

# 07

Fecha de presentación: octubre, 2021

Fecha de aceptación: diciembre, 2021

Fecha de publicación: febrero, 2022

## EFEECTO ESTIMULANTE

DE EXTRACTOS VEGETALES DE CLEOME VISCOSA L. SOBRE LA GERMINACIÓN DE DOS VARIEDADES DE TOMATE (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.)

### STIMULATING EFFECT OF PLANT EXTRACTS OF *CLEOME VISCOSA* L. ON THE GERMINATION OF TWO VARIETIES OF TOMATOE (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.)

Belyani Vargas Batis<sup>1</sup>

E-mail: [belyani@uo.edu.cu](mailto:belyani@uo.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6698-1281>

Reinier Martínez González<sup>2</sup>

E-mail: [vargasbatis@gmail.com](mailto:vargasbatis@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8844-6231>

Wilder Garcés Castillo<sup>1</sup>

E-mail: [wilder.garces@estudiantes.uo.edu.cu](mailto:wilder.garces@estudiantes.uo.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2068-1408>

Oniel Fuentes Miranda<sup>1</sup>

E-mail: [oniel.9710@nauta.cu](mailto:oniel.9710@nauta.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7272-6749>

Juan Carlos Ferrer Romero<sup>1</sup>

E-mail: [jferrer@uo.edu.cu](mailto:jferrer@uo.edu.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8711-0127>

Yoannia Gretel Pupo Blanco<sup>3</sup>

E-mail: [ypupob@udg.co.cu](mailto:ypupob@udg.co.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0050-9934>

<sup>1</sup>Universidad de Oriente. Santiago de Cuba. Cuba.

<sup>2</sup>Empresa Forestal Integral Gran Piedra Baconao. Santiago de Cuba. Cuba.

<sup>3</sup>Universidad de Granma. Cuba.

#### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Vargas Batis, B., Martínez González, R., Garcés Castillo, W., Fuentes Miranda, O., Ferrer Romero, J. C., & Pupo Blanco, Y. G. (2022). Efecto estimulante de extractos vegetales de *Cleome viscosa* L. Sobre la germinación de dos variedades de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Universidad y Sociedad*, 14(S1), 59-68.

#### RESUMEN

Aunque son importantes, la disponibilidad de bioestimulantes es baja, siendo necesario buscar nuevas alternativas. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto estimulante de extractos vegetales de *Cleome viscosa* sobre la germinación de dos variedades de tomate (*Solanum lycopersicum*). Se determinó el potencial de *C. viscosa* para la producción de materia prima vegetal. Se montó un bioensayo in vitro sobre un diseño completamente aleatorizado con un control y 18 tratamientos, evaluándose la dinámica y porcentaje de germinación, longitud de la radícula e hipocótilo. La producción de masa seca se mantiene estable (de 20 a 37 g) en tanto las hojas (12,54 %) y flores (11,07 %) son los órganos de mejor rendimiento. Considerando las dos variedades estudiadas, con la aplicación de los extractos, la dinámica de germinación varió entre 25 y 69, el porcentaje de germinación entre el 64 y el 100 %, la longitud de la radícula de 44,67 a 100,27 mm y el hipocótilo entre 53,8 y 91,2 mm. Siempre con la aplicación de los extractos se obtienen resultados superiores respecto al control con diferencias estadísticas significativas. *C. viscosa* es buena candidata para obtener productos bioestimulantes de uso agrícola a partir de la raíz, tallo y hoja.

**Palabras clave:** Bioestimulante, dinámica, hipocótilo, radícula, sólidos totales.

#### ABSTRACT

Although they are important, the availability of biostimulants is low, making it necessary to look for new alternatives. The objective of the work was to evaluate the stimulating effect of plant extracts of *Cleome viscosa* on the germination of two varieties of tomato (*Solanum lycopersicum*). The potential of *C. viscosa* for the production of vegetable raw material was determined. An in vitro bioassay was set up on a completely randomized design with a control and 18 treatments, evaluating the dynamics and percentage of germination, root and hypocotyl length. Dry mass production remains stable (from 20 to 37 g) as leaves (12.54 %) and flowers (11.07 %) are the best performing organs. Considering the two varieties studied, with the application of the extracts, the germination dynamics varied between 25 and 69, the germination percentage between 64 and 100%, the length of the root from 44.67 to 100.27 mm and the hypocotyl between 53.8 and 91.2 mm. Always with the application of the extracts superior results are obtained with respect to the control with statistically significant differences. *C. viscosa* is a good candidate to obtain biostimulant products for agricultural use from the root, stem and leaf.

**Keywords:** Biostimulant, dynamics, hypocotyl, root, total solids.

## INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una especie de gran importancia económica ampliamente cultivada en todo el mundo. Esta reporta efectos beneficiosos a la salud humana debido a su alto contenido de potasio y antioxidantes como ácido ascórbico, vitamina A, licopeno y tocoferoles (Renna, et al., 2018). Es un componente importante y frecuente en la dieta a nivel global y está en las primeras posiciones en la lista de los vegetales más apreciados, tanto en términos de producción como de consumo (Villanueva, 2018).

Según Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura en México (2019), la tendencia de la producción de tomate hasta el 2017 en el mundo fue al alza con una superficie cosechada de 4,8 millones de hectáreas, una producción de 182,3 millones de toneladas y un rendimiento de 37,6 t.ha<sup>-1</sup>. El consumo también mostró un aumento considerable. La Oficina Nacional de Estadística e Información de Cuba (2019), informó que hasta el 2018 la superficie cosechada o en producción fue de 46 395 ha con una producción de 553 906 t y un rendimiento de 11,94 t.ha<sup>-1</sup> correspondiéndole los mayores aportes al sector no estatal. Estos datos demuestran una ligera disminución respecto al año anterior, aunque siguen en aumento tanto la demanda y como el consumo. De lo planteado se entiende que los niveles de producción se consideran bajos y la oferta inferior a la demanda.

