crecimiento de la parte aérea de los especímenes (cm), cada dos semanas (**Diagrama 1**).

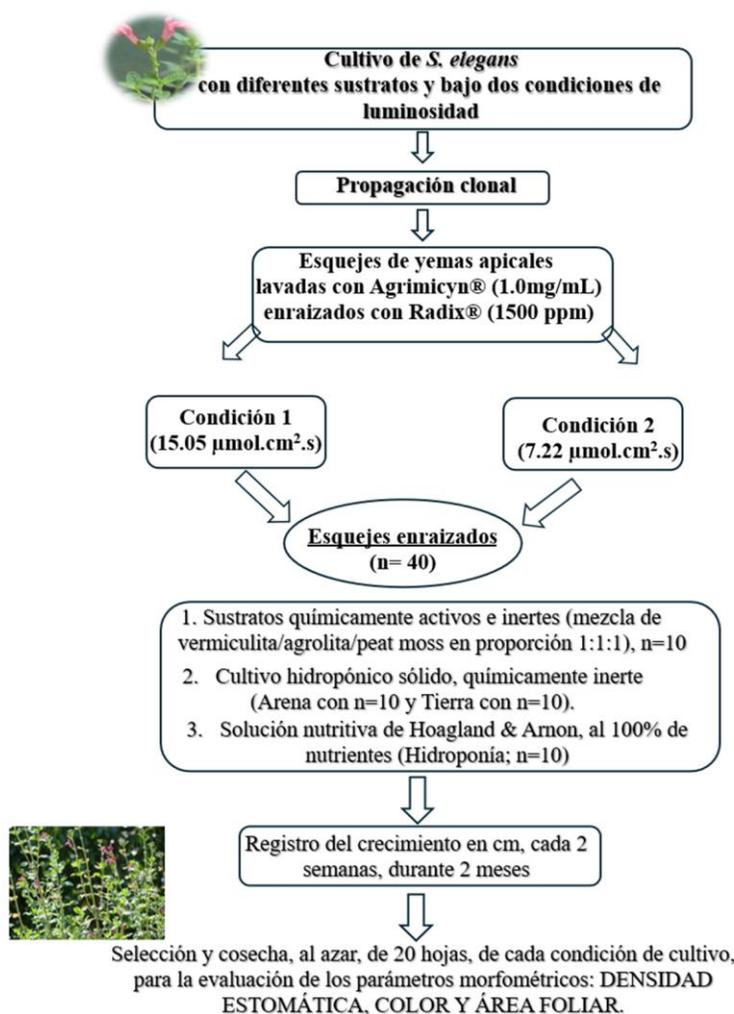


Diagrama 1. Diseño experimental empleado para evaluar el crecimiento de esquejes y del desarrollo foliar de *S. elegans*.

Diagram 1. Design of the experimental setup employed to evaluate *S. elegans* cuttings growth and leaf development.

Evaluación del desarrollo foliar, a través de parámetros morfométricos

Para los parámetros morfométricos se cortaron, al azar, para cada experimento cuarenta hojas de las plantas de *S. elegans* cultivadas en cada condición lumínica y al azar se eligieron veinte de cada una (n=20). Los experimentos se efectuaron por triplicado. Para analizar los parámetros morfométricos relativos al área foliar y el color, se tomaron imágenes de las hojas empleando una cámara digital (Sony, MVC-CD500) y se almacenaron en formato jpg (color RGB, 24 bits; 640 x 480 píxeles).

a) Densidad estomática

La densidad estomática se midió utilizando 20 hojas, en la región adaxial y la abaxial se aplicó esmalte de uñas transparente de marca comercial Renova® en la parte media, se dejó secar por 5 min y posteriormente, con ayuda de una pinza de disección, se retiró la película de esmalte (Barrera & Mesa, 1992).

La película se estableció como una preparación fija, que fue observada en un microscopio óptico (Nikon, Eclipse i80) a 20X, con una cámara adaptada (Dage Mita, DC300) con la cual se obtuvieron imágenes de la región adaxial y abaxial de las hojas procesadas de ambas condiciones de cultivo. Las imágenes colectadas fueron procesadas usando el software MetaMorph (V.7.0).

Para calcular densidad estomática, se siguió la metodología reportada por Barrera y Mesa (1992) en la cual establecen un área de muestra de 0,5 x 0,4 mm, al considerar que 0,4 mm corresponde al ancho de la banda estomática, región donde se cuantifican las estomas y se sitúa en la zona central del envés de la hoja. Se realizaron tres mediciones por área de muestra para cada preparación y se registró el promedio (número de estomas/ μm^2).

b) Área foliar

Las imágenes en formato jpg, se procesaron utilizando el programa Corel Photo Paint (V11.5). Para transformarlas a escala de grises de 8 bits, se realizó un contraste y se imprimieron en una impresora digital a 600 dpi. El área foliar (cm^2) se obtuvo colocando en un medidor de área foliar (marca LICOR modelo 3100) las impresiones de las hojas (Husin *et al.*, 2012).

c) Color

Se empleó el software Image J (V.1.52) para la evaluar el color de las hojas en las imágenes digitales (RGB, 24 bits) capturadas previamente. Los valores digitales, fueron transformados a un sistema de notación descrito en la carta de colores Munsell para tejidos vegetales (Pérez *et al.*, 2008) y la interpretación se realizó tomando en cuenta lo que sugiera el sistema CIE de colorimetría, según Schanda (Shanda J., 2007).

Los valores RGB se transformaron a unidades de luminosidad (L^*), tono rojo-azul (a^*) y tono verde-amarillo (b^*) utilizando el software EasyRGB-PC (V.1.53). La diferencia de color (ΔE) entre ambas condiciones de intensidad luminosa se determinó según Schanda (Shanda J., 2007), con la ecuación:

$$\Delta E = \sqrt{((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)}$$

Donde:

ΔE : diferencia de color entre las muestras foliares colectadas de C1 y C2.

ΔL^* : Diferencia de luminosidad entre las muestras foliares colectadas de C1 y C2.

Δa^* : Diferencia de tonalidad rojo-azul entre las muestras foliares colectadas de C1 y C2.

Δb^* : Diferencia de tonalidad verde-amarillo entre las muestras foliares colectadas de C1 y C2.

Utilizando el programa Prism@, V1.10 (Quintanilla-Carvajal *et al.*, 2015) se transformaron los datos RGB y $L^*a^*b^*$ a datos Munsell digitalizados, se reportaron como RGB y CIELab y se compararon con el croma (C, saturación), matiz (H) y valor (V, luminosidad u oscuridad) del sistema de notación Munsell (HV/C) según (Mathias-Rettig & Ah-Hen, 2014).

