

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS



**Facultad de
Ciencias**

Universidad Católica de la Santísima Concepción

EVALUACIÓN DE POLIFENOLES Y SUS DERIVADOS MODIFICADOS POR
HIDROXIPROPILACIÓN, MEDIANTE EL USO DE BIOINDICADORES
ECOTOXICOLÓGICOS (*Pseudokirchneriella subcapitata*, *Lactuca sativa*,
Raphanus raphanistrum subsp. sativus Y *Daphnia magna*).

Por

JAZMÍN ALICIA ROA ÑANCUCHEO

Memoria entregada a la Facultad de Ciencias de la Universidad Católica de la
Santísima Concepción para optar al título profesional de Químico Ambiental.

Profesor Guía: Prof. Paulina A. Medina.

Concepción
2020



Acta de Certificación

Certifico que el trabajo de Tesis se realizó bajo mi dirección y ha sido aprobado.

Profesor Guía: Prof: Paulina Medina C.

Declaro que el contenido de esta tesis no se ha presentado total o parcialmente para optar a otro Título o Grado Académico.

Jazmin Alicia Roa Ñancuqueo

Nota del Informe de Práctica o Tesis: 6.88

Fecha de aprobación del Examen de Título y Grado:

_____ de _____ de 2020

Ministro de Fe: _____

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mis padres Alicia Ñancucho e Isaías Roa, por todo el apoyo que me han brindado durante este proceso de aprendizaje, mostrando su preocupación constante, creyendo en mis habilidades y capacidades para lograr mis objetivos.

A mi esposo Leftraro Marileo e hijo Millalof Marileo Roa, por ser mi inspiración y motivación en este proceso, por no dejarme caer cuando sentí que no podía continuar.

A mi profesora guía Paulina Medina, quien dio respaldo y dirección en la ejecución de esta tesis. Por muchas veces motivarme a no dejar este trabajo sin terminar, por alentarme siempre, por compartir sus conocimientos y experiencias que contribuyeron en mi formación como investigador y personal.

Le agradezco también por la confianza puesta en mis habilidades y por tantas oportunidades brindadas, para crecer y desarrollarme como profesional.

Al Dr. Danny García (Q.E.P.D), por contribuir en mi desarrollo científico e impulsarme a complementar mis conocimientos. Por su confianza en mis capacidades para la realización de trabajos investigativos.

A mi fiel amiga Natalia Urrutia, amistad que nació en este camino universitario en el cual compartimos risa, alegrías, penas y muchas cosas más, por siempre darme un consejo y motivarme con sus locuras y disparates.

A las personas que se me quedan en el tintero, que quizás sean muchas, a todos muchas gracias por contribuir de una u otra forma en mi desarrollo personal y profesional.

Muchas Gracias.

INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	2
INDICE	4
RESUMEN	13
1. INTRODUCCIÓN	14
2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	23
2.1 Hipótesis.....	23
2.2 Objetivo General	23
2.3 Objetivos Específicos.....	23
3. METODOLOGÍA	24
3.1 Preparación de soluciones stock de taninos condensados y lignina con su respectiva modificación (hidroxipropilado).....	24
3.2 Prueba de toxicidad con <i>Pseudokrichneriella subcapitata</i>	24
3.3 Prueba de toxicidad con <i>Lactuca sativa</i> y <i>Raphanus raphanistrum</i>	25
3.4 Prueba de toxicidad para <i>Daphnia magna</i>	28
3.4.1 Prueba de toxicidad crónica con <i>D. magna</i>	29
3.5 Análisis Estadístico	30
3.5 Estadística descriptiva.....	31
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
4.1 Evaluación de la toxicidad sobre <i>P. subcapitata</i> a 0 y 72 horas de exposición a concentraciones crecientes de taninos condensados y lignina.....	32
4.2 Evaluación de la toxicidad sobre la germinación, la longitud de radícula e hipocótilo de <i>L. sativa</i> y <i>R. raphanistrum</i> a 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de taninos condensados y lignina.	40
4.2.1 Evaluación de la toxicidad sobre la germinación de <i>L. sativa</i> y <i>R. raphanistrum</i> a 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de taninos condensados y lignina.....	40
4.2.2 Evaluación de la toxicidad sobre la longitud de radícula e hipocótilo de <i>L. sativa</i> y <i>R. raphanistrum</i> a 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de taninos condensados y lignina.	53

4.3. Evaluación de la toxicidad aguda (48 horas) y toxicidad crónica (21 días) de exposición respectivamente sobre <i>D. magna</i> a concentraciones crecientes de taninos condensados y lignina.....	71
4.3.1 Evaluación de la toxicidad aguda sobre <i>D. magna</i> a 48 horas de exposición a concentraciones crecientes de taninos condensados y lignina.....	71
4.3.2 Evaluación de la toxicidad crónica sobre <i>D. magna</i> a concentraciones subletales de taninos condensados y lignina en un periodo de 21 días de exposición.....	78
4.4 Tablas Estadística descriptiva y correlación de Pearson para las distintas pruebas realizadas a los bioindicadores (<i>P. subcapitata</i> , <i>L. sativa</i> , <i>R. raphanistrum</i> y <i>D. magna</i>).	86
5. CONCLUSIONES	106
5.1 Generales:.....	
5.2 Específicas:.....	¡Error! Marcador no definido.
6. BIBLIOGRAFÍA	107
7. ANEXO.....	112
7.1. Tabla de Concentración Inhibitoria (CI) para <i>L. sativa</i> con taninos y lignina, detectado por el programa Probit.	112
7.2. Tabla de Concentración Inhibitoria (CI) para <i>R. raphanistrum</i> con taninos y lignina, detectado por el programa Probit.	112
7.3 Tabla de Concentración Letal (LC ₅₀) para <i>D. magna</i> con taninos y lignina, detectados por el programa Probit.....	112
7.4 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>P. subcapitata</i> a 0 y 72 horas de exposición.	113
7.4.1 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>P. subcapitata</i> con tanino de <i>P. radiata</i> insoluble.	113
7.4.2 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>P. subcapitata</i> con tanino de <i>P. radiata</i> insoluble modificado.	113
7.4.3 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>P. subcapitata</i> con tanino de Mimosa.	113

7.4.4	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>P. subcapitata</i> con tanino de Mimosa modificada.....	114
7.4.5	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>P.</i> con tanino de Quebracho.....	114
7.4.6	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>P. subcapitata</i> con tanino de Quebracho modificado.	114
7.4.7	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>P. subcapitata</i> con tanino de <i>P. radiata</i> soluble.	115
7.4.8	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>P. subcapitata</i> con tanino de <i>P. radiata</i> soluble modificado.	115
7.4.9	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>P. subcapitata</i> con lignina de <i>P. radiata</i>	115
7.4.10	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>P. subcapitata</i> con lignina <i>P. radiata</i> modificado.	116
7.4.11	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>P. subcapitata</i> con lignina de <i>E. globulus</i>	116
7.4.12	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>P. subcapitata</i> con lignina de <i>E. globulus</i> modificado.	116
7.5	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> a 120 horas de exposición.....	117
7.5.1	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Germinación) con tanino de <i>P. radiata</i> insoluble.	117
7.5.2	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Germinación) con tanino de <i>P. radiata</i> insoluble modificado.....	117
7.5.3	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Germinación) con tanino de Mimosa.....	117
7.5.4	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Germinación) con tanino de Mimosa modificada.	118
7.5.5	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Germinación) con tanino de Quebracho.	118

7.5.6	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Germinación) con tanino de Quebracho modificado.	118
7.5.7	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad <i>L. sativa</i> (Germinación) con tanino de <i>P. radiata</i> soluble.	119
7.5.8	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Germinación) con tanino de <i>P. radiata</i> soluble modificado.	119
7.5.9	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Germinación) con lignina de <i>P. radiata</i>	119
7.5.10	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Germinación) con lignina <i>P. radiata</i> modificado.	120
7.5.11	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Germinación) con lignina de <i>E. globulus</i>	120
7.5.12	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Germinación) con lignina de <i>E. globulus</i> modificado.	120
7.5.13	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Radícula) con tanino de <i>P. radiata</i> insoluble.	121
7.5.14	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Radícula) con tanino de <i>P. radiata</i> insoluble modificado.	121
7.5.15	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Radícula) con tanino de Mimosa.	121
7.5.16	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Radícula) con tanino de Mimosa modificada.	122
7.5.17	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Radícula) con tanino de Quebracho.	122
7.5.18	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Radícula) con tanino de Quebracho modificado.	122
7.5.19	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Radícula) con tanino de <i>P. radiata</i> soluble.	123
7.5.20	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Radícula) con tanino de <i>P. radiata</i> soluble modificado.	123

7.5.21 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Radícula) con lignina de <i>P. radiata</i> .	123
7.5.22 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Radícula) con lignina <i>P. radiata</i> modificado.	124
7.5.23 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Radícula) con lignina de <i>E. globulus</i> .	124
7.5.24 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Radícula) con lignina de <i>E. globulus</i> modificado.	124
7.5.25 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Hipocótilo) con tanino de <i>P radiata</i> insoluble.	125
7.5.26 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Hipocótilo) con tanino de <i>P. radiata</i> insoluble modificado.	125
7.5.27 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Hipocótilo) con tanino de Mimosa.	125
7.5.28 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Hipocótilo) con tanino de Mimosa modificada.	126
7.5.29 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Hipocótilo) con tanino de Quebracho.	126
7.5.30 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Hipocótilo) con tanino de Quebracho modificado.	126
7.5.31 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Hipocótilo) con tanino de <i>P. radiata</i> soluble.	127
7.5.32 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Hipocótilo) con tanino de <i>P. radiata</i> soluble modificado.	127
7.5.33 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Hipocótilo) con lignina de <i>P. radiata</i> .	127
7.5.34 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Hipocótilo) con lignina <i>P. radiata</i> modificado.	128
7.5.35 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Hipocótilo) con lignina de <i>E. globulus</i> .	128

7.5.36 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>L. sativa</i> (Hipocótilo) con lignina de <i>E. globulus</i> modificado.	128
7.6 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> a 120 horas de exposición.	129
7.6.1 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Germinación) con tanino de <i>P. radiata</i> insoluble.	129
7.6.2 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Germinación) con tanino de <i>P. radiata</i> insoluble modificado.....	129
7.6.3 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Germinación) con tanino de Mimosa.....	129
7.6.4 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Germinación) con tanino de Mimosa modificada.	130
7.6.5 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Germinación) con tanino de Quebracho.....	130
7.6.6 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Germinación) con tanino de Quebracho modificado.	130
7.6.7 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad <i>R. raphanistrum</i> (Germinación) con tanino de <i>P. radiata</i> soluble.	131
7.6.8 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Germinación) con tanino de <i>P. radiata</i> soluble modificado.....	131
7.6.9 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Germinación) con lignina de <i>P. radiata</i>	131
7.6.10 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Germinación) con lignina <i>P. radiata</i> modificado.....	132
7.6.11 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Germinación) con lignina de <i>E. globulus</i>	132
7.6.12 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Germinación) con lignina de <i>E. globulus</i> modificado.....	132
7.6.13 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Radícula) con tanino de <i>P radiata</i> insoluble.	133

7.6.14	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Radícula) con tanino de <i>P. radiata</i> insoluble modificado.	133
7.6.15	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Radícula) con tanino de Mimosa.	133
7.6.16	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Radícula) con tanino de Mimosa modificada.....	134
7.6.17	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Radícula) con tanino de Quebracho.....	134
7.6.18	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Radícula) con tanino de Quebracho modificado.	134
7.6.19	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Radícula) con tanino de <i>P. radiata</i> soluble.....	135
7.6.20	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Radícula) con tanino de <i>P. radiata</i> soluble modificado.	135
7.6.21	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Radícula) con lignina de <i>P. radiata</i>	135
7.6.22	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Radícula) con lignina <i>P. radiata</i> modificado.	136
7.6.23	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Radícula) con lignina de <i>E. globulus</i>	136
7.6.24	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Radícula) con lignina de <i>E. globulus</i> modificado.	136
7.6.25	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Hipocótilo) con tanino de <i>P. radiata</i> insoluble.	137
7.6.26	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Hipocótilo) con tanino de <i>P. radiata</i> insoluble modificado.....	137
7.6.27	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Hipocótilo) con tanino de Mimosa.....	137
7.6.28	Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Hipocótilo) con tanino de Mimosa modificada.	138

7.6.29 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Hipocótilo) con tanino de Quebracho.	138
7.6.30 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Hipocótilo) con tanino de Quebracho modificado.	138
7.6.31 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Hipocótilo) con tanino de <i>P. radiata</i> soluble.	139
7.6.32 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Hipocótilo) con tanino de <i>P. radiata</i> soluble modificado.....	139
7.6.33 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Hipocótilo) con lignina de <i>P. radiata</i>	139
7.6.34 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Hipocótilo) con lignina <i>P. radiata</i> modificado.....	140
7.6.35 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Hipocótilo) con lignina de <i>E. globulus</i>	140
7.6.36 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>R. raphanistrum</i> (Hipocótilo) con lignina de <i>E. globulus</i> modificado.....	140
7.7 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre <i>D. magna</i> a 48 horas de exposición.....	141
7.7.1 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad aguda sobre <i>D. magna</i> con tanino de <i>P. radiata</i> insoluble.	141
7.7.2 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad aguda sobre <i>D. magna</i> con tanino de <i>P. radiata</i> insoluble modificado.	141
7.7.3 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad aguda sobre <i>D. magna</i> con tanino de Mimosa.	141
7.7.4 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad aguda sobre <i>D. magna</i> con tanino de Mimosa modificada.....	142
7.7.5 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad aguda sobre <i>D. magna</i> con tanino de Quebracho.....	142
7.7.6 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad aguda sobre <i>D. magna</i> con tanino de Quebracho modificado.	142

7.7.7 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad aguda sobre <i>D. magna</i> con tanino de <i>P. radiata</i> soluble.	143
7.7.8 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad aguda sobre <i>D. magna</i> con tanino de <i>P. radiata</i> soluble modificado.	143
7.7.9 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad aguda sobre <i>D. magna</i> con lignina de <i>P. radiata</i>	143
7.7.10 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad aguda sobre <i>D. magna</i> con lignina <i>P. radiata</i> modificado.	144
7.7.11 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad aguda sobre <i>D. magna</i> con lignina de <i>E. globulus</i>	144
7.7.12 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad aguda sobre <i>D. magna</i> con lignina de <i>E. globulus</i> modificado.	144

RESUMEN

Los taninos y ligninas son compuestos naturales abundantes en la corteza de muchas especies leñosas que han producido un gran interés de estudio en estos últimos años debido a sus múltiples propiedades biológicas. Además, estos compuestos se pueden modificar con agentes químicos específicos, en este caso con oxido de propileno, para obtener un mejor desempeño de estos compuestos al ser utilizados como aditivos a materiales como por ejemplo plásticos comerciales, insecticidas, etc.