Dentro de los factores limitantes que disminuyen los rendimientos del tomate que fueron citados por Huat, et al. (2013), se encuentran la incidencia de plagas, productores con limitados recursos laborales y financieros sobre todo en países en vías de desarrollo y falta de acceso a insumos como semilla, pesticidas, materia orgánica, fertilizantes minerales, agua y tierra. A lo anterior se le une que la producción de este cultivo en muchas partes del mundo es sumamente estacional y está condicionada por las características climatológicas de las áreas de producción (Gatahi, 2020). Todo ello supone un conjunto de condiciones estresantes para el cultivo y por tanto la necesidad de insumos que ayuden a las plantas para subsistir y producir en tales condiciones.

Los bioestimulantes pueden ser tratados como aditivos para fertilizar y potenciar la toma de nutrientes, promover el crecimiento de las plantas e incrementar la tolerancia al estrés abiótico. Un bioestimulante puede ser cualquier sustancia o mezcla de sustancias de origen natural o microorganismo que mejora el estado de los cultivos sin provocar efectos secundarios adversos. Son importantes porque facilitan la adquisición de nutrientes para el soporte de los procesos metabólicos en el suelo y las plantas.

La popularidad de los bioestimulantes en la agricultura está asociada con la posibilidad de obtener elevados rendimientos al tener efecto positivo en el rendimiento de las plantas (Drobek, et al., 2019). A pesar de ello, la disponibilidad y oferta de productos de esa naturaleza es baja, lo que conlleva a la búsqueda de alternativas que permitan desarrollar productos innovadores de más fácil acceso para los productores (Vargas, et al., 2021a).

El autor antes señalado refirió que las plantas con efectos alelopáticos despiertan interés por el uso potencial de sus extractos en los sistemas de producción y que dentro de las especies que se han estudiado en los últimos años, con efectos beneficiosos sobre algunos cultivos, se encuentra *Cleome viscosa* L., conocida también como Asian spider flower, Quita ruina, Pegajosa, Volantín y Frijolillo de playa. Teniendo en cuenta todo lo planteado el trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto estimulante de extractos vegetales de *Cleome viscosa* L. sobre la germinación de dos variedades de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en el período comprendido entre enero de 2017 y mayo de 2019 en el Departamento de Agronomía y Laboratorio de Biología ambos pertenecientes a la Universidad de Oriente.

La colecta de *C. viscosa* tuvo lugar en un área cercana al Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA) ubicado en el Campus Julio Antonio Mella de la Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba. Dicha colecta se realizó en horas de la mañana (preferiblemente antes de las 10:00 AM). Las características del lugar de colecta se muestran en la Tabla 1. Se colectó el material vegetal sano y vigoroso, preferiblemente en estado de floración-fructificación.

Tabla 1. Características del área de colecta.

Indicadores de caracterización	Descripción para el área
Tamaño del área	0,85 ha
Tipo de vegetación	Crecimiento de vegetación arvense con el predominio de la especie <i>C. viscosa</i> .
Vegetación anterior	Cultivo del plátano burro ( <i>Musa</i> sp.)
Presencia animal	En el área en ocasiones pastan animales de diferentes tipos de ganado cuando la vegetación arvense está en una fenofase que así lo permite
Tipo de suelo	Pardo Sialítico Mullido sin Carbonato
Calidad del suelo	Calidad moderada según evaluación visual realizada

Caracterización del régimen hídrico	Pocas precipitaciones
Temperaturas	Se manifiesta mucho calor en el área, la cual está expuesta al sol la mayor parte del tiempo
Limites del área	El área limita por el lado norte con un área donde se dejan crecer especies forestales y algunos cultivos. Por el sur con un carretera y un edificio de la residencia estudiantil. Por el este limita con una carretera y el CNEA. Por el oeste con un área deportiva de la residencia estudiantil.
Nivel de antropización	Dados los elementos mencionados anteriormente se puede decir que el área cuenta con un nivel de antropización moderado

Luego de la colecta se separaron los diferentes órganos (raíz, tallo, hoja, flor, frutos) y se envolvieron en papel. La deshidratación del material se realizó en estufa INMERTF 760416 a 35 °C, hasta que por inspección al tacto, el material pudiera desintegrarse fácilmente en partículas con diámetro inferior o igual a 2,5 mm. Siempre se evitó un aumento de la temperatura superior a los 50 °C. Seguidamente se obtuvieron los extractos de cada órgano de la planta.

La extracción, por el método de maceración, se realizó con agua destilada durante 24 horas. La agitación se realizó de forma manual con intervalos de 10 min en un período de 12 horas, seguido de otras 12 horas de reposo en condiciones de oscuridad, repitiendo el mismo proceso luego de transcurrido ese tiempo. Se prepararon tinturas al 30 % en masa (30 g del material vegetal deshidratado en 100 mL del solvente), también se prepararon tinturas de planta entera en cuyo caso la masa estuvo compuesta por 6 g de cada uno de los órganos. Terminado ese procedimiento se decantó el líquido que luego fue filtrado a través de papel filtro Double Rings de 102 poros, 11 cm de diámetro y calidad media. El extracto obtenido se mantuvo en refrigeración hasta su uso.

Para calcular el rendimiento de las plantas (como materia prima en el proceso de obtención de extractos) se determinó primeramente el contenido de masa seca que se obtiene a partir de 100 g de masa fresca de cada órgano, sometidas a las condiciones de secado antes descritas y según establece la Norma Cubana (NC): Norma Ramal Salud Pública (NRSP) 309-92. Los sólidos totales o residuos, fueron calculados, según lo establece la norma NC 26-94, mediante el pesado en balanza analítica (Sartorius) de los residuos obtenidos de la evaporación, en una estufa marca Boxun GZX-9246 MBE a 95 °C, del solvente

de 5 mL del extracto obtenido. Ambos procedimientos se realizaron por triplicado para estimar la variabilidad.

Para determinar el efecto estimulante de los extractos obtenidos, se determinó el contenido de sólidos totales resultantes de 5 mL de cada extracto (raíz, tallo, hoja, flor, fruto, planta entera) determinándose la concentración del extracto crudo. Conociendo esos resultados y aplicando la ecuación fundamental de la volumetría se calculó el volumen necesario a utilizar del fluido extraído para obtener diluciones de 1, 2 y 3 g.L<sup>-1</sup> que fueron las concentraciones empleadas en el montaje de los bioensayos. El volumen del extracto acuoso a utilizar fue variable y se utilizaron micropipetas RONGTAI de 20 a 200 µl y de 100 a 1000 µl.