Extracto hidroalcohólico

Se obtuvieron extractos hidroalcohólicos de las partes aéreas (tallos, hojas y flores) y de raíces de *S. elegans* (C1 y C2); para ello, las muestras se secaron a temperatura ambiente en condiciones de oscuridad durante 2 semanas, posteriormente el material vegetal seco, se molió y maceró en una solución de etanol y agua (60:40) durante 24 h. Después, cada extracto se filtró con papel Whatman #1; el material sólido filtrado, se maceró, filtró y concentró en dos ocasiones más, las cuales se reunieron y se calcularon los porcentajes de rendimiento. Finalmente, se liofilizaron (Heto Drywinner Brand, Modelo DW3, USA) y mantuvieron en refrigeración (4°C) hasta su posterior uso.

Cada extracto hidroalcohólico fue etiquetado como:

SeC1r: Raíces de plantas cultivadas en C1.

SeC1a: Partes aéreas de plantas cultivadas en C1.

SeC2r: Raíces de plantas cultivadas en C2.

SeC2a: Partes aéreas de plantas cultivadas en C2.

SeHa: Partes aéreas de plantas en solución hidropónica en C2.

Los esquejes cultivados en solución hidropónica en la condición 1, fueron descartados debido a que la producción de biomasa en dicho cultivo fue escasa para la obtención de extractos. Lo mismo ocurrió con las raíces de los esquejes cultivados en solución nutritiva de ambas condiciones.

Animales de experimentación

Ratones macho ICR (\bar{x} = 30 g), del bioterio de Centro Médico Nacional Siglo-XXI. Se alojaron en condiciones estándar (temperatura de $22 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 5\%$ de humedad, ciclos de luz/oscuridad de 12 h, con alimento y agua *ad libitum*). Los experimentos se llevaron a cabo siguiendo los lineamientos establecidos en las Normas Internacionales y Oficiales Mexicanas para el Cuidado y Sanidad Animal (NOM-062-ZOO-1999). El protocolo fue registrado ante el Comité local de Ética e investigación del Instituto Mexicano del Seguro Social (CLIES) con el número de registro R-2019-1702-041.

Ensayo de Edema local inducido por un éster de forbol (actividad antiinflamatoria)

Cada extracto fue administrado (disuelto en acetona), en la oreja izquierda (OI) y en la oreja derecha (OD) se administró el vehículo (control con acetona) en un volumen total de 10 μL en la parte interna y en externa del pabellón auricular. Los ratones se dividieron en control negativo [(VEH; 2.5 μg /oreja de 12-O-Tetradecanoilforbol 13-acetato (TPA)], control positivo, con dexametasona (DEX, 1.0 mg/oreja), los tratamientos de *S. elegans* (SeC1r, SeC1a, SeC2r, SeC2a, SeHa) a 1.0 mg/oreja (Payá *et al.*, 1993). Quince minutos posteriores a la aplicación de cada tratamiento, se colocó el TPA en la OI y 4 h después, los animales fueron sacrificados con una sobredosis de pentobarbital sódico (NOM-062-ZOO-1999). Se tomaron secciones circulares de 6 mm de diámetro tanto de las orejas tratadas (t; OI) como de las no tratadas (nt; OD), las cuales se pesaron para determinar la inflamación y el porcentaje de inhibición empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Inhibición del edema (\%)} = [\Delta p \text{ control} - \Delta p \text{ tratamiento}] \times 100$$

Donde: $\Delta p = p_t - p_{nt}$

Δp_t = peso de la sección de la oreja tratada.

p_{nt} = es el peso de la sección de la oreja no tratada.

Cromatografía en capa fina (CCF)

Se utilizaron placas de gel de sílice 60-F254, con 2 μL de cada extracto y se marcó la posición inicial del desplazamiento del solvente en la placa. La fase móvil utilizada fue cloroformo: metanol (9:1). Una vez transcurrida la cromatografía, las placas fueron observadas con una lámpara de luz UV a 254 nm de longitud de onda y con luz visible. Además, las placas fueron reveladas aplicando una disolución de sulfato cérico amoniacal disuelto en ácido sulfúrico concentrado, para obtener una solución final del revelador con valor de concentración de 2N, posteriormente se calentaron en una parrilla a 100°C por 3 min, para visualizar la presencia de terpenos en color marrón (Carratù *et al.*, 2010).

Otro sistema utilizado fue una solución metanólica de difenilboriloxietilamina (c) al 1% en una solución etanólica de polietilenglicol-4000 al 5%, para mostrar la presencia de flavonoides que pueden revelar en color amarillo hasta naranja (Carratù *et al.*, 2010). Se capturaron imágenes de cada placa (antes y después de revelar) y se identificaron los diferentes compuestos con base en la migración de los estándares de referencia para terpenos: Ácido Oleanólico (AO), Ácido Ursólico (AU) y para flavonoides quercetina (Q). Finalmente, se midió el factor de retención (R_f), de los estándares y de los extractos analizados en la CCF. Los R_f se determinaron aplicando la ecuación:

$$R_f = \frac{\text{distancia que recorre la muestra desde el punto de aplicación}}{\text{distancia que recorre el solvente hasta el frente del eluyente}}$$

Análisis estadístico

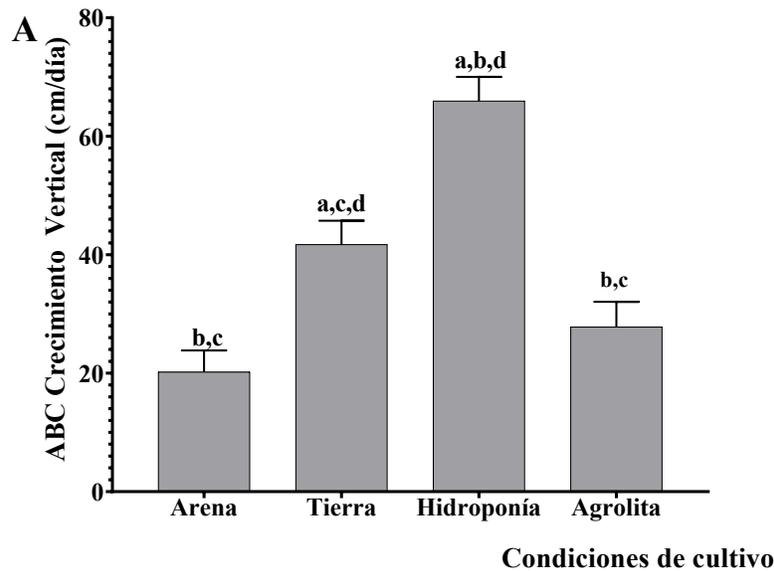
El análisis estadístico de los datos obtenidos durante las dos fases experimentales (crecimiento, densidad estomática, área foliar, color y pruebas biológicas) y para la prueba de inflamación, se realizó con ANOVA de una vía con una *post-prueba* de Bonferroni, con un valor de significancia de $p < 0.05$, en el programa estadístico SPSS V.17. La medida de distribución normal de cada ensayo se hizo con Shapiro-wilk, con un valor de $p > 0.05$, para considerarlo como distribución normal.