No obstante, no existe información sobre la toxicidad de estos compuestos, para poder evaluar un posible impacto ambiental cuando estos sean utilizados como aditivos a materiales en mayor cantidad.

Por esto, se estudió el perfil toxicológico de polifenoles naturales (Taninos de *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus*, *Schinopsis balanceae* (Quebracho), *Acacia mearnsii* (Mimosa); Lignina de *P. radiata* y *E. globulus*) y sus modificaciones con oxido de propileno (hidroxipropilación), mediante el uso de bioindicadores (*P. subcapitata*, *L. sativa*, *R. raphanistrum* subsp. *Sativus* y *D. magna*).

Estas diferentes especies *P. subcapitata*, *L. sativa*, *R. raphanistrum* y *D. magna* fueron sometidas a diferentes concentraciones de los compuestos (0,01; 0,1; 1; 10; 100 mgL⁻¹), mediante el uso de ensayos convencionales de toxicidad aguda y además toxicidad crónica para *D. magna*.

Respecto a los resultados que se obtuvieron se puede decir que la modificación no mostro mucho efecto, pero si el tipo de fenol. La especie *R. raphanistrum* fue más sensible que la especie *L. sativa* por lo que se propone como un buen bioindicador.

Palabras claves: Toxicología, polifenoles, taninos, lignina.

1. INTRODUCCIÓN

En Chile, la industria maderera es un gran participante en las exportaciones, por lo cual es un gran atractivo evaluar su potencial y el de sus subproductos generados en esta actividad (CORMA, 2016). De ahí la importancia de estudiar los extractos provenientes de dichas plantas; así como otros de interés agrícola e industrial.

En la Octava Región la madera es utilizada principalmente para producir pasta de celulosa y, en segundo lugar, paneles y tableros. En ambos casos, se separa la corteza como un desecho y se utiliza como combustible (Vázquez *et al.*, 2008).

La corteza está compuesta químicamente por componentes que se encuentran en la pared celular: Celulosa, lignina y compuestos fenólicos. La corteza se caracteriza por tener una gran abundancia de fenoles totales, proantocianidinas y taninos poliméricos.

Los polifenoles han atraído crecientemente la atención en los campos de la ciencia, la salud y la medicina y se han encontrado muchos productos que los contienen. Los polifenoles son importantes para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Jeréz *et al.*, 2007) y se prevé que estos compuestos se utilicen de forma masiva en un futuro cercano, como por ejemplo como bioherbicida, biomaterial y/o plaguicidas en general.

Los compuestos fenólicos se relacionan tanto al metabolismo primario como al metabolismo secundario. Las plantas sintetizan una gran variedad de productos secundarios que contienen un grupo fenol. Estas sustancias reciben el nombre de compuestos fenólicos, polifenoles o fenilpropanoides y derivan todas ellas del fenol, el cual está compuesto por un anillo aromático con un grupo hidroxilo (Fig. 1).

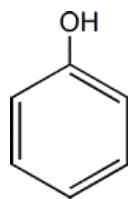


Figura 1. Estructura química del fenol.

Fuente: <http://zzct.blogspot.com/2013/04/fenoles.html>.

Desde el punto de vista estructural, son un grupo muy diverso que comprende moléculas sencillas como los ácidos fenólicos hasta polímeros complejos como los taninos y la lignina. En el grupo también se encuentran los pigmentos de tipo flavonoides (Ávalos *et al.*, 2009).

Particularmente los taninos son metabolitos secundarios que resultan solubles en agua y/o etanol. Varios autores les han asignado a estos compuestos un papel defensivo contra plagas o en el ataque de herbívoros depredadores (Palo *et al.*, 1991).

Otros autores consideran que los taninos son productos de reserva que la planta moviliza ante condiciones no propicias para el crecimiento como pueden ser altas temperaturas, alta intensidad luminosa, estrés hídrico, entre otras (Palo *et al.*, 1991). La característica principal de los taninos es su capacidad para formar complejos con las proteínas.

Existen dos grupos principales de taninos: hidrolizables y condensados, los cuales pueden tener efectos tóxicos, antinutricionales o benéficos en animales, dependiendo de su concentración en las plantas (Lara *et al.*, 2008).

Los taninos tienen tres usos mayoritarios: a) Curtientes: utilizados en la industria del cuero, b) Astringentes: utilizados en terapéutica como cicatrizantes de uso externo y antidiarreicos de uso interno, c) Fuente polimérica para el diseño de materiales.

La unidad monomérica de los taninos condensados consta de unidades de flavonoides (C₁₅: flavan-3-ol o flavan-3,4-diol). Su estructura es un derivado de la unidad básica de flavan C₆ – C₃ – C₆, que son anillos aromáticos separados por

tres átomos de carbono. Los anillos flavan están etiquetados A, C y B, respectivamente. (Fig. 2) (García *et al.*, 2016).

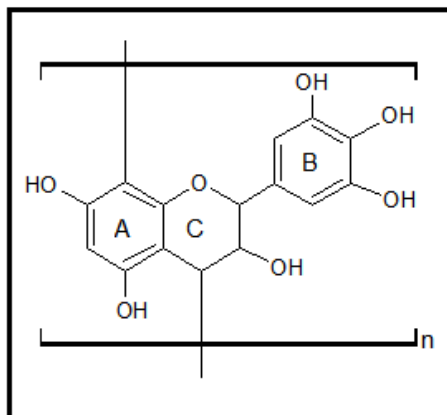


Figura N°2: Estructura química de la unidad C_{15} en taninos condensados.

Fuente: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2015/nj/c5nj02131f>.

Por otra parte, la lignina (Fig. 3) es uno de los biopolímeros más abundantes en las plantas y junto con la celulosa conforma la pared celular de las mismas en una disposición regulada a nivel nano-estructural, dando como resultado redes de lignina-hidratos de carbono. La lignina está considerada como un recurso renovable asequible y de potencial uso industrial (Chávez-Sifontes *et al.*, 2013).

La lignina es un copolímero que se deriva principalmente de tres unidades fenilpropano monoméricas (monolignoles) básicas: alcohol *p*-cumarílico (H= cumaril), alcohol coniferílico (G= guaiacyl) y alcohol sinapílico (S= siringil), cuyas estructuras se muestran en la Figura 3 (Chávez-Sifontes *et al.*, 2013).

La lignina puede tener aplicaciones directas, como las presentadas por los ligno-sulfanatos, compuestos no peligrosos que poseen aplicaciones como dispersantes de pesticidas, emulsificantes y secuestradores de metales pesados. Además, la lignina (sin ningún proceso de modificación química) puede ser utilizada como copolímero para incorporarse en resinas tipo fenol-formaldehído, polímeros tipo

poliolefinas-lignina, poliésteres-lignina, poliuretanos-lignina, etc. (Calvo *et al.*, 2010).

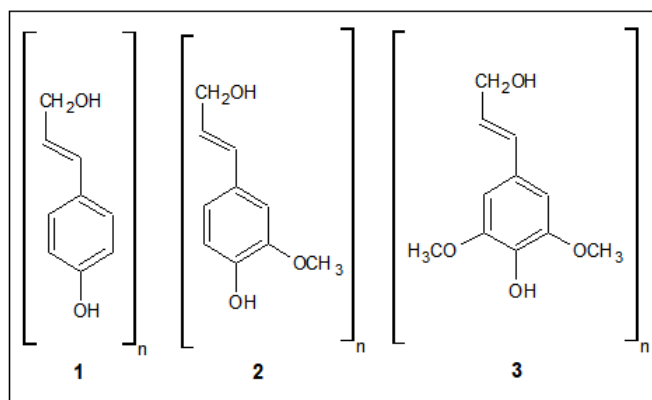


Figura N°3: Estructura química de los tipos de monolignoles más comunes encontrados de la lignina: 1: alcohol *p*-cumarílico (H), 2: alcohol coniferílico (G), 3: alcohol sinapílico (S)

Fuente: <https://quimica.laguia2000.com/elementos-quimicos/lignina-la-quimica-de-la-madera>.

Vale la pena destacar que para el diseño de estos productos derivados de polifenoles en muchas ocasiones estos compuestos son modificados químicamente para superar inconvenientes como la baja solubilidad, alta viscosidad y también reactividad alta o demasiado alta. La modificación permite una mejora adicional de estas propiedades teniendo en cuenta los requisitos para la aplicación seleccionada (García *et al.*, 2016).

En este sentido, la hidroxipropilación con óxido de propileno es muy utilizada para obtener un biomaterial (García *et al.*, 2017) con mejores características como, por ejemplo, un biomaterial resistente a la radiación UV, un biomaterial de fácil degradación, etc.

La hidroxipropilación es una estrategia común para modificar las propiedades fisicoquímicas de las fuentes naturales, mejora la solubilidad en solventes no polares, mientras que en consecuencia se redujo la solubilidad en solventes

polares (H₂O, acetona y acetonitrilo), la reactividad (García *et al.*, 2016). Por tal motivo, es importante conocer el posible potencial tóxico que pudieran tener tanto los polifenoles modificados por este método; así como los no modificados; considerando que en muchos casos son utilizados como aditivos para plásticos y otros materiales. Adicionalmente, es bien conocido que la lignina es menos tóxica que los taninos, de ahí su elevado potencial para el desarrollo de biomateriales.

Los ensayos de toxicidad son empleados para reconocer y evaluar los efectos de los contaminantes sobre la biota, en estos se utilizan tejido vivo, organismo, o grupo de organismos como reactivo para evaluar los efectos de cualquier sustancia fisiológicamente activa. Los organismos deben estar en buenas condiciones de salud, previamente aclimatados a las condiciones del ensayo, y se mantienen en condiciones ambientales constantes. Además, se dispone de grupos de control (que no se exponen al tóxico). Luego se miden y evalúan los efectos biológicos observados en cada uno de los grupos control y tratados y posteriormente, se efectúa un análisis estadístico de los datos obtenidos (Cricyt, 2009). Para realizar este trabajo se utilizaron cuatro bioindicadores *Pseudokirchneriella subcapitata* (microalga), *Lactuca sativa* (planta), *Raphanus raphanistrum* (planta) y *Daphnia magna* (microcrustáceo).

La microalga verde, *Pseudokirchneriella subcapitata* (Fig.4), anteriormente denominada *Selenastrum capricornutum* sp., es el más utilizado como organismos de prueba o de referencia en ensayos de toxicidad, que viven en cuerpos de agua dulce y es una buena representante de los productores primarios en las redes alimenticias de ambiente dulceacuícolas (Larsen, 2002).



Figura 4. Vista microscópica de *P. subcapitata*.

Fuente: <http://ecotox.ibot.cas.cz/temp-sbirka/foto/B002.jpg>

P. subcapitata se presenta en diversos medios acuáticos, siempre y cuando tenga suficiente luz. Es autótrofa obligatoria. Las células en los cultivos son solitarias excepto durante la división celular, en la que forman una especie de racimos. Las células tienen una forma helicoidal, por lo general semicircular. La reproducción es por división de la célula madre en 2, 4 u 8 células hijas (Prades, 2014).

Algunas microalgas son consideradas un ejemplar de estudio para la realización de bioensayos de toxicidad, esto por su alta sensibilidad frente a diversas sustancias químicas, sus requerimientos nutricionales son conocidos, poseen una alta tasa de crecimiento lo que permite en pocos días conocer la densidad y el efecto causado por un agente tóxico, y se destaca por su fácil y relativamente sencilla manipulación en laboratorio (Córdova *et al.*, 2009).

El ensayo de toxicidad con *L. sativa* es una prueba estática aguda, en la que se pueden evaluar los efectos fitotóxicos de compuestos puros o de mezclas complejas en el proceso de germinación de las semillas y en el desarrollo de las plántulas durante los primeros días de crecimiento, siendo por lo tanto una etapa de gran sensibilidad frente a factores externos adversos (Fig.5). A diferencia de la prueba tradicional de germinación de semillas, la evaluación del efecto en la elongación de la radícula y del hipocótilo de las plántulas permite evaluar el efecto tóxico de compuestos solubles presentes en niveles de concentración tan bajos que no son suficientes para inhibir la germinación, pero que sin embargo pueden retardar o inhibir completamente los procesos de elongación de la radícula o del hipocótilo, dependiendo ello del modo y sitio de acción del compuesto. De esta manera, la inhibición en la elongación de la radícula e hipocótilo constituyen

indicadores subletales muy sensibles para la evaluación de efectos biológicos en vegetales, aportando información complementaria a la proporcionada al estudiar el efecto en la germinación (Sánchez *et al.*, 2004).

