



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**EVALUACIÓN *IN VITRO* DEL EFECTO DE DOS DETERGENTES
COMERCIALES EN LA GERMINACIÓN Y MORFOLOGÍA DE
PLÁNTULAS DE *Coriandrum sativum L.***

TESIS PROFESIONAL POR ETAPAS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
B I Ó L O G O
P R E S E N T A:

SANDRELY REYNA GARCÍA

DIRECTORA DE TESIS:
DRA. SUSANA VALENCIA DÍAZ

CUERNAVACA, MORELOS

ABRIL 2024

Citar como: Reyna-García Sandrely. 2024. Evaluación *in vitro* del efecto de dos detergentes comerciales en la germinación y morfología de plántulas de *Coriandrum sativum* L. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México.

INDICE

RESUMEN.....	4
1.-INTRODUCCIÓN.....	6
2.-ANTECEDENTES	9
2.1.- Detergentes	9
2.2.- Consecuencias de los detergentes	11
2.3.- <i>Coriandrum sativum</i> (Apiaceae).....	13
2.4.- La semilla	16
2.5.- Fases de la germinación	17
3.- JUSTIFICACIÓN	20
4.- HIPÓTESIS	21
5.- OBJETIVO GENERAL	21
6.- OBJETIVOS PARTICULARES	21
7.- MÉTODO.....	22
7.1.- Preparación de las diluciones de detergente en polvo	22
7.2.- Experimentos de germinación	22
7.3.- Anatomía de la raíz.....	24
8.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	25
9.- RESULTADOS.....	26
9.1.- Viabilidad del lote de semillas y proceso de germinación	26
9.2.- Porcentaje de germinación	27
9.3.- Tiempo medio de germinación (t)	29
9.4.- Tasa relativa de crecimiento de plántulas de <i>Coriandrum sativum</i>	31
9.5 Anatomía de la raíz	33
10.-DISCUSIÓN	37
11.- CONCLUSIÓN	41
12.-PERSPECTIVAS	41
13.- REFERENCIAS.....	42
14.- APÉNDICES	47

RESUMEN

Los detergentes son la tercera fuente de contaminantes de aguas de uso doméstico, éstos poseen características anfipáticas que afectan la integridad de la membrana celular. En el mundo hay menor disponibilidad de agua limpia es necesario buscar estrategias para priorizar el uso de agua potable para nuestro consumo, una de ellas es utilizar las aguas residuales de lavandería para riego de cultivos de traspatio, jardines o incluso para cultivos agrícolas en zonas con escasez de agua. Por otro lado, México, cuarto productor de *Coriandrum sativum* (cilantro), produce 64,647 ton/anuales. Esta especie es empleada como condimento y además se usa en la medicina tradicional. El objetivo de esta propuesta fue evaluar experimentalmente el efecto de diferentes concentraciones de dos detergentes comerciales (Roma ® y Blanca Nieves ®) y de un detergente biológico sobre la germinación de semillas, características morfológicas de las plántulas y anatomía de la raíz de *C. sativum*. Se realizaron experimentos donde se germinaron semillas de esta especie bajo la adición de disoluciones con concentraciones crecientes de los detergentes mencionados y de un ramnolípido de origen biológico y con actividad surfactante. Se registró el porcentaje y el tiempo medio de germinación de semillas de esta especie y se comparó con el efecto del ramnolípido. También se midió el tamaño de las plántulas y de los cotiledones pertenecientes a los tratamientos. Para la parte anatómica, se hicieron cortes en fresco a mano alzada y en microtomo de raíz de plántulas de *C. sativum* (20 días de edad), se tiñeron con Azul de Toluidina al 1% y se observaron en el microscopio óptico a 40X y 100X. Los resultados evidencian que el tipo de detergente

comercial y su concentración afectaron el porcentaje y tiempo medio de germinación de semillas de cilantro, donde a mayor concentración hay una tendencia a retardar el tiempo de germinación. No hubo diferencias en el efecto de los dos detergentes y el ramnolípido sobre el tiempo de germinación de semillas de cilantro. Se observó menor porcentaje de germinación de *C. sativum* con la adición del detergente Roma ® y en el tratamiento del ramnolípido observándose un mayor porcentaje de germinación. En el crecimiento de las plántulas hubo disminución en el crecimiento conforme aumentaba la concentración del detergente, independientemente de la marca. Aparentemente no hay alteraciones en el tamaño de las células xilemáticas de la raíz del cilantro, pero no fue posible corroborar estadísticamente esta observación debido a la escases de muestra de raíz en los tratamientos con mayor concentración de detergente. Sin embargo, si se logró describir la anatomía de la raíz del cilantro e identificar a las células xilemáticas. Los resultados de este trabajo establecen un límite de uso de 0.2 g/L de detergente ya que no afectó los parámetros medidos en este trabajo (límite recomendado por el fabricante = 4 g/L). Debido a que el ramnolípido no afectó negativamente la germinación de semillas de cilantro, se fortalece la alternativa de usar aguas residuales con bajos niveles de detergentes biológicos.

Palabras clave: aguas residuales de lavandería, cavitaciones, cilindro vascular, ramnolípido.

1.-INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales de lavandería (ARL) son descargas de aguas procedentes del lavado de ropa que son descargadas en grandes volúmenes al ambiente, por lo que contribuyen a la eutrofización de cuerpos de agua, afectando la flora y fauna; este problema se magnifica conforme la densidad poblacional humana se incrementa (Barreno, 2019; Joseph *et al.*, 2021). Entre los principales contaminantes de las ARL se encuentran los detergentes, los cuales contienen nitratos, fosfatos y azufre (Grijalva Endara *et al.*, 2020) que contribuyen al aumento de la eutrofización. En el 2019, la disponibilidad anual de agua en México fue de 3,586 m³/hab (INEGI, 2019), se espera que para el 2030 este volumen disminuya; por lo que es importante buscar alternativas para evitar su escasez (CONAPO, 2011), tal es el caso del empleo de ARL en el riego de cultivos.

La ruta que siguen las ARL es como sigue i) recolección (captación en las casas con ayuda del sistema de alcantarillado), ii) evacuación (traslado a través de las redes municipales), iii) tratamiento (empleando procesos fisicoquímicos y biológicos ya sean aerobios o anaerobios) y finalmente iv) reintegrar el agua al sistema (Nuñez, 2019). Sin embargo, no todas las aguas son tratadas antes de verterlas a los ríos.

Los detergentes se clasifican en biodegradables y no biodegradables. Los biodegradables se caracterizan por tener componentes con una cadena lineal de carbonos (sulfonato de alquilbenceno) que son degradados por

microorganismos. Los no biodegradables, por otro lado, necesitan más años para su degradación, o bien, no existen organismos en la naturaleza que tengan la maquinaria biosintética para descomponer las moléculas de estos detergentes (Guevara *et al.*,2020).

Los detergentes tienen además otros elementos que contaminan los cuerpos de agua, como por ejemplo coadyuvantes, aditivos y agentes auxiliares (Maldonado, 2015) que podrían limitar su segundo uso en la agricultura dada la contaminación de fuentes de agua de riego. Por ejemplo, la acumulación de los tensoactivos provoca cambios en las propiedades físicas del agua como penetración de luz, pH y salinidad (Mousavi y Farank, 2019).

Los detergentes domésticos biodegradables más utilizados están compuestos por tensoactivos aniónicos, los cuales son componentes anfipáticos, es decir, poseen una región polar hidrofílica (ion con carga negativa) y otra hidrofóbica. El sulfonato de alquilbenceno lineal (LAS, por sus siglas en inglés), es el tensoactivo aniónico más utilizado al representar más del 40 % de todos los tensoactivos utilizados (UC-Pereza y Delgado, 2012). En México una de las marcas de detergentes comerciales más utilizadas son Roma ® y Blanca Nieves ® en su presentación en polvo, que contiene materiales sólidos como fosfatos, carbonato, silicato y sulfatos (PROFECO, 2012).

A nivel mundial, México es el principal productor de cilantro (*Coriandrum sativum* L.), ya que produce 64,647 t (SIAP, 2017). Los principales estados productores son Puebla, Baja California, Zacatecas y Aguascalientes (SIAP, 2017). Plantas de esta especie son utilizadas con fines alimenticios

principalmente, y en menor medida como planta medicinal (Monroy y Castillo, 2007). Debido a la escasez de agua, surge la necesidad de establecer estrategias que economicen el suministro de agua limpia a actividades agronómicas, empleando aguas de lavandería en el riego de cultivos importantes, como es el caso del cilantro. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es evaluar en condiciones controladas el efecto de detergentes comerciales en la germinación de semillas, crecimiento de plántulas y anatomía radicular de *C. sativum*.

2.-ANTECEDENTES

2.1.- Detergentes

Los detergentes son sustancias que facilitan la separación de suciedad o impurezas de los objetos. Esto ocurre gracias a la propiedad anfipática de los tensoactivos, ya que poseen porciones hidrofóbicas e hidrofílicas. La porción hidrofílica interactúa con el agua, mientras que la porción hidrofóbica engloba las grasas en una micela (Altmajer Vaz, 2004).

El mecanismo de solubilización de la suciedad ocurre dependiendo de la naturaleza de sus moléculas (**Figura 1**):

1. La micela se difunde en la suciedad
2. La micela se fija en la suciedad con la parte hidrofóbica
3. Se mezcla con la suciedad
4. Para poder liberarse a la superficie la micela contiene la suciedad en su núcleo.
5. La micela se solubiliza y se difunde en el baño de lavado.

Este proceso ocurre hasta que la micela se agote (Altmajer Vaz, 2004).

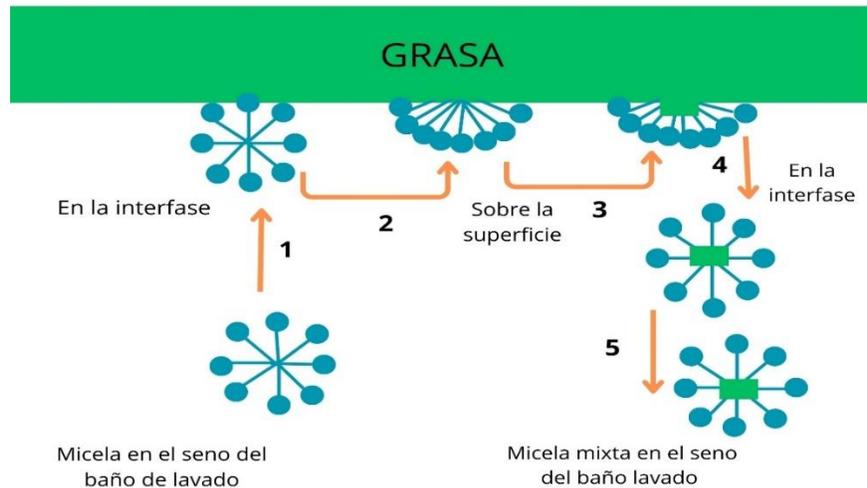


Figura 1. Esquema sintetizado de solubilización de grasas. Obtenido de Altmajer Vaz, 2004 y modificado por Reyna García, 2024.

Los detergentes están compuestos por uno o varios agentes tensoactivos y otros componentes como aditivos, coadyuvantes y agentes auxiliares (Maldonado, 2015).

a) **Tensoactivos:** Son sustancias que cambian las propiedades físicas de una superficie. Los más utilizados son los LAS que tienen varios grupos funcionales que cuando se disocian originan iones orgánicos grasos con carga negativa (hidrofóbicas) y iones positivos (hidrofílica).

b) **Coadyuvantes:** Son aquellos que refuerzan o mantienen la eficiencia de los tensoactivos, actúan en los iones de calcio y magnesio, proporcionan pH alcalino (trifosfatos, nitrilo acetato, citrato etc.).

c) **Agentes auxiliares:** permiten darle el acabado al producto y conseguir la concentración adecuada. Los más utilizados son Na_2SO_4 (evita que el polvo se apelmace facilitando su manejo y le proporciona volumen) (Maldonado, 2015).

También hay otros surfactantes o tensoactivos que cambian las propiedades físicas de una superficie para reducir la tensión (Maldonado, 2015), éstos están compuestos por polímeros como glicolípidos, lipopéptidos y lipoproteínas (Moldes *et al.*, 2020).