RESULTADOS

Cultivo de *S. elegans*

En la Figura 1A, se muestran los resultados del crecimiento de esquejes de *S. elegans* cultivados en la condición C1 (barras grises), se puede observar que las plantas colocadas en solución nutritiva (Hidroponía), crecieron 66.3 ± 4.15 cm, valor estadísticamente mayor al obtenido en los sustratos sólidos de Agrolita (vermiculita/agrolita/peat moss; 32.02 ± 2.79 cm), de Arena (27.82 ± 4.2 cm) y de Tierra (41.93 ± 4.55 cm) ($p < 0.05$). Con un crecimiento de las plantas de mayor a menor de la siguiente manera: hidroponía > tierra > agrolita > arena, no hubo diferencia entre arena y agrolita ($p > 0.05$, Figura 1A).

En la condición C2, se observó un crecimiento de 44.68 ± 3.42 cm en el tratamiento con hidroponía, significativamente mayor al del grupo con arena (29.01 ± 2.89) o con tierra (33.89 ± 0.30) ($p < 0.05$, Figura 1B). El cultivo en agrolita con un crecimiento de 36 ± 5.5 cm, no induce cambios estadísticamente significativos cuando se compara con los grupos con hidroponía, o con tierra o con arena ($p > 0.05$, Figura 1B).



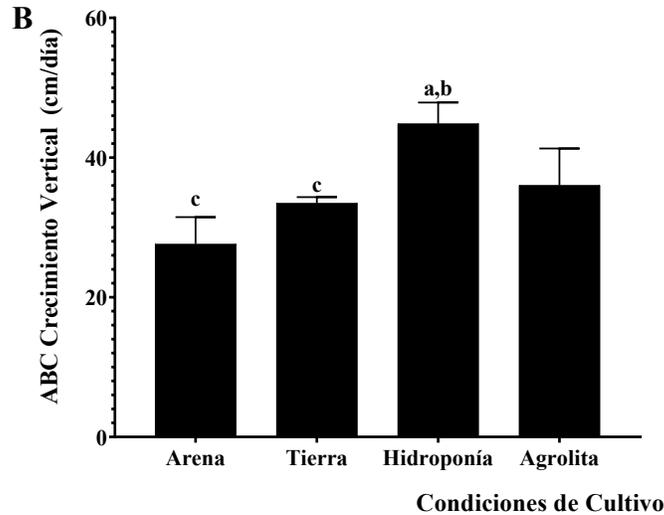


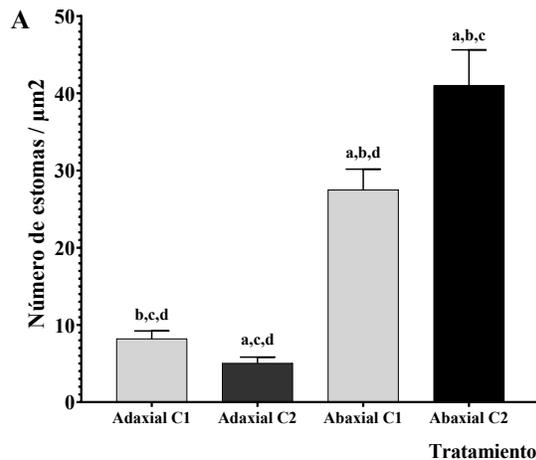
Figura 1. Crecimiento de los esquejes de *S. elegans* (cm) en diferentes tipos de sustratos y condiciones de luz C1 (A) o C2 (B). $n=10$; ANOVA \pm desviación estándar; *post prueba* de Bonferroni, $p < 0,05$. Los símbolos **a**, **b**, **c** y **d**, indican diferencias con el tratamiento con arena, con tierra, con hidroponía y con agrolita, respectivamente ($n=10$; $\bar{x} \pm DE$).

Figure 1. *S. elegans* vertical growth in different substrate types and light conditions C1 (A) or C2 (B). $n=10$; ANOVA \pm standard deviation; *post hoc* Bonferroni, $p < 0,05$. Symbols a, b, c and d indicate differences with the treatment with sand, with soil, with hydroponics, and with agrolite, respectively ($n=10$; $\bar{x} \pm SD$).

Parámetros morfométricos y de color durante crecimiento y desarrollo foliar

a) Densidad estomática y área foliar

La densidad de estomas en las regiones adaxiales de las hojas provenientes de C1 (8.95 ± 1.95), fue significativamente mayor que lo observado de las de C2, con un promedio de 5.51 ± 1.42 estomas por μm^2 ($a,bp < 0,05$, **Figura 2A**); este parámetro fue más alto para la zona abaxial en comparación con la adaxial en ambas condiciones, siendo significativamente mayor en C2 (41.03 ± 4.60) que en C1, que promedió 26.56 ± 3.77 estomas por μm^2 (**Figura 2B**). La evaluación del parámetro morfométrico correspondiente al área foliar, mostró diferencias estadísticas significativas entre ambas condiciones de cultivo, siendo mayor el de las hojas cultivadas en C2 ($25.15 \pm 2.08 \text{ cm}^2$), que el de aquellas de C1 ($18 \pm 2.08 \text{ cm}^2$) ($a,bp < 0,05$, **Figura 2C**).



