



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIEROS EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

TEMA:

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE UN ECOSISTEMA ACUÁTICO MEDIANTE FITOTOXICIDAD: RAÍCES DE *Citrullus vulgaris*, Y *Allium schoenoprasum* COMO BIOINDICADORES DE CONTAMINACIÓN.”

AUTORES:

GRACIA SALVATIERRA IRVIN LENIN
ZAMBRANO GARCIA SOFIA MISHHELL

TUTOR:

DRA. DAYANARA MACIAS MAYORGA
DR. ESTEBAN CHIRINO MIRANDA

MANTA-MANABÍ-ECUADOR

2019

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Sometida a consideración del honorable tribunal académico de la facultad de ciencias agropecuarias como requisito para obtener el título de:

Ingeniero en Recursos Naturales y Ambientales

LOS SUSCRITOS, DECLARAN QUE HAN

Aprobado la tesis **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE UN ECOSISTEMA ACUÁTICO MEDIANTE FITOTOXICIDAD: RAÍCES DE *Citrullus vulgaris* y *Allium schoenoprasum* COMO BIOINDICADORES DE CONTAMINACIÓN”**, que ha sido sustentada por Gracia Salvatierra Irvin Lenin y Zambrano García Sofía Mishell, de acuerdo al reglamento para la elaboración de Proyecto de Investigación de tercer nivel de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí

Ing. Paulina Espinoza Zambrano
Miembro del Tribunal

Ing. Evelin Zambrano
Miembro del Tribunal

Dr. Enrique de la Montaña PhD
Miembro del tribunal

CERTIFICACION

Dayanara Macías Mayorga, y Esteban Chirino Miranda certificamos haber dirigido y revisado el trabajo de titulación presentado por los estudiantes Gracia Salvatierra Irvin Lenin, Zambrano García Sofía Mishell bajo la modalidad de Proyecto de Investigación, cuyo tema es **“Evaluación de la calidad de un ecosistema acuático mediante fitotoxicidad: raíces de *Citrullus vulgaris* y *Allium schoenoprasum* como bioindicadores de contaminación”** El mismo ha sido desarrollado en el marco del proyecto institucional **“La ecotoxicología como herramienta de evaluación de la calidad ambiental”** y reúne los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Titulación designado por la autoridad competente

Dra. Dayanara Macías Mayorga.

Dr. Esteban Chirino Miranda.

DERECHO DE AUTORIA

Gracia Salvatierra Irvin Lenin, Zambrano García Sofía Mishell, declaran bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Gracia Salvatierra Irvin Lenin

Zambrano García Sofía Mishell

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por brindarnos salud y fortaleza y bendecirnos la vida.

Agradecemos a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, facultad de Ciencias Agropecuaria y a nuestros excelentes docentes, que nos enseñaron lo valiosa que es la academia, por los conocimientos brindados que nos ayudaron a formarnos profesionalmente.

A nuestros tutores Dra. Dayanara Macías Mayorga y al Dr. Esteban Chirino Miranda por su experticia, por guiarnos, orientarnos y corregirnos en cada momento de nuestro trabajo, es un privilegio y un placer poder contar con su guía y apoyo.

A nuestros compañeros que en estos 5 años han sido parte importante de todo el proceso de formación universitaria.

A nuestras familias que fueron nuestro motor y apoyo incondicional para cumplir con este objetivo.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi familia y en especial a mi papa que con mucho esfuerzo me ha apoyado en todo sentido, a mi compañera y guía de toda una vida mi madre que incansablemente no ha claudicado en dejarme un consejo y motivación a seguir adelante, a mis hermanos por su constante empuje, mi novia, compañera y amiga que ha estado constantemente apoyándome en la toma de decisiones, y a todos mis amigos dirigentes y a mi universidad por formarme de una manera intachable.

Gracia Salvatierra Irvin Lenin

A mis padres Freddy Zambrano y Jahaira García por ser mi apoyo incondicional en el transcurso de toda mi vida, por su amor, consejos, éste proyecto y todo lo que he logrado es gracias a sus sacrificios, trabajo y los valores y virtudes que siempre han inculcado en mí.

A mis hermanos Stefany y Stiven que siempre me apoyaron a seguir adelante, por su compañía en cada momento de mi vida.

A mis abuelitos, tíos y primos por su entusiasmo, consejos palabras de aliento que siempre estuvieron presentes.

A Lenin por su confianza, constancia y esfuerzo por este trabajo y para lograr esta meta, porque además de ser mi compañero de tesis es mi novio, amigo que siempre estuvo conmigo en todo momento

Zambrano García Sofía Mishell

INDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	II
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	III
DERECHO DE AUTORÍA	IV
AGRADECIMIENTO	V
DEDICATORIAS	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	9
ÍNDICE DE CUADROS	10
Resumen Ejecutivo	11
Summary	12
I.-Introducción.....	13
1.1.- Marco Teórico.....	13
1,2.-Planteamiento del problema.....	15
1.3.- Justificación.....	16
1.4.- Pregunta he investigación.....	16
1.5.- Hipótesis.....	16
II.- Objetivos.....	17
2.1.- General.....	17
2.2.- Específico.....	17
III.- Metodología.....	18
3.1.- Sitio de muestreo.....	18
3.2.- Procedimiento del ensayo.....	19
3.2.1.- Ensayo en agua y sedimento	19
3.2.2.- Variables de germinación.....	20

3.2.3.- Caracterización morfológica del hipocótilo, radícula y de las raíces de las plántulas.....	21
3.2.5.- Análisis estadístico.....	22
IV.-RESULTADOS.....	23
4.1.- Caracterización de las muestras	23
4.2.- Índices del porcentaje de germinación residual normalizado (IGN).....	24
4.3.- Elongación radical residual normalizado (IER)	27
4.4.- Índice de germinación (IG).....	30
4.5.- Variables longitud, superficie absorbente, diámetro promedio y volumen de hipocótilo y radícula.....	32
V.-DISCUSIÓN.....	37
VI.- CONCLUSIONES.....	39
VII.- BIBLIOGRAFÍA.....	40
VIII.- ANEXOS.....	42

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Caracterización físico química del agua y sedimento del río Burro y límites permisibles según el TULSMA.....	23
Tabla 2.- Porcentaje de germinación relativo de semillas (GRS), índice del porcentaje germinación residual normalizado (IGN) y escala de toxicidad para los compartimentos ambientales agua y sedimento de la especie cebollín.....	25
Tabla 3.- Porcentaje de germinación relativo de semillas (GRS), índice del porcentaje germinación residual normalizado (IGN) y escala de toxicidad para los compartimentos ambientales agua y sedimento de la especie sandía.....	26
Tabla 4.- Porcentaje de germinación relativo de semillas (GRS), índice del porcentaje elongación radicular residual normalizado (IER) y escala de toxicidad para los compartimentos ambientales agua y sedimento de la especie cebollín a los 14 días de exposición.....	28
Tabla 5.- Porcentaje de germinación relativo de semillas (CRR), índice del porcentaje elongación radicular residual normalizado (IER) y escala de toxicidad para los compartimentos ambientales agua y sedimento de la especie cebollín a los 14 días de exposición.....	29
Tabla 6.- Efecto de las concentraciones y tiempo de exposición a la longitud, superficie absorbente, diámetro y volumen de las fracciones hipocótilo y radícula de la especie cebollín en el compartimento ambiental sedimento.....	33
Tabla 7.- Efecto de los tratamientos de exposición sobre las variables longitud, superficie absorbente, diámetro y volumen de las fracciones hipocótilo y radícula de la especie cebollín en los compartimentos ambientales agua y sedimento.....	34

INDICE DE GRÁFICOS

Figura 1.- Localización del sitio de recolección de muestras de agua y sedimento del Río Burro, en el sector María Auxiliadora.....	19
Figura 2.- Porcentaje de índice de germinación en los tratamientos de exposición a los 7 días de exposición en los compartimentos agua y sedimento.....	30
Figura 3.- Porcentaje de índice de germinación en los tratamientos de exposición a los 7 días de exposición en los compartimentos agua y sedimento.....	31
Fig 4.- Índice de germinación (%) de sandía en los tratamientos de exposición a los 7 días de ensayo en los compartimentos agua y sedimento.....	31.
Figura 5.-Superficie absorbente y volumen del hipocótilo de la especie sandía ante diferentes concentraciones de exposición de agua del rio Burro.....	34
Figura 6.-Longitud y superficie absorbente de la radícula de la especie sandía ante diferentes concentraciones de exposición de agua del rio Burro.....	35
Figura 7.- Longitud y superficie absorbente, diámetro y volumen de las fracciones hipocótilo (izquierda) y radícula (derecha) de la especie sandía ante diferentes concentraciones de exposición de agua del rio Burro. Test Kruskal-Wallis $P < 0,005$	36

RESUMEN

Entre los métodos utilizados para evaluar de la calidad de los ecosistemas acuáticos encontramos la evaluación de fitotoxicidad en la germinación de semillas y la prueba de la elongación radical, siendo los más simples y recomendados para el biomonitorio ambiental. El objetivo de este trabajo consiste en evaluar la fitotoxicidad del agua y sedimento de un ecosistema acuático sobre las especies *C. vulgaris* y *A. schoenoprasum*, estableciendo el efecto que tiene el agua y el sedimento del río Burro como medios de exposición, sobre el crecimiento del hipocótilo y la radícula. Se eligió como sitio de muestreo el río Burro en el barrio María Auxiliadora, para realizar el ensayo las semillas fueron expuestas cuatro de agua y sedimento (25%, 50%, 75%, 100%) más un control (0%), durante 7 y 14 días en el laboratorio. Los resultados fueron analizados mediante un modelo lineal general univariante, con los factores tiempo y concentraciones de exposición, análisis de varianza de un factor y aquellos no cumplieron con la normalidad se utilizó un método no paramétrico, el test de Kruskal-Wallis. La exposición al sedimento del río Burro, ejerció un mayor efecto sobre la germinación de las semillas y el desarrollo de las variables morfológicas. Se identificaron niveles de fitotoxicidad en las muestras de sedimento. La especie cebollín mostró una mayor sensibilidad a la exposición al agua respecto a las variables de germinación, en la sandía se evidenció efecto en las variables de germinación y morfológicas para agua y sedimento teniendo ésta mayor potencial de bioindicador.