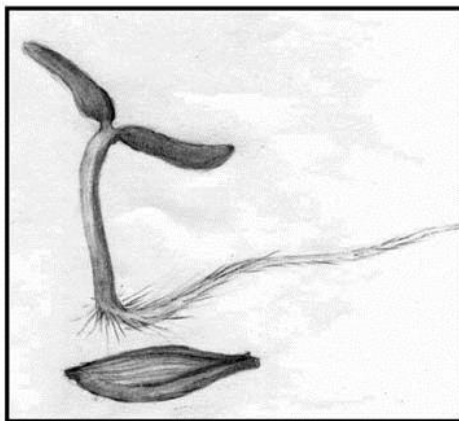


Figura 5. Morfología de la semilla y la plántula de lechuga y rabanito (*L. sativa* y *R. raphanistrum*).

Fuente: <https://www.idrc.ca/sites/default/files/openebooks/147-7/index.html>

Raphanus raphanistrum subsp. Sativus es un tipo de hortaliza que forma parte, junto a las coles y los berros, de la familia de las crucíferas. Se conocen seis especies de rábanos, pero sólo se cultiva el *R. Sativus*. Esta especie es frecuentemente utilizada para determinar el potencial contaminante de diferentes tipos de compuestos (Lee *et al.*, 2012).

Su fácil uso en los laboratorios de ecotoxicología lo colocan como una buena opción para la evaluación del efecto inhibitor del crecimiento indebido por dosis crecientes de polifenoles (Agarwal *et al.*, 2016); ya que constituye una especie que en muchas ocasiones aporta información adicional para entender el cuadro de toxicidad de compuestos complejos.

Daphnia magna (Fig.6) es un microcrustáceo, empleado como bioindicador ambiental de efluentes dulciacuícolas en ensayos ecotoxicológicos (Núñez & Hurtado, 2005). El género *Daphnia* se ubica dentro del orden cladócero de la clase crustácea, son utilizadas extensivamente en pruebas de toxicidad. Es un organismo muy representativo y eficiente para analizar, ya que posee un corto

ciclo de vida y fácil manipulación, además de permitir determinar la letalidad potencial de sustancias puras, aguas residuales domésticas, aguas superficiales u subterráneas, entre otros (Díaz *et al.*, 2004).



Figura 6. Vista microscópica de la morfología externa de *D. magna*.

Fuente:<http://p-rosso.blogspot.cl/2011/06/daphnia-o-pulga-de-agua-alimento.html>

Este microcrustáceo se reproduce durante todo el año, por partenogénesis, producen huevos diploides los cuales eclosionan dando hembras partenogénesis durante muchas generaciones. El desarrollo es directo y cuando los juveniles abandonan la cámara de incubación, situada bajo el caparazón, el exoesqueleto se desprende, se produce la muda y una nueva puesta es expulsada dentro de la cámara incubadora (Fig.7) (Villarrol, 2004). No obstante, también tienen reproducción sexual. *D. magna* vive en zonas donde el agua tiene una gran cantidad de minerales debido a la eutrofización. En lo que respecta a su alimentación, la *Daphnia* es un crustáceo depredador, se pueden alimentar de bacterias, algas, detritus y de zooplancton de menor tamaño. En su pequeño mundo son ávidos devoradores de infusorios, que en algunos casos constituye su única fuente de alimentación (Pérez & Blanco, 2010).

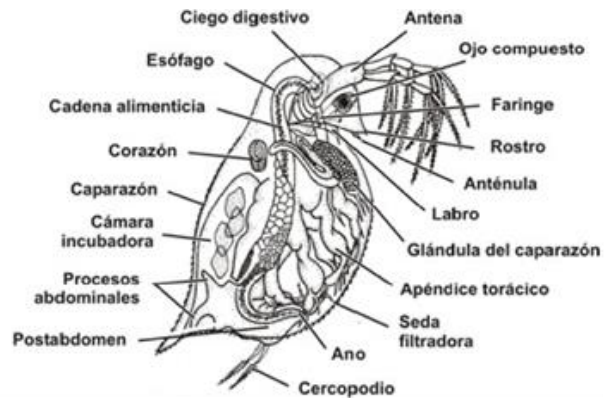


Figura 7. Morfología interna *D. magna*.

Fuente: <http://biologiatresquintosemestre.blogspot.cl/2016/09/>

De acuerdo con lo anterior el objetivo de esta investigación fue evaluar el perfil ecotoxicológico de polifenoles y sus derivados modificados por hidroxipropilación, sobre los organismos bioindicadores, a través de mediciones experimentales sobre la inhibición en el crecimiento de la biomasa en *P. subcapitata*, evaluación del efecto en la germinación de *L. sativa* y *R. raphanistrum*; y la mortalidad e identificación de alteraciones morfológicas en *D. magna*. Con ello demostrar que estos compuestos polifenólicos altamente deseables para el diseño de biomateriales puedan ser óptimos y no contaminantes.

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

2.1 Hipótesis

Los polifenoles (taninos condensados y lignina) se encontrarán significativamente afectado por el tipo de estructura molecular y la modificación química (hidroxipropilación), cuando son evaluados su perfil ecotoxicológico mediante cuatro especies bioindicadoras (*Pseudokirchneriella subcapitata*, *Lactuca sativa*, *Raphanus raphanistrum* y *Daphnia magna*).

2.2 Objetivo General

Evaluar el perfil ecotoxicológico de diversos polifenoles y sus derivados modificados por hidroxipropilación mediante el uso de cuatro bioindicadores (*Pseudokirchneriella subcapitata*, *Lactuca sativa*, *Raphanus raphanistrum* y *Daphnia magna*).

2.3 Objetivos Específicos

- Determinar el efecto en el crecimiento celular de la microalga *P. subcapitata* expuestas a concentraciones crecientes de taninos condensados y lignina con sus respectivas modificaciones.
- Determinar la inhibición en la germinación y el crecimiento de *L. sativa* y *R. raphanistrum* expuestas a concentraciones crecientes de taninos condensados y lignina con sus respectivas modificaciones.
- Determinar la toxicidad aguda y crónica en *D. magna* expuesta a concentraciones crecientes de taninos condensados y lignina con sus respectivas modificaciones.
- Establecer posibles relaciones estructura – efecto ecotoxicológico a los bioindicadores de prueba, mediante una caracterización de los polifenoles utilizados.

3. METODOLOGÍA

La realización de esta investigación en conjunto con el desarrollo del procedimiento experimental, se llevó a cabo en el Laboratorio de Toxicología en la Facultad de Ciencias de la Universidad Católica de la Santísima Concepción.

3.1 Preparación de soluciones stock de taninos condensados y lignina con su respectiva modificación (hidroxipropilado).

Para la realización de los ensayos se utilizaron doce muestras de polifenoles naturales (Taninos de *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus*, *Schinopsis balanceae* (Quebracho), *Acacia mearnsii* (Mimosa); Lignina de *P. radiata* y *E. globulus*) y sus modificaciones con óxido de propileno (hidroxipropilación).

Los polifenoles fueron pesados (0,001 gr de muestra aproximadamente) y llevados a un matraz Erlenmeyer de 1000 mL con agua destilada, obteniéndose las soluciones stock de las muestras de polifenoles y sus modificaciones (hidroxipropilado). Una vez obtenidas las soluciones, se procedió preparar las disoluciones de cada compuesto fenólico en un rango de concentraciones de 0,01; 0,1; 1; 10 y 100 mgL⁻¹.

3.2 Prueba de toxicidad con *Pseudokrichneriella subcapitata*.

Se utilizó las microalgas obtenidos del Laboratorio de toxicología de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, y se realizó bajo la NCh2083 Of. (1999).

Las pruebas de inhibición de crecimiento con *P. subcapitata* (toxicidad crónica) se realizaron en tubos de ensayo transparentes y esterilizados de 10 mL de vidrio; en el cual se añadieron 5,0 mL de las diluciones previamente preparadas de cada muestra de los taninos y lignina, posteriormente a esto se le agrego 1,0 mL de un inóculo de microalgas con la densidad celular óptima ($4,75 \times 10^4$ células mL⁻¹) incluyendo controles. Cada tratamiento se realizó en triplicado. Las pruebas de microalgas se llevaron a cabo en condiciones controladas de iluminación continua con luz blanca fría de 11.000 lux y temperatura 20-21°C.

La concentración de biomasa se determinó diariamente durante el transcurso del experimento, desde tiempo 0 hasta las 72 horas en términos de densidad óptica (USEPA, 2002) a 680 nm, utilizando un colorímetro Nannocolor PT-3 MACHEREY-NAGEL.

En la tabla 1 se resume las condiciones experimentales implementadas en la prueba de toxicidad.

Tabla 1. Condiciones experimentales para el desarrollo del ensayo de toxicidad crónica con *P. subcapitata*.

Bioensayo Crónico	Características
Duración de la prueba (h)	72
Temperatura (°C)	20 - 21
Fotoperiodo (lux)	Iluminación continua 11.000
Longitud de onda	680 nm
Volumen de solución de prueba	6 mL
Réplicas por concentración	3
Criterio de toxicidad	Inhibición de crecimiento

3.3 Prueba de toxicidad con *Lactuca sativa* y *Raphanus raphanistrum*.

Se emplearon semillas de *L. sativa* (lechuga) y *R. raphanistrum* (rabanito), obtenidas de manera comercial en formato de sachet; para la realización del ensayo de toxicidad. Para *R. raphanistrum* se utilizó la metodología de García *et al.*, 2015 con pequeñas variaciones y para *L. sativa* se utilizó la metodología utilizada por la USEPA, 1993.

Este bioensayo de toxicidad es el más utilizado en la actualidad y ha sido recomendado y aplicado por diferentes organismos de protección ambiental (USEPA, 1993) para la evaluación ecotoxicológica de muestras ambientales, compuestos puros, además de la evaluación del efecto fitotóxico de plaguicidas, control de efluentes, evaluación de lodos, lixiviados, calidad de aguas, toxicidad de sustancias químicas en suelos contaminados y otros (Ratto *et al.*, 2010).

Es un ensayo fácil de realizar, y económico en lo referente a requerimientos de materiales y equipos; sin embargo, se invierten muchas horas de personal en la medición de los parámetros indicadores de toxicidad, de una muestra problema (Infante & Morales, 2012).

Para el ensayo de germinación se utilizaron semillas con similares dimensiones visiblemente apreciables de tamaño, forma y color. El ensayo ecotoxicológico se ejecutó, colocando un disco de papel filtro micropore n° 1 en la base de la placa petri, posteriormente se seleccionaron 10 semillas por tratamiento las cuales fueron colocadas con la ayuda de una pinza. Posteriormente, se humedeció con 2mL de las diluciones previamente preparadas de taninos, lignina y sus respectivas modificaciones a concentraciones crecientes; evitando la formación de bolsas de aire, luego se taparon las cápsulas y fueron colocadas en bolsas plásticas para evitar la pérdida de humedad, las placas Petri fueron incubadas en la oscuridad inmediatamente después de colocar las semillas en su interior, y durante un periodo de 120 h (5 días) a una temperatura de 18 ± 1 °C, cada experimento se realizó por triplicado, más un serie triplicada de control negativo (agua destilada estéril).

En la tabla 2 se describen las condiciones experimentales implementadas en la prueba de toxicidad. Los puntos finales de evaluación de la fitotoxicidad se basaron en la comparación del efecto generado en los organismos expuestos a la muestra con respecto a la respuesta en los organismos expuestos al control negativo, sujeto a las mismas condiciones de ensayo. Transcurrido el período de exposición (120 horas), se cuantificó el efecto en la germinación y en la elongación de la radícula y del hipocótilo (Ramírez *et al.*, 2008).

La toxicidad fue expresada como toxicidad aguda, la cual se estima a través de la concentración a la cual se produce más del 50% de inhibición de la germinación de las semillas, entendiéndose que la falta de germinación es la muerte de las semillas debido al efecto tóxico en la muestra que se esté evaluando (Infante & Morales, 2012).

Tabla 2. Condiciones experimentales para el desarrollo del bioensayo de toxicidad aguda con *L. sativa*.

Bioensayo Agudo	Características
Tipo de ensayo	Estático
Temperatura (°C)	18 ± 1
Calidad de luz	Oscuridad
Volumen de la solución de prueba (mL)	2
Semillas por réplicas	10
Réplicas	3
Duración de la prueba (h)	120
Efecto medido	Inhibición en la germinación
Resultado final	Porcentaje de inhibición en la germinación
Aceptabilidad de los resultados	Germinación > 90%
Control Negativo	Agua destilada

La medida de la elongación de la radícula se considera desde el nudo (región más engrosada de la transición entra la radícula y el hipocótilo) hasta el ápice radicular. La medida de elongación del hipocótilo se considera desde el nudo hasta el sitio de inserción de los dos cotiledones (Fig.8).

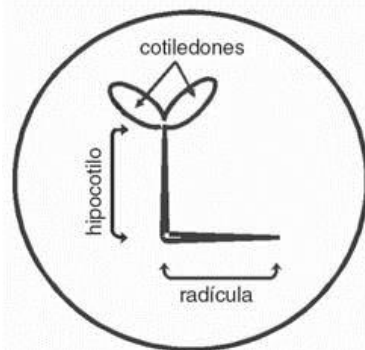


Figura 8. Esquema de plántula de *L. sativa* y *R. raphanistrum* al finalizar el periodo de exposición.

Fuente: <https://www.idrc.ca/sites/default/files/openbooks/147-8/index.html>

3.4 Prueba de toxicidad para *Daphnia magna*.

Se utilizó *D. magna*, obtenida del Laboratorio de Toxicología en la Facultad de Ciencias de la Universidad Católica de la Santísima Concepción. Se preparó las distintas soluciones de agua reconstituida, de dilución y de cultivo. Todos los procedimientos anteriormente mencionados, además de la renovación de agua y la alimentación de los cultivos, se realizará de acuerdo a la normativa chilena NCh 2083 Of. (1999).