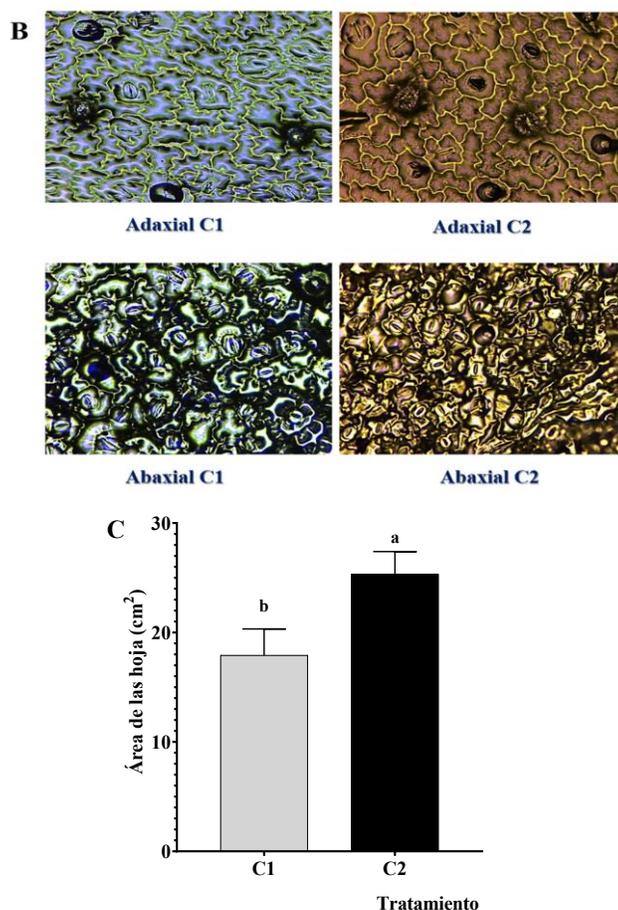


Figura 2. Densidad estomática (A) de plantas de *S. elegans* que crecen en diferentes condiciones de luz, C1 (□) y C2 (■). (B) microfotografías de los estomas en las regiones adaxiales y abaxiales; el área foliar C se representa como el tamaño del follaje en cm². ANOVA *post prueba* Bonferroni; $p < 0,05$ ($n=20$; $\bar{x} \pm DE$).

Figure 2. Stomatic density (A) of *S. elegans* plants grown in different light conditions, C1 (□) y C2 (■). (B) microscopic photographs of stomata on adaxial and abaxial regions; leaf area C is represented as foliar size in cm². ANOVA *post hoc*. Bonferroni; $p < 0,05$ ($n=20$; $\bar{x} \pm DE$).

b) Color

En la **Tabla 1**, se muestran los datos obtenidos del análisis por colorimetría realizado en hojas de *S. elegans* cultivadas bajo las condiciones C1 y C2.

Como sugiere el sistema CIE de colorimetría expuesto por Schanda (2007), para los valores de color normalizados con un iluminante D65 (luz diurna) y una posición del observador de 10°, se encontró que el color de las hojas entre ambas condiciones es ligeramente diferente, como se indica con un $\Delta E = 2.65$.

Tabla 1. Resultados de colorimetría de hojas de *S. elegans* cultivadas en dos condiciones de luz ($n = 40$).

Table 1. Colorimetric results of *S. elegans* leaves grown in two light conditions ($n = 40$)

Condición de cultivo	R	G	B	L*	a*	b*
C1	47.87	78.13	27.48	29.79	-21.46	26.39
C2	56.18	82.60	31.21	32.07	-20.26	27.01

$$\Delta E (C1, C2) = 2.65$$

La diferencia antes mencionada también se observa en el diagrama de cromaticidad tomado del CIE (**Figura 3**), el cual sitúa los valores medios de ambas condiciones (Shanda J., 2007). De acuerdo con lo anterior, el tono dominante en el sistema RGB fue G, ya que las hojas eran verdes. Sin embargo, a pesar de que el análisis mostraba que ambas condiciones coincidieron en G, se observó que el dato correspondiente al color de hojas cultivadas en C2 mostró una mayor contribución en R y B en comparación con aquellas provenientes de C1 (**Tabla 1**) (Mathias-Rettig & Ah-Hen, 2014). La variabilidad instrumental de RGB y CIEL*a*b* fueron traducidas al sistema Munsell digitalizado (Jiménez-Aparicio & Gutiérrez, 2000); (Mathias-Rettig & Ah-Hen, 2014) y se observó que ambas muestras eran verde-amarillentas (5GY) y las diferencias se relacionaban con las contribuciones de V (luminosidad u oscuridad) y C (saturación). Por lo tanto, el color de las hojas cultivadas en C1 era menos claro, mientras que aquel de C2 tiene una mayor contribución del cromata amarillo (**Figura 3**).

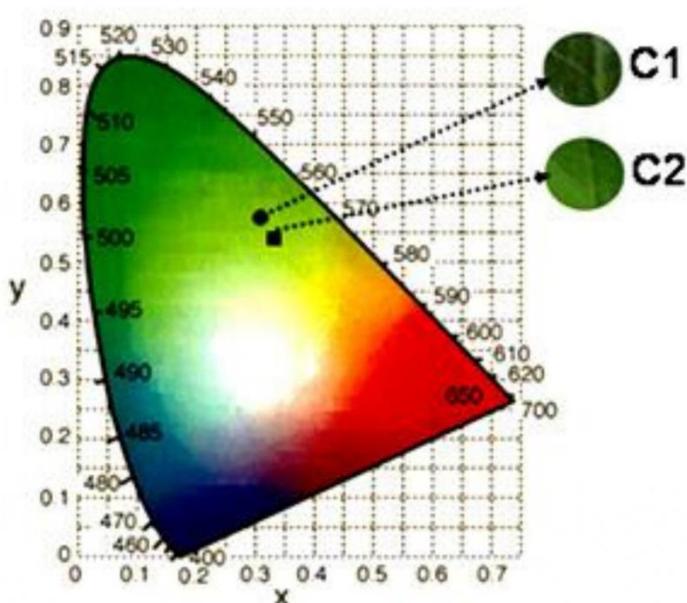


Figura 3. CIE, diagrama de cromaticidad que muestra la diferencia de color de las hojas de plantas de *S. elegans*, cultivadas en las condiciones C1 y C2.

Figure 3. CIE, chromaticity diagram displaying *S. elegans* leaves color difference grown under conditions C1 and C2.

En este sentido, el color de las hojas de C1 presentaron mayor intensidad en el verde en comparación con las de C2, que fueron verde-amarillentas; este aspecto se destaca con el valor de L* (luminosidad), donde los valores que tienden a 100 corresponden al blanco y los cercanos a 0, al negro. El valor de C1 fue menor que C2 en términos de L* y su apariencia es más oscura. En la **Figura 3**, se muestran las diferencias, posicionando el color para ambas condiciones.

Edema local inducido por TPA

El TPA provocó un edema significativo en la oreja (control negativo VEH, **Tabla 2**), que fue significativamente disminuido en un 85.2% por la DEX (control positivo, $*p < 0.05$). Todos los tratamientos experimentales fueron activos, y presentaron diferencias estadísticas significativas en comparación con el VEH ($*p < 0.05$), con excepción de SeC2r ($p > 0.05$). El tratamiento SeC1a indujo el mayor porcentaje de inhibición del edema (81.82%), por lo que fue seleccionado para una curva dosis-respuesta (0.25, 0.5, 2.0, 4.0 mg/oreja). En la **Tabla 2**, se observa que las dosis bajas no inducen cambios significativos respecto al grupo de control negativo VEH ($p > 0.05$), pero las dosis altas disminuyen el edema por encima del 80%, valores significativamente menores al grupo VEH ($*p < 0.05$). Los valores farmacodinámicos fueron $Emax = 68.49\%$ y $DE_{50} = 2.42$ mg/oreja.