Los biotensoactivos son moléculas de origen biológico anfipáticas que tienen la propiedad de cambiar la tensión superficial del agua, son producidos por microorganismos bacterias, hongos, levaduras etc. (Toribio-Jiménes *et al.*, 2014). Los ramnolípidos pertenecen a este último grupo y están constituidos por monosacáridos o disacáridos de ramnosa unidos por enlaces glicosídicos (Jiménes Islas *et al.*, 2010). *Pseudomonas aeruginosa* es una especie bacteriana productora de ramnolípidos como ramnosil-B- hidroxidecanoil- B -hidrodecanoato (mono-ramnolípidos) y ramnosil-ramnosil- B -hidroxidecanoil- B - hidrodecanoato (di-ramnolípidos) (Toribio-Jiménes *et al.*, 2014). Los ramnolípidos se utilizan en áreas como en la biorremediación de suelos contaminados por petróleo y metales pesados o en la industria farmacéutica por sus propiedades antimicrobianas, por mencionar algunos usos (Toribio-Jiménes *et al.*, 2014).

2.2.- Consecuencias de los detergentes

Los detergentes aumentan el fósforo en los cuerpos de agua ocasionando eutroficación. La eutroficación es la reducción de oxígeno como consecuencia del aumento poblacional de algas, esto provoca la mortalidad de flora y fauna acuática. Así mismo, la acumulación de los tensoactivos provoca la acumulación de espuma en los cuerpos acuíferos, lo que interfiere con su oxigenación, la

penetración de la luz y cambios en el pH volviéndolo más ácido (Mousavi y Farank, 2019).

En plantas, se ha demostrado que los LAS provocan la desestabilización de la membrana celular. Esto ocurre debido a que los detergentes, al igual que los fosfolípidos de membrana, son anfipáticos con un extremo polar y una cadena de hidrocarburos no polar, en consecuencia, los detergentes sustituyen a los fosfolípidos de membrana haciendo que se solubilizan, haciendo que se liberen las proteínas de membrana y se rompa la estructura de la membrana celular (Karp, 2009). Así mismo, alteran la fotosíntesis debido a que hay una ruptura del complejo clorofila-proteína (Sanchez, 2007; Hossouna, 2008).

A nivel de individuos, los detergentes alteran procesos como la germinación y crecimiento, disminuyen la tasa de transpiración y provocan marchitamiento (Sanchez, 2007). Sin embargo, se tiene reportado que en distintas especies, a concentraciones menores de 5 %, causan distintas alteraciones en el crecimiento, germinación etc. **(Tabla 1)**.

El uso de aguas residuales en América Latina es muy común y México no es la excepción; ejemplo de ellos son los cultivos de alfalfa, maíz, sorgo, papa, trigo, pero la FAO recomienda un tratamiento de las aguas residuales según el uso (Si se consumen, si se procesan, o no se consumen) (Silva *et al.*, 2008).

Debido a que se conoce que el uso de ARL produce cambios fisiológicos, germinación y el desarrollo de la plántula en el amaranto y el jitomate, en este trabajo pretendemos conocer el efecto que causan en el cilantro.

Tabla 1: Efecto de detergentes en diferentes especies otras especies.

Espece	Cantidad de detergente	Reduce o aumenta germinación	Cita
<i>Zea mays</i>	20,2,0.2 y 0 g/L	Redujeron el peso de la hoja, tallo, área foliar y reduce la germinación.	Heidari y Kahrizi, 2018
<i>Phaseolus vulgaris</i>	5 %	Inhibición en la germinación.	Issayeva <i>et al.</i> , 2015
<i>Lycopersicum esculentum</i> <i>Abelmoschus esculentus</i>	1, 5, 10, 20, 25, 50, 75, 100 %	Menor toxicidad a concentraciones menores del 5%.	Fotoba <i>et al.</i> , 2011
<i>Lycopersicum esculentum</i> <i>Amaranthus hypochondriacus</i>	0, 1, 2.3, 5 g/L	Inhibición del crecimiento del área foliar, número de hojas, contenido de clorofila.	Ehlien <i>et al.</i> , 2017

2.3.- *Coriandrum sativum* (Apiaceae)

El cilantro es una hierba anual, nativa del mediterráneo, introducida y cultivada a nivel mundial. Es utilizada para aliviar problemas digestivos, como calmante de cólicos, gases del estómago, diarrea y disentería (Monroy y Castillo, 2007). México ocupa el cuarto lugar en la producción de esta apiácea, (IICA, 2007), se producen 64,647 t de las cuales se exporta el 98.8% de la producción total. Los principales estados productores son Puebla, Baja California, Zacatecas y Aguascalientes (SIAP, 2017). En Morelos, 46 hectáreas son dedicadas a este

cultivo, lo que representa un rendimiento de 26 t/ha de cilantro. Las principales zonas de producción son Cuautla y Ayala (CONAGUA, 2018).

Su tallo es erecto con una serie de brotes que terminan en una inflorescencia, el tallo llega a alcanzar 40 cm. Sus hojas son trilobadas, las inflorescencias son umbelas simples o compuestas, con 2-8 radios (**Figura 2**). Las flores son pentámeras con color que va del blanco al rosa pálido. Sus frutos son esquizocarpos con dos mericarpos (Fruto seco con dos semillas) y globulares de 6 mm, presenta divisiones o costillas y en la parte interna presentan canales resiníferos que almacena aceite esencial (**Figura 3**) (Vallejo y Estrada, 2004).



Figura 2. Planta de *Coriandrum sativum* (Apiaceae). Autor: Reyna García, 2024.

Los estándares de calidad de producción son estar erectas, color verde intenso, una altura de 17cm y un follaje fresco (Benavides, 2007).

Los requerimientos del suelo incluyen suelos sueltos con alta retención de

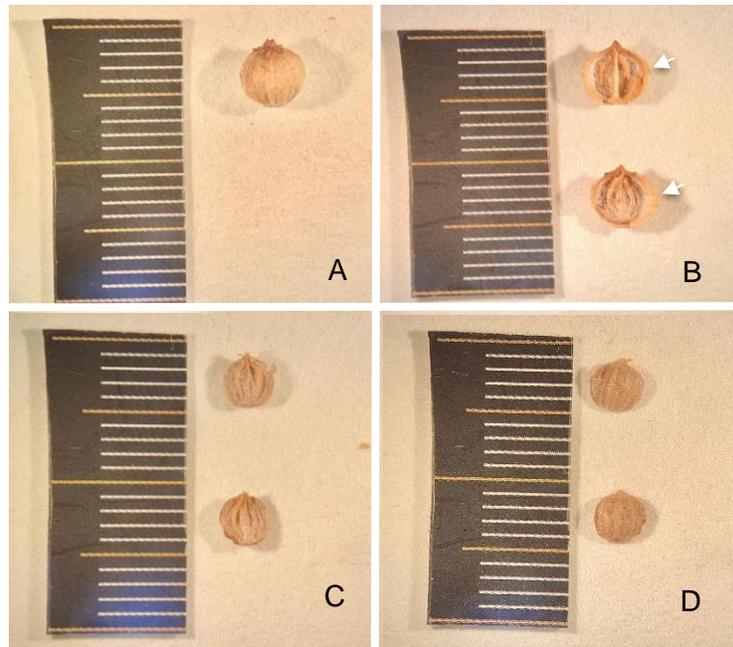


Figura 3: Esquizocarpo, mericarpos y semillas de cilantro (la escala representa 2 cm). **A**, se muestra un esquizocarpo. **B**, Se aprecian los dos mericarpos que conforman el esquizocarpo y en **C** y **D**, las semillas. La flecha indica la mitad del fruto seco con una semilla (mericarpo) (Autor: Reyna García, 2024).

agua, alto contenido de minerales (N, P, K, Ca, S y Mg) y alto porcentaje de humedad, el terreno debe tener una profundidad de 30 cm y debe ser sembrada a una profundidad de 2 cm usando de 6-12 semillas (Vallejo y Estrada, 2004).

En el estado de mayor producción que es Puebla, el 14 % utiliza para riego el agua de pozos que es entubada o conducida por canales descubiertos y el 86 % por lluvias. Este mismo estado se obtuvo en el 2017 un total de 54,829 ha se utilizó un volumen de 264,498,700 m³ de agua (Leyva-Abascal *et al.*, 2023).

2.4.- La semilla

La semilla es un óvulo maduro derivado de la doble fertilización de los gametos. Ésta contiene el embrión, el cual está rodeado por una cubierta protectora llamada testa (Velasco-González *et al.*, 2013). Ésta cubierta posee ceras y grasas, pudiendo tener células mucilaginosas (Bewley y Black, 2013). Las semillas pueden presentar endospermo, el cual es un tejido de reserva (carbohidratos, lípidos, proteínas) y que, junto con los cotiledones, aporta los nutrientes para el crecimiento del embrión (Valencia-Díaz *et al.*, 2017; Crang *et al.*, 2018).

El endospermo está compuesto por carbohidratos, proteínas y lípidos en menor o mayor concentración dependiendo de la especie. Estos compuestos son movilizados durante el crecimiento del eje embrionario. Los carbohidratos son la principal reserva de los cereales. Las proteínas son las principales moléculas de reserva de las leguminosas, pero también se encuentran en los cereales. Los lípidos están presentes en semillas de distintas especies. A través de enzimas hidrolasas, se obtienen componentes (i.e. aminoácidos, ác. grasos etc.) que se destinan al embrión para su crecimiento (Pita y Pérez, 1998).

2.5.- Fases de la germinación

La germinación es el proceso por medio del cual se inicia el crecimiento del embrión, comienza con la imbibición de la semilla y termina cuando emerge la radícula (Crang *et al.*, 2018). Esta consta de tres etapas. La primera es **la imbibición**, inicia con la entrada de agua en la semilla. Aquí ocurre la activación de procesos metabólicos (respiración, reactivación de material genético). Si la semilla no está bien hidratada la velocidad de germinación disminuye o se interrumpe. En esta etapa, la semilla es más susceptible a infecciones; así mismo, el exceso de agua puede provocar ahogamiento del embrión (Bewley *et al.*, 2013).

La segunda fase es la **lag o estacionaria**, donde en la semilla ocurren la movilización de las reservas y cambios metabólicos (síntesis del material genético, de ácidos nucleicos, proteínas) que inician la emergencia de radícula. En esta fase la absorción de agua se mantiene constante. La tercera fase es de **alargamiento**, que consiste en la elongación de la radícula que al crecer rompe la testa de las semillas, debido al aumento del volumen celular y a la desestabilización de las paredes de los tejidos que rodean al embrión (testa y endospermo). Aquí finaliza la germinación. Posteriormente sigue el desarrollo de la punta de la radícula para dar lugar al crecimiento de la plántula, esto implica un alto gasto energético que se obtiene del endospermo y/o cotiledones (Bewley *et al.*, 2013).

2.6.- Xilema y cavitaciones

El xilema es el tejido encargado del transporte de agua y nutrientes en la planta. Es un tejido complejo constituido por elementos perforados e imperforados. Los elementos imperforados que son los elementos del vaso y dentro de ellos están las traqueidas y fibras (Crang *et al.*, 2018). El xilema en la raíz se localiza dentro del cilindro vascular o estele y junto con el floema forma los haces vasculares, los cuales en *C. sativum* tienen una disposición diarca, es decir, dos haces vasculares principales. Las dicotiledóneas herbáceas, como el cilantro no poseen crecimiento lateral (i.e. secundario); por lo que sólo poseen xilema primario, el cual está constituido por proto y metaxilema, éste último se distingue por poseer células más grandes (Crang *et al.*, 2018; Santamarina Siurana *et al.*, 2018).

El tamaño de los vasos y las traqueidas disminuyen su tamaño cuando aumentan los solutos (i.e. detergente), lo anterior evita que sucedan cavitaciones que eventualmente pueden causar la muerte (Issayeva *et al.*, 2015). Las cavitaciones son la formación de pequeñas burbujas de aire dentro de un líquido que esté sometido a tensión. Este fenómeno ocurre debido a distintos factores como el déficit hídrico, procesos de congelamiento o aumento de solutos (Arthus Bacovich, 2019). En otras palabras, ante aumento de solutos, la planta se podría ver afectada por embolismos; es decir interrumpir el flujo del agua por burbujas de aire en el xilema (Arthus Bacovich, 2019). Por lo que la modificación en el tamaño de células del xilema y/o cilindro central sería un indicador de repercusiones anatómicas en la raíz (**Figura 4**).