SUMMARY

Among the methods used to evaluate the quality of aquatic ecosystems we evaluate the phytotoxicity in the germination of seeds and the test of radical elongation, being the simplest and recommended for environmental biomonitoring. The objective of this work is to evaluate the phytotoxicity of water and the aquatic system on the species *C. vulgaris* and *A. schoenoprasum*, establishing the effect of water and sediment of the river Burro as means of exposure, on the growth of the hypocotyl and the radicle. The Burro River was chosen as the sampling site in the Maria Auxiliadora neighborhood. In order to carry out the test, the seeds were exposed to water and sediment (25%, 50%, 75%, 100%) plus a control (0%), during 7 and 14 days in the laboratory. The results were analyzed using a univariate general linear model, with the factors of time and exposure, the analysis of the variance of a factor and those that were not met with the normality of a nonparametric method, the Kruskal-Wallis test. Exposure to the Burro River sediment exerted a greater effect on the germination of seeds and the development of morphological variables. Phytotoxicity levels were identified in the sediment samples. Most of the sensitivity in the exposure in the water in relation to the variables of germination, in the sand the effect on the variables of germination and morphology was evidenced.

I.- INTRODUCCIÓN

1.1.- MARCO TEÓRICO

El monitoreo de la calidad de agua en los ecosistemas acuáticos es de suma importancia desde el punto de vista ecotoxicológico, ya que si el agua se emplea directamente y sin previo tratamiento para la irrigación de cultivos puede afectar la salud animal y humana (Rodríguez *et al.* 2014).

Desde un enfoque ecotoxicológico, los organismos vivos son herramientas esenciales para la evaluación de la calidad ambiental. Los estudios se basan en el supuesto de que los organismos son sensibles a contaminantes presentes en el ambiente, siendo factible establecer una correlación causal entre el tipo y grado de contaminación y sus respuestas mediante variables biológicas seleccionadas, a las que se denomina puntos finales y que comprenden una amplia gama de efectos, agudos y crónicos, deletéreos o no deletéreos, en distintos niveles de organización, desde el molecular al poblacional (Ferrari L, 2015).

La utilización de bioensayos es una excelente herramienta para determinar el grado de nocividad de algún producto, también permiten estimar el riesgo potencial para el ambiente de una manera mucho más precisa que si solamente se hicieran los análisis físicos y químicos tradicionales. Debe quedar claro que un balance entre análisis químicos, biológicos, toxicológicos y microbiológicos es siempre la mejor estrategia para generar la base de información más amplia sobre peligros ambientales (Persoone, 2000; Prospero, 2007).

Como parte integral del ecosistema, las plantas son ampliamente utilizadas por ser organismos eucarióticos y constituyen una eficiente herramienta de trabajo para diagnosticar peligro ambiental (Torres, 2003).

Existen varias técnicas para evaluar la fitotoxicidad de un compuesto una de ellas es la evaluación de la germinación de semillas y el desarrollo de las plántulas.

Varias pruebas han sido diseñadas por algunas instituciones dedicadas a la protección del ambiente, tales como, OECD (2003) y USEPA (1996), y las mismas se consideran como criterio de diagnóstico para determinar el efecto y tolerancia de un contaminante sobre una especie particular (Hernández *et al.* 2017).

La germinación de semillas y la prueba de elongación radicular son de los indicadores más simples del biomonitoreo ambiental (Rodríguez *et al.* 2014), los cuales en combinación con la longitud del brote pueden indicar cambios en la calidad ambiental, ya que los resultados de éstas pruebas se basan en la sensibilidad de las plantas cuando se exponen a muestras de agua, suelo o sedimento.

Es importante destacar que, durante el período de germinación y los primeros días de desarrollo de la plántula, ocurren numerosos procesos fisiológicos en los que la presencia de una sustancia tóxica puede interferir en la supervivencia y el desarrollo normal de la planta. Por esta razón, la germinación es una etapa de gran sensibilidad frente a factores externos adversos (Sobrero y Ronco 2008).

Así, la inhibición en la elongación de la radícula y el hipocótilo constituyen indicadores subletales muy sensibles para la evaluación de efectos biológicos en la germinación de las semillas (Rodríguez *et al.* 2014).

Los ensayos de toxicidad pueden realizarse con diversas especies que incluyen plantas de importancia económica, que son de fácil acceso y que además, germinan y crecen rápidamente, aunque una de las semillas más comúnmente utilizadas en esta prueba son las semillas de *Lactuca sativa L.*, algunas ventajas de las semillas de las plantas son: 1) están latentes (secas o deshidratadas) y pueden mantenerse en condiciones adversas sin perder su viabilidad y 2) cuando se presentan las condiciones favorables sufren cambios rápidos (en ocasiones inmediatos) en su metabolismo, transporte de nutrientes y división celular (Rodríguez *et al.* 2014).

1.2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El crecimiento económico que ha experimentado la provincia de Manabí y en especial el cantón Manta, ha promovido el crecimiento de su población, y el establecimiento y desarrollo de grandes industrias, lo cual ha generado la contaminación de las aguas superficiales. Sin embargo, no se realiza un control eficiente por parte de autoridad ambiental competente, sobre las descargas de aguas domésticas e industriales y el asentamiento de familias que descargan aguas domésticas al río (Anónimo, 2016).

Según la Empresa Pública Aguas de Manta (2017), el río Burro en su trayecto recoge descargas domiciliarias e industriales y una gran cantidad de residuos sólidos, en las cuales se encontraron 150 conexiones clandestinas, además, tiene dos colectores que canalizan las aguas servidas de al menos 50 barrios, lo que genera graves problemas. Por esta razón, el río se ha convertido en un foco de contaminación, generando problemas sociales, ambientales y de salud, para las personas que habitan cerca del mismo, causando la proliferación de vectores y enfermedades.

La contaminación del agua es un problema de gran magnitud y tal vez uno de los más graves en el marco de la problemática ambiental del cantón Manta. Las situaciones que se presentan y los efectos están afectando los procesos de los ciclos vitales del hombre y de los ecosistemas, siendo muy significativos. Los desechos vertidos en el río portan elementos (degradables y los no degradables), tales como metales pesados, desechos orgánicos, grasas, compuestos tensoactivos, y también microorganismos patógenos (González *et al.* sf).

1.3.- JUSTIFICACIÓN

Cabe mencionar que se han realizados pruebas y análisis físicos y químicos al agua de este río, los cuales han evidenciado el grado de contaminación que

presenta el mismo. Sin embargo, no se ha realizado una valoración ecotoxicológica que pueda indicar el grado de toxicidad que existe en estas aguas.

La razón para realizar este bioensayo radica en la importancia de eventos de desarrollo temprano en el crecimiento y supervivencia de las plantas. La prolongación de la raíz es inhibida a concentraciones más bajas de las sustancias tóxicas que para el caso de la germinación de las semillas; por lo tanto, puede ser un indicador más sensible de efectos biológicos. Una de las semillas más comúnmente utilizadas en esta prueba son las semillas de *Lactuca sativa* L.

El presente proyecto nace de la necesidad de brindar información clara y confiable sobre el efecto de la contaminación del río Burro, el mismo que está en contacto directo con todas las personas de la localidad y con aquellas que visitan las playas contiguas a la desembocadura de este río. Además de conocer los efectos tóxicos que están afectando a las especies vegetales de las zonas aledañas.

1.4.-PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Las especies *C. vulgaris*, y *A. schoenoprasum* puede ser utilizadas como bioindicadores para evaluar la fitotoxicidad de un ecosistema acuático?

1.5.-HIPÓTESIS

Las especies *C. vulgaris*, *A. schoenoprasum* si pueden ser utilizadas como bioindicadores para evaluar la fitotoxicidad de un ecosistema acuático.

II.-OBJETIVOS

2.1.-OBJETIVO GENERAL

Evaluar la fitotoxicidad del agua y el sedimento de un ecosistema acuático sobre las especies *C. vulgaris* y *A. schoenoprasum* mediante ensayos ecotoxicológicos.

2.2.-OBJETIVO ESPECÍFICO

1. Determinar mediante ensayos ecotoxicológicos, el efecto del agua y del sedimento del río Burro como medios de exposición, sobre la germinación de las especies *C. vulgaris*, y *A. schoenoprasum*.
2. Determinar mediante ensayos ecotoxicológicos, el efecto del agua y del sedimento del río Burro como medios de exposición, sobre el crecimiento del hipocótilo y la radícula de las especies *C. vulgaris*, y *A. schoenoprasum*.

III.- METODOLOGÍA

3.1.- SITIO DE MUESTREO

El río Burro situado en el cantón Manta, nace en la jurisdicción de Montecristi, e inicia su recorrido en Manta recibiendo los aportes de varias quebradas a su paso por las parroquias Eloy Alfaro, Manta, Tarqui y parte de Los Esteros, siendo clasificado como un ecosistema acuático intermitente, debido a las condiciones de aridez del sector (EPAM 2017).

Tiene una extensión de 6,20 Km, e inicia su recorrido por Manta en la ciudadela 15 de Abril, recorriendo 20 barrios, hasta llegar a su desembocadura situada en la playa de Tarqui. Las muestras de agua y sedimento serán tomadas a su paso por el Barrio María Auxiliadora (Figura 1).

En su recorrido forma grandes y pequeñas pozas, las cuales tienen una profundidad entre 0,15 y 0,70 m. El lecho del río presenta un sustrato limoso, conjuntamente con piedras y restos de vegetación en las partes menos profundas, lo cual genera turbidez y estancamiento del agua. El caudal del río aumenta durante los meses de enero y febrero debido al incremento de lluvias (Palacios y Santos 2017).