Tabla 2. Efecto de la administración local del extracto hidroalcohólico de plantas de *S. elegans* cultivadas a diferentes condiciones, sobre la inflamación inducida con TPA en oreja de ratón.

Table 2. Local administration effect of *S. elegans* hydroalcoholic extract from plants grown at different conditions on TPA-induced inflammation in mouse ear.

Tratamiento	Dosis (mg/oreja)	Edema de oreja (mg)	Inhibición del edema (%)
VEH		8.8 ±1.15	---
DEX	0.5	1.3 ±0.18*	85.23
SeHA		2.46 ±0.75*	72.05
SeC1r		2.28 ±0.41*	74.09
SeC1a		1.6 ±0.47*	81.82
SeC2r		6.36 ±0.86*	27.73
SeC2a	1.0	3.16 ±0.32*	64.09
Curva dosis-respuesta			
SeC1a	0.25	8.8 ±1.15	7.77
	0.5	6.44 ±1.07	18.18
	1.0	1.6 ±0.47*	81.82
	2.0	0.93 ± 0.54*	89.39
	4.0	0.4 ±0.38*	95.45

Grupo vehículo (VEH); dexametasona (DEX), Raíz C1 (SeC1r), Aérea C1 (SeC1a), Raíz C2 (SeC2r), Aérea C2 (SeC2a), extracto de cultivo hidropónico partes aéreas (SeHa). ANOVA *post hoc* Bonferroni, * $p \leq 0.05$ (n=6; $\bar{x} \pm DE$).

Vehicle group (VEH); dexamethasone (DEX), C1 Root (SeC1r), C1 Aerial (SeC1a), C2 Root (SeC2r), C2 Aerial (SeC2a), hydroponic culture aerial parts extract (SeHa). ANOVA *post hoc* Bonferroni, * $p \leq 0.05$ (n=6; $\bar{x} \pm DE$).

Perfil químico cualitativo

El análisis químico preliminar realizado con CCF, permitió analizar los extractos tipo hidroalcohólico provenientes de partes aéreas (SeC1a, SeC2a y SeHa) y raíces (SeC1r y SeC2r) de *S. elegans* cultivados en C1 y C2, así como del extracto hidroalcohólico de especímenes que crecieron de forma silvestre (SeS). Para ello, las muestras fueron comparadas contra estándares de terpenos, en este caso el ácido oleanólico (AO) y el ácido ursólico (AU) así como del flavonoide Quercetina (Q).

La detección de compuestos fue realizada al comparar los valores de Rf obtenidos de las bandas observadas de cada muestra, con aquellos registrados para cada estándar (**Tabla 3**).

De acuerdo con la metodología empleada en el presente trabajo, el material vegetal cosechado de *S. elegans* C1 y C2, el rendimiento de algunos extractos fue menor al 20 % y sólo SeC1a, SeHa y el de la planta silvestre SeS, rebasan dicho valor (**Tabla 3**). De acuerdo con lo anterior, se decidió utilizarlos principalmente para las pruebas farmacológicas. Al término de la evaluación farmacológica, los residuos de cada extracto se emplearon para la identificación preliminar de compuestos presentes en ellos a través de CCF y evaluar las diferencias y semejanzas químicas entre estos.

Los tratamientos de *S. elegans*, al ser comparados con los estándares de los terpenos AU y AO y del flavonoide Q, empleando un sistema de elución de CHCl₃: acetoniitrilo: MeOH (1:2:1) y revelando con difenilborato de aminoetanol no se detectó alguna mancha amarillo-anaranjado que revelaría la presencia de flavonoides. Sin embargo, al revelar con Sulfato cérico, se logró detectar la banda que correspondía para Q en la muestra SeC2a. Por otro lado, la comparación de los extractos con actividad antiinflamatoria con los estándares AU y AO, en un sistema de elución CHCl₃: Acetona (9:1) que fue revelado con sulfato cérico, se pudo confirmar que AU está presente en SeC1a y SeS; mientras que en el extracto SeC2a al parecer sólo tiene AO al ser analizado por esta técnica cualitativa (**Tabla 3**).

Tabla 3. Análisis del rendimiento de extracción y del perfil químico cualitativo realizado a través de cromatografía en capa fina de los extractos hidroalcohólicos de partes aéreas y de raíces de plantas de *S. elegans* cultivadas en dos condiciones de luz y de plantas silvestres.

Table 3. Extraction yield and qualitative chemical profile analysis performed by thin layer chromatography of hydroalcoholic extracts from aerial parts and roots of *S. elegans* plants grown under two light conditions and from wild plants.

Extracto	Estándares (Rf)			Rendimiento (%R)
	AO (0.34)	AU (0.32)	Q (0.72)	
SeC1a	+	+	-	20.55
SeC2a	+	-	+	6.78
SeHa	-	-	-	44.89
SeC1r	-	-	-	11.41
SeC2r	-	-	-	5.12
SeS	+	+	-	39.87

DISCUSIÓN

A la fecha no se han reportado datos de un estudio sobre métodos de cultivo para obtener material vegetal estandarizado de *S. elegans*. En este trabajo se propone que esta especie medicinal puede lograr ser cultivada de una forma controlada en condiciones de hidroponía, ya que como se sabe es una excelente técnica de propagación, que proporciona un alto rendimiento de biomasa y de metabolitos secundarios con actividades farmacológicas (Dayani & Sabzalian, 2017), permite controlar el volumen de agua de riego y la eliminación de contaminantes, disminuyendo el impacto negativo al medio ambiente (Maggini *et al.*, 2022). El cultivo bajo condiciones controladas, por ejemplo, de luz y temperatura, es una alternativa para producir plantas medicinales, asegurando la obtención constante y homogénea de sus principios activos debido a que la fotosíntesis y la acumulación de masa es constante (Aggarwal y Mathur, 2020). Observamos que, para esta planta mexicana, las condiciones de luz en cultivo hidropónico fueron determinantes para el mejor crecimiento y desarrollo. Se mostró que la superficie adaxial de las hojas de *S. elegans* cultivadas bajo altas intensidades de luz, desarrolló mayor densidad estomática, resultados similares se han reportado en tomate (Gay & Hurd, 1975), tabaco (Thomas *et al.*, 2004) y *Arabidopsis* (Wang *et al.*, 2007). Se ha observado que el movimiento, tamaño, distribución y densidad de las estomas son factores que determinan el intercambio de agua y CO₂, por tanto, la fotosíntesis y la transpiración son indispensables para el crecimiento y desarrollo de las plantas. La intensidad de la luz ambiental es uno de los factores que afectan la densidad estomática (Lake *et al.*, 2002). Así que, al controlar la intensidad de esta variable en el cultivo hidropónico de mirto rojo, como se indica en la literatura también se incide sobre la presencia de los estomas.