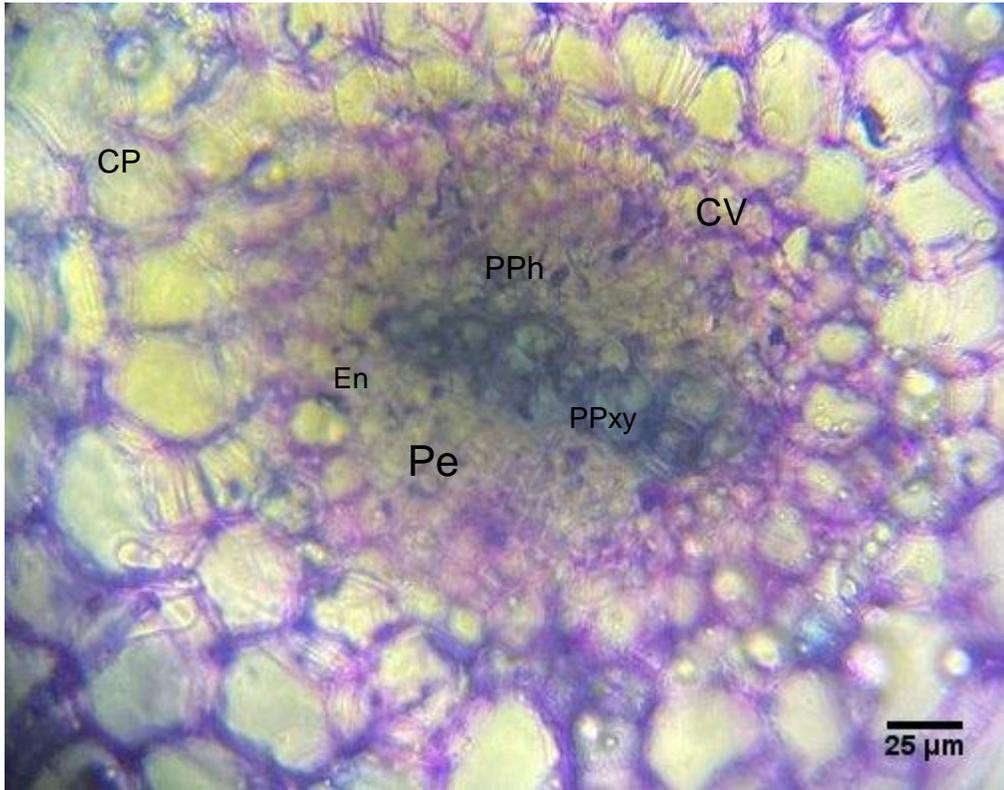


Figura 4: Anatomía de raíz de *Coriandrum sativum*. Observación realizada con el objetivo 40x. Abreviaturas: CV: Cilindro vascular; En: Endodermis; Pe: Periciclo; PPh: Floema primario; PXy: Xilema primario; CP: Parénquima cortical.

3.- JUSTIFICACIÓN

Aunque existen trabajos que abordan el efecto de detergentes en algunas especies de importancia comercial, en *Coriandrum sativum* es importante conocer esta información debido a que es una especie importante desde el punto de vista económico y etnobotánico. Entonces debido a que, por un lado, hay una creciente escasez de agua limpia y una demanda permanente de cilantro a nivel comercial y en las casas habitación, se plantea como propuesta investigar el efecto de concentraciones graduales de dos detergentes comerciales en la germinación de sus semillas, en el crecimiento de sus plántulas y en las características anatómicas de su radícula.

4.- HIPÓTESIS

El aumento en la concentración de dos detergentes comerciales disminuirá el porcentaje de germinación, la tasa media de germinación de semillas, crecimiento de plántulas y provocará alteraciones morfo-anatómicas de *Coriandrum sativum*.

5.- OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto que provocan diferentes concentraciones de dos detergentes comerciales y un biológico en la germinación de semillas, crecimiento de plántulas y caracteres morfo-anatómicos de plántulas de *Coriandrum sativum*.

6.- OBJETIVOS PARTICULARES

1. Evaluar el efecto de diferentes concentraciones de los detergentes Roma ®, Blanca Nieves ® y AGAE, R90 en la germinación (porcentaje y tiempo medio de germinación) de semillas *Coriandrum sativum*.
2. Evaluar el efecto de diferentes concentraciones de los detergentes Roma ®, Blanca Nieves ® y AGAE, R90 en el tamaño de plántulas de *Coriandrum sativum*.
3. Evaluar cualitativamente el efecto de los detergentes Roma ® y Blanca Nieves ® en la anatomía radicular de *Coriandrum sativum*.

7.- MÉTODO

7.1.- Preparación de las diluciones de detergente en polvo

Tomando como base las indicaciones de empleo de ambas marcas de detergente, se obtuvieron soluciones con diferente concentración. Las concentraciones obtenidas fueron 4 g/L, 3 g/L, 2 g/L, 1 g/L, 0.8 g/L, 0.4 g/L, 0.2 g/L, 0.12 g/L 0.04 g/L y un control que consistió en solo agua. Así mismo, se implementó un tratamiento con un ramnolípido biodegradable de origen bacteriano, el cual tiene propiedades biosurfactantes (AGAE, R90) a una concentración de 0.003 g/L (proporcionado por el laboratorio de Biotecnología Ambiental del CEIB).

7.2.- Experimentos de germinación

Para determinar la viabilidad del lote de semillas de cilantro (Hortaflo®), se realizaron pruebas con tetrazolio (TTZ, Sigma Aldrich) al 1 % (**Apendice1**). Se tomaron al azar 30 semillas y se hidrataron por 24 h, posteriormente se les hizo una punción con una aguja y se colocaron en 700 µL de TTZ en un lugar oscuro por 24 h. Posteriormente se observaron al microscopio estereoscópico (Nikon®). Las semillas se categorizaron como teñidas y no teñidas, considerándose a las teñidas como vivas (**Figura 5**).

Una vez determinada la viabilidad del lote, las semillas se escarificaron manualmente con pinzas. Posteriormente, a partir de una solución de cloro al 6 % (Cloralex®), se preparó una solución de cloro al 5 % con la cual se desinfectaron las semillas y se mantuvieron en agitación continua por 3 min. Después, se lavaron tres veces consecutivas con agua destilada para eliminar los restos de cloro. La siembra de las semillas desinfectadas se hizo en cajas Petri empleando papel filtro como sustrato. En cada caja Petri (diámetro 7 cm) se colocaron diez semillas con una distancia

aproximada de 2 cm y a cada caja se les adicionaron 6 mL de la solución jabonosa o agua destilada dependiendo de cada tratamiento. Un tratamiento correspondía a alguna de las disoluciones de ambas marcas de detergente ya mencionadas (10: 4 g/L, 9: 3 g/L, 8: 2 g/L, 7: 1 g/L, 6: 0.8 g/L, 5:0.4 g/L, 4: 0.2 g/L, 3: 0.12 g/L 2: 0.04 g/L o el ramnolípido al 0,003 g/L). Por cada marca de detergente se emplearon diez cajas Petri por dilución (N = 2100 semillas: 10 semillas × 10 cajas Petri × 10 tratamientos × 2 marcas + 100 semillas del ramnolípido).

Las semillas se germinaron en cámara ambiental (Lumistell) a 25° C con un fotoperiodo 12 h luz/ 12 h oscuridad. La germinación se registró diariamente por 20 días. Una semilla se consideró germinada con la emergencia de la radícula (**Figura 6**). Con base en el número de semillas germinadas se calculó el porcentaje de germinación o capacidad germinativa y la tasa media de germinación.

La **tasa media de germinación** se calculó con base en la ecuación propuesta en Ranal y García (2006):

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i t_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

Donde t representa el día de registro de la germinación de las semillas, n indica el número de semillas germinadas en el día i , mientras que k es el número total de mediciones del experimento, en este caso 20 días.

Se registró la longitud total de la plántula (longitud de hipocótilo + longitud de la raíz) y el largo y ancho de los cotiledones. Las mediciones y observaciones se contrastaron con aquellas medidas de las plántulas control. Se calculó el crecimiento la **tasa relativa de crecimiento** de las plántulas mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{Lt - Lc}{Lc} \times 100$$

Donde

Lt: longitud de la plántula en el tratamiento

Lc: longitud total de la plántula del control.

7.3.- Anatomía de la raíz

Se realizaron cortes histológicos en fresco y/o empleando la técnica de inclusión en parafina de la zona de la raíz cercana al cuello de la plántula. Lo anterior, debido a que la diferenciación de los tejidos vasculares ocurre en la zona cercana al tallo. Se procuraron realizar cortes de plántulas de todos los tratamientos; no obstante, no siempre fue posible debido a la insuficiencia del material vegetal en algunos de ellos.

Los cortes en fresco se llevaron a cabo manualmente con una navaja de rasurar (marca Gillete) y posteriormente se tiñeron con azul de toluidina (Meyer) al 1 % / 15 seg. **(Apéndice 2)**. Por otro lado, para la técnica de inclusión en parafina, se cortaron porciones de raíz (longitud ~ 5 mm) de plántulas previamente lavadas con agua destilada; los cortes limpios se fijaron por 24 h en una solución de FAA (formaldehído, etanol al 96%, ácido acético glacial y agua destilada, proporción 0.1:0.5:0.05:0.35).

Posteriormente, el material vegetal se deshidrató en etanol empleando concentraciones crecientes (30 %, 50 %, 75 %, 80 %, 96 % y 100 %) por un periodo de 24 h / concentración. Después, las muestras se colocaron en alcohol absoluto: xilol (1:1) / 24 h y xilol por 24 h.

Una vez completado el tren de deshidratación, el material vegetal se colocó en un frasco con parafina (temperatura < 60° C) por 1 h, este mismo paso se realizó de manera

sucesiva dos veces más.

A continuación, se colocaron las muestras en moldes de inclusión, procurando que estuvieran refrigerados o en lugar fresco por 24 h. En un microtomo de rotación (Leica, RM2265) se realizaron cortes (16 μm) con un ángulo libre del portacuchillas de 5° . Los cortes se colocaron en un baño de flotación (40°C) y se pasaron a un portaobjetos etiquetado con el tratamiento respectivo. Posteriormente, los portaobjetos con la muestra se colocaron durante 24 h cerca de una fuente de calor. Una vez pasado este período, se les realizó una tinción con azul de toluidina al 1 % (Meyer) por 5 min. La desparafinada se efectuó colocando los cortes montados en un horno de convección (60°C) / 35 min y después en xilol / 20 min. Posteriormente, los cortes se dejaron cerca de una fuente de calor por 24 h para finalmente colocarles resina sintética al 60 % (Hycel) y ser cubiertas por un cubreobjetos. Las observaciones se hicieron en un microscopio óptico (Leica) con los objetivos 40x y 100x. Se tomaron fotografías de los cortes.

8.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El porcentaje de germinación se analizó por medio de un modelo lineal generalizado para variables binomiales empleando como función liga logit. El factor es la marca de detergente (Roma ® y Blanca Nieves ®) y la variable cuantitativa es la concentración del detergente (4 g/L, 3 g/L, 2 g/L, 1 g/L, 0.8 g/L, 0.4 g/L, 0.2 g/L, 0.12 g/L, 0.04 g/L, 0 g/L). Las variables tasa media de germinación y tasa relativa de crecimiento de plántulas se analizaron por medio de un análisis de covarianza considerando los tipos de detergentes y sus concentraciones como factor y covariable respectivamente. Debido a que sólo se empleó una concentración en el tratamiento del ramnolípido, se contrastaron las medias de los factores con la media del ramnolípido. El efecto de los

detergentes en la anatomía radicular se evaluó cualitativamente.

9.- RESULTADOS

9.1.- Viabilidad del lote de semillas y proceso de germinación

Las semillas de cilantro tuvieron una viabilidad del 80 %. Ver **Figura 5** donde se muestra como se ve una semilla viva (viable) y una muerta (no viable).