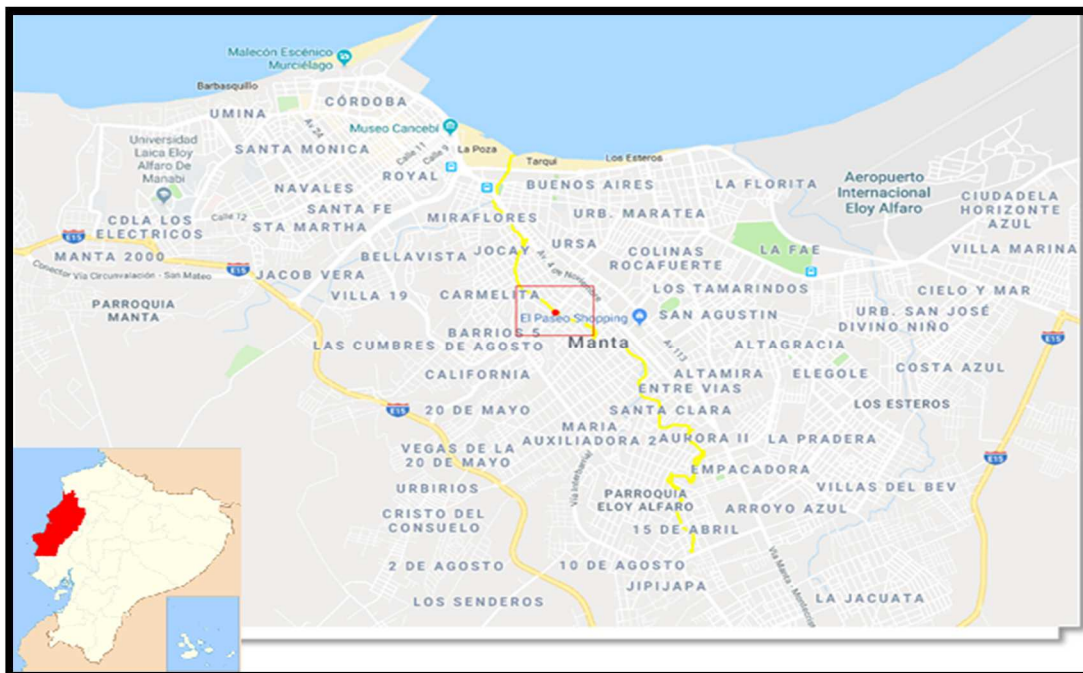


Figura 1.- Localización del sitio de recolección de muestras de agua y sedimento del Río Burro, en el sector María Auxiliadora (se indica con el rectángulo rojo en el centro del mapa).

3.2.- PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO

3.2.1.- Ensayo en agua y sedimento

Con el objetivo de evaluar la fitotoxicidad del agua y sedimento del río Burro sobre la germinación de las semillas de *C. vulgaris* (sandía) y *A. schoenoprasum* (cebollín), dos bioensayos ecotoxicológicos fueron realizados. Se prepararon cuatro diluciones de exposición al 25% (3/4 control - 1/4 porción del compartimento ambiental), 50% (2/4 control - 2/4 porción del compartimento ambiental), 75% (1/4 control - 3/4 porción del compartimento ambiental), 100% (4/4 porción del compartimento ambiental), además se estableció un control 0%, el caso del agua el control fue agua destilada (100%), mientras que para el sedimento fue sedimento referencia (sedimento proveniente del nacimiento del río Burro 100%).

En cada ensayo, 5 semillas por especies fueron colocadas en una placa Petri que contuvo el tratamiento de exposición. Las placas se envolvieron en papel de aluminio para evitar la desecación y la luz, y fueron mantenidas a 22°C durante 7 y 14 días en una incubadora. Cada ensayo tuvo 5 réplicas. En estos dos ensayos se evaluó el efecto del sedimento del río Burro sobre la germinación de las semillas de las especies estudiadas. La metodología utilizada siguió el método descrito por Sobrero y Ronco (2008) Bagur González *et al.*(2011).

3.2.2.- Variables de germinación

Una vez contadas las semillas germinadas y medidos el hipocótilo y radícula se procedió a calcular las variables porcentaje de germinación relativo de las semillas (GRS), porcentaje del crecimiento relativo de la radícula (CRR) y porcentaje del índice de germinación (IG), mediante las siguientes fórmulas matemáticas:

$$GRS\% = \frac{\text{Número de semillas germinadas con la muestra de agua}}{\text{Número de semillas germinadas en agua destilada (testigo)}} * 100$$

$$CRR\% = \frac{\text{Longitud promedio de la radícula con la muestra de agua}}{\text{Longitud promedio de la radícula en agua destilada (tesigo)}} * 100$$

$$IG\% = \frac{GRS * CRR}{100}$$

Además, se calcularon los índices del porcentaje de germinación residual normalizado (IGN) y de elongación radical residual normalizado (IER), de acuerdo con Bagur-González *et al.* (2011):

$$IGN = \frac{Germ_x - Germ_{testigo}}{Germ_{testigo}}$$

Donde $Germ_x$ es el porcentaje promedio de semillas germinadas en el agua de cada dilución y $Germ_{Testigo}$ es el porcentaje de semillas germinadas en el testigo.

$$IER = \frac{Elong_x - Elong_{testigo}}{Elong_{testigo}}$$

Donde $Elong_x$ es la longitud promedio de la radícula de las semillas germinadas en cada dilución, y $Elong_{Testigo}$ es la longitud promedio de la radícula de las semillas germinadas en el testigo.

Ambos índices IGN e IER establecen valores de toxicidad desde -1 a > 0 bajo las siguientes categorías: índice de 0 a -0.25 baja toxicidad, de -0.25 a -0.5 toxicidad moderada, de -0.5 a -0.75 muy tóxico y de -0.75 a -1.0 , toxicidad muy alta; valores del índice > 0 indican crecimiento de la radícula u hormesis (Bagur-González *et al.* 2011).

3.2.3.- Caracterización morfológica del hipocótilo, radícula y de las raíces de las plántulas

Transcurridos 7 días del período de germinación y crecimiento en la incubadora, se procedió a determinar la germinación en cada placa Petri. A continuación se cortó a cada plántula el hipocótilo y la radícula. Dichas fracciones se introdujeron separadamente en una funda de polietileno, con 5 ml de agua destilada y seguidamente se colocaron en un congelador para su conservación. Cuatro días después y previa descongelación de las muestras, se procedió a evaluar la morfología de fracciones estudiadas. Ambas fracciones se escanearon en un escáner profesional (Epson, Seiko Epson Corporation, Nagano, Japón) con resolución óptica de 4800 dpi y área máxima de escaneado de 22x30 cm. Posteriormente las imágenes fueron analizadas con el software WinRhizo (Regent Instruments, Canadá), con el fin de determinar las siguientes variables: longitud (L, cm), diámetro promedio (D, mm), superficie absorbente (SA, cm^2) y volumen (V, cm^3) medidas en las fracciones hipocótilo (H) y radícula (R). Este procedimiento se repitió tras el muestreo realizado a los 14 días de crecimiento en la incubadora.

3.2.5.- Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el paquete estadístico SPSS (versión 20.0) de datos para las dos especies, las variables que se analizaron fueron longitud, superficie absorbente, diámetro y volumen, los análisis se realizaron por separado para cada tratamiento, en el cebollín se utilizó un modelo lineal general univariante, con los factores concentración y tiempo de exposición. En el caso de la especie sandía se realizó un análisis de varianza (ANOVA, por sus siglas en inglés) de un factor debido a que solo disponemos de los datos a los 14 días, para las especies sus medias se compararon con una prueba de Tukey a un nivel de 5 %. En el caso de la sandía las variables que no cumplieron con la normalidad los datos se procesaron con el programa GraphPad InStat utilizando un método no paramétrico, el test de Kruskal-Wallis a un nivel de 5%.

IV.RESULTADOS

4.1.- Caracterización de las muestras

Los análisis físicos químicos se realizaron para el agua y sedimento del río Burro así como el sedimento referencia, en los cuales se analizó: materia orgánica por gravimetría, tensoactivos mediante espectrofotometría UV-Vis, hierro mediante el método APHA 3500 y cobre mediante el método 8506.

Los límites permisibles se establecieron de acuerdo al Libro VI anexo 1 Normas del recurso agua del Texto unificado de legislación secundaria de medio ambiente (TULSMA) y la norma de Canadá para sedimentos.

Con el análisis dieron como resultado que el compartimento ambiental sedimento fue el que excedió en todos los parámetros los límites permisibles, mientras que para el sedimento referencia en el caso del hierro y cobre superaron de manera mínima los límites permisibles y finalmente para el agua solo se excedió el hierro.

Tabla 1.- Caracterización físico química del agua y sedimento del río Burro y límites permisibles según el TULSMA

Sitio de muestreo	Parámetro	Unidad	Resultados	Límites permisibles
Agua Río Burro	Materia orgánica	%	0,02	Ex. pobre
	Tensoactivos	mg/kg	0,14	0,5
	Hierro	mg/l	45,8	5,0
	Cobre	mg/l	1,0	2,0
Sediment O Río Burro	Materia orgánica	%	7,45	Rico
	Tensoactivos	mg/kg	1,80	0,5
	Hierro	mg/l	54,7	5,0
	Cobre	mg/l	3,7	2,0
Sedimento Referencia	Materia orgánica	%	7,62	Rico
	Tensoactivos	mg/kg	0,07	0,5
	Hierro	mg/l	5,5	5,0
	Cobre	mg/l	3,0	2,0

4.2.- Índices del porcentaje de germinación residual normalizado (IGN)

En la especie cebollín en el compartimento agua, en todos sus tratamientos (25 al 100%), tanto para los 7 y 14 días presentaron valores de GRS inferiores al 100% (Tabla 2), indicando una germinación inferior a la del testigo; excepto en la exposición al 50% en 7 días. El IGN indicó que las semillas tuvieron un crecimiento relativo (baja toxicidad) u hormesis en la mayoría de los tratamientos, exceptuando la dilución realizada al 25% a los 14 días que indicó toxicidad moderada. En el compartimento sedimento los resultados fueron diferentes. A los 7 días solo hubo germinación en el control y en la exposición al 25%. Los tratamientos restantes (50 al 100%) no mostraron germinación, lo que indicó GRS igual a 0 y en consecuencia los valores de IGN fueron -1, indicando toxicidad alta (Tabla 2). En las semillas expuestas durante 14 días, se observó germinación en los tratamientos control y exposiciones al 25% y 50%. Los tratamientos restantes no mostraron germinación, lo que indicó GRS igual a 0. Al ir incrementando la dilución en los tratamientos los valores del IGN mostraron el incremento de la toxicidad, en la exposición al 25% hubo crecimiento, al 50% toxicidad moderada y al llegar al 100% toxicidad muy alta (Tabla 2).