Para evaluar el efecto de los extractos se utilizaron semillas certificadas de tomate de las variedades Pingüino (80 % por ciento de germinación) y Radiante (94 % por ciento de germinación). Obtenidas las semillas, se tomaron placas de Petri de 115 mm de diámetros que fueron tapizadas con papel de filtro (iguales a los utilizados en el filtrado de los extractos) y rotuladas para identificar el experimento y el tratamiento al que pertenecían. Se montaron dos experimentos (uno por cada variedad) utilizado en cada uno un total de 57 placas teniendo en cuenta los tratamientos y el control.

Cada bioensayo se montó sobre un diseño completamente aleatorizado con un control y 18 tratamientos con tres muestras cada uno (Tabla 2). Al control solamente se le agregó 2 mL de agua destilada y en el caso de los tratamientos 2 mL según extracto y concentración, en todos los casos siempre se comprobó que el papel quedara bien humedecido y que el líquido se distribuyera de manera homogénea. Para la aplicación fueron utilizadas micropipetas RONGTAI de 100 a 1000 µl. Luego de montado el experimento todos los días se le adicionó 1 mL de agua destilada a cada muestra.

Tabla 2. Descripción y codificación de los tratamientos utilizados en los experimentos.

Tratamientos	Descripción	Código
Control	Solo se adicionó agua destilada	CTRL
T1	Extracto de raíz concentración 1 (1 g.L <sup>-1</sup> )	RD1
T2	Extracto de raíz concentración 2 (2 g.L <sup>-1</sup> )	RD2
T3	Extracto de raíz concentración 3 (3 g.L <sup>-1</sup> )	RD3
T4	Extracto de tallo concentración 1 (1 g.L <sup>-1</sup> )	TD1
T5	Extracto de tallo concentración 2 (2 g.L <sup>-1</sup> )	TD2

T6	Extracto de tallo concentración 3 (3 g.L-1)	TD3
T7	Extracto de hoja concentración 1 (1 g.L-1)	HD1
T8	Extracto de hoja concentración 2 (2 g.L-1)	HD2
T9	Extracto de hoja concentración 3 (3 g.L-1)	HD3
T10	Extracto de flor concentración 1 (1 g.L-1)	FD1
T11	Extracto de flor concentración 2 (2 g.L-1)	FD2
T12	Extracto de flor concentración 3 (3 g.L-1)	FD3
T13	Extracto de fruto concentración 1 (1 g.L-1)	FrD1
T14	Extracto de fruto concentración 2 (2 g.L-1)	FrD2
T15	Extracto de fruto concentración 3 (3 g.L-1)	FrD3
T16	Extracto de planta entera concentración 1 (1 g.L-1)	PED1
T17	Extracto de planta entera concentración 2 (2 g.L-1)	PED2
T18	Extracto de planta entera concentración 3 (3 g.L-1)	PED3

Posteriormente fueron colocadas sobre el papel ya humedecido las semillas de las diferentes variedades según cada experimento cuya cantidad fue variable, 13 semillas para la variedad Pingüino y 23 semillas para la variedad

Radiante. Posteriormente las placas fueron colocadas en gavetas para que cumplieran la fase oscura dentro del proceso de germinación entre 24 y 48 horas. A partir de este período fueron ubicadas sobre un estante en condiciones de iluminación y temperatura similares según diseño experimental utilizado.

Las variables evaluadas fueron dinámica y el porcentaje de germinación mediante el conteo de la cantidad de semillas germinadas a partir de las 24 horas de montado el experimento hasta los cinco días para ambas variedades. Transcurrido ese tiempo se seleccionaron al azar 15 plántulas y se midió la longitud de la radícula y del hipocótilo con una regla milimetrada de 60 cm. Se realizó una prueba de Múltiple Rango, utilizando el test LSD de Fisher para un nivel de confianza de 95 % ( $p < 0,05$ ). Para el procesamiento de los datos se empleó el programa Statgraphics Centurion XV versión 15.2.14., y los gráficos se obtuvieron por medio del tabulador electrónico Microsoft Excel versión .16 para Windows.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los órganos de *C. viscosa*, así como, la especie en si misma producen abundante masa fresca y es posible la obtención de material deshidratado en períodos relativamente cortos que oscilaron entre tres y siete días (Tabla 3). Durante este proceso el olor típico de la especie (fuerte y muy desagradable) se pierde casi en su totalidad. Una vez deshidratada la especie, el olor característico de la misma se torna muy leve y menos desagradable.

Tabla 3. Rendimiento en materia seca y sólidos totales de la especie *C. viscosa*.

Órganos evaluados	m. s./m. f. (g) Media $\pm$ dS	m. f./m. s. (g)	s. t./m. s (g) Media $\pm$ dS	Porcentaje de rendimiento
Raíz (R)	21,15 $\pm$ 1,05	141,84	0,0433 $\pm$ 0,0138	4,33
Tallo (T)	32,71 $\pm$ 1,54	91,71	0,0338 $\pm$ 0,0002	3,38
Hoja (H)	21,92 $\pm$ 1,55	136,86	0,1254 $\pm$ 0,0013	12,54
Flor (F)	17,41 $\pm$ 0,89	172,31	0,1107 $\pm$ 0,0016	11,07
Fruto (Fr)	36,55 $\pm$ 1,34	82,07	0,0629 $\pm$ 0,0008	6,29
Planta entera (PE)	27,4 $\pm$ 0,71	109,48	0,0909 $\pm$ 0,0021	9,09

**Leyenda:** m. s. / m. f.: Masa seca obtenida de 100 g de masa fresca, m. f. / m. s.: Masa fresca que se necesita para obtener 30 g de materia seca, s. t. / m. s.: Sólidos extraídos de 30 g de masa seca, dS: (desviación estándar)

La producción de masa seca, a partir de 100 g de masa fresca, teniendo en cuenta los órganos evaluados, se puede decir que es más o menos estable entre 20 y 37 g, solo las flores (17,41 g) producen masa seca por debajo de 20 g. El tallo y los frutos fueron los órganos de mayor producción de masa seca superando inclusive los 30 g. Precisamente estos órganos son de los que menos masa fresca se necesita para obtener 30 g de masa seca, cantidad mínima indispensable para elaborar un tintura al 30 % en masa según la utilizada en esta investigación. La flor junto a la raíz y la hoja, por ese orden, son los órganos que mayor producción de masa fresca necesitan.