Para el desarrollo de esta prueba de toxicidad se deberá disponer de neonatos de menos de 24 horas de nacidos, los cuales serán expuestos a disoluciones con las muestras de los polifenoles, una vez que se finalice la transferencia de los organismos, se colocarán bajo condiciones controladas de iluminación y temperatura (Tabla 3) por un periodo de 48 horas. Paralelamente para la preparación de la prueba de toxicidad, se realizará un control positivo y uno negativo, todo en triplicado. En el control negativo se utilizará agua dura reconstituida sin suplementos y para el control positivo, una solución del compuesto tóxico de referencia (Cr (VI)) trascurrido el tiempo se registra el número de organismos muertos (sin movimiento) en cada dilución de las muestras de polifenoles.

Tabla 3. Condiciones experimentales para el desarrollo del bioensayo de toxicidad aguda con *D. magna*.

Bioensayo Agudo	Características
Duración de la prueba (h)	48
Temperatura (°C)	20 ± 0,2
Fotoperíodo	16 horas de luz; 8 horas de oscuridad
Edad de los organismos	Neonatos < 24 horas
Organismos por tubos	5
Réplicas por concentración	3
Organismos por concentración	15
Agua reconstituida (mgL ⁻¹)	Dureza: 250 ± 25
Agua de dilución	CaCO ₃ ; pH: 7,8 ± 0,2
Oxígeno disuelto	Sobre un 80% de saturación
Criterio de toxicidad	Mortalidad LC ₅₀
Criterio de aceptabilidad	Sobrevivencia de Controles sobre 90%

LC₅₀ = Concentración Letal media.

Se evaluó la toxicidad aguda utilizando neonatos de *D. magna* menores a 24 h de vida. Cinco de estos organismos fueron depositados en tubos de ensayos de 10 mL con 1 mL de su medio de cultivo, posteriormente se adicionaron 5,0 mL de las distintas disoluciones preparadas de los taninos, lignina y sus derivados modificados durante 48 horas, sin recambio ni alimentación. Transcurrido el tiempo de exposición, se evaluó la mortalidad de los organismos expresada en porcentaje de mortalidad.

3.4.1 Prueba de toxicidad crónica con *D. magna*.

Se realizó un ensayo de toxicidad crónica con *D. magna*, en el cual se utilizaron cinco neonatos (< 24 horas de nacidos) por replica, los que fueron expuestos durante 21 días con una alimentación de *P. subcapitata*, previamente contaminadas con estos 6 polifenoles: PRI, PRI6, PRS, PRS6, LE y LE6 respectivamente; las cuales fueron 10,0 mgL⁻¹ y 50,0 mgL⁻¹ para las 6 muestras de

polifenoles. Se realizó cada 48 horas recambio del medio, en conjunto con alimentación diaria, consistente en 2,0 mL de microalgas para cada tratamiento.

El ensayo se efectuó a temperatura y fotoperiodo controlado, $18\pm 1^{\circ}\text{C}$ con 16 h luz y 8 h oscuridad. Posteriormente transcurridos los 21 días de alimentación continua a los que se expusieron los organismos, se evaluó la longitud promedio de los cladóceros nacidos, y malformaciones en caparazón, espina caudal y antenas (ASTM, 1988). Estas últimas se evaluaron mediante el uso de un microscopio ARQUIMED, CX31 OLYMPUS.

3.5 Análisis Estadístico

Los datos de mortalidad obtenidos de los bioensayos fueron analizados estadísticamente mediante el programa computacional Probit (USEPA, 1993), también conocido como método de unidades probabilísticas, con el fin de evaluar la relación dosis-respuesta de las muestras, sobre los organismos, en términos de la LC_{50} (Concentración Letal media). Esto lo realizó el programa, ajustando los valores de mortalidad mediante una técnica de probabilidad para estimar los valores que siguen una distribución logarítmica de tolerancias.

El porcentaje de organismos afectados o muertos por la acción tóxica de una sustancia, se transformará a unidades Probit, permitiendo el ajuste de una línea de regresión, en la cual la concentración correspondiente al Probit 0.5 corresponderá a la cantidad de sustancia capaz de generar el efecto estudiado en la mitad de la población (Finney, 1971).

Al momento de realizar una prueba de toxicidad, se debe seguir un número razonable de repeticiones (dependiendo de lo que requiera cada prueba y organismo) y un control para lograr una estimación válida del error en los experimentos, para dar validez a los valores obtenidos como resultados. Por ende, posteriormente y para verificar si existen o no diferencias significativas entre los valores obtenidos en los respectivos bioensayos realizados, con las muestras de taninos condensados y ligninas con su respectiva modificación, se realizó una prueba de ANOVA de un factor y dos colas, obteniendo un valor del estadístico F,

que reflejó el grado de parecido que exista entre las medias que se compararon; además de una comparación post hoc o a posteriori, mediante un test de Tukey de ser necesario.

3.5 Estadística descriptiva

Para la realización de los análisis descriptivos y las correlaciones lineales de Pearson se realizaron mediante el Software SPSS Statistics (versión22), los análisis de estadística descriptiva y las correlaciones lineales de Pearson se realizaron para las siguientes pruebas: crecimiento de la microalga; de germinación y longitud de radícula e hipocótilo de lechuga y rabanito; de toxicidad aguda y crónica del microcrustáceo, este programa presenta las funciones principales necesarias para realizar el proceso analítico a través de la ventana “análisis de datos” (Ray *et al.*, 2016).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluación de la toxicidad sobre *P. subcapitata* a 0 y 72 horas de exposición a concentraciones crecientes de taninos condensados y lignina.

A continuación, se muestra el comportamiento del crecimiento celular de la microalga *P. subcapitata* con taninos condensados y lignina (Figura 9 al 14).

En la Fig. 9 se observa el comportamiento del crecimiento celular de la microalga *P. subcapitata* a 0 y 72 horas de exposición a concentraciones crecientes de tanino de *P. radiata* insoluble y su modificación (hidroxipropilado).

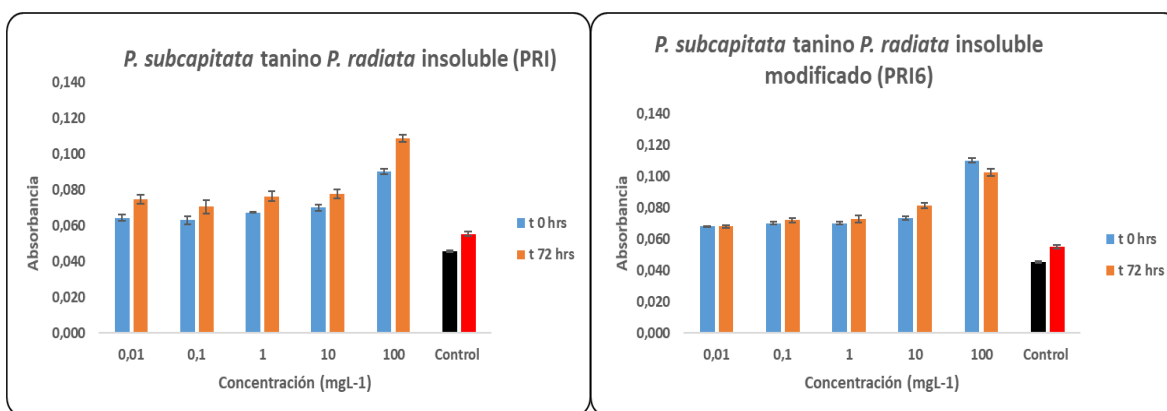


Figura 9. Densidad celular de *P. subcapitata*, a concentraciones crecientes de tanino de *P. radiata* insoluble y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad a través de la densidad celular, se observó variaciones en la biomasa celular de la especie *P. subcapitata* con la muestra de *P. radiata* insoluble (PRI) al tiempo 0 horas, presentó un aumento en la biomasa celular en todo el rango de concentraciones con respecto al control y además se observó que hubo un aumento de la absorbancia a mayor a concentración de 100mgL⁻¹ respecto a las otras concentraciones. Para el tiempo 72 horas, se presentó un aumento en la biomasa celular en todo el rango de concentraciones con respecto al control y además se observó que el mayor aumento ocurrió a la concentración de 100mgL⁻¹.

En la evaluación de la toxicidad a través de la densidad celular, se observó variaciones en la biomasa celular de la especie *P. subcapitata* con la muestra de

P. radiata insoluble modificado (PRI6) al tiempo 0 horas, presentó un aumento en la biomasa celular en todo el rango de concentraciones con respecto al control y además se observó que el mayor aumento ocurrió a la concentración de 100mgL⁻¹. Para el tiempo 72 horas, se presentó un aumento en la biomasa celular en todo el rango de concentraciones con respecto al control y además se observó que el mayor aumento ocurrió a la concentración de 100mgL⁻¹; pero la biomasa celular de la muestra PRI6 a tiempo 72 horas es menor con respecto a la misma concentración al tiempo 0 horas.

El análisis ANOVA para la muestra PRI (**Anexo 7.4.1**) arrojó un valor F calculado 48,805 > F crítico (5,12) igual a 3,106; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para la muestra PRI6 (**Anexo 7.4.2**) arrojó un valor F calculado 86,850 > F crítico (5,12) igual a 3,106; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 10, se observa el comportamiento del crecimiento celular de la microalga *P. subcapitata* a 0 y 72 horas de exposición a concentraciones crecientes de tanino de Mimosa y su modificación (hidróxipropilado).

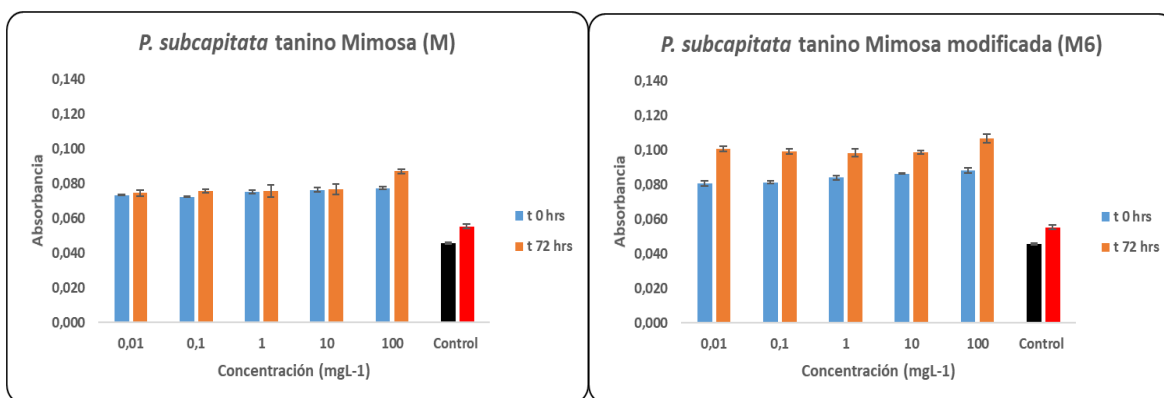


Figura 10. Densidad celular de *P. subcapitata*, a concentraciones crecientes de tanino de Mimosa y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad a través de la densidad celular, se observó variaciones en la biomasa celular de la especie *P. subcapitata* con la muestra de Mimosa (M) al tiempo 0 horas, presentó un aumento en la biomasa celular en todo el rango de concentraciones con respecto al control, pero no presentó un aumento

entre las diferentes concentraciones. Para el tiempo 72 horas, se presentó un aumento biomasa celular en todo el rango de concentraciones con respecto al control y además se observó que el mayor aumento ocurrió a la concentración de 100mgL^{-1} . En la evaluación de la toxicidad a través de la densidad celular, se observa variaciones en la biomasa celular de la especie *P. subcapitata* con la muestra de Mimosa modificada (M6) al tiempo 0 horas, presentó un aumento en la biomasa celular en todo el rango de concentraciones con respecto al control. Para el tiempo 72 horas, se presentó un aumento en la biomasa celular en todo el rango de concentraciones con respecto al control.

El análisis ANOVA para la muestra M (**Anexo 7.4.3**) arrojó un valor F calculado $23,098 > F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para la muestra M6 (**Anexo 7.4.4**) arrojó un valor F calculado $122,690 > F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 11, se observa el comportamiento del crecimiento celular de la microalga *P. subcapitata* a 0 y 72 horas de exposición a concentraciones crecientes de tanino de Quebracho y su modificación (hidroxipropilado).

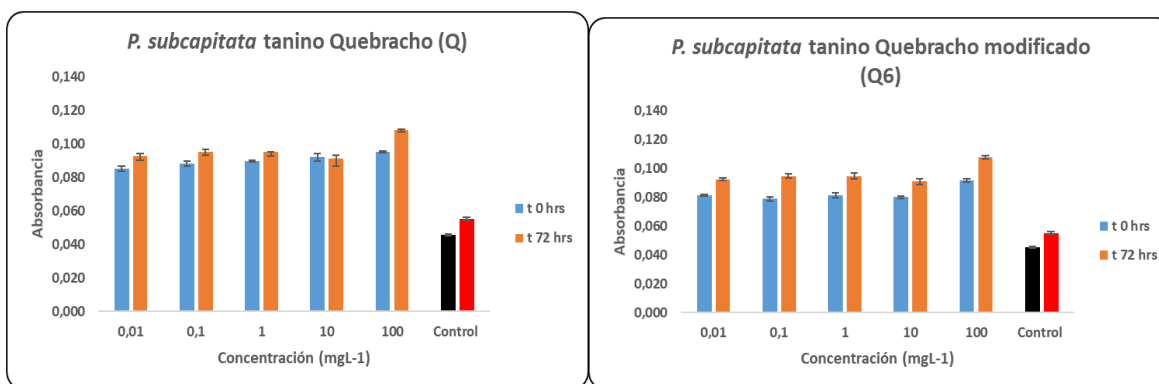


Figura 11. Densidad celular de *P. subcapitata*, a concentraciones crecientes de tanino de Quebracho y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad a través de la densidad celular, se observó observa variaciones en la biomasa celular de la especie *P. subcapitata* con la muestra de Quebracho (Q) al tiempo 0 horas, presentó un aumento en la biomasa

celular en todo el rango de concentraciones con respecto al control. Para el tiempo 72 horas, se presentó un aumento en la biomasa celular en todo el rango de concentraciones con respecto al control y además se observó que el mayor aumento ocurrió a la concentración de 100mgL⁻¹. En la evaluación de la toxicidad a través de la densidad celular, se observa variaciones en la biomasa celular de la especie *P. subcapitata* con la muestra de Quebracho modificado (Q6) al tiempo 0 horas, presentó un aumento en la biomasa celular en todo el rango de concentraciones con respecto al control y además se observó que el mayor aumento ocurrió a la concentración de 100mgL⁻¹.