Tabla 2.- Porcentaje de germinación relativo de semillas (GRS), índice del porcentaje germinación residual normalizado (IGN) y escala de toxicidad para los compartimentos ambientales agua y sedimento de la especie cebollín.

Especie	Compartimento	Tiempo	Dilución	% GRS	IGN	Toxicidad
Cebollín	Agua	7D	0%	100,00	0,00	
Cebollín	Agua	7D	25%	90,00	-0,10	Baja toxicidad
Cebollín	Agua	7D	50%	100,00	0,00	Hormesis
Cebollín	Agua	7D	75%	80,00	-0,20	Baja toxicidad
Cebollín	Agua	7D	100%	95,00	-0,05	Baja toxicidad
Cebollín	Agua	14D	0%	100,00	0,00	
Cebollín	Agua	14D	25%	56,67	-0,43	Toxicidad moderada
Cebollín	Agua	14D	50%	80,00	-0,20	Toxicidad baja
Cebollín	Agua	14D	75%	86,67	-0,13	Toxicidad baja
Cebollín	Agua	14D	100%	85,00	-0,15	Toxicidad baja
Cebollín	Sedimento	7D	0%	100,00	0,00	
Cebollín	Sedimento	7D	25%	98,4	-0,02	Toxicidad baja
Cebollín	Sedimento	7D	50%	0,00	-1,00	Toxicidad muy alta
Cebollín	Sedimento	7D	75%	0,00	-1,00	Toxicidad muy alta
Cebollín	Sedimento	7D	100%	0,00	-1,00	Toxicidad muy alta
Cebollín	Sedimento	14D	0%	100,00	0,00	
Cebollín	Sedimento	14D	25%	77,08	-0,23	Hormesis
Cebollín	Sedimento	14D	50%	60,00	-0,40	Toxicidad moderada
Cebollín	Sedimento	14D	75%	0,00	-1,00	Toxicidad muy alta
Cebollín	Sedimento	14D	100%	0,00	-1,00	Toxicidad muy alta

La especie sandía en el compartimento ambiental agua, en todos los tratamientos (de 25 al 100%), tanto a los 7 como a los 14 días de exposición, el porcentaje de germinación relativo de semillas (GRS) fue superior al 100% (Tabla 3), lo que indicó un porcentaje de germinación superior al del tratamiento control. El índice del porcentaje de germinación residual normalizado (IGN) indicó que las semillas tuvieron un crecimiento relativo u hormesis. En el compartimento sedimento, los resultados fueron diferentes. Tanto a los 7 como a los 14 días, sólo hubo germinación en el tratamiento control y a la exposición al 25%. Los tratamientos restantes (50, 75 y 100%) no mostraron germinación, lo que se reflejó en valores de GRS igual a 0 (Tabla 3). En consecuencia, los

valores del IGN fueron menores a 0 (Tabla 3), lo que indicó una toxicidad muy alta en dichos tratamientos.

Tabla 3.- Porcentaje de germinación relativo de semillas (GRS), índice del porcentaje germinación residual normalizado (IGN) y escala de toxicidad para los compartimentos ambientales agua y sedimento de la especie sandía.

Especie	Compartimento	Tiempo	Dilución	% GRS	IGN	Toxicidad
Sandía	Agua	7D	0%	100,00	0,00	
Sandía	Agua	7D	25%	141,67	0,42	Hormesis
Sandía	Agua	7D	50%	138,33	0,38	Hormesis
Sandía	Agua	7D	75%	144,33	0,44	Hormesis
Sandía	Agua	7D	100%	128,33	0,28	Hormesis
Sandía	Agua	14D	0%	100,00	0,00	
Sandía	Agua	14D	25%	56,00	-0,44	Toxicidad moderada
Sandía	Agua	14D	50%	128,00	0,28	Hormesis
Sandía	Agua	14D	75%	136,00	0,36	Hormesis
Sandía	Agua	14D	100%	130,00	0,30	Hormesis
Sandía	Sedimento	7D	0%	100,00	0,00	
Sandía	Sedimento	7D	25%	216,67	1,17	Hormesis
Sandía	Sedimento	7D	50%	0,00	-1,00	Toxicidad muy alta
Sandía	Sedimento	7D	75%	0,00	-1,00	Toxicidad muy alta
Sandía	Sedimento	7D	100%	0,00	-1,00	Toxicidad muy alta
Sandía	Sedimento	14D	0%	100	0,00	
Sandía	Sedimento	14D	25%	140	0,40	Hormesis
Sandía	Sedimento	14D	50%	0,00	-1,00	Toxicidad muy alta
Sandía	Sedimento	14D	75%	0,00	-1,00	Toxicidad muy alta
Sandía	Sedimento	14D	100%	0,00	-1,00	Toxicidad muy alta

4.3.- Elongación radical residual normalizado (IER)

En la especie cebollín en el compartimento agua a los 7 días de exposición solo la exposición al 100% tuvo CRR superior al 100% (Tabla 4), lo que dio como resultado un crecimiento de la radícula mayor a la del testigo. El índice del porcentaje de elongación radicular residual normalizado (IER) indicó que los tratamientos 25-50-75% manifestaron una toxicidad baja. Para los 14 días de exposición el CRR de los tratamientos del 25 al 100% superaron el crecimiento radicular el testigo, dando como resultado valores del IER mayores a 0 lo que indicó un crecimiento relativo de las raíces (Tabla 4).

En el compartimento sedimento los resultados fueron diferentes, a los 7 días solo hubo germinación en el control y a exposición al 25%, los tratamientos restantes (50 al 100%) no mostraron germinación lo que indicó GRS igual a 0 y en consecuencia los valores de IER fueron -1 indicando toxicidad alta mientras que el 25% mostraba una toxicidad baja (Tabla 4). Para las semillas expuestas a los 14 días existió germinación en los tratamientos control y exposición al 25 y 50%, los tratamientos restantes no mostraron germinación, lo que indicó GRS igual a 0, los valores del IGN iban aumentando conforme a la exposición dando como resultado que el tratamiento 25% tuvo crecimiento radicular y al llegar al 100% indicó una toxicidad muy alta (Tabla 4).

Tabla 4.- Porcentaje de germinación relativo de semillas (GRS), índice del porcentaje elongación radicular residual normalizado (IER) y escala de toxicidad para los compartimentos ambientales agua y sedimento de la especie cebollín a los 14 días de exposición.

Especie	Compartimento	Tiempo	Dilución	% CRR	IER	Toxicidad
Cebollín	Agua	7D	0%	100,00	0,00	
Cebollín	Agua	7D	25%	93,58	-0,06	Baja toxicidad
Cebollín	Agua	7D	50%	99,26	-0,01	Baja toxicidad
Cebollín	Agua	7D	75%	91,59	-0,08	Baja toxicidad
Cebollín	Agua	7D	100%	141,41	0,41	Crecimiento Radicular
Cebollín	Agua	14D	0%	100,00	0,00	
Cebollín	Agua	14D	25%	106,00	0,06	Crecimiento Radicular
Cebollín	Agua	14D	50%	165,02	0,65	Crecimiento Radicular
Cebollín	Agua	14D	75%	127,51	0,28	Crecimiento Radicular
Cebollín	Agua	14D	100%	141,53	0,42	Crecimiento Radicular
Cebollín	Sedimento	7D	0%	100,00	0,00	
Cebollín	Sedimento	7D	25%	90,51	-0,09	Baja Toxicidad
Cebollín	Sedimento	7D	50%	0,00	-1,00	Toxicidad muy alta
Cebollín	Sedimento	7D	75%	0,00	-1,00	Toxicidad muy alta
Cebollín	Sedimento	7D	100%	0,00	-1,00	Toxicidad muy alta
Cebollín	Sedimento	14D	0%	100,00	0,00	
Cebollín	Sedimento	14D	25%	156,73	0,57	Crecimiento Radicular
Cebollín	Sedimento	14D	50%	37,76	-0,62	Muy Tóxico
Cebollín	Sedimento	14D	75%	0,00	-1,00	Toxicidad muy alta
Cebollín	Sedimento	14D	100%	0,00	-1,00	Toxicidad muy alta

La especie sandía en el compartimento ambiental agua, en todos los tratamientos (de 25% al 100%) el CRR fue superior al 100% (Tabla 5), lo que indicó que el crecimiento de la radícula fue superior al del tratamiento del control, mientras que el índice del porcentaje de elongación radicular residual normalizado (IER) indicó que las raíces tuvieron un crecimiento relativo de la radícula. En el compartimento sedimento los resultados fueron diferentes, solo hubo germinación en el tratamiento control y exposición al 25%. Los tratamientos restantes (50, 75 y 100%) no mostraron germinación, lo que reflejó en valores de CRR igual a 0 (Tabla 5). En consecuencia los valores del IER fueron -1, lo que indicó una toxicidad muy alta en dichos tratamientos.

Tabla 5.- Porcentaje de germinación relativo de semillas (CRR), índice del porcentaje elongación radicular residual normalizado (IER) y escala de toxicidad para los compartimentos ambientales agua y sedimento de la especie cebollín a los 14 días de exposición.

Especie	Compartimento	Tiempo	Dilución	% CRR	IER	Toxicidad
Sandía	Agua	14D	0%	100,00	0,00	
Sandía	Agua	14D	25%	124,06	0,24	Crecimiento Radicular
Sandía	Agua	14D	50%	258,67	1,59	Crecimiento Radicular
Sandía	Agua	14D	75%	229,86	1,30	Crecimiento Radicular
Sandía	Agua	14D	100%	242,56	1,43	Crecimiento Radicular
Sandía	Sedimento	14D	0%	100,00	0,00	
Sandía	Sedimento	14D	25%	113,64	0,14	Crecimiento Radicular
Sandía	Sedimento	14D	50%	0,00	-1,00	Toxicidad muy alta
Sandía	Sedimento	14D	75%	0,00	-1,00	Toxicidad muy alta
Sandía	Sedimento	14D	100%	0,00	-1,00	Toxicidad muy alta

4.4.- Índice de germinación (IG %)

A los 7 y 14 días de exposición, el compartimento ambiental que tuvo mayor índice de germinación relativo de semillas fue el agua, que en algunos de las concentraciones de exposición superó hasta el control como es el caso de las concentraciones de 75-100% a los 7 días mientras que a los 14 fueron las exposiciones al 50-75-100%. En sedimentó a los 7 días solo hubo germinación hasta la concentración del 25%, siendo menor que la del control y en los 14 solo hubo germinación hasta la concentración del 50% que fue menor que el control pero mayor que el control del 25% a los 14 días.