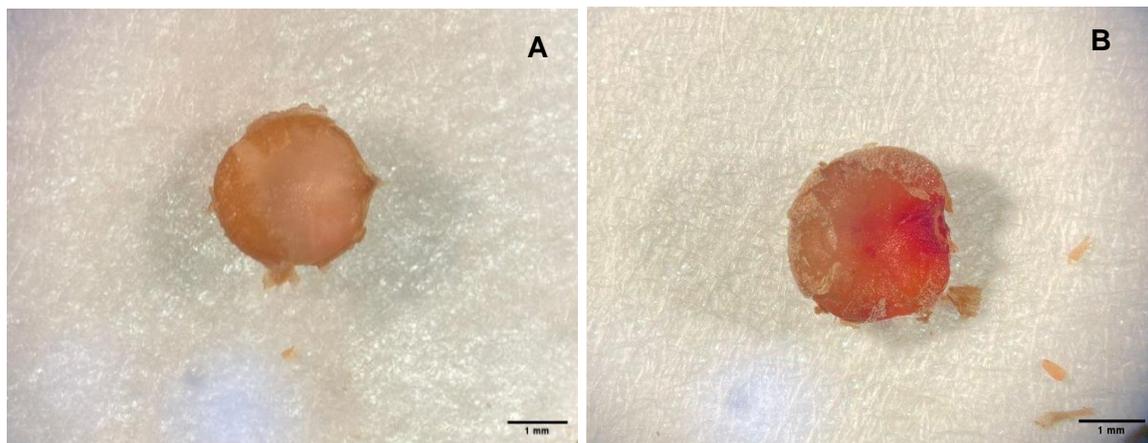


Figura 5. Semillas de *C. sativum*, en **A** se observa una semilla no teñida (muerta o no viable). En **B** se distingue el interior de la semilla de color rojo, que indica una semilla viva o viable.

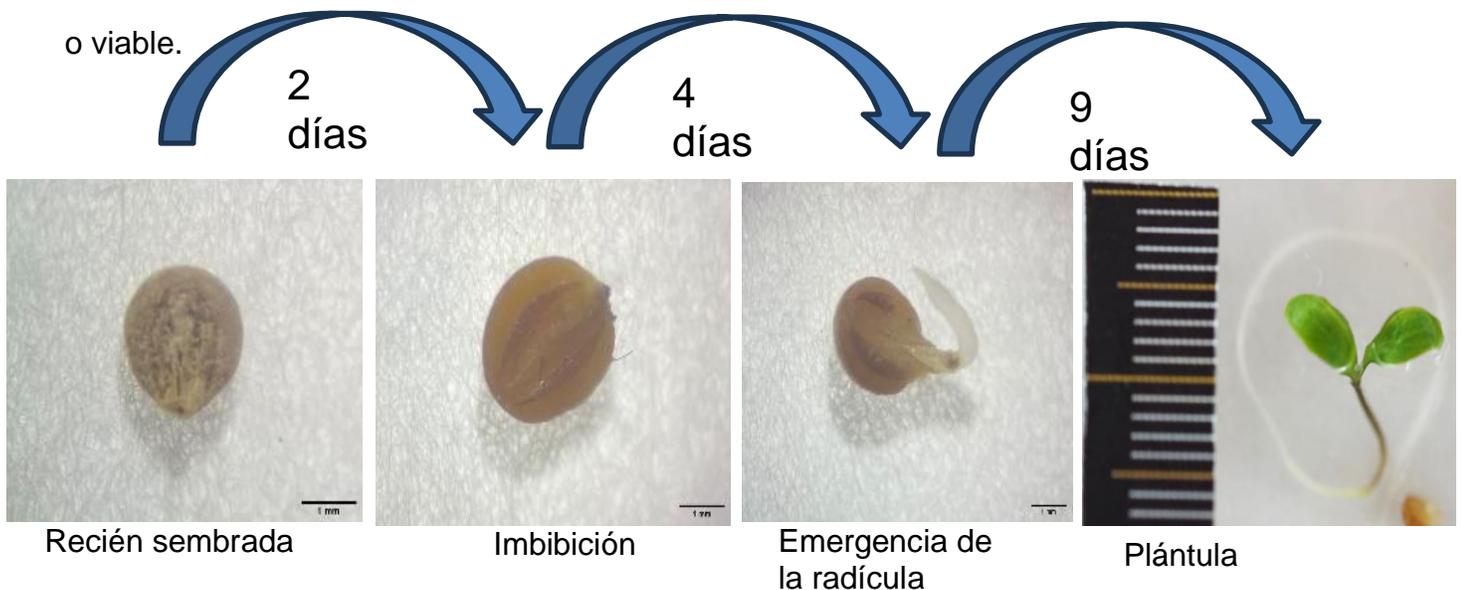


Figura 6. Proceso de germinación de las semillas de *C. sativum*. La escala digital corresponde a 1 mm y la regla indica 2 cm (Autor: Reyna Garcia, 2024).

9.2.- Porcentaje de germinación

El tipo de detergente y su concentración tuvieron un efecto estadísticamente significativo ($\chi^2_{1g.l.} = 4.15$, $P = 0.04$ y $\chi^2_{1g.l.} = 123.51$, $P < 0.0001$, respectivamente) en la germinación de semillas del cilantro. El porcentaje de germinación fue menor con el detergente Roma ® (60%) que con Blanca Nieves ® (65%) (**Figura 7**). A su vez el porcentaje de germinación obtenido con los detergentes fue menor respecto al ramnolípido (Roma ®, $t_{99g.l.} = -7.15$, $P < 0.0001$ y Blanca Nieves ®, $t_{99g.l.} = -5.46$, $P < 0.0001$, **Figura 7**), cuyo porcentaje de germinación fue de 77 ± 11.59 %.

Por otro lado, se observó que conforme aumenta la concentración del detergente es menor el porcentaje de semillas germinadas (**Figura 8**).

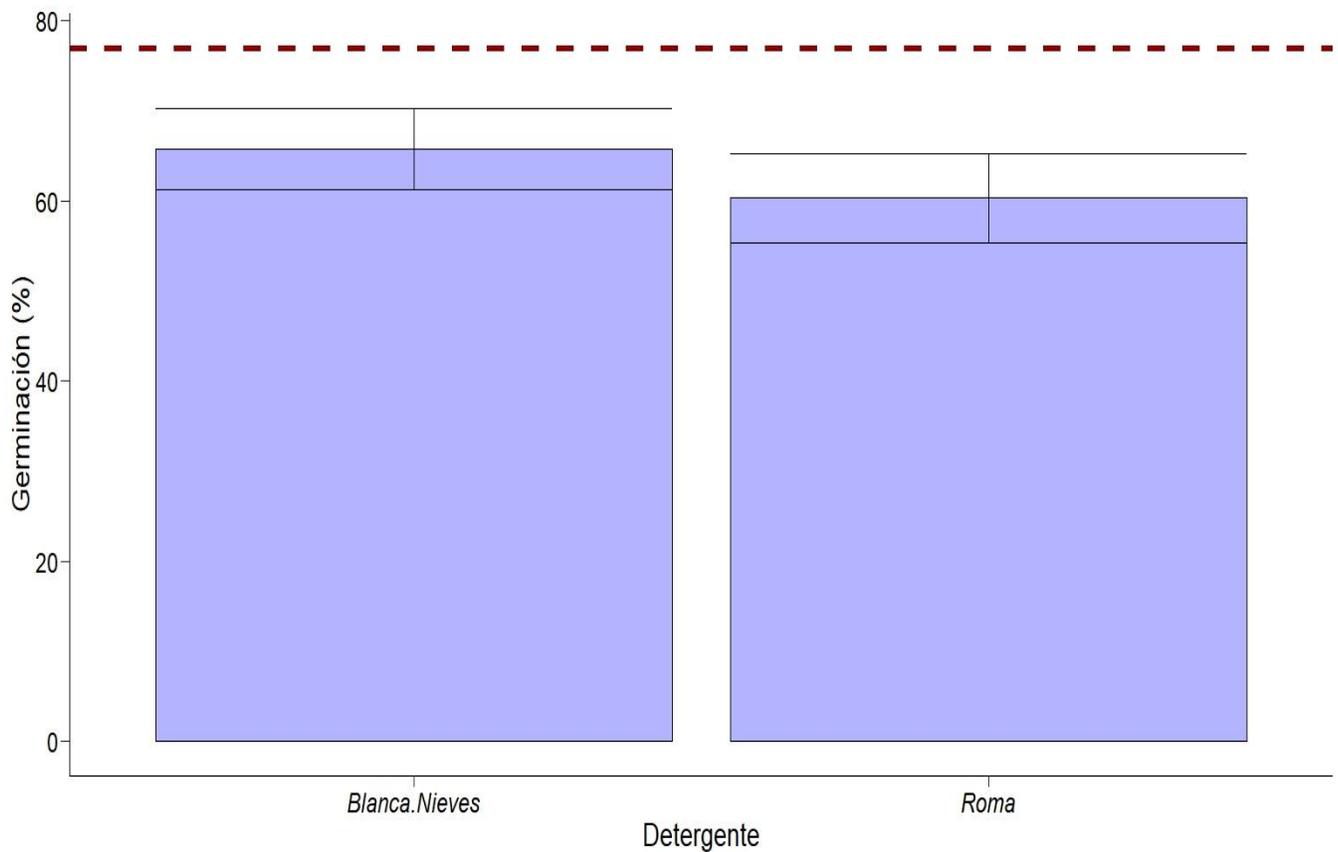


Figura 7. Porcentaje de germinación de semillas de *C. sativum* bajo la adición de dos detergentes Roma ® (60 %) y Blanca Nieves ® (65 %). La línea puntuada representa la media del porcentaje de germinación con la adición del ramnolípido (77 ± 11.59 %).

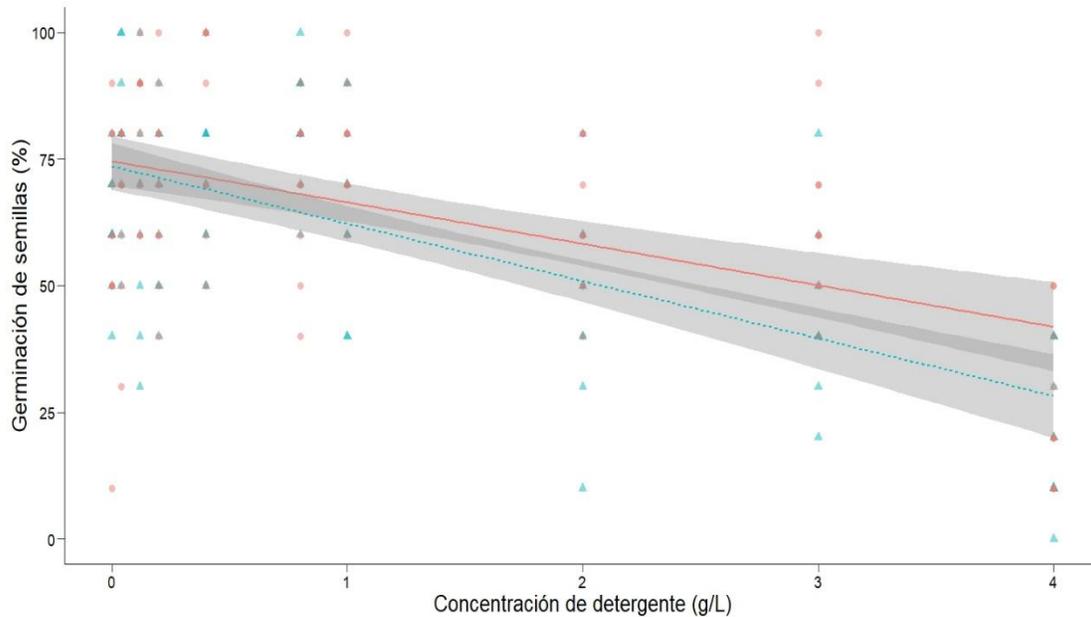


Figura 8. Efecto de un gradiente de concentraciones de los detergentes Roma ® (línea azul) y Blanca Nieves ® (línea roja). El área gris corresponde a los I.C. = 95 %.