El análisis ANOVA para la muestra Q (**Anexo 7.4.5**) arrojó un valor F calculado 56,288 > F crítico (5,12) igual a 3,106; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para la muestra Q6 (**Anexo 7.4.6**) arrojó un valor F calculado 130,460 > F crítico (5,12) igual a 3,106; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 12, se observa el comportamiento del crecimiento celular de la microalga *P. subcapitata* a 0 y 72 horas de exposición a concentraciones crecientes de tanino de *P. radiata* soluble y su modificación (hidroxipropilado).

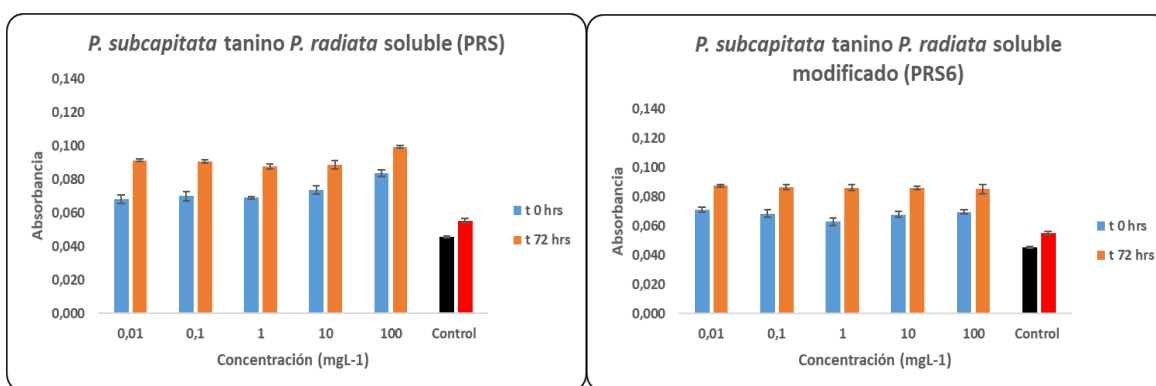


Figura 12. Densidad celular de *P. subcapitata*, a concentraciones crecientes de tanino de *P. radiata* soluble y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad a través de la densidad celular, se observó variaciones en la biomasa celular de la especie *P. subcapitata* con la muestra de *P. radiata* soluble (PRS) al tiempo 0 horas, presentó un aumento en la biomasa

celular con respecto al control y además se observó que el aumento ocurrió a concentraciones crecientes. Para el tiempo 72 horas, se presentó un aumento en la biomasa celular en todo el rango de concentraciones con respecto al control y además se observó que ocurrió una leve disminución en las concentraciones 1mgL^{-1} y 10mgL^{-1} . En la evaluación de la toxicidad a través de la densidad celular, se observó variaciones en la biomasa celular de la especie *P. subcapitata* con la muestra de *P. radiata* soluble modificado (PRS6) al tiempo 0 horas, presentó un aumento en la biomasa celular con respecto al control y además se observó que ocurrió una leve disminución en la biomasa celular en la concentración de 1mgL^{-1} . Para el tiempo 72 horas, se presentó un aumento en la biomasa celular en todo el rango de concentraciones con respecto al control sin diferencia entre las distintas concentraciones.

El análisis ANOVA para la muestra PRS (**Anexo 7.4.7**) arrojó un valor F calculado $114,500 > F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para la muestra PRS6 (**Anexo 7.4.8**) arrojó un valor F calculado $50,400 > F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 13, se observa el comportamiento del crecimiento celular de la microalga *P. subcapitata* a 0 y 72 horas de exposición a concentraciones crecientes de lignina de *P. radiata* y su modificación (hidroxipropilado).

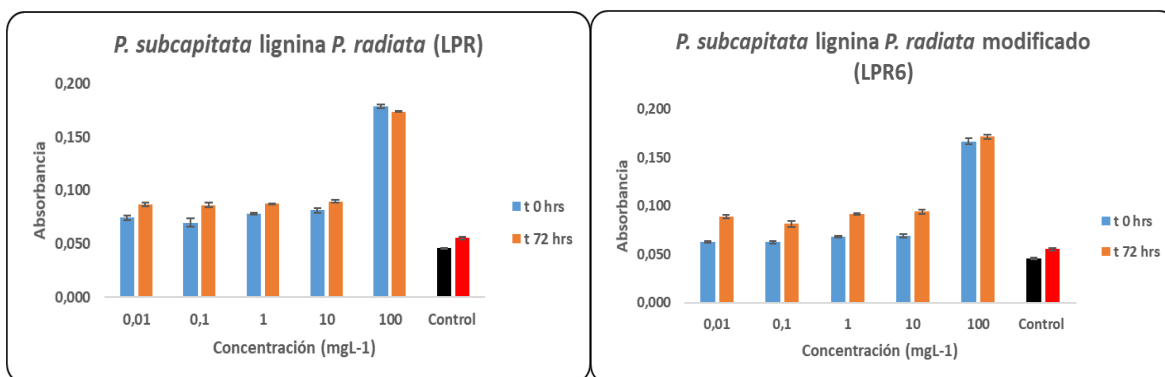


Figura 13. Densidad celular de *P. subcapitata*, a concentraciones crecientes de lignina de *P. radiata* y su modificación (hidroxipropilado)

En la evaluación de la toxicidad a través de la densidad celular, se observó variaciones en la biomasa celular de la especie *P. subcapitata* con la muestra de *P. radiata* (LPR) al tiempo 0 horas, presentó un aumento en la biomasa celular con respecto al control y además se observó que ocurrió un aumento a altas concentraciones en cambio a menor concentraciones disminuyó la biomasa celular con respecto a las distintas concentraciones. Para el tiempo 72 horas, se presentó un aumento en la biomasa celular en todo el rango de concentraciones con respecto al control y además se observó que ocurrió un mayor aumento en la concentración 100mgL^{-1} . En la evaluación de la toxicidad a través de la densidad celular, se observó variaciones en la biomasa celular de la especie *P. subcapitata* con la muestra de *P. radiata* modificado (LPR6) al tiempo 0 horas, presentó un aumento en la biomasa celular con respecto al control y además se observó que ocurrió una disminución de la biomasa celular en la concentración $0,1\text{mgL}^{-1}$ con respecto a las distintas concentraciones, también se observó un aumento en la biomasa celular en la concentración de 100mgL^{-1} . Para el tiempo 72 horas, se presentó un aumento en la biomasa celular en todo el rango de concentraciones con respecto al control y además se observó que ocurrió una disminución de la biomasa celular en la concentración $0,1\text{mgL}^{-1}$ con respecto a las distintas concentraciones, también se observó un aumento en la biomasa en la concentración de 100mgL^{-1} .

El análisis ANOVA para la muestra LPR (**Anexo 7.4.9**) arrojó un valor F calculado $870,560 > F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para la muestra LPR6 (**Anexo 7.4.10**) arrojó un valor F calculado $354,380 > F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 14, se observa el comportamiento del crecimiento celular de la microalga *P. subcapitata* a 0 y 72 horas de exposición a concentraciones crecientes de lignina de *E. globulus* y su modificación (hidroxipropilado).

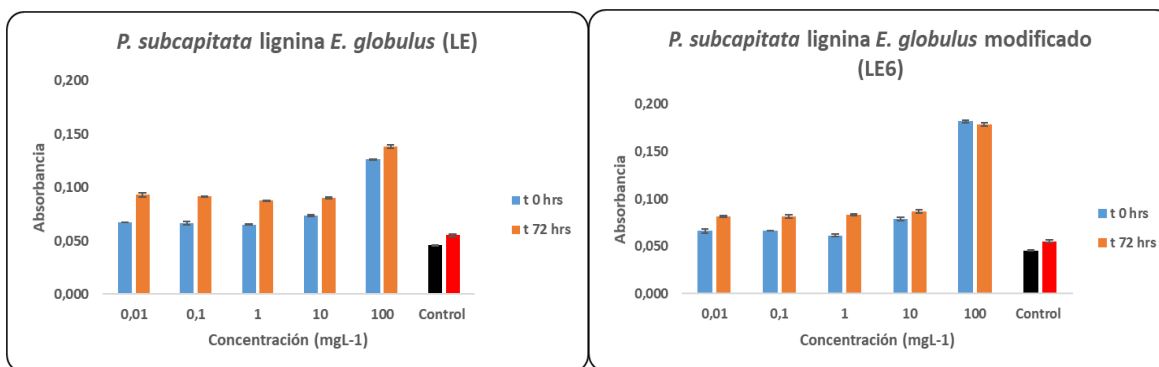


Figura 14. Densidad celular de *P. subcapitata*, a concentraciones crecientes de lignina de *E. globulus* y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad a través de la densidad celular, se observó variaciones en la biomasa celular de la especie *P. subcapitata* con la muestra de *E. globulus* (LE) al tiempo 0 horas, presentó un aumento en la biomasa celular con respecto al control y además se observó que ocurrió una disminución en la biomasa celular en las concentraciones bajas, también se observó un mayor aumento en las concentraciones altas. Para el tiempo 72 horas, se presentó un aumento en la biomasa celular en todo el rango de concentraciones con respecto al control y además se observó que ocurrió un mayor aumento en la concentración 100mgL⁻¹, también se observó una leve disminución en la concentración de 1mgL⁻¹. En la evaluación de la toxicidad a través de la densidad celular, se observó variaciones en la biomasa celular de la especie *P. subcapitata* con la muestra de *E. globulus* modificado (LE6) al tiempo 0 horas, presentó un aumento en la biomasa celular con respecto al control y además se observó que ocurrió una disminución de la biomasa celular en la concentración 1mgL⁻¹ con respecto a las distintas concentraciones, también se observó un aumento a la concentración de 100mgL⁻¹. Para el tiempo 72 horas, se presentó un aumento en la biomasa celular en todo el rango de concentraciones con respecto al control y además se observó que ocurrió una disminución de la biomasa celular en las concentraciones bajas con respecto a las distintas concentraciones, también se observó un aumento a la concentración de 100mgL⁻¹.

El análisis ANOVA para la muestra LE (**Anexo 7.4.11**) arrojó un valor F calculado $426,020 > F$ crítico $(5,12)$ igual a 3,106; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para la muestra LE6 (**Anexo 7.4.12**) arrojó un valor F calculado $770,200 > F$ crítico $(5,12)$ igual a 3,106; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula.

Discusión

Al analizar y evaluar los resultados de densidad celular obtenidos en la parte experimental, las soluciones con taninos condensados y lignina a concentraciones crecientes presentaron un comportamiento de estimulación en la biomasa celular de la especie *P. subcapitata*, tanto en las muestras con modificación como en las muestras sin modificación respecto al control. También podemos decir que los resultados entre los polifenoles fueron variados, para los taninos de *P. radiata* aumenta el crecimiento de la especie *P. subcapitata* sin modificación; para el tanino de Mimosa aumenta el crecimiento la modificación que el sin modificar; para el tanino de Quebracho aumenta el crecimiento sin modificación; para la lignina de *E. globulus* aumenta el crecimiento la modificación y para la lignina de *P. radiata* aumenta el crecimiento sin modificación.

Este efecto es comparable con los resultados obtenidos por Bohórquez-Echeverry, donde se observó que polifenoles presentes en aguas residuales no presentan una inhibición en el crecimiento de la especie *P. subcapitata* (Bohórquez-Echeverry *et al.*, 2007). Las variaciones obtenidas en los resultados también se dan por la diferencia que existe en las estructuras de los mismos polifenoles y sus modificaciones: el tanino de *P. radiata* es principalmente lineal $4 \rightarrow 8$ en su estructura, Mimosa está mayoritariamente ligado $4 \rightarrow 6$ lo que confiere una tipología “angular” en su estructura, el Quebracho posee una mezcla de enlaces $4 \rightarrow 6 / 4 \rightarrow 8$ (angular y lineal) en su estructura (García *et al.*, 2016).

La lignina presenta una estructura macromolecular con unidades unidas por varios tipos de enlaces que no se repiten con cierta frecuencia, es decir, tiene una estructura tridimensional triangular. La lignina de la muestra *E. globulus* posee una

estructura principalmente en unidades de guaiacyl (G) y la lignina de *P. radiata* posee una estructura en unidades de guaiacyl (G) y siringil (S) (Prinsen, 2010).

Teniendo en cuenta los hallazgos más relevantes en a especie *P. subcapitata* la característica de toxicidad de los polifenoles antes mencionados podría sugerirse de la siguiente manera:

Al t=0 hrs: PRS6>M>PRS>M6>PRI>Q6>Q>PRI6>LE>LPR6>LPR>LE6.

Al t=72 hrs: PRS6>M>PRS>PRI6>Q>M6>Q6>PRI>LE>LPR6>LPR>LE6.