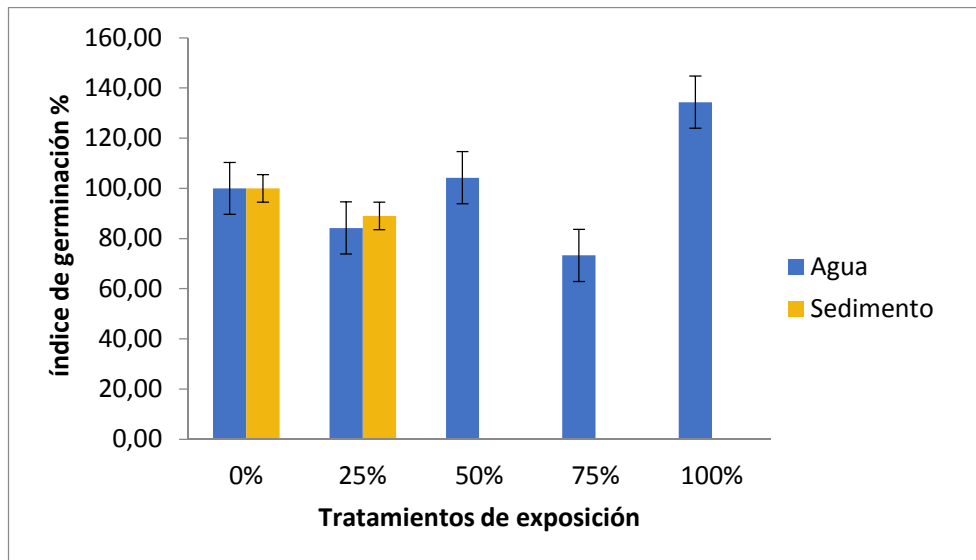


Fig 2.- Índice de germinación (%) de cebollín en los tratamientos de exposición a los 7 días de ensayo en los compartimentos agua y sedimento.

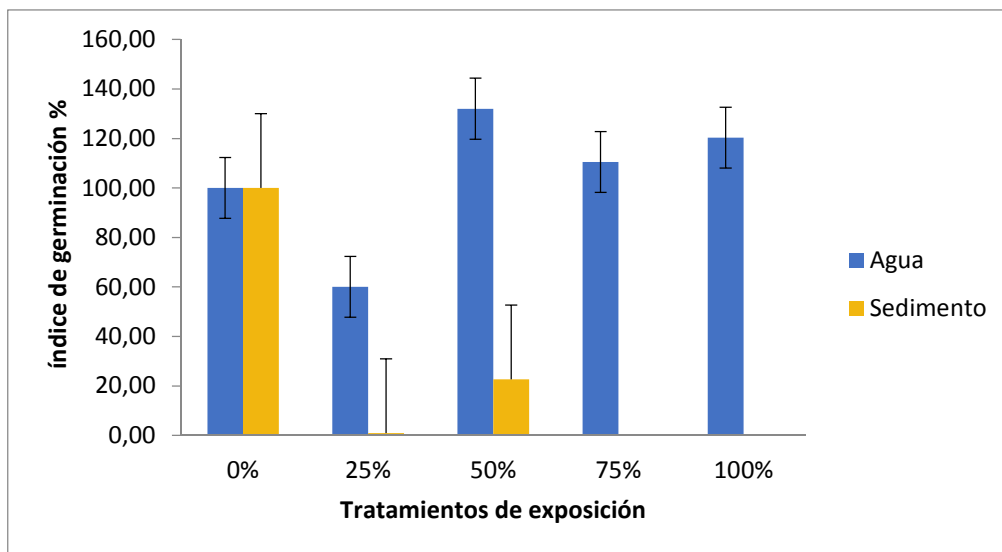


Fig 3.- Índice de germinación (%) de cebollín en los tratamientos de exposición a los 7 días de ensayo en los compartimentos agua y sedimento.

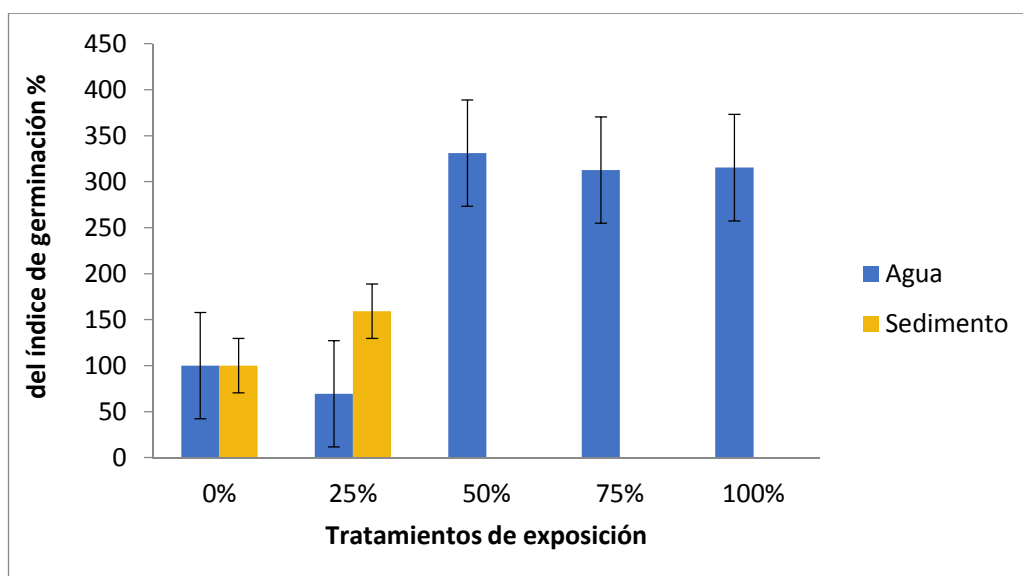


Fig 4.- Índice de germinación (%) de sandía en los tratamientos de exposición a los 7 días de ensayo en los compartimentos agua y sedimento.

4.5.- Variables longitud, superficie absorbente, diámetro promedio y volumen.

La especie cebollín en el compartimento agua de la fracción radícula que para las variables longitud y superficie absorbente no se encontraron diferencias significativas, mientras que en el diámetro se notó una tendencia a significancia en la concentración y el tiempo, finalmente hubo mayor volumen concentración 100% con respecto a la del 25%(Tabla 6), en la fracción hipocótilo el análisis estadístico demostró que se encontraron diferencias significativas entre todas las variables longitud, superficie absorbente, volumen en el tiempo de exposiciones específicamente hubo mayor crecimiento en la exposición a los 14 días, además en la variable volumen existió una tendencia a significancia en las concentraciones de exposición.(Tabla 6), lo que nos expresa que las diferentes concentraciones no tuvieron incidencia sobre el desarrollo de las variables pero entre los tiempos de exposición si a mayor tiempo hubo mayor desarrollo de las variables.

En el compartimento ambiental sedimento de la fracción hipocótilo no existieron diferencias significativas de las concentraciones de exposición con las variables mientras que con el tiempo existieron diferencias en la superficie absorbente y diámetro (Tabla 6), para la radícula hubieron diferencias significativas en la longitud entre las exposiciones del 25% con 50%, en la superficie absorbente entre el 0-25% con el 50%, finalmente en el diámetro se marcó un atendencia a significancia en el diámetro con valor $p < 0,07$ (Tabla 6)

Tabla 6.- Efecto de las concentraciones y tiempo de exposición a la longitud, superficie absorbente, diámetro y volumen de las fracciones hipocótilo y radícula de la especie cebollín en el compartimento ambiental sedimento. Valor F con un asterisco (*) indica significancia. Prueba de Tukey P<0,005. Números con la misma letra no difieren estadísticamente.

Variables	Tratamientos					Efecto de los factores e interacciones		
	0%	25%	50%	75%	100%	Concentración	Tiempo	Concentración *Tiempo
Cebollín-Agua-Radícula								
L _R (cm)	2,39 ± 0,42	1,77 ± 0,56	2,38 ± 0,42	2,09 ± 0,32	2,72 ± 0,42	0,614	0,454	0,048
SA _R (cm ²)	0,26 ± 0,04	0,16 ± 0,05	0,27 ± 0,04	0,22 ± 0,03	0,32 ± 0,04	1,71	0,853	0,094
D _R (mm)	0,23 ± 0,04	0,12 ± 0,03	0,23 ± 0,04	0,20 ± 0,03	0,25 ± 0,03	2,366 t	3,653 t	0,149
V _R (cm ³)	0,002 ± 0,0004ab	0,001 ± 0,0004b	0,003 ± 0,0005ab	0,002 ± 0,0003ab	0,003 ± 0,0005a	2,866*	1,402	0,185
Cebollín-Agua-Hipocótilo								
L _H (cm)	5,21 ± 0,84	3,05 ± 0,73	3,89 ± 0,53	3,32 ± 0,70	4,09 ± 0,66	1,292	15,716***	0,51
D _H (mm)	0,36 ± 0,03	0,25 ± 0,06	0,30 ± 0,04	0,31 ± 0,04	0,33 ± 0,04	0,925	7,280**	0,174
V _H (cm ³)	0,012 ± 0,002	0,010 ± 0,001	0,008 ± 0,001	0,008 ± 0,001	0,009 ± 0,001	2,528	5,743*	0,982
Cebollín-Sedimento-hipocótilo								
L _H (cm)	3,56 ± 0,50	2,83 ± 0,64	0,32 ± 0,21	0 ± 0	0 ± 0	2,679	2,205	0,103
D _H (mm)	0,25 ± 0,04	0,25 ± 0,04	0,04 ± 0,02	0 ± 0	0 ± 0	0,639	8,209*	1,216
V _H (cm ³)	0,006 ± 0,002	0,005 ± 0,002	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0			
Cebollín-Sedimento-Radícula								
L _R (cm)	3,05 ± 0,46ab	2,91 ± 0,56a	0,29 ± 0,18b	0 ± 0c	0 ± 0c	3,743*	0,816	1,887
SA _R (cm ²)	0,28 ± 0,03a	0,18 ± 0,06a	0,02 v 0,01b	0 ± 0c	0 ± 0c	4,690*	1,248	1,505
D _R (mm)	0,16 ± 0,02	0,18 ± 0,03	0,02 ± 0,01	0 ± 0	0 ± 0	1,084	3,447	0,594
V _R (cm ³)								