9.3.- Tiempo medio de germinación (\bar{t})

Los resultados de la tasa media de germinación, estimada por \bar{t} , indicaron que los tiempos de germinación de semillas de *C. sativum* fueron similares entre ambos detergentes ($F_{1,195 \text{ g.l.}} = 0.74$, $P = 0.38$, Roma ® = 6.82 ± 1.58 días; Blanca Nieves ® = 7.03 ± 2.33 días) y similares estadísticamente con el efecto del ramnolípido (Roma ®, $t_{99 \text{ g.l.}} = -0.54$, $P = 0.58$ y Blanca Nieves ®, $t_{99 \text{ g.l.}} = 0.54$, $P = 0.58$) que tuvo una tasa de germinación media de 6.91 ± 1.11 días (**Figura 9**). Sin embargo, se observó que a mayor

concentración de detergente (0.2 g/L) hay un retardo en la germinación ($F_{1,195 \text{ g.l.}} = 40.35$, $P < 0.0001$, **Figura 10**), pero además que en Blanca Nieves ® es más evidente este retardo que el Roma ®, lo cual provoca una separación de ambas líneas de tendencia, lo cual se refleja en la interacción ($F_{1,195 \text{ g.l.}} = 24$, $P < 0.0001$).

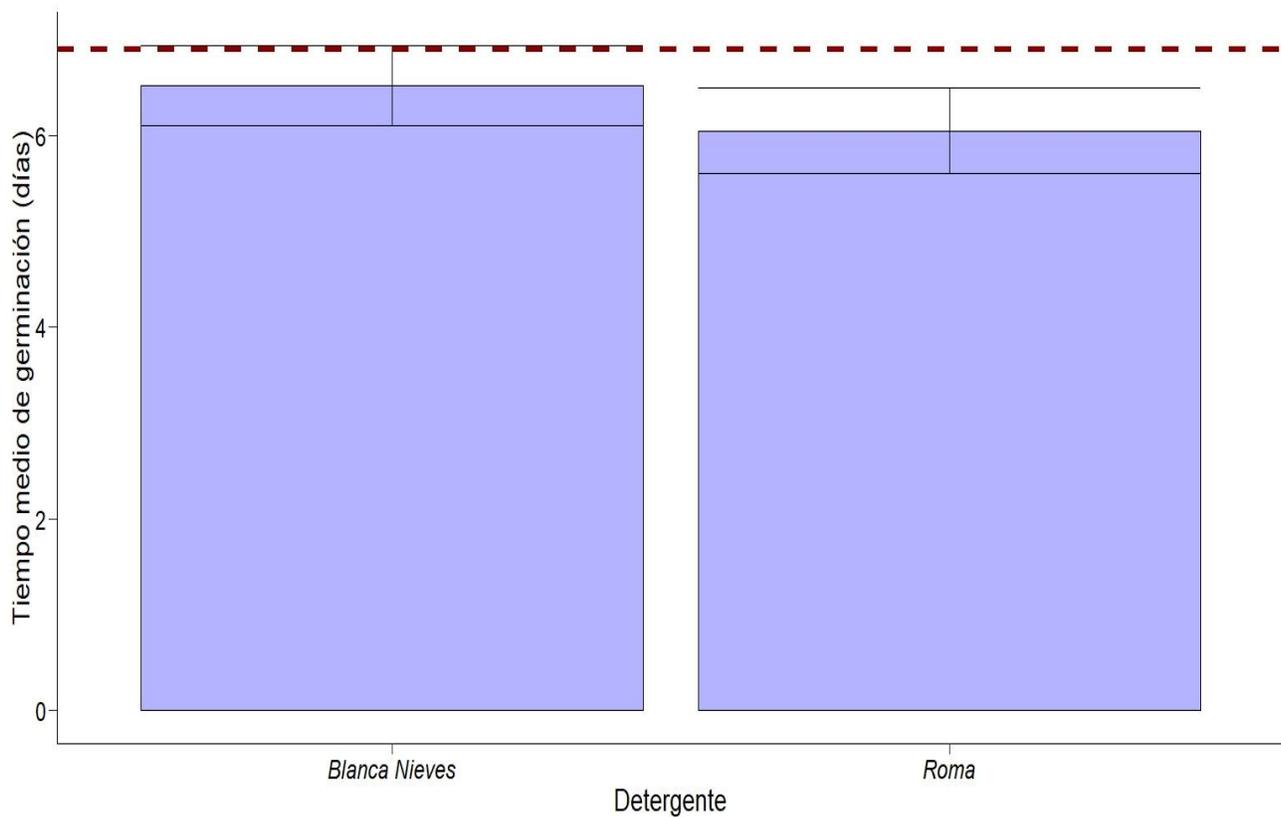


Figura 9. Tiempo medio de germinación de semillas de *C. sativum* bajo la concentración de dos detergentes Roma ® y Blanca Nieves ®. La línea puntuada representa la media del porcentaje de germinación con la adición de ramnolípidos.

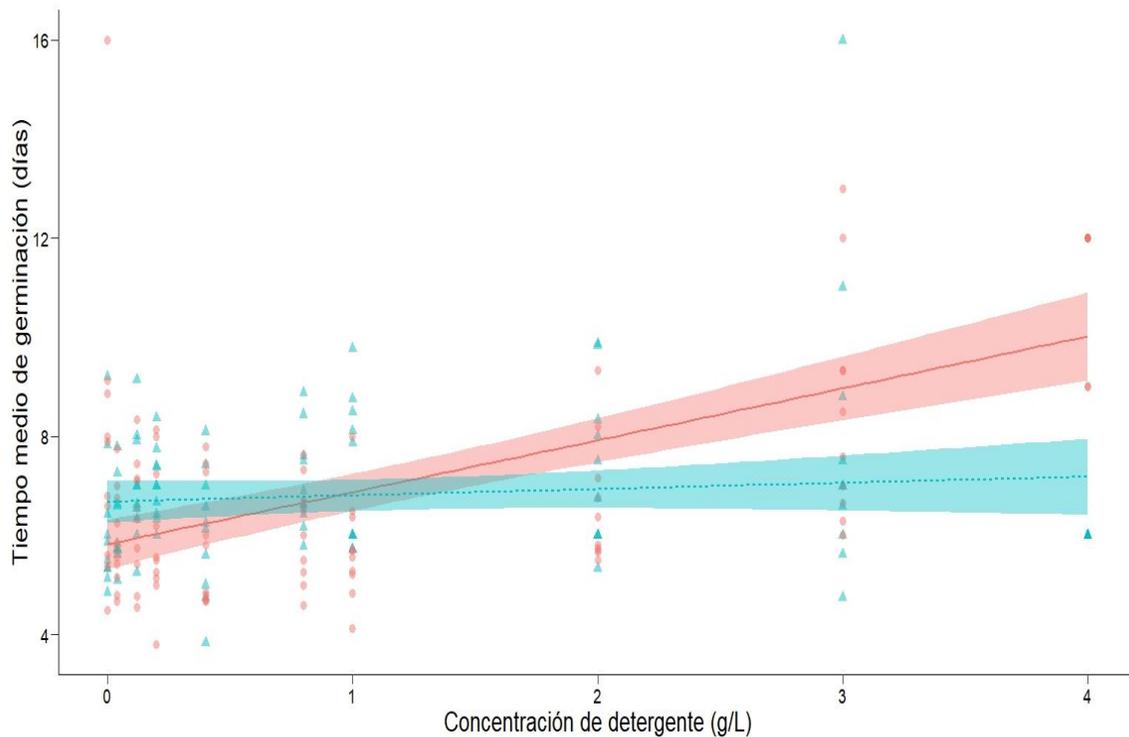


Figura 10. Tiempo medio de germinación de los detergentes Roma ® 6.82 ± 1.58 días (línea azul) y Blanca Nieves ® 7.03 ± 2.33 días (línea roja). El área gris corresponde a I. C. = 95 %.

9.4.- Tasa relativa de crecimiento de plántulas de *Coriandrum sativum*

El tipo de detergente no afectó el crecimiento de las plántulas ($F_{1,851 \text{ g.l.}} = 0.59$, $P = 0.80$). Sin embargo, al igual que en el porcentaje de germinación y velocidad media de germinación, el aumento en la concentración del detergente disminuyó el crecimiento de las plántulas de cilantro ($F_{1,851 \text{ g.l.}} = 129.70$, $P = 0.0001$), lo que nos indica que conforme aumenta la concentración la tasa de crecimiento disminuye (**Figura 12**).

Aunque el ramnolípido tiene un efecto negativo en la tasa relativa de crecimiento de plántulas de cilantro (-0.1298 ± 0.9837), su efecto fue menor estadísticamente respecto al detergente Roma ® ($t_{416 \text{ g.l.}} = -5.87$, $P < 0.0001$) que tuvo un promedio de -0.40

± 0.94 . También su efecto fue menor en relación con el detergente Blanca Nieves (t_{437} g.l.= -5.49, $P < 0.0001$) ya que las plántulas de este detergente tuvieron un efecto negativo de -0.38 ± 0.97 (**Figura 13**).

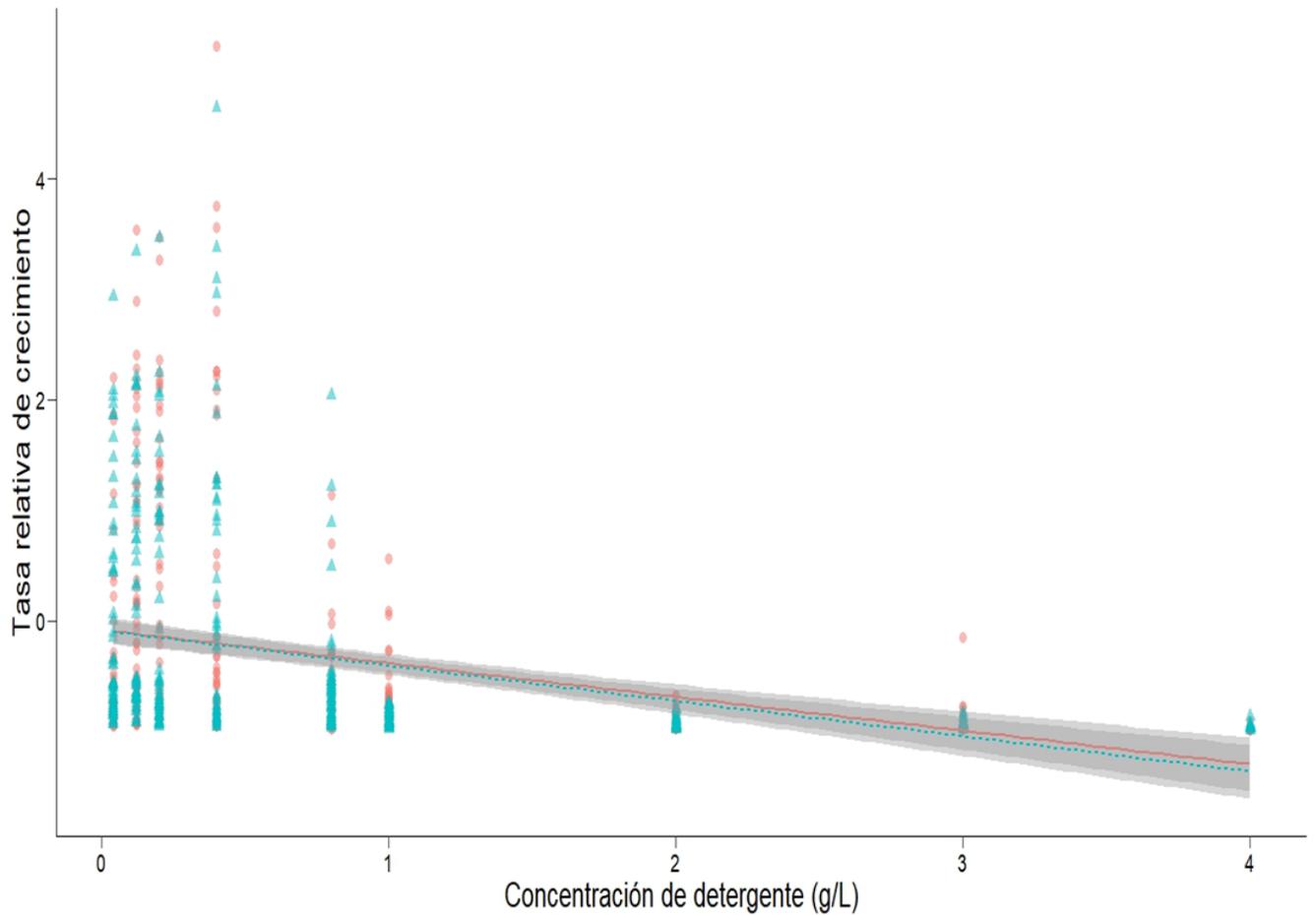


Figura 12. Tasa relativa de crecimiento de plántulas de *C. sativum* de los detergentes Roma® -0.40 ± 0.94 (línea azul) y Blanca Nieves® -0.38 ± 0.97 (línea roja) a diferentes concentraciones.