Se puede apreciar además que de la masa seca que se sometió al proceso de extracción se obtuvo un rendimiento de sólidos totales que fluctuó entre el 3 y el 13 %. Un hecho interesante es que dos de los órganos que menor masa seca producen por gramos de masa fresca, son los que mayor cantidad sólidos totales aportan: la hoja (12,54 %) y la flor (11,07 %). Todo lo contrario ocurre en el caso del tallo que es el que menor cantidad de sólidos totales produce con 3,38 %. El resto de los órganos tuvieron un rendimiento cercano o dentro del rango considerado como bueno.

La cantidad de masa fresca que se necesita de cada uno de los órganos de esta especie para la obtención de masa seca no es el mayor problema. Estudios han demostrado que esta especie presenta buenos parámetros en cuanto al rendimiento en masa fresca y seca. Dentro del potencial de producción de biomasa de esta planta el tallo, raíz y frutos son los órganos que más aportan al contenido de masa seca. Por su parte, el número frutos y de semillas por planta indican que esta especie presenta un alto potencial reproductivo lo que garantiza abundante presencia del material vegetal. Relacionado con el rendimiento de sólidos totales, Pupo (2008) citó que cuando se obtiene un rendimiento entre el 5 y el 10 % de sólidos totales el resultado se considera bueno y si está por encima del 10 % de sólidos totales el resultado es catalogado de excelente. Por otra parte, se reafirma la hoja como un órgano a partir del cual se pueden obtener abundante de sólidos totales pese a la demanda de material fresco.

De lo planteado anteriormente se entiende que las hojas y las flores son excelentes órganos para la obtención de extractos vegetales con buena producción de sólidos totales. En el caso de la planta entera y los frutos se catalogan como bueno aunque, se debe tener en cuenta que, en la planta entera, una buena proporción le corresponde a las hojas, ya fuera del rango de clasificación se encuentran raíz y tallo. De forma general tanto la especie de forma integral, como sus órganos de manera separada, poseen potencialidades en función de obtener sólidos totales en forma de extracto de origen natural. Sin embargo, se debe tener en cuenta que no siempre la cantidad de sólidos totales que se obtiene, tiene relación directa con el efecto que se busque con el producto que se esté estudiando.

La dinámica de germinación de la variedad Pingüino frente a la aplicación de los extractos (Figura 1) mostró una llamada de crecimiento bastante acelerada entre el primer y segundo día aunque en este tiempo los extractos se mantienen por debajo o similar al control. Entre el segundo y tercer día la cantidad de semillas germinadas cuando se aplicó el extracto aumentó mientras que en el

control permaneció constante hasta el cuarto día. Entre el tercer y cuarto día todos los extractos muestran un valor constante de semillas germinadas para luego aumentar hasta el quinto día de conjunto con el control.

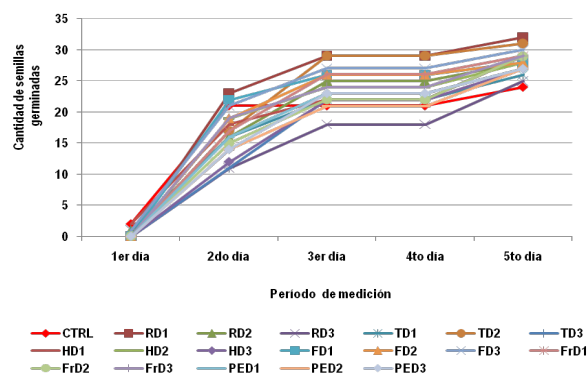


Figura 1. Efecto de los extractos de *C. viscosa* sobre la dinámica de germinación de *S. lycopersicum* variedad Pingüino.

Si bien, durante los dos primeros días de evaluación los extractos se comportaron por debajo o similar al control, a partir del segundo día en adelante, todos los tratamientos donde se aplicaron las diferentes concentraciones de los extractos superaron al control. Solo RD3 se mantiene por debajo y PED2 manifiesta un comportamiento similar, sin embargo, ambas superan al control para el final del período de evaluación. Las concentraciones RD1, RD2, FD2, FD3, FrD1, TD2 y HD3 tuvieron un mejor efecto sobre la cantidad de semillas germinadas. El día cinco de evaluación en el control habían germinado 24 semillas mientras que con la aplicación de las concentraciones de los extractos el rango de semillas germinadas osciló entre 25 y 32.

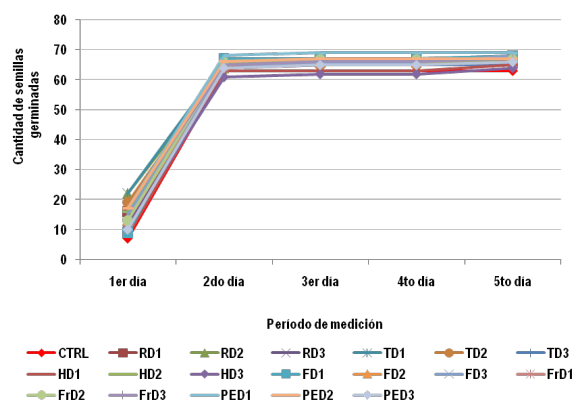


Figura 2. Efecto de los extractos de *C. viscosa* sobre la dinámica de germinación de *S. lycopersicum* variedad Radiante.

En el caso de la variedad Radiante, también se obtuvo una buena respuesta con la aplicación de los extractos vegetales (Figura 2). Todas las curvas de dinámica demuestran una mayor uniformidad en la cantidad de semillas germinadas en cada tratamiento. El primer día habían germinado al menos siete semillas en el control y en todo los extractos el número de semillas germinadas fue superior. Entre el primer y el segundo día se experimentó una llamarada de germinación donde todos los tratamientos superaron las 60 semillas germinadas, a partir de este momento y hasta el quinto día todas las curvas muestran una tendencia a la estabilidad con un ligero aumento en algunos casos.