La especie sandía en el compartimento agua, en la fracción hipocótilo para sus variables longitud y volumen se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento de exposición al 25% con los del 50-75-100% (Figura 5,6), en la radícula para la longitud y superficie absorbente se hallaron diferencias entre a exposición al 0% con las del 50-100%. En el compartimento sedimento tanto para la fracción hipocótilo y radícula todas sus variables presentaron diferencias significativas entre la exposición al 25% con las 50-75-100% (Tabla 7), esto se atribuye a que en el compartimento ambiental sedimento no hubo germinación a partir de la concentración al 50%

Tabla 7.- Efecto de los tratamientos de exposición sobre las variables longitud, superficie absorbente, diámetro y volumen de las fracciones hipocótilo y radícula de la especie cebollín en los compartimentos ambientales agua y sedimento. Valor F con un asterisco (*) indica significancia. Prueba de Tukey y test de Kruskal-Wallis $P < 0,005$. Números con la misma letra no difieren estadísticamente.

Variables	Media					Efecto Valor F
	0%	25%	50%	75%	100%	
Sandía-Agua-Hipocótilo						
L _{HK} (cm)	13,14±1,70	10,72±2,75	14,16±0,99	16,10±1,41	14,35±1,09	0,315
D _{HK} (mm)	1,19±0,30	1,08±0,38	1,59±0,20	1,87±0,15	1,50±0,17	0,673
V _H (cm ³)	0,31±0,05ab	0,2±0,07b	0,52±0,01a	0,49±0,05a	0,46±0,05a	7,019**
Sandía-Agua-Radícula						
L _R (cm)	16,10±2,39c	18,6±5,75bc	38,84±2,56a	34,14±4,89ab	36,73±3,67a	6,197**
SA _R (cm ²)	1,83±0,25c	1,95±0,58bc	4,07±0,28a	3,51±0,30ab	3,65±0,33a	7,867**
D _R (mm)	0,31±0,06	0,19±0,05	0,28±0,01	0,29±0,03	0,31±0,03	1,532
V _{RK} (cm ³)	0,02±0,004	0,02±0,01	0,04±0,01	0,03±0,002	0,03±0,002	0,004**
Sandía-Sedimento-Hipocótilo						
L _{HK} (cm)	11,28±3,28 a	11,60±1,58a	0 ± 0b	0 ± 0b	0 ± 0b	0,0006***
D _{HK} (mm)	1,65±0,42a	2,13±0,20a	0 ± 0b	0 ± 0b	0 ± 0b	0,0005***
V _{HK} (cm ³)	0,43±0,13 ^a	0,57±0,07 ^a	0 ± 0b	0 ± 0b	0 ± 0b	0,0005***
Sandía-Sedimento-Radícula						
L _{RK} (cm)	30,73±9,30 a	37,63±7,35 ^a	0 ± 0b	0 ± 0b	0 ± 0b	0,0005***
SA _{RK} (cm ²)	3,58±1,05 a	3,79±0,70 ^a	0 ± 0b	0 ± 0b	0 ± 0b	0,0006***
D _{RK} (mm)	0,28±0,07 a	0,32±0,03 ^a	0 ± 0b	0 ± 0b	0 ± 0b	0,0005***
V _{RK} (cm ³)	0,03±0,01a	004±0,01 ^a	0 ± 0b	0 ± 0b	0 ± 0b	0,0006***

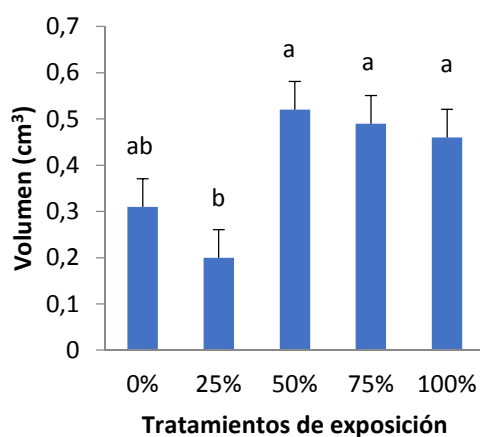


Figura 5.- Volumen del hipocótilo de la especie sandía ante diferentes concentraciones de exposición de agua del río Burro. Barras con la misma letra no difieren estadísticamente. Prueba Tukey ($P < 0,005$).

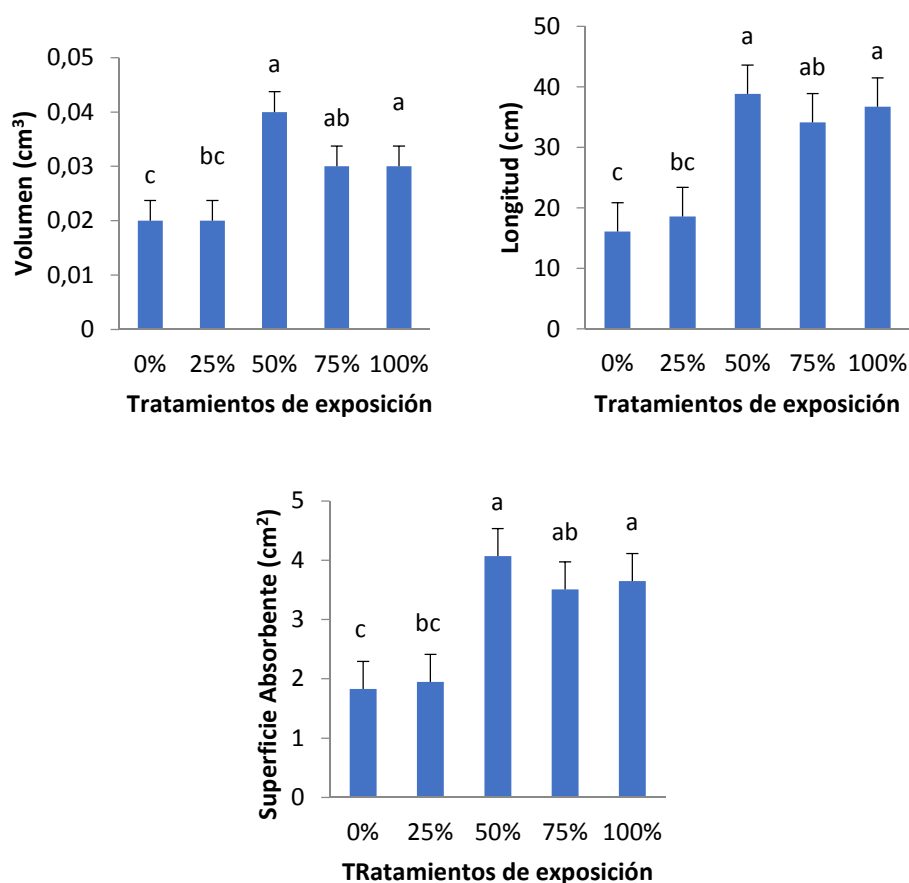


Figura 6.-Longitud y superficie absorbente de la radícula de la especie sandía ante diferentes concentraciones de exposición de agua del río Burro. Barras con la misma letra no difieren estadísticamente. Prueba Tukey ($P < 0,005$), volumen test Kruskal-Wallis $P < 0,005$,