El área foliar se vio afectada por la intensidad de luz a la que fue sometida, con valores bajos se desarrollaron hojas más grandes. En la literatura se menciona que cuando las plantas crecen en intensidades de luz bajas, muestran tasas más altas de fotosíntesis, lo que se relaciona con la conductancia del CO₂ dentro de la hoja, afectando el área foliar (Francisco-Nava *et al.*, 2011).

Aunque los resultados obtenidos en Munsell pueden ser subjetivos, en el caso de los tejidos vegetales es útil, ya que se pueden intuir posibles deficiencias nutricionales como K, Fe, Cu o algunas enfermedades como la clorosis (Mendoza *et al.*, 2006). El desarrollo de las plantas puede atribuirse a los niveles de luminosidad (C1 y C2), debido a que la variable fue modificada.

Se sabe que la luz afecta la concentración y presencia de pigmentos accesorios (Shanda J., 2007), por ello se esperaba que ambas condiciones presentaran diferencias en los valores del tri-estímulo (L*, a*, b*). El valor de a* indica la contribución del rojo (valores positivos) y del verde (valores negativos) al color total; C1 fue superior a C2. Mientras que b*, indica el componente amarillo (positivo) y azul (negativo); en ambos casos el componente se observó amarillo, el valor para C1 fue menor que en C2. Los resultados obtenidos coinciden con la literatura, debido a que la

composición química de la planta se altera en función de la luminosidad aplicada al cultivo (Jiménez-Aparicio & Gutiérrez, 2000).

Para sobrevivir a las condiciones ambientales adversas, las plantas han desarrollado mecanismos útiles para defenderse y utilizar de manera óptima los recursos circundantes para su crecimiento y desarrollo (Camacho-Escobar, 2020). Según los resultados de la CCF, en el extracto SeC1a están presentes los triterpenos AU y AO. Estos compuestos se distribuyen ampliamente por todo el reino Plantae como parte del metabolismo secundario y se ha reportado que tienen actividades farmacológicas como la anticancerígena y antiinflamatoria (Gudoityte *et al.*, 2021).

Se ha demostrado que al menos 88 especies de la familia Lamiaceae son capaces de sintetizar AU y AO (Kalaycıoğlu *et al.*, 2018). Algunos ejemplos son *S. officinalis* (Rodrigues *et al.*, 2021), *S. microphylla* (Aydoğmuş *et al.*, 2006), *S. hydrangea* (Abdollahi-Ghehi *et al.*, 2019) y *S. glutinosa* (Bajalan *et al.*, 2016), cuyas propiedades farmacológicas han sido demostradas en diferentes modelos biológicos. El AO y su isómero AU, son potentes antiinflamatorios y eficaces en diferentes ensayos antiinflamatorios (González-Chávez *et al.*, 2017). Se ha publicado que el AU ocasionalmente es capaz de inducir la liberación de mediadores proinflamatorios en células y tejidos normales, de modo que se le puede asignar un doble papel biológico (Ikeda *et al.*, 2008). El AO es un compuesto principal de las plantas medicinales e igualmente induce una variedad de actividades biológicas, por ejemplo, como antioxidante, anticancerígeno (Gudoityte *et al.*, 2021) e inhibe la síntesis de leucotrienos (mediadores inflamatorios) reduciendo la acción inflamatoria local de sustancias como TPA (González-Chávez *et al.*, 2017); (Paje *et al.*, 2022). Es probable entonces, que la acción antiinflamatoria del extracto SeC1a en la prueba de edema por TPA, se debiera a la presencia de esos ácidos terpénicos, sin descartar la participación de otros compuestos, como los flavonoides.

Los extractos SeC2a, SeHa y SeC1r redujeron significativamente el edema local en la oreja de ratón. SeC2a también contiene AO, aunque no reveló para AU, por lo que en este caso el efecto antiinflamatorio se puede atribuir, en parte, al contenido del primero. En SeHa y SeC1r, no fue posible detectar AU ni AO, se infiere que otros son los compuestos activos.

A la fecha, no existen datos de cultivos tecnológicos de la especie *S. elegans*, que muestren que la intensidad de luz en condiciones de hidroponía modifique el desarrollo de la planta. Aunque, existe un estudio con otra especie, *S. yangii* (B. T. Drew), en el que se evaluó la influencia de 3 diferentes intensidades lumínicas (70, 130 y 220 $\mu\text{mol}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{s}^{-1}$), en cultivos *in vitro* y sobre el perfil metabólico de las plantas estudiadas. Encontrando que las condiciones de luz aplicadas al cultivo en su diseño experimental modifican la longitud y la masa de los brotes axilares, además de una variación en el perfil de metabolitos secundarios asociados a la intensidad luminosa aplicada (Kozłowska *et al.*, 2022).

CONCLUSIONES

Las condiciones lumínicas sobre las cuales se estableció el cultivo de *S. elegans*, permitieron determinar el impacto de este factor sobre las plantas, ya que se observó que incide de manera importante sobre su crecimiento y sobre los parámetros morfométricos asociados al desarrollo foliar, influyendo en la producción de metabolitos secundarios, lo cual le confiere la calidad como antiinflamatoria a dicha especie medicinal.