El quinto día de evaluación todos los tratamientos con extracto vegetal superaron al control en correspondencia con lo manifestado durante todo el período de evaluación excepto en la concentración HD3 que mostró un comportamiento similar aunque con un ligero aumento. Al final de la evaluación en el control habían germinado 63 semillas en tanto en los tratamientos donde se aplicó el extracto vegetal el rango de semillas germinadas estuvo entre 64 y 69.

Las dos variedades de tomate parecen mostrar buena respuesta y uniformidad en los resultados de porcentaje de germinación. El primer día en la variedad Pingüino el control mostraba los mejores valores de porcentaje y solo en las concentraciones RD2, TD1, HD1 y FD3 se obtuvieron resultados alrededor del 2 % (Tabla 4). Sin embargo, a partir del tercer día de evaluaciones todos los extractos logran superar el porcentaje de semillas germinadas obtenido en el control, tendencia que se mantiene hasta el quinto día, únicamente en la concentración RD3 reportaron valores inferiores al tercer día.

Tabla 4. Efecto de los extractos de *C. viscosa* sobre el porcentaje de germinación de *S. lycopersicum* variedad Pingüino.

Tratamientos	S. lycopersicum variedad Pingüino		
	1er día	3er día	5to día
Control	5,13 %	53,85 %	61,54 %
RD1	0,00 %	74,36 %	82,05 %
RD2	2,56 %	64,10 %	71,79 %
RD3	0,00 %	46,15 %	64,10 %
TD1	2,56 %	56,41 %	66,67 %
TD2	0,00 %	74,36 %	79,49 %
TD3	0,00 %	56,41 %	74,36 %
HD1	2,13 %	56,41 %	74,36 %
HD2	0,00 %	61,54 %	71,79 %

HD3	0,00 %	56,41 %	69,23 %
FD1	0,00 %	66,67 %	71,79 %
FD2	0,00 %	66,67 %	71,79 %
FD3	2,56 %	69,23 %	76,92 %
FrD1	0,00 %	66,67 %	74,36 %
FrD2	0,00 %	56,41 %	74,36 %
FrD3	0,00 %	61,54 %	74,36 %
PED1	0,00 %	58,97 %	69,23 %
PED2	0,00 %	53,85 %	69,23 %
PED3	0,00 %	58,97 %	69,23 %

El porcentaje de germinación reportado para esta variedad según certificación de calidad es del 80 % y en la investigación realizada solo se supera este valor cuando se aplica el extracto de raíz a su concentración más baja. Tanto en el control como con la aplicación del resto de los extractos los resultados obtenidos están muy por debajo del reportado, no obstante se consideran aceptables los porcentajes logrados con la aplicación de las concentraciones RD2, TD2, TD3, HD1, HD2 y con todas las concentraciones de los extractos de flores y frutos.

Para la variedad Radiante (Tabla 5) todos los extractos aplicados a sus diferentes dosis superan o igualan al control a excepción de la concentración HD3 al tercer día de evaluación. A partir del día tres la mayoría de los tratamientos donde se aplicó el producto natural superan el 94 % de germinación que le es certificado a las semillas utilizadas en esta investigación. Para el quinto día este comportamiento se mantiene pero incluye a la totalidad de los extractos, inclusive cuando se aplica la concentración PED1 se logra un 100 % de germinación. Para esta variedad el control fue el único donde el porcentaje de germinación estuvo por debajo del valor de certificación de las semillas.

Tabla 5. Efecto de los extractos de *C. viscosa* sobre el porcentaje de germinación de *S. lycopersicum* variedad Radiante.

Tratamientos	S. lycopersicum variedad Radiante		
	1er día	3er día	5to día
Control	10,14 %	91,30 %	91,30 %
RD1	23,19 %	95,65 %	98,55 %
RD2	31,88 %	95,65 %	95,65 %
RD3	17,39 %	95,65 %	95,65 %
TD1	31,88 %	97,10 %	98,55 %
TD2	27,54 %	94,20 %	97,10 %
TD3	23,19 %	94,20 %	94,20 %
HD1	11,59 %	91,30 %	94,20 %

HD2	23,19 %	95,65 %	95,65 %
HD3	15,94 %	89,85 %	92,75 %
FD1	13,04 %	97,10 %	98,55 %
FD2	18,84 %	95,65 %	98,55 %
FD3	21,74 %	95,65 %	98,55 %
FrD1	14,45 %	94,20 %	95,65 %
FrD2	18,84 %	97,10 %	97,10 %
FrD3	24,64 %	95,65 %	97,10 %
PED1	24,64 %	100,0 %	100,0 %
PED2	24,64 %	97,10 %	97,10 %
PED3	14,49 %	94,20 %	95,65 %

Analizar el proceso de germinación en las investigaciones que tengan como fin las obtención de productos naturales para uso agrícola es de suma importancia, pues de este proceso fisiológico depende el resto de la vida de las plantas una vez trasladadas a campo, sobre todo en el cultivo del tomate que pasa por una fase de semillero. Garantizar una correcta germinación, de hecho lograr sustancias que estimulen este proceso, permite crear mejores condiciones para que las plantas se adapten de una manera menos estresante a las condiciones del medio. Los resultados obtenidos evidencian que los productos vegetales investigados contribuyen a lograr una germinación más favorable teniendo en cuenta que, tanto los extractos como las diferentes concentraciones, tuvieron un efecto positivo en la dinámica y en el porcentaje de germinación. De manera general, según los resultados obtenidos, se puede decir que todas las concentraciones de los extractos de raíz, tallo, hoja, así como, PED2 y PED3, se pueden utilizar con efectos beneficiosos en los dos parámetros de la germinación hasta aquí evaluados en las dos variedades. Para el caso específico de la variedad Pingüino se pueden utilizar también las concentraciones FD2, FD3, y FrD1.