Sin embargo, la literatura asociada a la toxicidad de las modificaciones de los polifenoles es escasa, casi nula. Se han reportado características toxicológicas de otros tipos de polifenoles (itaconico, maleico y citracónico) utilizando la especie *P. subcapitata* (García *et al.*, 2017).

El aumento positivo de los valores de A_{680} a varias concentraciones probadas es una evidencia del crecimiento de algas durante el experimento, se considera una señal típica de baja toxicidad (USEPA, 2002). Dicha especie permiten la biodegradación de varios compuestos orgánicos, incluidos fenoles (García *et al.*, 2017).

4.2 Evaluación de la toxicidad en la germinación, la longitud de radícula e hipocótilo de *L. sativa* y *R. raphanistrum* a 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de taninos condensados y lignina.

4.2.1 Evaluación de la toxicidad sobre la germinación de *L. sativa* y *R. raphanistrum* a 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de taninos condensados y lignina.

A continuación, se muestra el comportamiento de la germinación de *L. sativa* y *R. raphanistrum* con taninos condensados y lignina (figura 15 al 26).

En la Fig. 15, se observa la germinación de *L. sativa* durante 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de tanino de *P. radiata* insoluble y su modificación (hidroxipropilado).

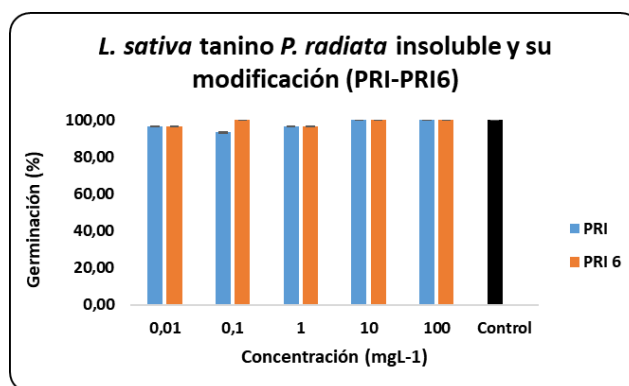


Figura 15. Germinación (%) de *L. sativa* a concentraciones crecientes de tanino de *P. radiata* insoluble y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad a través del porcentaje de germinación, se observó que no hay variaciones en la inhibición de la especie *L. sativa* con la muestra de *P. radiata* insoluble (PRI) y la muestra de *P. radiata* insoluble modificado (PRI6) en todo el rango de las concentraciones crecientes respecto al control.

Para el ensayo no se reportó Concentración Inhibitoria (CI_{50}), ya que no hubo una inhibición de la germinación de la semilla superior al 50%; por lo contrario, se observó como mínimo un 93,3% de germinación para PRI y para PRI6 se observó como mínimo un 96,7% de germinación (**Anexo 7.1**) dentro de las horas de exposición.

El análisis ANOVA para la muestra PRI (**Anexo 7.5.1**) arrojó un valor F calculado $0,667 < F$ crítico $_{(5,12)}$ igual a 3,106; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para la muestra PRI6 (**Anexo 7.5.2**) arrojó un valor F calculado $0,800 < F$ crítico $_{(5,12)}$ igual a 3,106; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 16, se observa la germinación de *L. sativa* durante 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de tanino de Mimosa y su modificación (hidroxipropilado).

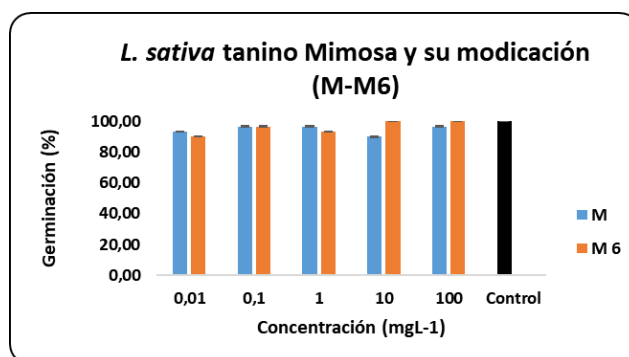


Figura 16. Germinación (%) de *L. sativa* a concentraciones crecientes de tanino de Mimosa y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad a través del porcentaje de germinación, se observó variaciones en la inhibición de la especie *L. sativa* con la muestra de Mimosa (M) en todo el rango de concentraciones respecto al control. Para la germinación de *L. sativa* con la muestra de Mimosa modificada (M6) se observó variaciones en la inhibición de la germinación a menor concentraciones y a mayor concentración se obteniendo un 100% de germinación respecto al control.

Para el ensayo no se reportó Concentración Inhibitoria (CI_{50}), ya que no hubo una inhibición de la germinación de la semilla superior al 50%; por lo contrario, se observó como mínimo un 90% de germinación (**Anexo 7.1**) para ambas muestras dentro de las horas de exposición.

El análisis ANOVA para la muestra M (**Anexo 7.5.3**) arrojó un valor F calculado $0,914 < F$ crítico $(5,12)$ igual a 3,106; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para la muestra M6 (**Anexo 7.5.4**) arrojó un valor F calculado $4,800 > F$ crítico $(5,12)$ igual a 3,106; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 17, se observa la germinación de *L. sativa* durante 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de tanino de Quebracho y su modificación (hidroxipropilado).

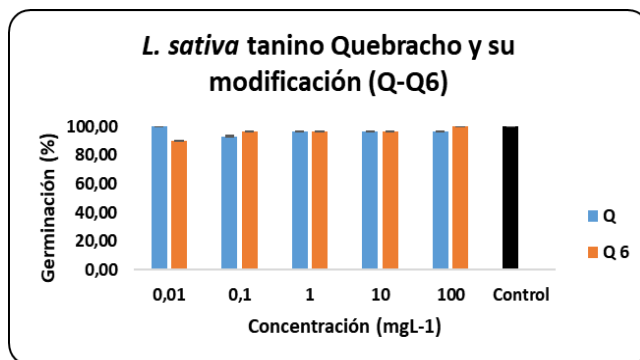


Figura 17. Germinación (%) de *L. sativa* a concentraciones crecientes de tanino de Quebracho y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad a través del porcentaje de germinación, se observó variaciones en la inhibición de la especie *L. sativa* con la muestra de Quebracho (Q) a mayores concentraciones respecto al control y a menor concentración se obtuvo un 100% de germinación respecto al control. Para la germinación de *L. sativa* con la muestra de Quebracho modificado (Q6) también presentó un aumento en la germinación a medida que las concentraciones aumentan.

Para el ensayo no se reportó Concentración Inhibitoria (CI_{50}), ya que no hubo una inhibición de la germinación de la semilla superior al 50%; por lo contrario, se observó como mínimo un 93,3% de germinación para Q y para Q6 se observa como mínimo un 90% de germinación (**Anexo 7.1**) dentro de las horas de exposición.

El análisis ANOVA para la muestra Q (**Anexo 7.5.5**) arrojó un valor F calculado $0,486 < F$ crítico $_{(5,12)}$ igual a 3,106; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para la muestra Q6 (**Anexo 7.5.6**) arrojó un valor F calculado $2,400 < F$ crítico $_{(5,12)}$ igual a 3,106; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 18, se observa la germinación de *L. sativa* durante 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de tanino de *P. radiata* soluble y su modificación (hidroxipropilado).

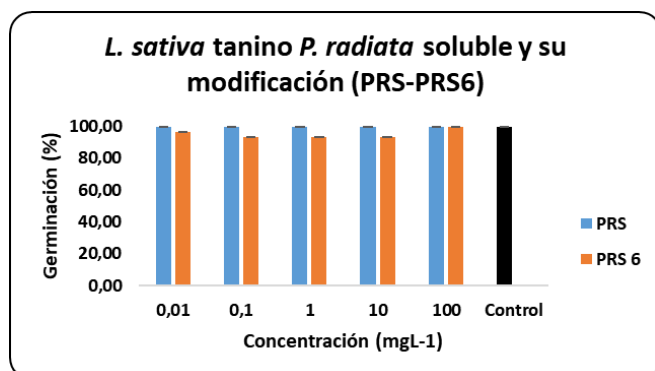


Figura 18. Germinación (%) de *L. sativa* a concentraciones crecientes de tanino de *P. radiata* soluble y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad a través del porcentaje de germinación, no se observó inhibición de la especie *L. sativa* con la muestra de *P. radiata* soluble (PRS) a través de las diferentes concentraciones se obtuvo un 100% de germinación respecto al control. Para la germinación de *L. sativa* con la muestra de *P. radiata* soluble modificado (PRS6) se presentó una inhibición en las concentraciones 0,01mgL⁻¹; 0,1mgL⁻¹; 1mgL⁻¹ y 10mgL⁻¹ respecto al control y para la concentración 100mgL⁻¹, se obtuvo un 100% de germinación.

Para el ensayo no se reportó Concentración Inhibitoria (CI₅₀), ya que no hubo una inhibición de la germinación de la semilla superior al 50%; por lo contrario, se observó una germinación del 100% (**Anexo 7.1**) para PRS y para PRS6 se observó como mínimo un 93,3% de germinación dentro de las horas de exposición.

El análisis ANOVA para la muestra PRS (**Anexo 7.5.7**) arrojó un valor F calculado $1,000 < F \text{ crítico }_{(5,12)}$ igual a 3,106; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para la muestra PRS6 (**Anexo 7.5.8**) arrojó un valor F

calculado $1,450 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 19, se observa la germinación de *L. sativa* durante 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de lignina de *P. radiata* y su modificación (hidroxipropilado).

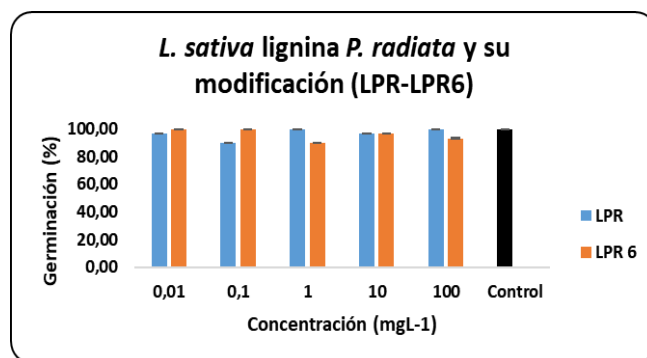


Figura 19. Germinación (%) de *L. sativa* a concentraciones crecientes de lignina de *P. radiata* y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad a través del porcentaje de germinación, se observó una inhibición de la especie *L. sativa* con la muestra *P. radiata* (LPR) en las concentraciones: $0,01\text{mgL}^{-1}$; $0,1\text{mgL}^{-1}$ y 10mgL^{-1} respecto al control y para las concentraciones: 1mgL^{-1} y 100mgL^{-1} se observó un 100% de germinación respecto al control. Para la germinación de *L. sativa* con la muestra *P. radiata* modificada (LPR6) a menor concentraciones se obtuvo un 100% de germinación respecto al control y a mayor concentración se observó una inhibición de la germinación respecto al control.

Para el ensayo no se reportó Concentración Inhibitoria (CI_{50}), ya que no hubo una inhibición de la germinación de la semilla superior al 50%; por lo contrario, se observó como mínimo un 90% de germinación (**Anexo 7.1**) para ambas muestras dentro de las horas de exposición.

El análisis ANOVA para la muestra LPR (**Anexo 7.5.9**) arrojó un valor F calculado $4,100 > F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para la muestra LPR6 (**Anexo 7.5.10**) arrojó un valor F

calculado $4,800 > F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 20, se observa la germinación de *L. sativa* durante 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de lignina de *E. globulus* y su modificación (hidroxipropilado).

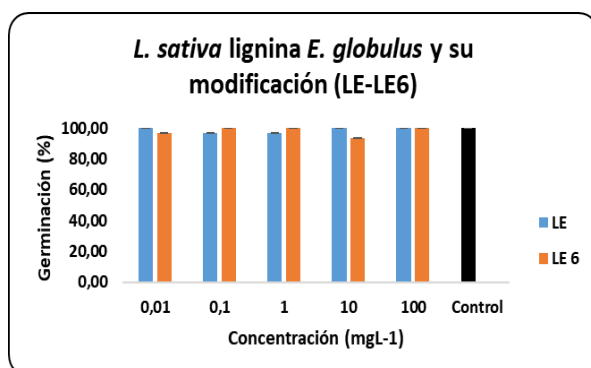


Figura 20. Germinación (%) de *L. sativa* a concentraciones crecientes de lignina de *E. globulus* y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad a través del porcentaje de germinación, se observó una inhibición de la especie *L. sativa* con la muestra *E. globulus* (LE) en las concentraciones $0,1\text{mgL}^{-1}$ y 1mgL^{-1} respecto al control y para las concentraciones $0,01\text{mgL}^{-1}$; 10mgL^{-1} y 100mgL^{-1} se observó un 100% de germinación respecto al control. Para la germinación de *L. sativa* con la muestra *E. globulus* modificada (LE6) en las concentraciones $0,1\text{mgL}^{-1}$; 1mgL^{-1} y 100mgL^{-1} se observó un 100% de germinación respecto al control y para las concentraciones $0,01\text{mgL}^{-1}$ y 10mgL^{-1} se observó variaciones en la inhibición respecto al control.

Para el ensayo no se reportó Concentración Inhibitoria (CI_{50}), ya que no hubo una inhibición de la germinación de la semilla superior al 50%; por lo contrario, se observó un mínimo de germinación del 96,7% para LE y para LE6 se observó como mínimo un 96,3% de germinación (**Anexo 7.1**) dentro de las horas de exposición.

El análisis ANOVA para la muestra LE (**Anexo 7.5.11**) arrojó un valor F calculado $0,800 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para la muestra LE6 (**Anexo 7.5.12**) arrojó un valor F calculado $2,100 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 21, se observa la germinación de *R. raphanistrum* durante 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de tanino de *P. radiata* insoluble y su modificación (hidroxipropilado).