Recomendaciones. Se propone continuar con el establecimiento de técnicas que permitan la obtención del material vegetal en condiciones controladas, que conduzcan a mejorar la calidad de *S. elegans*, tanto en la abundancia, crecimiento del material vegetal y aumentar también la producción homogénea de metabolitos secundarios que puedan ser útiles farmacológicamente.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

LITERATURA CITADA

- Abdollahi-Ghehi, H., Sonboli, A., Ebrahimi, S. N., Esmaeili, M. A., & Mirjalili, M. H. (2019). Triterpenic acid content and cytotoxicity of some *Salvia* Species from Iran. *Natural Product Communications*, 14(5), 1934578X1984272. <https://doi.org/10.1177/1934578X19842722>
- Aggarwal, A., & Mathur, A. (2020). Nexus between light and culture media on morphogenesis in *Bacopa monnieri* and saponin yield thereof. *Heliyon*, 6(10), e05245. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05245>
- Argueta, A., Asseleih, L. M., & Rodarte García, M. E. (1994). *Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana* (Primera Edición). Instituto Nacional Indigenista.
- Aydoğmuş, Z., Yeşilyurt, V., & Topcu, G. (2006). Constituents of *Salvia microphylla*. *Natural Product Research*, 20(8), 775–781. <https://doi.org/10.1080/14786410500462843>
- Bajalan, I., Mohammadi, M., Alaei, M., & Pirbalouti, A. G. (2016). Total phenolic and flavonoid contents and antioxidant activity of extracts from different populations of lavender. *Industrial Crops and Products*, 87, 255–260. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.059>
- Barrera, E., & Mesa, I. (1992). Características de la epidermis foliar de árboles chilenos. I. Subclase Magnoliidae. Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural* 43: 29-39.
- Bayat, H., & Moghadam, A. N. (2019). Drought effects on growth, water status, proline content and antioxidant system in three *Salvia nemorosa* L. cultivars. *Acta Physiologiae Plantarum*, 41(9), 149. <https://doi.org/10.1007/s11738-019-2942-6>
- Camacho-Escobar, M. A., Ramos-Ramos, D. A., Ávila-Serrano, N. Y., Sánchez-Bernal, E. I., & López-Garrido, S. J. (2020). The physico-chemical plant defenses and its effect on ruminant feeding. *Revista Terra Latinoamericana*, 38(2), 443–453. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.629>
- Carratù, B., Boniglia, C., Ciarrocchi, M., Gargiulo, R., & Sanzini, E. (2010). Convenient TLC for the detection of a herbal ingredient in a food supplement. *Nat Prod Res*, 24(20), 1954-60. <https://doi.org/10.1080/14786419.2010.508744>
- Dayani, S., & Sabzalian, M. R. (2016). Production of secondary metabolites in medicinal plants through hydroponic systems. In *Controlled environment agriculture*. (pp. 33–51). Nova Science Publishers, Inc.
- Francisco-Nava, J. J., Jiménez-Aparicio, A. R., De Jesús-Sánchez, A., Arenas-Ocampo, M. L., Ventura-Zapata, E., & Evangelista-Lozano, S. (2011). Estudio de la morfología y aclimatación de plantas de *Laella eyermaniana* RCHB. f. generadas *in vitro*. *Polibotánica*, 32, 107–117.
- Gautam, R. D., Kumar, A., Kumar, R., Chauhan, R., Singh, S., Kumar, M., Kumar, D., Kumar, A., & Singh, S. (2021). Clonal propagation of *Valeriana jatamansi* retains the essential oil profile of mother plants: An approach toward generating homogenous grade of essential oil for industrial use. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.738247>
- Gay, A. P., & Hurd, R. G. (1975). The influence of light on stomatal density in the tomato. *New Phytologist*, 75(1), 37–46. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1975.tb01368.x>
- González-Chávez, M. M., Ramos-Velázquez, C. S., Serrano-Vega, R., Pérez-González, C., Sánchez-Mendoza, E., & Pérez-Gutiérrez, S. (2017). Anti-inflammatory activity of standardized dichloromethane extract of *Salvia connivens* on macrophages stimulated by LPS. *Pharmaceutical Biology*, 55(1), 1467–1472. <https://doi.org/10.1080/13880209.2017.1305423>
- Gudoityte, E., Arandarcikaite, O., Mazeikiene, I., Bendokas, V., & Liobikas, J. (2021). Ursolic and Oleanolic Acids: Plant metabolites with neuroprotective potential. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(9), 4599. <https://doi.org/10.3390/ijms22094599>
- Gutiérrez-Román, A.S., González-Cortazar, M., Trejo-Tapia, G., Herrera-Ruiz, M., Zamilpa, A., Sánchez-Mendoza, E., De la Cruz-Sánchez, N. G., & Jiménez-Ferrer, E. (2021). Angiotensin-converting enzyme inhibitors from *Salvia elegans* Vahl. *Nat Prod Res*, 35(23):5344-5349. <https://doi.org/10.1080/14786419.2020.1758093>

- Herrera-Ruiz, M., García-Beltrán, Y., Mora, S., Díaz-Véliz, G., Viana, G. S. B., Tortoriello, J., & Ramírez, G. (2006). Antidepressant and anxiolytic effects of hydroalcoholic extract from *Salvia elegans*. *J Ethnopharmacol*, 107(1), 53–58. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.02.003>
- Hoagland, D. R., & Arnon, D. I. (1950). *The water-culture method for growing plants without soil: Vol. C347 rev 1950* (Circular-347). Berkeley, Calif.: College of Agriculture, University of California.
- Husin, Z. Bin, Shakaff, A. Y. B. Md., Aziz, A. H. B. A., & Farook, R. B. S. M. (2012). Feasibility Study on Plant Chili Disease Detection Using Image Processing Techniques. *2012 Third International Conference on Intelligent Systems Modelling and Simulation*, 291–296. <https://doi.org/10.1109/ISMS.2012.33>
- Ikeda, Y., Murakami, A., & Ohigashi, H. (2008). Ursolic acid: An anti- and pro-inflammatory triterpenoid. *Molecular Nutrition & Food Research*, 52(1), 26–42. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200700389>
- Jiménez-Aparicio, A., & Gutiérrez, G. (2000). *Propiedades ópticas: color. En: Métodos para evaluar propiedades físicas en la industria de alimentos.* (J. Alvarado, Ed.). Editorial Acribia.
- Jiménez-Ferrer, E., Hernández Badillo, F., González-Cortazar, M., Tortoriello, J., & Herrera-Ruiz, M. (2010). Antihypertensive activity of *Salvia elegans* Vahl. (Lamiaceae): ACE inhibition and angiotensin II antagonism. *Journal of Ethnopharmacology*, 130(2), 340–346. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.05.013>
- Kalaycıoğlu, Z., Uzaşçı, S., Dirmenci, T., & Erim, F. B. (2018). α -Glucosidase enzyme inhibitory effects and ursolic and oleanolic acid contents of fourteen Anatolian *Salvia* species. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 155, 284–287. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2018.04.014>
- Karpiński, T. M. (2020). Essential Oils of Lamiaceae Family Plants as Antifungals. *Biomolecules*, 10(1), 103. <https://doi.org/10.3390/biom10010103>
- Kozłowska, W., Matkowski, A., & Zielińska, S. (2022). Light intensity and temperature effect on *Salvia yangii* (B. T. Drew) metabolic profile *in vitro*. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.888509>
- Lake, J. A., Woodward, F. I., & Quick, W. P. (2002). Long-distance CO₂ signalling in plants. *Journal of Experimental Botany*, 53(367), 183–193. <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.367.183>
- Lin, K.H., Lin, T.Y., Wu, C.W., & Chang, Y.S. (2021). Protective Effects of Salicylic Acid and Calcium Chloride on Sage Plants (*Salvia officinalis* L. and *Salvia elegans* Vahl) under High-Temperature Stress. *Plants*, 10(10), 2110. <https://doi.org/10.3390/plants10102110>
- Lin, K. H., Jhou, Y. J., Wu, C. W., & Chang, Y. S. (2020). Growth, physiological, and antioxidant characteristics in green and red *Perilla frutescens* varieties as affected by temperature- and water-stressed conditions. *Scientia Horticulturae*, 274, 109682. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109682>
- Maggini, R., Tzortzakis, N., & Currey, C. J. (2022). Editorial: Soilless Culture for Vegetative Biomass Production and Specialized Metabolites: Medicinal, Aromatic, and Edible Plants. *Frontiers in Plant Science*, 13, 887487. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2022.887487/BIBTEX>
- Martínez-Gordillo, M., Bedolla-García, B., Cornejo-Tenorio, G., Frago-Martínez, I., García-Peña, M. del R., González-Gallegos, J. G., Lara-Cabrera, S. I., Zamudio, S., Martínez-Gordillo, M., Bedolla-García, B., Cornejo-Tenorio, G., Frago-Martínez, I., García-Peña, M. del R., González-Gallegos, J. G., Lara-Cabrera, S. I., & Zamudio, S. (2017). Lamiaceae de México. *Botanical Sciences*, 95(4), 780–806. <https://doi.org/10.17129/BOTSCI.1871>
- Martínez-Hernández, G. B., Jiménez-Ferrer, E., González-Cortazar, M., Román-Ramos, R., Tortoriello, J., Vargas-Villa, G., & Herrera-Ruiz, M. (2021). Antidepressant and anxiolytic compounds isolated from *Salvia elegans* interact with serotonergic drugs. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*, 394(12), 2419–2428. <https://doi.org/10.1007/s00210-021-02155-6>