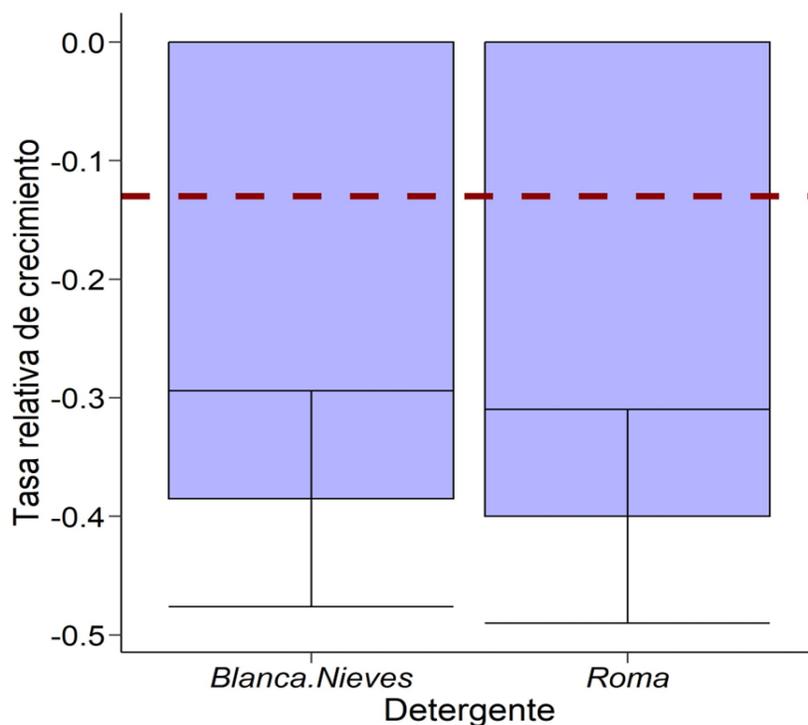


Figura 13: Tasa relativa de crecimiento de plántulas de *C. sativum* bajo la adición de Roma® (-0.40 ± 0.94) y Blanca Nieves® (-0.38 ± 0.97). La línea puntuada representa la media de crecimiento con la adición del ramnolípido (-0.1298 ± 0.9837).

9.5 Anatomía de la raíz

Los cortes histológicos muestran que el primer tejido es el córtex, inmediatamente después del córtex, se encuentra el cilindro vascular que está constituido por tejido parenquimático y delimitado por la endodermis. Dentro de la endodermis y después del periciclo se ubican los haces vasculares primarios constituidos por células de xilema y floema, es notoria la apariencia de las células del metaxilema que son más grandes y cuyo número varió de 15-18 células. El arreglo vascular es de forma diarca, es decir se encuentran dispuestos dos cordones xilemáticos, mientras que en el floema se encuentra el mismo número de cordones en la periferia (**Figuras 14-15**).

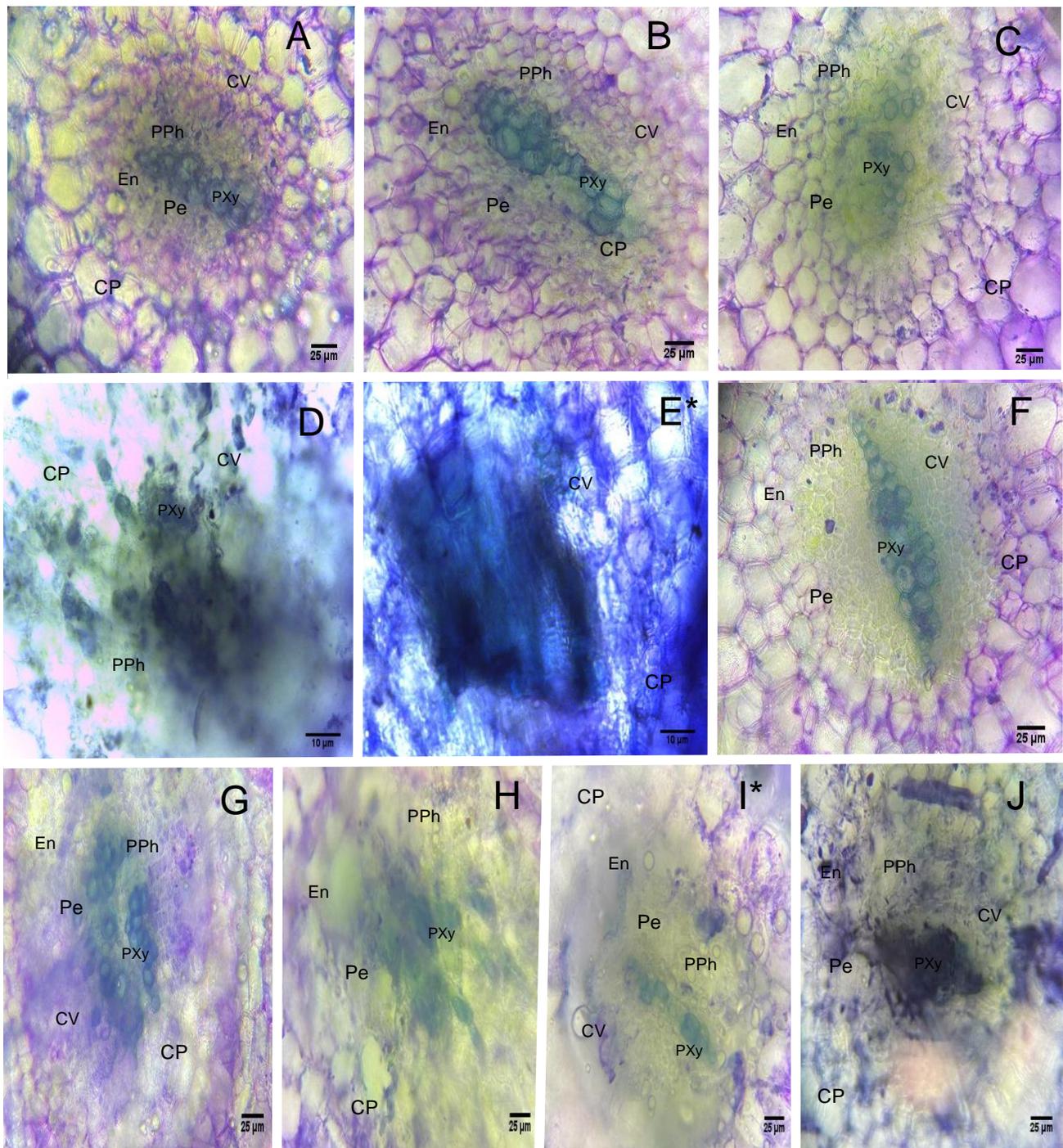


Figura 14. Sección transversal de cortes en fresco de la raíz primaria de plántulas de cilantro germinado con soluciones jabonosas con Roma®. Observación realizada con el objetivo 40x. Abreviaturas: CV: Cilindro vascular; En: Endodermis; Pe: Periciclo; PPh: Floema primario; PXy: Xilema primario; CP: Parénquima cortical. **A:**0 g/L; **B:**2 0.04g/L; **C:**0.12 g/L; **D:**0.2 g/L; **E:**0.4 g/L **F:**0.8 g/L; **G:**1 g/L; **H:**2 g/L; **I:**3 g/L; **J:** Ramnolipido.*Muestra que corresponde a tratamiento con Blanca Nieves®.

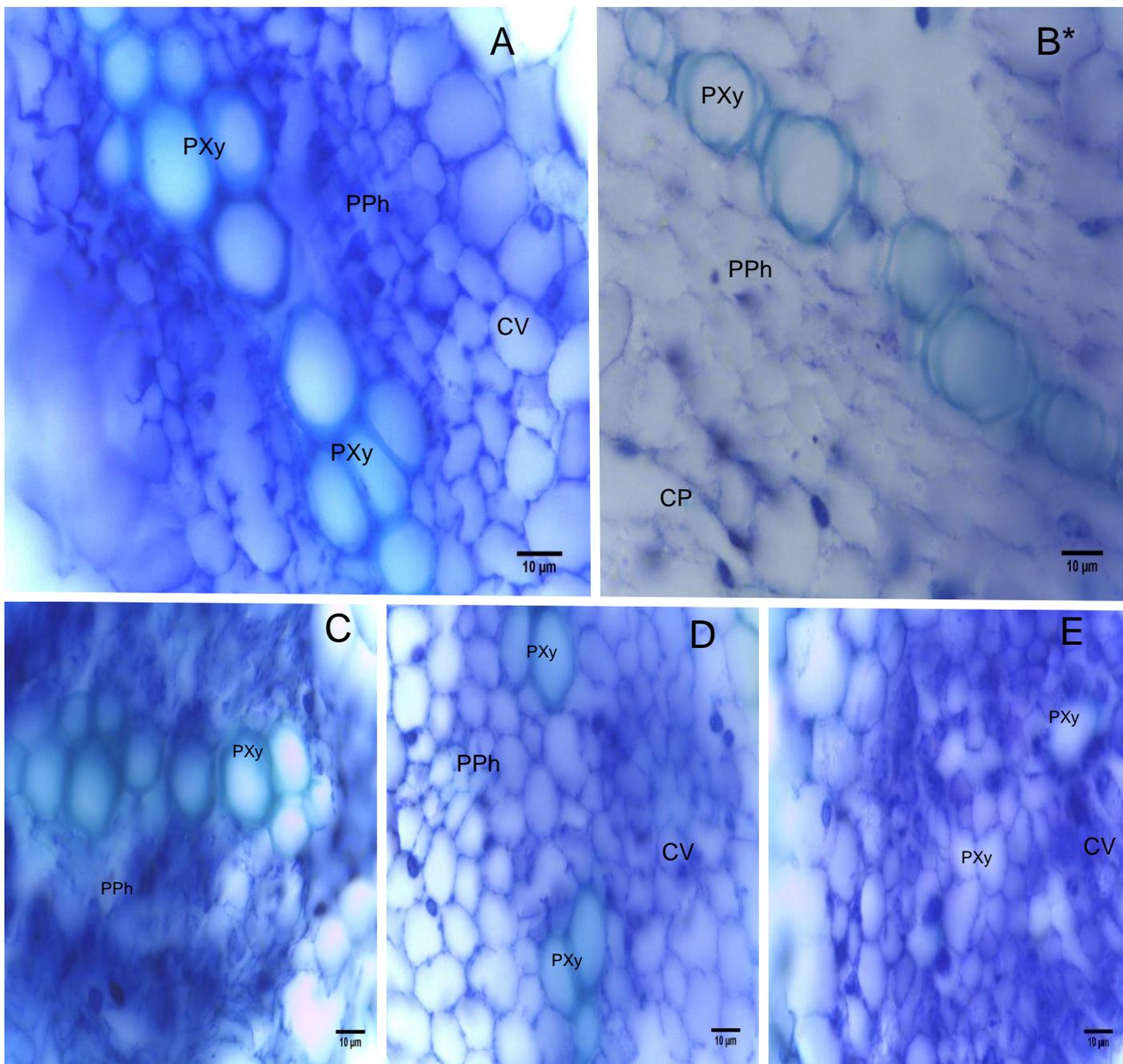


Figura 15. Sección transversal de cortes histológicos realizados en microtomo de la raíz primaria de plántulas de cilantro germinadas con soluciones jabonosas con Blanca Nieves®. Observación realizada con el objetivo 100x. Abreviaturas: CV: Cilindro vascular; En: Endodermis; Pe: Periciclo; PPh: Floema primario; PXy: Xilema primario; CP: Parénquima cortical. Las letras nos indican los tratamientos: **A:**0.04 g/L; **B:**0.2 g/L; **C:**0.4 g/L; **D:**0.8 g/L; **E:**1 g/L. *Muestra corresponde a tratamiento con Roma®.