Los resultados mostrados para el porcentaje de germinación en la variedad Radiante son superiores a los obtenidos por Noguez, et al. (2016), que al evaluar diferentes dosis de un bioestimulante a base de extractos vegetales en semillas de tomate y pimiento obtuvieron, para el caso del tomate, un porcentaje de germinación superior al 85 % sin diferencias significativas con el control. Sin embargo, los resultados del autor citado son superiores a los obtenidos para la variedad Pingüino, con la diferencia que en esta investigación si se obtienen diferencias entre los tratamientos (siempre favorables) y el control. Koleška, et al. (2017), al estudiar sustancias bioestimulantes de origen natural en plantas de tomate, señalaron que estas tuvieron una mejor adaptación a las condiciones estresantes del medio.

Al evaluar la longitud de la radícula y el hipocótilo también se obtuvieron respuestas positivas con la aplicación de los extractos vegetales, aunque la magnitud de estas respuestas fue más dependiente de la variedad. En el caso de la longitud de la radícula en la variedad Pingüino, en el control se alcanzó un crecimiento de 45,4 mm mientras que, cuando se aplicó el extracto, el rango de crecimiento reportado fue entre 44,67 y 100,27 mm (Tabla 6). De lo plantado se debe aclarar que, excepto la concentración TD3 (44,67 mm), el resto de las aplicaciones con las sustancias naturales superaron desde el punto de vista estadístico, el crecimiento obtenido a cuando no se aplicó nada con diferencias significativas. Los mejores resultados, con 100,27 mm, se obtuvieron al aplicar la concentración FD3, superando significativamente al control. Al aplicar las concentraciones FD2 (95,47 mm) y FrD2 (89,73 mm) se alcanzaron resultados promisorios que, al igual que la concentración anterior, sobrepasaron en más de la mitad el crecimiento del control. Cuando se aplicaron las concentraciones RD1, TD1, FD1 y FrD1 se reportan buenos resultados al evidenciarse en todos los casos un crecimiento por encima de los 70 mm, 30 mm más que cuando no se aplica el producto.

Tabla 6. Efecto de los extractos de *C. viscosa* sobre la longitud de la radícula (mm) y del hipocótilo (mm) de *S. lycopersicum* variedad Pingüino.

Tratamientos	S. lycopersicum variedad Pingüino	
	Longitud de la radícula (mm) Media $\pm$ DS	Longitud del hipocótilo (mm) Media $\pm$ SD
Control	45,80 $\pm$ 0,80 l	45,67 $\pm$ 0,87 l
RD1	71,53 $\pm$ 0,96 e	65,93 $\pm$ 0,99 f
RD2	60,47 $\pm$ 0,96 h	74,67 $\pm$ 0,94 d
RD3	50,47 $\pm$ 0,96 i	91,20 $\pm$ 0,83 a
TD1	74,80 $\pm$ 0,40 d	74,47 $\pm$ 0,72 d
TD2	65,13 $\pm$ 0,34 e	84,60 $\pm$ 0,61 b
TD3	44,67 $\pm$ 0,87 k	85,30 $\pm$ 0,62 b
HD1	65,40 $\pm$ 0,71 e	61,47 $\pm$ 0,96 i
HD2	65,13 $\pm$ 0,88 e	75,07 $\pm$ 0,68 d
HD3	50,60 $\pm$ 0,95 j	80,73 $\pm$ 0,77 c
FD1	75,73 $\pm$ 0,93 d	53,80 $\pm$ 0,98 k
FD2	95,47 $\pm$ 0,80 b	70,73 $\pm$ 0,85 e
FD3	100,27 $\pm$ 0,99 a	64,07 $\pm$ 2,11 g
FrD1	75,40 $\pm$ 0,71 d	55,93 $\pm$ 0,72 j
FrD2	89,73 $\pm$ 0,57 c	62,33 $\pm$ 0,94 h
FrD3	63,40 $\pm$ 0,95 f	64,20 $\pm$ 0,98 g
PED1	61,27 $\pm$ 0,99 gh	60,80 $\pm$ 0,75 i

PED2	62,20±0,98 fg	66,27±0,99 f
PED3	61,27±0,99 gh	66,53±0,63 f

Medias seguidas de letras iguales no difieren significativamente (Fisher's LSD  $p \leq 0.05$ )

Para la longitud del hipocótilo, en el caso del control (45,67 mm) se comportó similar al de la radícula, en tanto el rango, cuando se aplicaron las diferentes concentraciones, varió de 53,8 a 91,2 mm. Se entiende entonces que todas las sustancias naturales son capaces de superar al control con diferencias estadísticas significativas. Cuando se aplicó la mayor concentración del extracto de raíz se obtuvo el mayor crecimiento (91,2 mm) con diferencias estadísticas respecto al control constituyendo el mejor resultado obtenido. Resultaron promisorias las aplicaciones con las concentraciones TD2 (84,6 mm) y TD3 (85,13 mm).

También se consideran buenos resultados los obtenidos con las concentraciones HD3 (80,73 mm), HD2 (75,07 mm), TD1 (74,47 mm) y RD2 (74,67 mm) con los cuales se logra superar, en más de 28 mm, la longitud alcanzada en el control. A pesar de que para este indicador vuelven a repetir los extractos de raíz, tallo y hoja, se considera que solo aplicando la concentración TD1 es cuando se logra un efecto combinado sobre las dos variables. Se debe tener en cuenta que, tanto la longitud de la radícula como del hipocótilo, aunque se evalúan independiente, en la práctica el crecimiento de ambas ocurren al mismo tiempo, por tanto se seleccionan aquellas concentraciones donde el crecimiento de una no implique una marcada afectación en el crecimiento de la otra.

En el caso de la variedad Radiante también se observó un efecto favorable de los extractos vegetales. La longitud de la radícula, cuando se aplicaron las sustancias naturales, tuvo un crecimiento que osciló entre 64,6 y 85,4 mm todas superiores al control donde se alcanzó un crecimiento de 61,53 mm con diferencia estadística significativa de los primeros respecto al segundo (Tabla 7). Los resultados más bajos se obtuvieron cuando se aplicó la concentración RD1 (64,6 mm) y los mejores resultados cuando se utilizó el extracto del tallo TD1 (85,4 mm). Se pueden considerar promisorias las concentraciones RD3 (80,47 mm) y TD2 (80,67 mm). A los anteriores se le unen, también como promisorios, las concentraciones HD2, HD3, FD2 y FD3 en todos los casos con valores superiores a los 80 mm, lo que supone una diferencia de más de 18 mm respecto al control. También se pueden considerar buenos los 74,67 mm que se obtienen al aplicar la mayor concentración del extracto de tallo.