Recibido:
11/junio/2024

Aceptado:
20/noviembre/2024

- Martínez-Hernández, G. B., Jiménez-Ferrer, E., González-Cortazar, M., Zamilpa, A., Monterrosas-Brisson, N., & Herrera-Ruiz, M. (2024). *Salvia elegans* Vahl Counteracting Metabolic Syndrome and Depression in Mice on a High-Fat Diet. *Molecules*, 29(17):4070. <https://doi.org/10.3390/molecules29174070>
- Mathias-Rettig, K., & Ah-Hen, K. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur*, 42(2), 57–66. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2014.v42n2-07>
- Maynard, R. C. I., & Ruter, J. M. (2024). Co60 gamma irradiation reduces rooting ability in M1V1 *Salvia uliginosa* while inducing leaf variegation. *Int J Radiat Biol*, 100(4):663-668. <https://doi.org/10.1080/09553002.2024.2304852>
- Mendoza, F., Dejmek, P., & Aguilera, J. M. (2006). Calibrated color measurements of agricultural foods using image analysis. *Postharvest Biology and Technology*, 41(3), 285–295. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.04.004>
- Mora, S., Millán, R., Lungenstrass, H., Díaz-Véliz, G., Morán, J. A., Herrera-Ruiz, M., & Tortoriello, J. (2006). The hydroalcoholic extract of *Salvia elegans* induces anxiolytic- and antidepressant-like effects in rats. *J Ethnopharmacol*, 106(1):76-81. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.12.004>
- Nicola, S., Fontana, E., Hoeberechts, J., & Saglietti, D. (2005). Rooting products and cutting timing on sage (*Salvia officinalis* L.) propagation. *Acta Hortic*, 676, 135-141. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.676.16>
- Paje, L. A., Choi, J., Lee, H.-D., Kim, J., Yu, A. R., Bae, M.-J., Geraldino, P. J. L., & Lee, S. (2022). Phenolic acids and flavonoids from *Salvia plebeia* and HPLC-UV profiling of four *Salvia* species. *Heliyon*, 8(3), e09046. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09046>
- Payá, M., Ferrándiz, M. L., Sanz, M. J., Bustos, G., Blasco, R., Ríos, J. L., & Alcaráz, M. J. (1993). Study of the antioedema activity of some seaweed and sponge extracts from the Mediterranean coast in mice. *Phytother. Res*, 7, 159–162. <https://doi.org/10.1002/PTR.2650070213>
- Pereira, O., Catarino, M., Afonso, A., Silva, A., & Cardoso, S. (2018). *Salvia elegans*, *Salvia greggii* and *Salvia officinalis* decoctions: antioxidant activities and inhibition of carbohydrate and lipid metabolic enzymes. *Molecules*, 23(12), 3169. <https://doi.org/10.3390/molecules23123169>
- Pérez, M., Jiménez, S., Ebrahimzadeh, A., Verdejo, M. M., Chaves, L. A., & Lao, M. T. (2008). Propuesta de una metodología para la determinación del color del tejido vegetal. *Actas de Horticultura. Innovación y futuro en la jardinería*, 52, 237-242.
- Ramírez-Zea, G., Chávez-Servia, J. L., & Archundia-Garduño E. (2016). *Salvias del Estado de México, una perspectiva general* (Primera edición). Secretaría de Desarrollo Agropecuario.
- Ricciardi, G., & Ricciardi, A. (2000). Efecto de las variaciones estacionales sobre la composición química del aceite esencial de plantas de “Salvia morada” de Sáenz Peña (Chaco). *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas UNNE; Exactas*, 11.
- Rodrigues, M. R. A., Kanazawa, L. K. S., Neves, T. L. M. das, Silva, C. F. da, Horst, H., Pizzolatti, M. G., Santos, A. R. S., Baggio, C. H., & Werner, M. F. de P. (2012). Antinociceptive and anti-inflammatory potential of extract and isolated compounds from the leaves of *Salvia officinalis* in mice. *J Ethnopharmacol*, 139(2), 519–526. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.11.042>
- Schanda, J. (2007). *Colorimetry: Understanding the CIE System*. Wiley; Chichester.
- Thomas, P. W., Woodward, F. I., & Quick, W. P. (2004). Systemic irradiance signalling in tobacco. *New Phytologist*, 161(1), 193–198. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2003.00954.x>
- Wang, H., Ngwenyama, N., Liu, Y., Walker, J. C., & Zhang, S. (2007). Stomatal development and patterning are regulated by environmentally responsive mitogen-activated protein kinases in *Arabidopsis*. *The Plant Cell*, 19(1), 63–73. <https://doi.org/10.1105/tpc.106.048298>