Aparentemente, no existe una disminución del xilema en función de un gradiente de concentración de detergentes, sin embargo, habría que fortalecer estos resultados de manera estadística. Este estudio es el primero en hacer una aproximación cualitativa de la descripción anatómica/radicular del cilantro con los tratamientos mencionados.

10.-DISCUSIÓN

La necesidad de buscar alternativas para el manejo adecuado del agua y del mantenimiento de la seguridad alimentaria, ha provocado que diversos estudios aborden el efecto de aguas residuales de lavandería en un proceso de vital importancia como es la germinación de las semillas. Este trabajo genera evidencia sobre el efecto perjudicial que ejercen altas concentraciones de detergentes comerciales en la germinación de semillas de una especie económicamente importante en México y sobre la que no se conocían los efectos de aguas residuales de lavandería, *Coriandrum sativum*.

Los resultados que obtuvimos en este trabajo mostraron que a mayores concentraciones de los detergentes se retrasó la germinación y el crecimiento de las plántulas del cilantro; lo anterior concuerda con lo obtenido en Ehilen *et al.* (2017); Hossouna *et al.* (2008) y Fotoba *et al.* (2011), donde ellos encontraron que concentraciones mayores al 5 g/L tuvieron la germinación fue más lenta, la longitud fue menor y explican que conforme se va aumentando la concentración de los detergentes va aumentando la deshidratación, en consecuencia el metabolismo básico se interrumpe pudiendo causar la muerte de la planta.

Respecto a la germinación, es probable que la ausencia de germinación ante concentraciones mayores de detergente (i.e. mayor concentración de solutos 5 g/L) sea debido a la falta de imbibición de las semillas. Una mayor concentración de solutos está relacionada con la plasmólisis de las células. Al imbibirse la semilla en el exceso de solutos hace que se deshidrate la semilla, pierde turgencia, entonces la membrana celular colapsa y se daña (Ehilen *et al.*, 2017; Fotoba *et al.*, 2011) causando daños irreversibles. En las semillas la absorción de agua es importante, ya que activa el metabolismo

(respiración, síntesis de proteínas etc.); pero al estar deshidratada por el exceso de solutos del medio (detergente) después de ser imbibida, la semilla puede entrar en latencia y los procesos metabólicos se retrasan o no ocurren. Si persisten condiciones no adecuadas en el medio, entonces la semilla muere y no germina. Hossouna (2008) reportó en semillas de jitomate que cuanto mayor era la concentración de detergente el tiempo de germinación se veía retardado interrumpiendo incluso la germinación. Observó que conforme la concentración de detergente aumenta (0, 0.52, 1.05, 2.10 y 4.20 g/L) la longitud de las plántulas disminuye. Lo mismo se encontró en este trabajo, que las plántulas tienen menor tamaño por el aumento de solutos debidos al detergente, además de que puede causar toxicidad a las plántulas y provoca su muerte. Los ramnolipidos son un tipo de biotensoactivos que son producidos por bacterias u otros organismos, estos trabajan de la misma forma que los detergentes, cambiando la tensión superficial. El ramnolipido tiene una baja toxicidad debido a su estructura polimérica, dándole una polaridad menor haciendo que sea más compatible con la membrana celular, probablemente por esta razón haya habido mayor porcentaje de germinación de semillas de cilantro, que por su baja toxicidad la germinación de semillas de cilantro no fue interrumpida (Barrio San Martin *et al.*, 2022). Sin embargo, esta hipótesis debe ser probada con diferentes concentraciones del ramnolípido.

Se observó que el detergente Blanca Nieves ® afectó en menor medida la germinación que el Roma ®. Esta diferencia puede ser explicada considerando los componentes de cada uno, donde el tripolifosfato (TPP) del detergente Blanca Nieves ® contiene un pH de 10, además ayuda a emulsificar las grasas con mayor rapidez (González Torres, 2005), mientras que el Roma ® con el carbonato de sodio rompe la

dureza del agua haciendo incrustaciones, éstas se precipitan haciendo el lavado además que su pH es más alcalino (pH =11). Esto podría explicar porque las semillas a las que se les agregó Blanca nieves ® tuvieron mayor porcentaje de germinación, debido a que podría degradar más las grasas de la testa, facilitando la emergencia de la radícula y el pH menos alcalino permitió un mejor desarrollo de las plántulas, por lo que si el pH es más cercano a lo neutro habrá mayor disponibilidad de nutrientes permitiendo el buen desarrollo de las plántulas en la germinación y crecimiento (Rivera et al.,2018).

Las cavitaciones son la formación de pequeñas burbujas de aire dentro de un líquido que esté sometido a tensión, tal como se ha visto que puede ocurrir en el tejido xilemático. El xilema es un tejido complejo constituido por elementos traqueales perforados e imperforados. En angiospermas estos elementos están conectados por punteaduras a través de las cuales pasa el agua en sentido axial, radial y tangencial (Crang *et al.*; 2018). Este tejido responde en tamaño al aporte de agua, puede reflejar en plantas perennes la abundancia o escasez de precipitación pluvial. O bien como es este caso, en plantas anuales como es el cilantro, las células pueden aumentar de tamaño ante mayor paso de agua o disminuir ante menor cantidad de agua. Issaveya (2015) encontró que cuando se agregaba mayor concentración de solutos de detergente el tamaño del metaxilema se ve reducido, esto esperábamos que sucediera en las raíces de cilantro; sin embargo, con el trabajo histológico realizado no fue posible probar la hipótesis de que a mayor concentración de detergente disminuye el lumen del xilema. Una razón fue la falta de material vegetal en concentraciones altas de detergente.

En cuanto a la toxicidad de los detergentes, el etileno es una hormona que inicia la germinación y la emergencia de la radícula, pero cuando la concentración del

detergente se aumenta la cantidad de etileno igual y cuando hay mayor cantidad de esta hormona causa toxicidad en la semilla y la germinación disminuye, esto se observó en especies de *Zea mays*, *Triticum aestivum*, *Malus domestica*, *Prynus cerasus*, esto coincidió porque a mayor concentración de detergente el porcentaje de semillas germinadas no es elevado (Lownds & Bukovac, 1989)

El uso de las aguas residuales de lavandería podría ser una alternativa para el riego del cilantro en bajas concentraciones ya que con los caracteres morfométricos que medimos en plántulas se observó que no afectó el crecimiento de las mismas. Lo anterior coincide con el trabajo de Ehilen en el 2017, donde a concentraciones menores el desarrollo de las plántulas no disminuyó y el nivel de contaminación del suelo no fue perjudicial para las plantas, pero en concentraciones mayores ocurrió menor germinación y menor desarrollo de la plántulas (Ehilen *et al.*, 2017).

Aunque no afectó el crecimiento de las plántulas, para la producción de cilantro se debe evaluar con plantas maduras, ya que son aquellas que se ocupan para la producción, estas deben superar los 17 cm de altura en el caso del cilantro, además de que no todas las plántulas sobreviven para la cosecha y esto es pérdida para la producción (Benavides, 2007; Ehilen *et al.*, 2017).

La mayor aportación de este trabajo es el conocimiento generado sobre el efecto que tienen los detergentes en la germinación y crecimiento de cilantro debido a que esta especie es de importancia económica y etnobotánica, y que está en constante producción y que requiere grandes cantidades de agua, sabemos ahora que el uso de ARL retrasa la germinación y crecimiento a concentraciones mayores a 0.2 g/L.

11.- CONCLUSIÓN

- De acuerdo con los resultados podemos afirmar que a altas cantidades de detergente se ve afectada la germinación y el crecimiento, mientras se va diluyendo la cantidad de detergente el efecto es menor.
- Los tratamientos 2-4 g/L del detergente Blanca Nieves® presentó mayor porcentaje de germinación y en crecimiento ambos detergentes presentaron el mismo efecto.
- El uso del ramnolípido presentó mayor porcentaje de germinación y el crecimiento tuvo menor efecto en comparación de los detergentes.
- Aparentemente no hubo disminución del xilema conforme se va aumentando la concentración del detergente. No obstante, debe ser mejorada la calidad de las imágenes y uniformizar los tratamientos de cada detergente para realizar los análisis estadísticos

12.-PERSPECTIVAS

- Conocer el impacto del detergente en la producción de cilantro en un experimento de invernadero.
- Conocer el efecto de diferentes concentraciones de detergente biológico en la germinación de semillas.
- Obtener cortes con mayor definición que permitan una lectura paramétrica del estele.
- Realizar los análisis correspondientes para cuantificar el tamaño del metaxilema.

13.- REFERENCIAS

- Altmajer Vaz, D. (2004). Formulaciones detergentes biodegradables: ensayo de lavado. *Universidad de granada facultad de ciencias departamento de ingeniería química.*
- Arthus Bacovich, R. S. (2019). Estudio de las variables hídricas y funcionales de los clones de *Eucalyptus grandis* e híbridos interespecíficos. *Universidad de la república facultad de agronomía.*
- Barreno Benavides, L. (2019). La problemática del agua: el problema de la escasez de agua en el mundo. *Revista economica y negocios*, 116-119.
- Barrios San Martín, Y., Toledo León, H. F., Abalos Rodriguez, A., Acosta Díaz, S., y Sánchez López, M. I. (2022). Aplicación de ramnolípidos de *Pseudomonas sp.* Y3-B1A en la biodegradación de hidrocarburos a diferentes escalas. *Revista internacional de contaminacion ambiental*, 373-387.
- Benavides H, N. A. (2007). Guía práctica para la exportacion a EE.UU. *Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura representación de IICA en Nicaragua.*
- Bewley, D. J., Bradford, K. J., y Hilhorst, H. M. (2013). Seeds: physiology of development, germination and dormancy. En *Germination* (Tercera ed., Vol. 4, págs. 133-179). New York, USA: Springer. doi:10.1007/978-1-4614-4693-4_4
- CONAGUA. (2018). Estadísticas agrícolas de las unidades de riego año agrícola. En *Morelos* (2018 ed., págs. 125-126). Ciudad de Mexico: Comisión nacional del agua.
- CONAPO. (2011). Estadística de agua en México. En *Tendencias* (2011 ed., Vol. Escenarios a futuro, pág. 109). Consejo nacional de población.

- Crang, R., Wise, R., y Lyons-Sobasky, S. (2018). *Plant anatomy a concept-based approach to the structure of seed plant*. Springer.
- Ehilen, O., Obadoni, B., Imadine, F., Eseigbe, D., y Mensah, J. (2017). The effect of detergents on the germination and growth of *Amaranthus hybridus L* and *Solanum Lycopersicon L*. *Nigerian annals of natural sciences*, 100-108.
- Fotoba, P., Olorunmaive, K., y Adepoju, A. (2011). Effect of soaps and detergents wastes on seed germination, flowering and fruiting of tomato (*Lycopersicon esculatum*) and Okra (*Abelmoschus esculentus*) plants. *Ecology environment and conservation*, 6-10.
- González Torres, A. d. (2005). Evaluación de la carga del fósforo al río Bogotá relacionado con el uso de detergentes en la capital. *Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería Departamento del Civil y Ambiental*.
- Grijalva Endara, A., Jiménez Heinert, M. E., y Ponce Solórzano, H. X. (2020). Contaminación del agua y aire por componentes químicos. *Revista científica mundo de la Investigación y el conocimiento*, 79-93.
- Guevara, M. D., García, M. Á., Cruz, N., Rivera, M. C., Hernández Montenejo, R. E., y Guillén, J. L. (2020). Análisis del desarrollo de *Helianthus annuus* como planta fitorremediadora en suelos contaminados por detergentes. *Revista latinoamericana el ambiente y las ciencias*, 42-57.
- Heidari, H., & Kahrizi, D. (2018). Effect of water stress and contaminated water on seed germination traits and early growth in maize. *Environmental engineering and management journal*, 35-42.
- Hossouna, M., Aboshosha, S., Solima, S., y Al-Dahmashi, S. (2008). Effect of detergent-

- polluted water on the health of tomato plants. *Journal of plant production mansoura university*, 4159-4170.
- IICA. (2007). Guía práctica para la exportación de EE.UU cilantro. En *Estándares de calidad* (pág. 8). Nicaragua: Instituto interamericano de cooperacion para la agricultura representacion del IICA.
- INEGI. (2019). *Agua potable y drenaje*. Obtenido de Cuentame de México: <https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/dispon.aspx?tema=T>
- Issayeva, E., Syrlybaeva, E., Zhymadullaeva , A., y Balgabekova, A. (2015). The effect of detergents on the anatomical changes in the roots of beans. *Journal of educational police and entrepreneurial reserch*, 18-22.
- Jiménes Islas, D., Medina Moreno, S. A., y Gracida Rodríguez, J. N. (2010). Propiedades, aplicaciones y producción de biotensoactivos: una revisión. *Revista internacional de contaminacion ambiental*.
- Joseph , G., Farm, Y., Toufiq-Yap, Y., Pang, C., Nga, J., y Puma, G. (2021). Ozanation treatment processes for the remediation of detergent wastewater. A comprehensive review. *Loughborough university*.
- Karp, G. (2009). Biología celular y molecular. En *Estructura y funcion de la membrana plasmatica* (Quinta ed., pág. 132). Mc graw hill.
- Leyva-Abascal, L., Luna-Guevara, M. L., López-Olguín, J. F., Juárez-Ramón, D., y Ortega, Y. (2023). Cultivo, cosecha y postcosecha en el sistema de produccion del cilantro (*Coriandrum sativum L.*). *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 364-380.
- Lownds, N. K., y Bukovac, M. J. (1989). Sifactant-induced ethylene production by leaf tissue. *Journal of the american society for horticultural science*, 449-454.