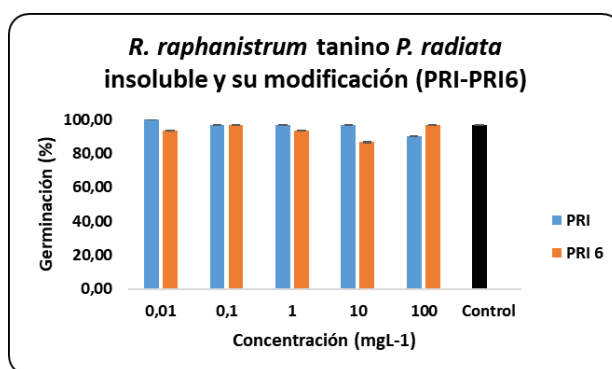


Figura 21. Germinación (%) de *R. raphanistrum* a concentraciones crecientes de tanino de *P. radiata* insoluble y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad a través del porcentaje de germinación, se observó variaciones en la inhibición de la especie *R. raphanistrum* con la muestra de *P. radiata* insoluble (PRI) a menor concentración se obtuvo un 100% de germinación respecto al control y a mayor concentración menor es el porcentaje de germinación respecto al control. Para la germinación de *R. raphanistrum* con la muestra de *P. radiata* insoluble modificado (PRI6) se presentó variaciones en la inhibición en las concentraciones $0,01\text{mgL}^{-1}$; 1mgL^{-1} y 10mgL^{-1} respecto al control y para la concentración $0,1\text{mgL}^{-1}$ y 100mgL^{-1} , se obtuvo el mismo porcentaje de germinación respecto al control.

Para el ensayo no se reportó Concentración Inhibitoria (CI_{50}), ya que no hubo una inhibición de la germinación de la semilla superior al 50%; por lo contrario, se

observó un mínimo de germinación del 90% para PRI y para PRI6 se observó como mínimo un 86,7% de germinación (**Anexo 7.2**) dentro de las horas de exposición.

El análisis ANOVA para la muestra PRI (**Anexo 7.6.1**) arrojó un valor F calculado $1,450 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para la muestra PRI6 (**Anexo 7.6.2**) arrojó un valor F calculado $0,390 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 22, se observa la germinación de *R. raphanistrum* durante 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de tanino de Mimosa y su modificación (hidroxipropilado).

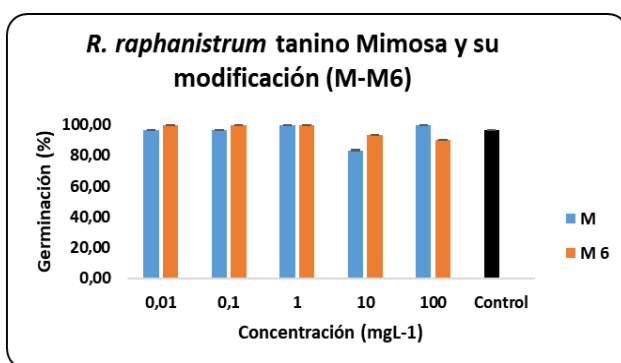


Figura 22. Germinación (%) de *R. raphanistrum* a concentraciones crecientes de tanino de Mimosa y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad a través del porcentaje de germinación, se observó una inhibición de la especie *R. raphanistrum* con la muestra Mimosa (M) a una concentración intermedia de 10mgL^{-1} respecto al control y a una germinación intermedia en las concentraciones $0,01\text{mgL}^{-1}$; $0,1\text{mgL}^{-1}$, llegando en dos de ellas (1mgL^{-1} y 100mgL^{-1}) a una germinación del 100% respecto al control. Para la germinación de *R. raphanistrum* con la muestra Mimosa modificada (M6) presentó un aumento en la germinación a concentraciones bajas.

Para el ensayo no se reportó Concentración Inhibitoria (CI_{50}), ya que no hubo una inhibición de la germinación de la semilla superior al 50%; por lo contrario, se observó un mínimo de germinación del 83,3% para M y para M6 se observó como mínimo un 90% de germinación (**Anexo 7.2**) dentro de las horas de exposición.

El análisis ANOVA para la muestra M (**Anexo 7.6.3**) arrojó un valor F calculado $5,200 > F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para la muestra M6 (**Anexo 7.6.4**) arrojó un valor F calculado $4,800 > F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 23, se observa la germinación de *R. raphanistrum* durante 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de tanino de Quebracho y su modificación (hidroxipropilado).

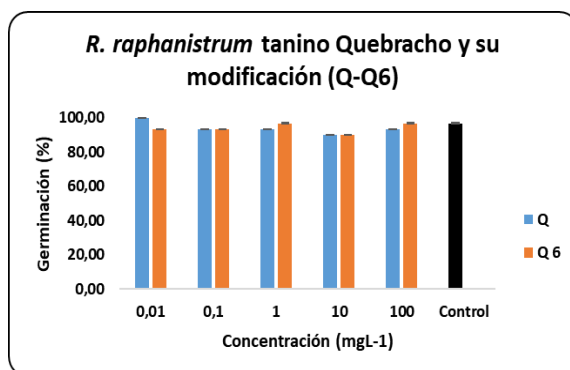


Figura 23. Germinación (%) de *R. raphanistrum* a concentraciones crecientes de tanino de Quebracho y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad a través del porcentaje de germinación, se observó una inhibición de la especie *R. raphanistrum* con la muestra Quebracho (Q) a concentraciones mayores respecto al control y a menor concentración se obtuvo una germinación del 100% respecto al control. Para la germinación de *R. raphanistrum* con la muestra Quebracho modificada (Q6) se observó una inhibición en las concentraciones $0,01\text{mgL}^{-1}$; $0,1\text{mgL}^{-1}$ y 10mgL^{-1} respecto al control y para las concentraciones 1mgL^{-1} y 100mgL^{-1} se observó el mismo porcentaje de germinación que el control.

Para el ensayo no se reportó Concentración Inhibitoria (CI_{50}), ya que no hubo una inhibición de la germinación de la semilla superior al 50%; por lo contrario, se observó un mínimo de germinación del 90% para Q y para Q6 se observó como mínimo un 90% de germinación (**Anexo 7.2**) dentro de las horas de exposición.

El análisis ANOVA para la muestra Q (**Anexo 7.6.5**) arrojó un valor F calculado $1,600 < F$ crítico $(5,12)$ igual a 3,106; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para la muestra Q6 (**Anexo 7.6.6**) arrojó un valor F calculado $0,800 < F$ crítico $(5,12)$ igual a 3,106; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 24, se observa la germinación de *R. raphanistrum* durante 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de tanino de *P. radiata* soluble y su modificación (hidroxipropilado).

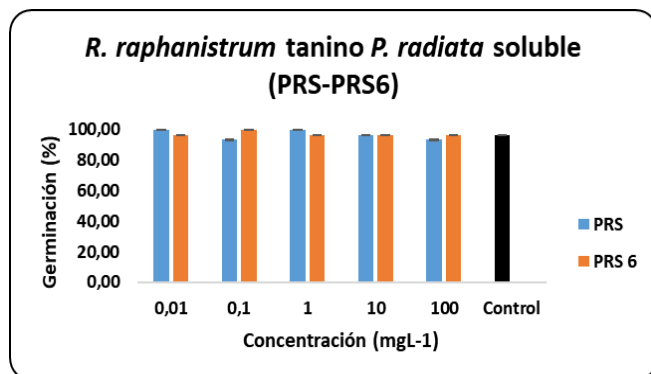


Figura 24. Germinación (%) de *R. raphanistrum* a concentraciones crecientes de tanino de *P. radiata* soluble y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad a través del porcentaje de germinación, se observó una inhibición de la especie *R. raphanistrum* con la muestra *P. radiata* soluble (PRS) en las concentraciones $0,1\text{mgL}^{-1}$ y 100mgL^{-1} respecto al control, para las concentraciones $0,01\text{mgL}^{-1}$ y 1mgL^{-1} en las cuales se observa un 100% de germinación por sobre el control y para la concentración 10mgL^{-1} se observó el mismo porcentaje de germinación que el control. Para la germinación de *R. raphanistrum* con la muestra *P. radiata* soluble modificada (PRS6) se observó la

misma germinación del control, excepto en la concentración $0,1\text{mgL}^{-1}$ (100% de germinación respecto al control).

Para el ensayo no se reportó Concentración Inhibitoria (CI_{50}), ya que no hubo una inhibición de la germinación de la semilla superior al 50%; por lo contrario, se observó un mínimo de germinación del 93,3% para PRS y para PRS6 se observó como mínimo un 96,7% de germinación (**Anexo 7.2**) dentro de las horas de exposición.

El análisis ANOVA para la muestra PRS (**Anexo 7.6.7**) arrojó un valor F calculado $1,200 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para la muestra PRS6 (**Anexo 7.6.8**) arrojó un valor F calculado $0,200 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 25, se observa la germinación de *R. raphanistrum* durante 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de lignina de *P. radiata* y su modificación (hidroxipropilado).

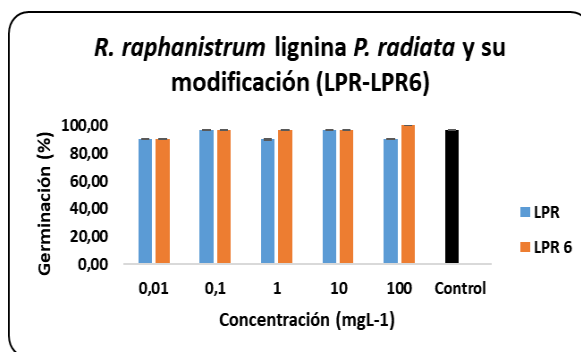


Figura 25. Germinación (%) de *R. raphanistrum* a concentraciones crecientes de lignina de *P. radiata* y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad a través del porcentaje de germinación, se observó una inhibición de la especie *R. raphanistrum* con la muestra *P. radiata* (LPR) en las concentraciones $0,01\text{mgL}^{-1}$; 1mgL^{-1} y 100mgL^{-1} respecto al control y para las concentraciones $0,01\text{mgL}^{-1}$ y 10mgL^{-1} se observó mismo porcentaje de

germinación que el control. Para la germinación de *R. raphanistrum* con la muestra *P. radiata* modificada (LPR6) en las concentraciones $0,1\text{mgL}^{-1}$; 1mgL^{-1} y 10mgL^{-1} se observó la misma germinación del control, a una menor concentración $0,01\text{mgL}^{-1}$ que se observó una inhibición de la germinación respecto al control y para una mayor concentración se observa un 100% de germinación sobre el control.

Para el ensayo no se reportó Concentración Inhibitoria (CI_{50}), ya que no hubo una inhibición de la germinación de la semilla superior al 50%; por lo contrario, se observó como mínimo un 90% de germinación (**Anexo 7.2**) para ambas muestras dentro de las horas de exposición.

El análisis ANOVA para la muestra LPR (**Anexo 7.6.9**) arrojó un valor F calculado $1,200 < F$ crítico $_{(5,12)}$ igual a 3,106; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para la muestra LPR6 (**Anexo 7.6.10**) arrojó un valor F calculado $1,450 < F$ crítico $_{(5,12)}$ igual a 3,106; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 26, se observa la germinación de *R. raphanistrum* durante 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de lignina de *E. globulus* y su modificación (hidroxipropilado).

Figura 26. Germinación (%) de *R. raphanistrum* a concentraciones crecientes de lignina de *E. globulus* y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad a través del porcentaje de germinación, no se observó inhibición de la especie *R. raphanistrum* con la muestra *E. globulus* (LE) respecto al control. Para la germinación de *R. raphanistrum* con la muestra *E. globulus* modificada (LE6) se presentó inhibición en las concentraciones $0,01\text{mgL}^{-1}$; $0,1\text{mgL}^{-1}$; 1mgL^{-1} y 10mgL^{-1} y para la concentración 100mgL^{-1} que se observó el mismo porcentaje de germinación que el control.

Para el ensayo no se reportó Concentración Inhibitoria (CI_{50}), ya que no hubo una inhibición de la germinación de la semilla superior al 50%; por lo contrario, se observó un mínimo de germinación del 96,7% para LE y para LE6 se observó como mínimo un 86,7% de germinación (**Anexo 7.2**) dentro de las horas de exposición.

El análisis ANOVA para la muestra PRS (**Anexo 7.6.11**) arrojó un valor F calculado $0,400 < F$ crítico $(5,12)$ igual a 3,106; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para la muestra PRS6 (**Anexo 7.6.12**) arrojó un valor F calculado $0,967 < F$ crítico $(5,12)$ igual a 3,106; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula.

4.2.2 Evaluación de la toxicidad sobre la longitud de radícula e hipocótilo de *L. sativa* y *R. raphanistrum* a 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de taninos condensados y lignina.

A continuación, se muestra el comportamiento de la radícula e hipocótilo de *L. sativa* y *R. raphanistrum* con taninos condensados y lignina (figura 27 al 38).

En la Fig. 27, se observa el crecimiento de radícula e hipocótilo de *L. sativa* durante 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de tanino de *P. radiata* insoluble y su modificación (hidroxipropilado).