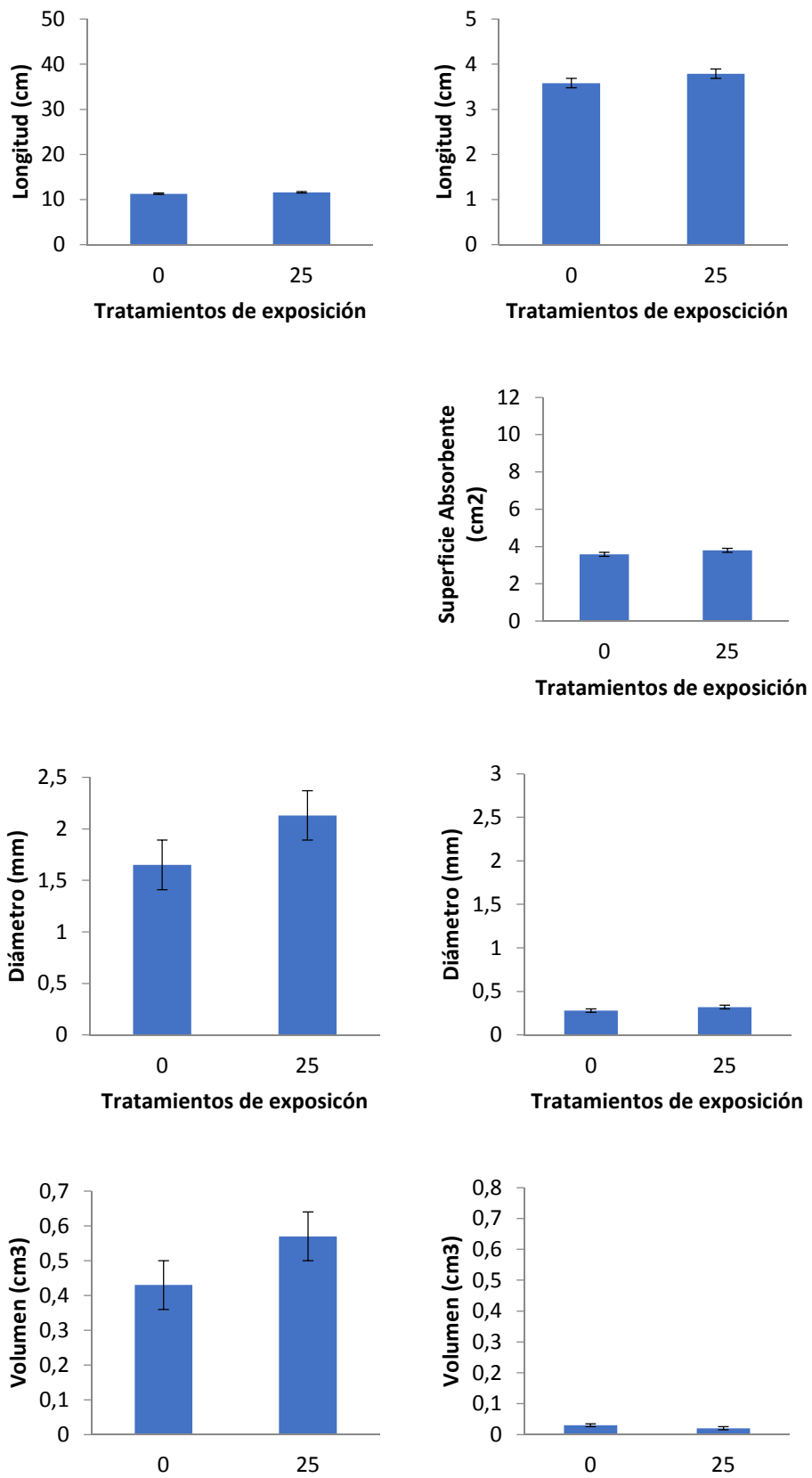


Figura 7.- Longitud y superficie absorbente, diámetro y volumen de las fracciones hipocótilo (izquierda) y radícula (derecha) de la especie sandía ante diferentes concentraciones de exposición de agua del río Burro. Test Kruskal-Wallis $P < 0,005$,

V.- DISCUSIÓN

En términos generales, lo que respecta al índice de germinación de la sandía y el cebollín, la exposición al sedimento del río Burro produjo más efectos inhibitorios que la exposición agua del río Burro, esto se evidenció con el IGN e IER que para sedimento presentaron valores negativos a partir de la concentración al 50% presentando una toxicidad muy alta debido a que no existió germinación, este efecto podría estar asociado a que el sedimento fue el compartimento que superó todos los límites permisibles de los parámetros analizados, estos compuestos tóxicos pueden afectarla división celular, ya sea por retardo en el desarrollo de mitosis o alteración del proceso de alargamiento de las estructuras germinativas (Hernández et al. 2017), también pueden reducir la actividad de las enzimas necesarias para la degradación de los polisacáridos como la amilasa, situación que afecta la división celular, mientras que la inhibición de la fosforilasa podría perturbar las actividades respiratorias en la germinación de la semillas (Achuba, 2006).

Con lo que respecta al agua IG (%) en las dos especies las exposiciones al 50-75-100% superaron a la del control, este efecto lo que se podría asociar a que los parámetros que se analizaron están dentro de los límites permisibles, por lo que el agua fue rica en nutrientes estimulado la germinación de las semillas, con lo que respecta al IGN e IER tuvo resultados diferentes para cada especie en el caso del cebollín exceptuando la exposición a los 14 días dieron una toxicidad baja del agua mostrando la sensibilidad de la especie al exponerlas a los tratamientos, mientras que la sandía mostró una menor sensibilidad para todos los tratamientos y tiempo de exposición debido a que mostraron un estímulo de crecimiento (hormesis) en lugar de una posible afectación, como manifiesta Carrillo et al 2014 que es posible indicar que el estímulo al crecimiento de la raíz respecto al testigo es debido a que muchos elementos, tales como Cu, Zn, Fe son micronutrientes esenciales que pueden estimular el crecimiento radicular, pero que son tóxicos a altas concentraciones.

En el caso de las variables morfológicas en el caso del cebollín para los dos compartimentos no se encontró un efecto inhibitorio por parte de los

tratamientos de exposición más bien el tiempo tuvo mayor efecto de acuerdo a lo previsto hubo mayor desarrollo de las variables a los 14 días, para sandía en el caso del agua hubo una diferencia entre la concentraciones del 0-25% versus el 50-75 y 100% aunque el efecto que se evidenció fue que a mayor concentración mayor desarrollo de las variables debido a la composición físico química antes mencionadas, para el sedimento al aumentar las concentraciones de exposición disminuía el tamaño de la longitud, superficie absorbente, diámetro y volumen.

VI.- CONCLUSIONES

Este estudio describe por primera vez el efecto fitotóxico por el agua y el sedimento del río Burro. La fitotoxicidad se relacionó con efectos inhibitorios sobre el alargamiento de la radícula, hipocótilo, germinación de las semillas así como el desarrollo de las variables morfológicas (longitud, superficie absorbente, diámetro y volumen). Es así como la exposición al sedimento del río Burro, ejerció un mayor efecto sobre la germinación de las semillas y el desarrollo de las variables morfológicas. La prueba empleada permite la identificación de diferentes niveles de fitotoxicidad en las muestras de sedimento marcando una diferencia entre las concentraciones de 0-25 con las 50-75 y 100%,

La especie cebollín mostró una mayor sensibilidad a la exposición al agua del río Burro respecto a las variables de germinación, mientras que en la sandía se evidenció efecto en las variables de germinación y morfológicas para agua y sedimento teniendo ésta mayor potencial de bioindicador.

VII.- BIBLIOGRAFÍA

Achuba F. 2016. The Effect of Sublethal Concentrations of Crude Oil on the Growth and Metabolism of Cowpea (*Vigna unguiculata*) Seedlings (en línea). Consultado: 12 de febrero del 2019. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/225998359_The_Effect_of_Sublethal_Concentrations_of_Crude_Oil_on_the_Growth_and_Metabolism_of_Cowpea_Vigna_unguiculata_Seedlings

Anónimo. 2016. Manta tres ríos un problema (en línea). El Diario, Manta, Ecuador; 20 marzo. Consultado 02 de agosto del 2018. Disponible en: <http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/386207-manta-3-rios-y-un-problema/>

Bagur M et al. 2011. Toxicity assessment using *Lactuca sativa* L. bioassay of the metal(loid)s As, Cu, Mn, Pb and Zn in soluble-in-water saturated soil extracts from an abandoned mining site (en línea). Consultado: 27 de abril del 2018. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/227295752_Toxicity_assessment_using_Lactuca_sativa_L_bioassay_of_the_metalloids_As_Cu_Mn_Pb_and_Zn_in_soluble-in-water_saturated_soil_extracts_from_an_abandoned_mining_site

Camarillo D *et al.* Evaluación de la fitotoxicidad de jales mineros en cuatro especies empleadas como bioindicadoras de metales pesados (en línea). Consultado: 25 de diciembre del 2018. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992015000200003&lang=pt

Empresa Pública de Agua de Manta. 2017. Definirán acciones para combatir contaminación en río Burro (en línea). Consultado 06 de agosto del 2018. Disponible en: <https://www.epam.gob.ec/category/noticias/page/4/>

González J *et al.* sf. Análisis microbiológico del agua del río Manta del cantón Manta de acuerdo a la ley para la prevención y control de la Contaminación ambiental del Ecuador (en línea). Consultado 20 de febrero del 2018. Disponible en: <http://repositorio.pucesa.edu.ec/bitstream/123456789/2016/1/An%C3%A1lisis%20Microbiol%C3%B3gico.pdf>

Hernández I et al. 2017. Evaluación de a toxicidad de un suelo contaminado con diferentes tipos de crudos sobre la germinación de dos pastos tropicales (en línea). Consultado 28 de mayo del 2018. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612017000200001&lang=pt

Morales G (ed). 2004. Ensayos Toxicológicos y métodos de evaluación de aguas (en línea). Estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones. 1 ed. 190p. Consultado: 03 de enero del 2018. Disponible en: <https://www.idrc.ca/en/book/ensayos-toxicologicos-y-metodos-de-evaluacion-de-calidad-de-aguas-estandarizacion>

Moscoso R. 2014. Determinación de la toxicidad por aluminio del efluente de la planta potabilizadora de le cebollar en el Río Tomebamba, utilizando bioensayos toxicológicos (en línea). Memoria Magister en Toxicología Industrial y Ambiental. Cuenca, Ecuador. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Cuenca.