Tabla 7. Efecto de los extractos de *C. viscosa* sobre la longitud de la radícula (mm) y del hipocótilo (mm) de *S. lycopersicum* variedad Radiante.

Tratamientos	<i>S. lycopersicum</i> variedad Radiante	
	Longitud de la radícula (mm) Media $\pm$ DS	Longitud del hipocótilo (mm) Media $\pm$ SD
Control	61,53±0,96 j	50,87±0,96 h
RD1	64,60±0,71 i	61,20±0,98 d
RD2	69,20±0,83 f	80,73±0,99 a
RD3	80,47±0,88 c	60,27±0,68 e
TD1	85,40±0,88 a	60,33±0,69 e
TD2	80,67±0,87 c	70,80±0,91 c
TD3	74,67±0,87 d	75,53±0,96 b
HD1	65,60±0,95 h	60,73±0,85 de
HD2	80,73±0,93 c	60,80±0,91 de
HD3	80,80±0,81 c	74,93±0,25 b
FD1	64,53±0,88 i	57,07±0,77 f
FD2	65,20±0,75 hi	60,47±0,72 e
FD3	66,80±0,98 g	60,80±0,91 de
FrD1	71,53±0,96 e	56,00±0,89 g
FrD2	71,80±0,98 e	60,60±0,80 de
FrD3	71,40±0,95 e	60,47±0,72 e
PED1	71,53±0,96 e	60,53±0,88 e
PED2	81,53±0,96 b	60,80±0,98 de
PED3	80,80±0,98 c	60,80±0,91 de

Medias seguidas de letras iguales no difieren significativamente (Fisher's LSD  $p \leq 0.05$ )

La longitud del hipocótilo también mostró resultados favorables. En el control se obtuvo una longitud igual a 58,87 mm en tanto con los extractos el crecimiento varió en un rango entre 60,27 y 80,73 mm todos con diferencias estadísticas significativas respecto al control. El resultado más discreto (60,27 mm) se reportó al aplicar la concentración más baja del extracto de fruto y el mejor (80,73 mm) cuando se aplica la concentración media del extracto de raíz. Resultaron promisorios los valores obtenidos con las concentraciones TD3 (75,57 mm) y HD3 (74,93 mm). Se pueden considerar como bueno los 70,8 mm obtenidos cuando se aplicó la concentración TD2. Un hecho interesante es que, excepto con las concentraciones FD1 y FrD1, en el resto de los tratamientos se alcanza una longitud del hipocótilo alrededor de los 60 mm sin diferencias estadísticas significativa entre ellos. De manera general los mejores resultados en esta variedad se obtienen cuando se aplican las concentraciones TD2, TD3 y HD3.



En comparación con los resultados obtenidos para la dinámica y el porcentaje de germinación, la variedad de extractos con efectos más favorables, para la longitud de la radícula y el hipocótilo es más restringida. Sin embargo, tienen el punto de coincidencia de que repiten de manera general los extractos de raíz, tallo y hoja. Aunque escasos (Pupo, et al., 2006; Vargas, et al., 2021b) pero existen reportes sobre el efecto beneficioso de extractos vegetales de especies del género *Cleome* en parámetros de crecimiento de algunos cultivos.

Los resultados obtenidos para la longitud de la raíz embrionaria en las dos variedades estudiadas fueron inferiores a los obtenidos por Noguez, et al. (2016), quienes reportaron valores entre 8,99 y 10,48 cm (89,9 y 104,8 mm utilizando la misma denotación que en esta investigación). Sin embargo, para la longitud del tallo embrionario los resultados obtenidos en el presente estudio fueron superiores a los del autor citado anteriormente que reportó valores en un rango de 41,9 a 48,1 mm, en tanto en este estudio como ya se dijo los valores superan los 53 mm. Vargas, et al. (2021b), al evaluar extractos vegetales de *C. viscosa* sobre parámetros de la germinación en semillas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) reportaron valores para longitud de la radícula entre 20,46 y 69,8 mm en tanto para la longitud del hipocótilo el rango estuvo entre 24,2 y 50,4 mm en todos los casos inferiores a los reportados para el tomate en esta investigación pero coincidiendo en que los resultados con los extractos siempre superaron favorablemente a los obtenidos en el control.

Todos estos resultados hacen suponer que el tomate es un cultivo que responde bien frente a la aplicación de sustancias bioestimulantes. Varios estudios hacen referencia a estos efectos. Helaly, et al. (2018), durante un estudio informó que con el uso de bioestimulantes en plantas de tomate se logró mejorar todos los parámetros evaluados entre ellos los relacionados con el crecimiento. Un efecto similar fue reportado por Mutale, et al. (2020), cuando evaluaron las propiedades bioestimulantes de extractos líquidos de diferentes microalgas sobre plantas de tomates informando que dentro de los parámetros favorecidos se encontraron el crecimiento de la raíz y tallo embrionarios.

Otro aspecto interesante es que esta semillas, pese a ser certificadas, tienen una calidad baja, lo que se evidencia en los bajos porcentajes de germinación que se obtuvieron en el control que no se acercan a los que tienen certificados por calidad. Esto hace suponer que las sustancias naturales probadas pueden influir positivamente en aspectos cualitativos de las semillas cuando estas presentan algún problema relacionado con la viabilidad y el poder germinativo. Un comportamiento similar

fue descrito por Vargas, et al. (2021ab). Este mismo autor señaló que es posible que el efecto estimulante de los extractos probados, esté relacionado con la presencia de aminoácidos libres que tuvo una fuerte presencia en los extractos de los órganos de mejores resultados.