- Maldonado, E. J. (2015). *Reformulación de detergentes líquidos que sean biodegradables*. Bolivia: Universidad mayor de San Andres facultad de ciencias puras y naturales carrera ciencias químicas.
- Moldes, A. B., Vecino, X., Rodríguez-López, L., Rincón-Fontán, M., y Cruz, J. M. (2020). Biosurfactants: the use of biomolecules in cosmetics and detergents. *New and future developments in microbial biotechnology and bioengineering*.
- Monroy-Ortíz, C., y Castillo España, P. (2007). *Plantas medicinales utilizadas en el estado de Morelos* (segunda ed.).
- Mousavi, S. A., y Farank, K. (2019). Effects of detergents on natural ecosystems and wastewater treatment processes:a review. *Environmrntal science and pollution reserch international*, 26439-26448.
- Nuñez, L. E. (2019). *La disposicion final de aguas residuales y su impacto ambiental en el centro poblado castillapata, distrito de Yauli-Huancavelica*. Universidad peruana Los Andes, facultad de ingeniería escuela profesional de ingeniería civil.
- Pita, J. M., y Pérez, F. (1998). Germinación de semillas. *Ministerio de agricultura pesca y alimentación*.
- PROFECO. (2012). *Del "Chaca-Chaca" a la "tecnologia de punta" en el lavado*. Revista del consumidor.
- Rivera, E., Sánchez, M., y Domínguez, H. (2018). pH como factor de crecimiento en plantas. *Revista de iniciación científica*, 101-105.
- Sanchez, M. (2007). *Efectos biológicos de los sulfonatos de alquilbenceno lineales (LAS) en suelo agrícola: biotransformación y estudios de biodiversidad*. Universidad de granada departamento de microbiología. Instituto del agua.

- Santamarina Siurana, P., Roselló Caselles, J. L., y García Breijo, F. (2018). Anatomía de las plantas. En *La raíz* (págs. 67-89). Mundi-Presa.
- SIAP. (2017). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*.
- Silva, J., Torres, P., y Madera, C. (2008). Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 347-359.
- Toribio-Jiménez, J., Velázquez Aradilla, J. C., Romero Ramírez, Y., Rodríguez Barrera, M. Á., Chávez González, J. D., Guevara Luna, J., y Aguirre Noyola, J. L. (2014). *Pseudomonas sp* productoras de biosurfactante. *Revista Tlamati*, 66-82.
- UC-Pereza, R. G., y Delgado Blas, V. H. (2012). Determinación de la concentración letal media (CL50) de cuatro detergentes domésticos biodegradables en *Laeonereis culveri* (Webster 1879) (Polychaeta: Annelida). *Revista internacional de contaminación ambiental*, 137-144.
- Valencia-Díaz, S., Flores-Morales, A., Flores-Palacios, A., y Perea-Arango, I. (2015). How does the presence of endosperm affect the seed size and germination? *Botanical science*, 783-789.
- Vallejo Cabrera, F. A., y Estrada Salazar, E. I. (2004). *Producción de hortalizas de clima cálido*. Universidad nacional de Colombia.
- Velasco-González, O., Martín-Martínez, E. S., Aguilar-Méndez, M., Pajarito-Ravelero, A., y Mora-Escobedo, R. (2013). Propiedades físicas y químicas del grano de diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*). *Bioagro*, 161-166.

14.- APÉNDICES

Apéndice 1: Preparación de 500 mL del tetrazolio (TTZ) al 1%.

Solución A, 0.9087 g de fosfato de potasio (KH_2PO_4) disueltos en 100 mL de agua destilada estéril.

Solución B, 0.9472 g fosfato de sodio dibásico (Na_2HPO_4) disueltos en 100 mL de agua destilada estéril.

5 g de TTZ

Mezclar dos partes de solución A con tres partes de la solución B (pH = 6.5-7.5), agitar por tres minutos y envasar en un frasco de vidrio color ámbar.

Mantener en refrigeración.

Apéndice 2: Modo de preparación de 50 mL de azul de toluidina 1%.
50 mL de agua destilada

0.025 g de Azul de toluidina

Mezclar y almacenar en un frasco de vidrio color ámbar. Mantener en refrigeración.

Apéndice 3: Componentes de los detergentes

Detergente	Componentes
Roma	<ul style="list-style-type: none">• Sulfato de sodio• Dodecibencensulfonato de sodio• Silicato de sodio• Carbonato de sodio• Perfume
Blanca nieves	<ul style="list-style-type: none">• Sulfato de sodio• Dodecibencensulfonato de sodio• Silicato de sodio• Tripolifosfato de sodio• Perfume

Fuente: Fábrica de jabón La Corona (<https://www.lacorona.com.mx>)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD
DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
Secretaría de Extensión
Licenciatura en Biología, Programa Educativo de Calidad.

Cuernavaca, Mor., 15 de abril del 2024

DRA. DULCE MARÍA ARIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES

P R E S E N T E.

Por este conducto, los catedráticos suscritos comunicamos a Usted, que hemos revisado el documento que presenta la Pasante de Biólogo: **C. SANDRELY REYNA GARCÍA**, con el título del trabajo: **EVALUACIÓN *IN VITRO* DEL EFECTO DE DOS DETERGENTES COMERCIALES EN LA GERMINACIÓN Y MORFOLOGÍA DE PLÁNTULAS DE *Coriandrum sativum* L.** En calidad de miembros de la comisión revisora, consideramos que el trabajo reúne los requisitos para optar por la Modalidad de Titulación por Tesis Profesional por Etapas como lo marca el artículo 26° del Reglamento de Titulación Profesional vigente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Atentamente
Por una humanidad culta

JURADO REVISOR

FIRMA

PRESIDENTE: DRA. MARIA DEL REFUGIO TREJO HERNÁNDEZ

SECRETARIO: DRA. IRENE DE LA CONCEPCIÓN PEREA ARANGO

VOCAL: DRA. SUSANA VALENCIA DÍAZ

SUPLENTE: M. EN C. ALEJANDRO FLORES MORALES

SUPLENTE: M. EN C. LAURA PATRICIA LINA GARCÍA



Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209, Unidad Biomédica,
Tel. (777) 329 7047, 329 7000, Ext. 3527 / titulaciones.biologia@uaem.mx

UAEM
RECTORÍA
2023-2029



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

ALEJANDRO FLORES MORALES | Fecha:2024-04-15 14:30:10 | Firmante

sQN8nJWGPrc4x3xsWBk+XZstXBYNaCdFO3YBMudfZ9R4PSgpAQ8CRFtjsEuK67OKKX5CrXD/sALmTBwTDJoeX3fsCsDJFWk/vC1O/4A6YXTLOGB2Lw+uqS+oB3t1TjH4J3Wika8n7oX/NIMYeG8Sg0d2xC8Qtb22VwEfhRloqUF2W4WFrTjV5hCYp8DarrPH/pXKe7wzkoWm/0kDLtBLAiyfAvDuxG5P9QR3GD/jQcRjXyll/PcNQ7WY3p05Im3659Gz0FIqoEV+s/mumYb7nwiwai/0w+HfCIEIDdsbx6nJDORRiSw0gViYd9QYRHCJNZPAsvfeBk1SRe6aKwA8g==

MARIA DEL REFUGIO TREJO HERNANDEZ | Fecha:2024-04-15 19:38:21 | Firmante

csijeFRby4B9JDuuz/9r8xfDZpQrvCARTIjKBQtm0LgxRZS/vbN71tqkirP/rKl+XAwrvaq/ge/8YdFo7wtV6HVxHt3BzhOxYCVick3XuBhO6I3/UMilgbmJeoH6mnGkEvq54WI7yKr6SqPqSNqf91mPGy4hVXbU8dAYtzoagu71wvlyik6NDkXxf4+sTc837sYg5EeuhidpOTVQE42UctqA5UvTvyXFgWj2lxQ251umLdHoczSKabk6kUqbgETjrxXE33DDO+6mlfrz77HAILh1rLQr3c8Y1clWb4BSF3ALdy1XRevy9CuzxR5wego3ZjUclYY9EqElotZ4FI8vw==

LAURA PATRICIA LINA GARCIA | Fecha:2024-04-15 19:43:02 | Firmante

I5ts4As/ceQmKmrJxwob+YVJ57mtOWgkFqKPYjifjuVORLqwkP55mmVRZtQGqmFJJ1srZb2rhM6Vc5stSpySQQLJGob0/PTiqs6eASrNtFvj7jXxl4spa/KI7DU8wjDKsQJNPPozH0I4CnltsH6uOvDcKLG0X6RAQod2EL3xvXx7NGmjh6aEy4St11Pd9e00rUAN6ottArle56dHS7QFQAYjFIWtk8Frgy/ZulPeDnYLv6ivDkz0HE/4H6jj8+l4xAWCzgukh+UjXggp0wDmM VnxEptNUV8nfC6Z2ZXOUKemOwCJtvoVE32hNv7m5jITNCQMdbzVg3dYg3E/DFYAA==

SUSANA VALENCIA DIAZ | Fecha:2024-04-15 20:23:51 | Firmante

oJfT/khet1DYSPQikdHHqGUmPZhbv+5mZYuyP1U3F03o6VL6hm3RCnnGjKS8bM6nPE7xViwui1LuQPfolIk211rCFYsZ8J8QoJWoX8Noqs7FF+sE5IwMFq/t3hnmHIU1FbPa+JhH UvyfWXdlQx2x2DN+7wq5nmyrSw8HEiHEZvmcW4W5mhnZ+VLMQiSd7Vv6yAFcYxS4bEVhRKIIHs+XWMxn3L+BewTn3qWu/9fXSU2sX5iCO2C8hNX7QL/ppE7N7HtQB4JeDQ 3t7bqvatmc6Y+9oLdUS49Y0VWyo3EmCQePK1XEFU9wCnH7bM4jnOAzhbRtyLCKks06rlcn60clw==

IRENE DE LA CONCEPCION PEREA ARANGO | Fecha:2024-04-16 18:32:32 | FIRMANTE

oEt+mCn6Znz4P4pHzSdbds+53lr5jehW0DHSdzsyhQOgqx4yMW35zsJr4T1PG2GBQ/aQ6hGmgIACxv2Xh7wB6R3b8oOa1SWi9TCU8ZxmE4/H11283xZcGxSNcWDO4kajo2aw NVyffTF/opD+LLj+BykdfpFzcSTP052bWCb9kid/Xhj/BGGTJjh+51YAY3g3chooQFDkeK0YcF4Q4wp/RVO2cW7bpu9IGng2ocr+n4Ry15v5IHFsVZvb7lpH1dm7gahso0YCYiVa9Bd ySjpMAYBHsj0N2ru9ZmVaJBwBz4pOCK3W19ksHHobJauo5SEqWYff8rXDJZqkZoa550QSA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



nFJgA8RtW

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/Xn8mAtDESWYZmsA9gSDBmGuKjQ5rfrXV>



UAEM
RECTORÍA
2023-2029