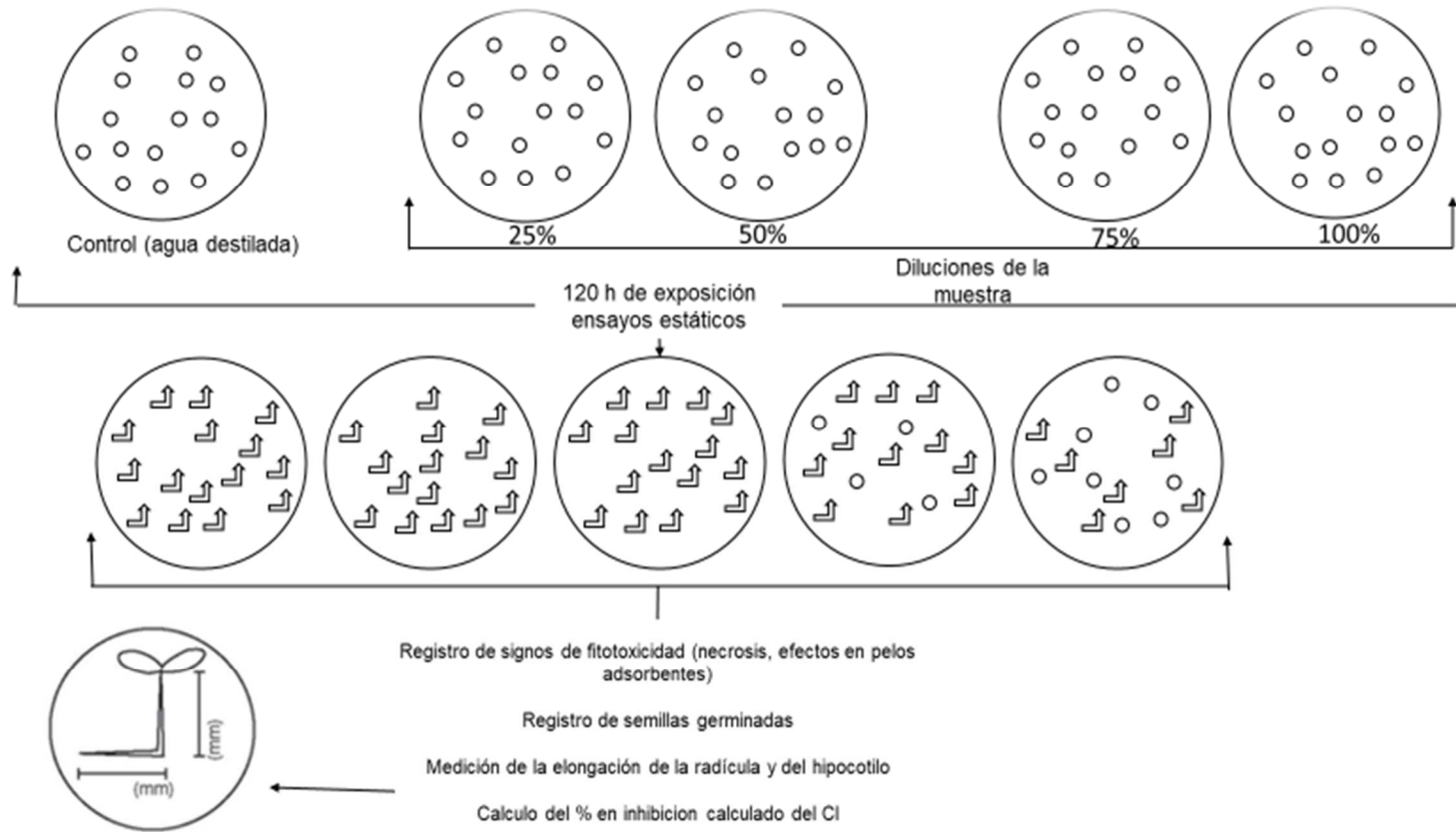
Consultado 23 de marzo del 2018. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20392/1/TESIS.pdf>

Palacios J; Santos M. 2015. Evaluación químico ambiental de agua de mar en la desembocadura del río Burro en la ciudad de Manta 2015 (en línea). Memoria Ingeniero Químico. Portoviejo, Ecuador. Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas, Universidad Técnica de Manabí. Consultado 03 de enero del 2018. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120303/Manual-Redaccion-Referencias-Bibliograficas-2Edicion.pdf>

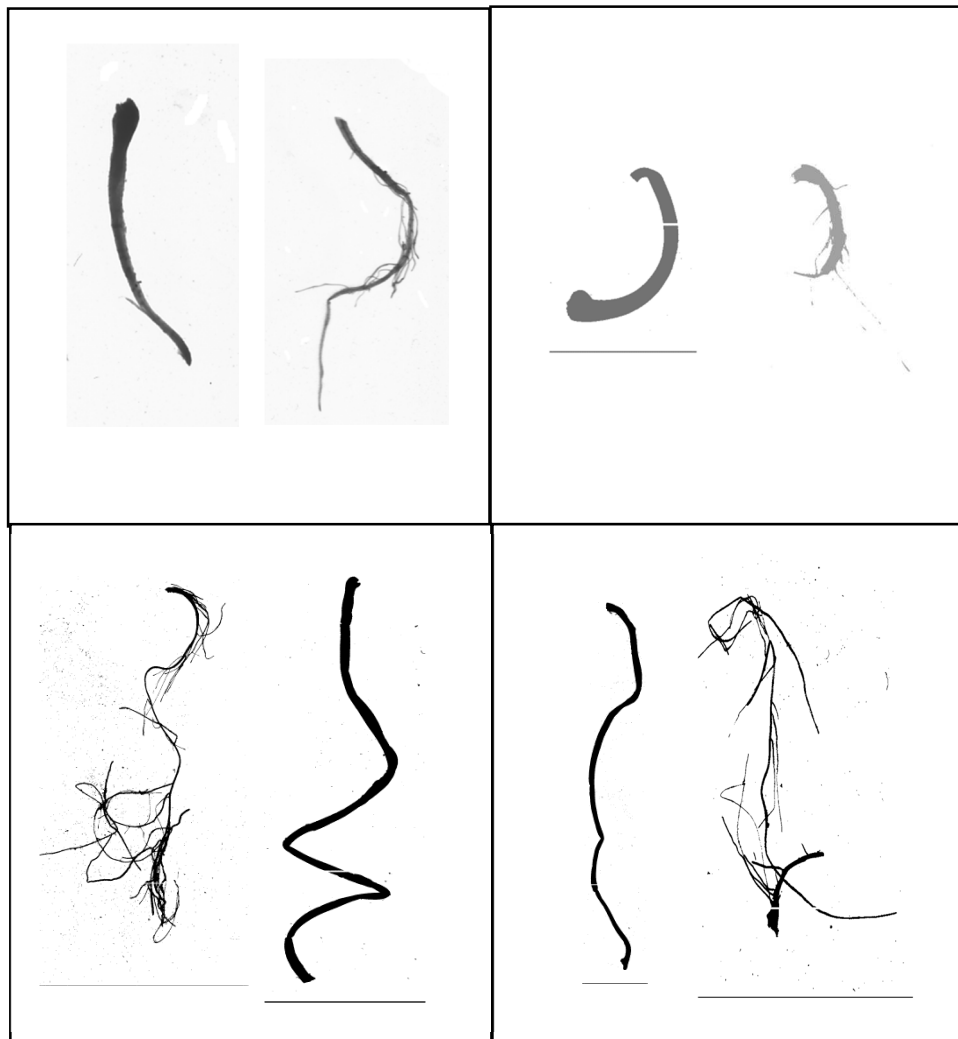
Rodríguez A et al. 2014. Índices de germinación y elongación radical de *Lactuca sativa* en el biomonitorio de la calidad del agua del río Chalma (en línea). Consultado: 20 de abril del 2018. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000300007&lang=pt

Ronco A; Sobrero M. sf. Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga *Lactuca sativa* L (en línea). Consultado 25 de enero del 2018. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/573/cap4.pdf>

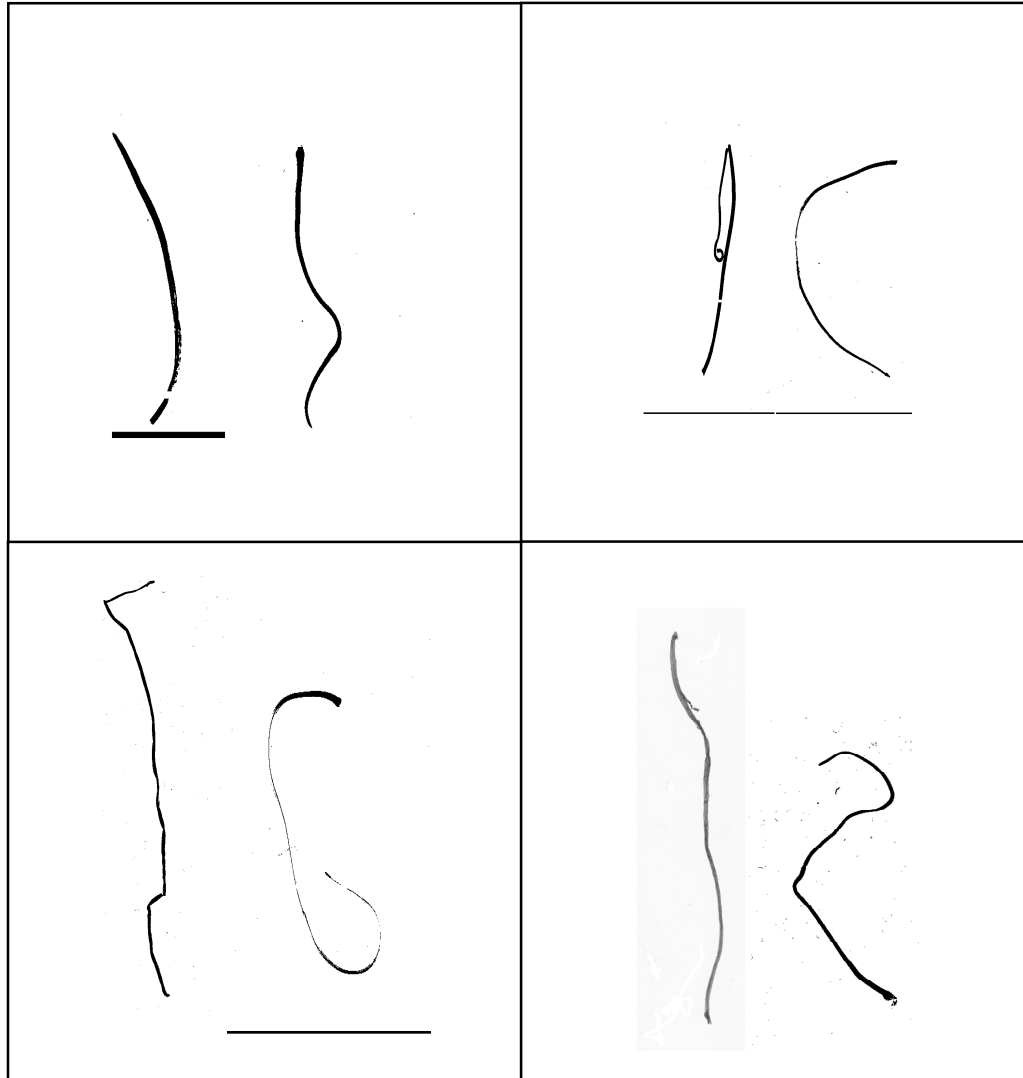
VIII.- ANEXOS



Anexo 1.- Esquema del experimento de toxicidad de agua y sedimento para las especies sandía y cebollín.



Anexo 2.- Imágenes del hipocótilo y radícula de la especie Sandí en agua y sedimento a los 7 y 14 días de exposición.



Anexo 3.- Imágenes del hipocótilo y radícula de la especie cebollín en agua y sedimento a los 7 y 14 días de exposición.



Anexo 4.- Desarrolló del experimento en el laboratorio.