Una de las categorías en las que se clasifican los bioestimulantes son precisamente los aminoácidos y los extractos ricos en estas sustancias pueden incrementar la tolerancia al estrés. También la aplicación de aminoácidos puede influir directamente en la actividad fisiológica y en el rendimiento de las plantas bajo estrés abiótico (Francesca, et al., 2020). La presencia de moléculas simples como los aminoácidos libres en bioestimulantes, promueven la biosíntesis de hormonas endógenas que estimulan el crecimiento (Rouphael, et al., 2017). El efecto positivo de bioestimulantes basados en aminoácidos sobre el crecimiento y rendimiento se debe también a que los aminoácidos facilitan la estimulación de las defensas de la planta, participan en la síntesis de compuestos orgánicos y en una mejor asimilación de macro y micronutrientes (Kocira, et al., 2018).

## CONCLUSIONES

*Cleome viscosa* constituye una adecuada materia prima para procesos de obtención de extractos acuosos con buen rendimiento en materia seca y sólido extraídos, aunque los mejores resultados se obtienen para el caso de las hojas y las flores. Con la utilización de los extractos vegetales probados se obtiene un efecto estimulante sobre las variables evaluadas en las variedades de tomate (*Solanum lycopersicum*) Pingüino y Radiante aunque los mayores beneficios se alcanzan al aplicar los extractos de raíz, tallo y hoja. Se confirma *C. viscosa* como buena candidata para profundizar estudios encaminados a la obtención de productos bioestimulantes para su uso agrícola y que sean de más fácil acceso para los productores.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cuba. Oficina Nacional de Estadística e Información. (2019). *Anuario estadístico de Cuba 2018*. ONEI.
- Drobek, M., Frąc, M., & Cybulska, J. (2019). Plant Biostimulants: Importance of the Quality and Yield of Horticultural Crops and the Improvement of Plant Tolerance to Abiotic Stress-A Review. *Agronomy*, 9, 335.
- Francesca, S., Arena, C., Hay, B., Schettini, C., Ambrosino, P., Barone, A., & Rigano, M. M. (2020). The use of a plant-based biostimulant improves plant performances and fruit quality in tomato plants grown at elevated temperatures. *Agronomy*, 10, 363.

- Gatahi, D. M. (2020). Challenges and Opportunities in Tomato Production Chain and Sustainable Standards. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 7(3), 235-262.
- Helaly, M. N., Arafa, A. A., Ibrahim, H. M., & Ghoniem, K. H. (2018). Improving growth and productivity of tomato by some biostimulants and micronutrients with or without mulching. *Journal of Phytology*, 10, 15-23.
- Huat, J., Doré, T., & Aubry, Ch. (2013). Limiting factors for yields of field tomatoes grown by smallholders in tropical regions. *Crop Protection*, 44, 120-127.
- Kocira, S., Szparaga, A., Kocira, A., Czerwinska, E., Wojtowicz, A., Bronowicka-Mielniczuk, U., Koszel, M., & Findura, P. (2018). Modeling biometric traits, yield and nutritional and antioxidant properties of seeds of three soybean cultivars through the application of biostimulant containing seaweed and amino acids. *Frontiers in Plant Science*, 9, 388.
- Koleška, I., Hasanagić, D., Todorović, V., Murtić, S., Klokić, I., Parađiković, N., & Kukavica, B. (2017). Biostimulant prevents yield loss and reduces oxidative damage in tomato plants grown on reduced NPK nutrition. *Journal of Plant Interactions*, 12(1), 209–218.
- México. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. (2019). *Programa Agroalimentario Tomate Rojo 2019*. FIRA.
- Mutale, Ch., Redouane, B., Najib, E., Yassine, K., Lyamlouli, K., Laila, S., Zeroual, Y., & Hicham, E. A. (2020). Screening of microalgae liquid extracts for their biostimulant properties on plant growth, nutrient uptake and metabolite profile of *Solanum lycopersicum* L. *Scientific Reports*, 10, 2820.
- Noguez, A. B., Winke, L., Pich, A., Klug, A., Da Motta, F., Franchini, D., Bezerra, B., González, M. J., Gaona, C. S., Palacios, V. M., Peña, P., Lezcano, Y., & Torres, D. (2016). Different doses of a biostimulant based on plant extracts in tomato and pepper seeds. *International Journal of Current Research*, 8(11), 42097-42101.
- Pupo, Y. G. (2008). Selección de extractos vegetales promisorios para el control de *Alternaria solani* (Ellis y Martin) Jones y Grout y *Alternaria porri* Ell. y Cif. en condiciones *in vitro*. (Tesis de Maestría). Universidad de Granma.
- Pupo, Y. G., Argente, L., Domínguez, M., & Vargas, B. (2006). Efecto del extracto acuoso de semillas de *Cleome gynandra* L. en lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Black. S. S.) y tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill var. Vita) en condiciones de laboratorio. *Centro Agrícola*, 33(2), 75-80.
- Renna, M., Durante, M., Gonnella, M., Buttaro, D., D'Imperio, M., Mita, G., & Serio, F. (2018). Quality and Nutritional Evaluation of Regina Tomato, a Traditional Long-Storage Landrace of Puglia (Southern Italy). *Agriculture*, 8, 83.
- Rouphael, Y., Colla, G., Giordano, M., El-Nakhel, C., Kyriacou, M. C., & De Pascale, S. (2017). Foliar applications of a legume-derived protein hydrolysate elicit dose-dependent increases of growth, leaf mineral composition, yield and fruit quality in two greenhouse tomato cultivars. *Scientia Horticulturae*, 226, 353–360.
- Vargas, B., Plana, A., & Pupo, Y. G. (2021a). Sobre los riesgos y beneficios entomológicos asociados a tres especies del género *Cleome* Linnaeus, 1753 (Brassicales: Cleomaceae), con potencialidades bioestimulantes. *Revista Chilena de Entomología*, 47(2), 437-440.
- Vargas, B., Martínez, R., Rodríguez, R., Garcés, W., Ferrer, J. C., & Pupo, Y. G. (2021b). Biostimulant potentialities of plant extracts of *Cleome viscosa* L. on the *in vitro* germination of two varieties of pepper (*Capsicum annum* L.). *Agroindustrial Science*, 11(2), 201-210.
- Villanueva, E. E. (2018). *An overview of recent studies of tomato (Solanum lycopersicum L.) from a social, biochemical and genetic perspective on quality parameters*. Alnarp-Sweden.