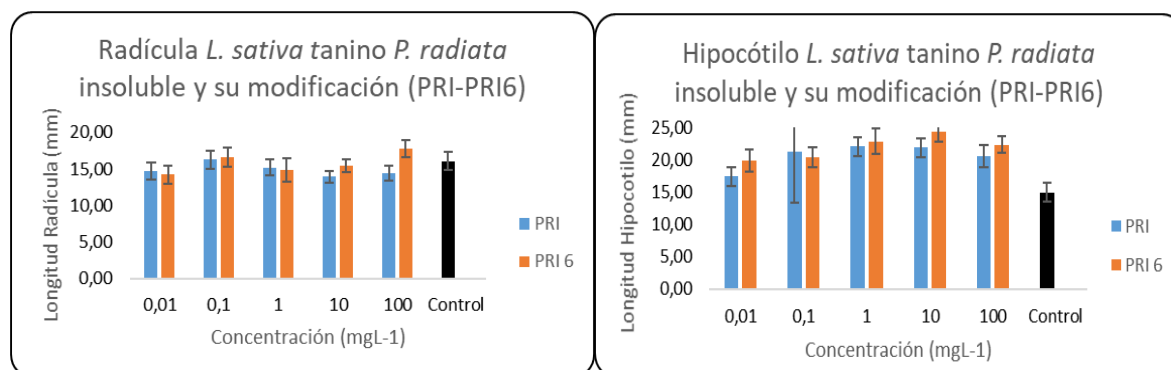


Figura 27. Longitud (mm) de radícula e hipocótilo de *L. sativa* a concentraciones crecientes de tanino de *P. radiata* insoluble y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad mediante la elongación de la radícula de la especie *L. sativa*, no se observaron diferencias de inhibición en el crecimiento mediante las concentraciones crecientes para la muestra *P. radiata* insoluble (PRI) respecto al control. Para la muestra *P. radiata* insoluble modificada (PRI6) se observó que a menor concentración menor es el crecimiento respecto al control y a mayor concentración mayor es la elongación respecto al control. En la evaluación de la toxicidad mediante la elongación del hipocótilo de la especie *L. sativa*, se observaron diferencias de inhibición en el crecimiento mediante las concentraciones crecientes de la muestra *P. radiata* insoluble (PRI) y la muestra *P. radiata* insoluble modificada (PRI6) respecto al control.

El análisis ANOVA para radícula de la muestra PRI (**Anexo 7.5.13**) arrojó un valor F calculado $0,446 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para radícula de la muestra PRI6 (**Anexo 7.5.14**) arrojó un valor F calculado $0,975 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para hipocótilo de la muestra PRI (**Anexo 7.5.25**) arrojó un valor F calculado $1,636 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para hipocótilo de la muestra PRI6 (**Anexo 7.5.26**) arrojó un valor F calculado $1,616 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 28, se observa el crecimiento de radícula e hipocótilo de *L. sativa* durante 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de tanino de *Mimosa* y su modificación (hidroxipropilado).

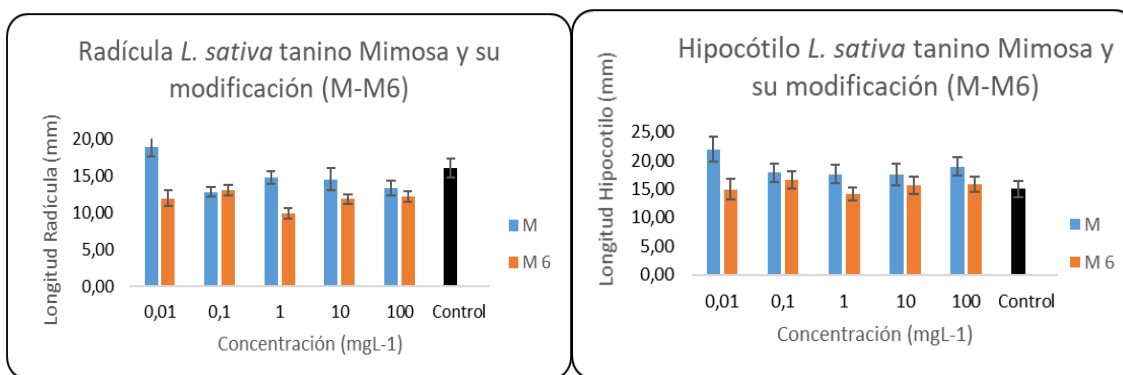


Figura 28. Longitud (mm) radícula e hipocótilo de *L. sativa* a concentraciones crecientes de tanino de *Mimosa* y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad mediante la elongación de la radícula de la especie *L. sativa*, se observaron diferencias de inhibición en el crecimiento entre la muestra *Mimosa* (M) y la muestra *Mimosa* modificada (M6) respecto al control, presentando un mayor crecimiento a menor concentración de M (0,01mgL⁻¹) respecto al control.

En la evaluación de la toxicidad mediante la elongación del hipocótilo de la especie *L. sativa*, se observaron un mayor crecimiento del hipocótilo mediante las concentraciones crecientes de la muestra *Mimosa* (M) respecto al control. Para la muestra *Mimosa* modificada (M6) se observó variaciones en la inhibición en el crecimiento en las concentraciones 0,01mgL⁻¹ y 1mgL⁻¹ respecto al control y para las concentraciones 0,1mgL⁻¹; 10mgL⁻¹ y 100mgL⁻¹ se observó un crecimiento igual y/o superior al del control.

El análisis ANOVA para radícula de la muestra M (**Anexo 7.5.15**) arrojó un valor F calculado 3,275 > F crítico (5,12) igual a 3,106; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para radícula de la muestra M6 (**Anexo 7.5.16**) arrojó un valor F calculado 2,798 < F crítico (5,12) igual a 3,106; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para hipocótilo de la muestra M (**Anexo 7.5.27**) arrojó un valor F calculado 1,035 < F crítico (5,12) igual a 3,106; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para hipocótilo

de la muestra M6 (**Anexo 7.5.28**) arrojó un valor F calculado $0,571 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 29, se observa el crecimiento de radícula e hipocótilo de *L. sativa* durante 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de tanino de *Quebracho* y su modificación (hidroxipropilado).

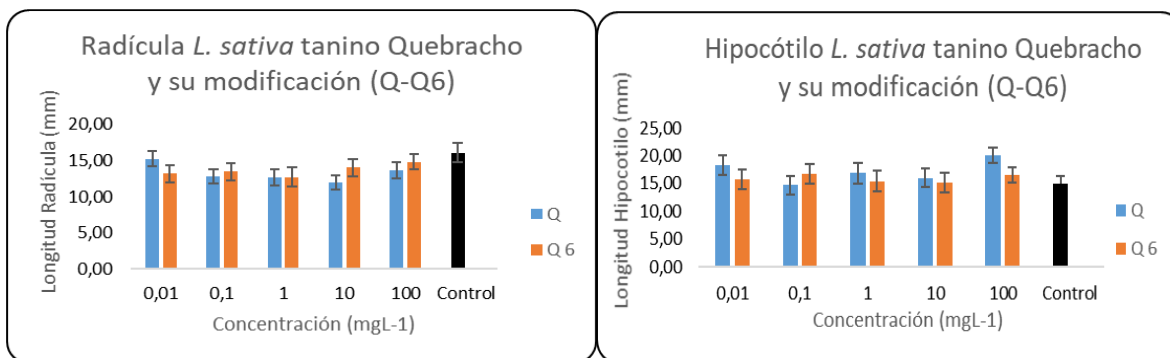


Figura 29. Longitud (mm) de *L. sativa* a concentraciones crecientes de tanino de *Quebracho* y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad mediante la elongación de la radícula de la especie *L. sativa*, se observaron diferencias de inhibición en el crecimiento mediante las concentraciones de la muestra *Quebracho* (Q) respecto al control, siendo la concentración 10mgL^{-1} la de menor valor respecto al control. Para la muestra *Quebracho* modificado (Q6) se observó un mayor crecimiento a menor concentraciones respecto al control. En la evaluación de la toxicidad mediante la elongación del hipocótilo de la especie *L. sativa*, se observaron diferencias de inhibición en el crecimiento mediante las concentraciones de la muestra *Quebracho* (Q) respecto al control, siendo la concentración $0,1\text{mgL}^{-1}$ la de menor valor respecto al control. Para la muestra *Quebracho* modificado (Q6) se observó un mayor crecimiento mediante las concentraciones respecto al control.

El análisis ANOVA para radícula de la muestra Q (**Anexo 7.5.17**) arrojó un valor F calculado $0,883 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para radícula de la muestra Q6 (**Anexo 7.5.18**)

arrojó un valor F calculado $0,245 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para hipocótilo de la muestra Q (**Anexo 7.5.29**) arrojó un valor F calculado $1,402 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para hipocótilo de la muestra Q6 (**Anexo 7.5.30**) arrojó un valor F calculado $0,212 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 30, se observa el crecimiento de radícula e hipocótilo de *L. sativa* durante 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de tanino de *P. radiata* soluble y su modificación (hidroxipropilado).

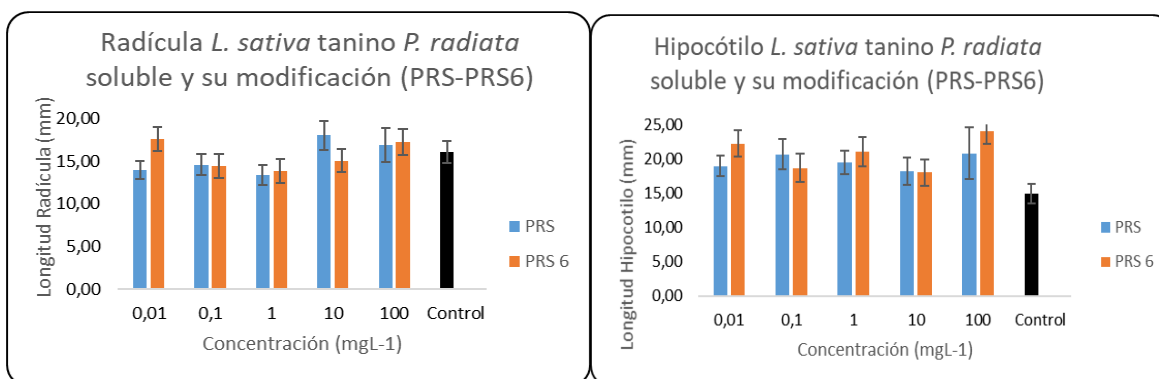


Figura 30. Longitud (mm) de radícula e hipocótilo de *L. sativa* a concentraciones crecientes de tanino de *P. radiata* soluble y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad mediante la elongación de la radícula de la especie *L. sativa*, se observaron diferencias de inhibición en el crecimiento a menor concentraciones de la muestra *P. radiata* soluble (PRS) respecto al control, en cambio a mayores concentraciones el crecimiento es mayor respecto al control. Para la muestra *P. radiata* soluble modificada (PRS6) se observó variaciones en la inhibición en el crecimiento en las concentraciones $0,1\text{mgL}^{-1}$; 1mgL^{-1} y 10mgL^{-1} respecto al control y para las concentraciones $0,01\text{mgL}^{-1}$ y 100mgL^{-1} se observó un crecimiento igual y/o superior al del control. En la evaluación de la toxicidad mediante la elongación del hipocótilo de la especie *L. sativa*, se observaron un aumento en el crecimiento a través de las diferentes concentraciones de la

muestra *P. radiata* soluble (PRS) y la muestra *P. radiata* soluble modificada (PRS6) respecto al control.

El análisis ANOVA para radícula de la muestra PRS (**Anexo 7.5.19**) arrojó un valor F calculado $2,761 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para radícula de la muestra PRS6 (**Anexo 7.5.20**) arrojó un valor F calculado $1,080 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para hipocótilo de la muestra PRS (**Anexo 7.5.31**) arrojó un valor F calculado $0,942 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para hipocótilo de la muestra PRS6 (**Anexo 7.5.32**) arrojó un valor F calculado $2,541 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 31, se observa el crecimiento de radícula de *L. sativa* durante 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de lignina de *P. radiata* y su modificación (hidroxipropilado).

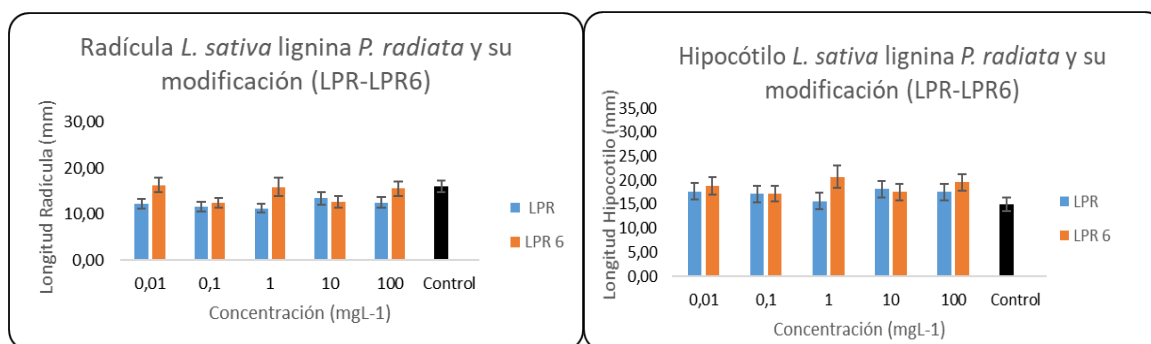


Figura 31. Longitud (mm) de radícula e hipocótilo de *L. sativa* a concentraciones crecientes de lignina de *P. radiata* y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad mediante la elongación de la radícula de la especie *L. sativa*, se observaron una inhibición en el crecimiento de la muestra *P. radiata* (LPR) en todo el rango de las concentraciones crecientes respecto al control. Para la muestra *P. radiata* modificado (LPR6) se observó variación de inhibición en el crecimiento en la concentración $0,01\text{mgL}^{-1}$ respecto al control y

para las concentraciones $0,1\text{mgL}^{-1}$; 1mgL^{-1} ; 10mgL^{-1} y 100mgL^{-1} se observó una inhibición en el crecimiento respecto al control. En la evaluación de la toxicidad mediante la elongación del hipocótilo de la especie *L. sativa*, se observan un aumento superior en el crecimiento a través de las concentraciones crecientes de la muestra *P. radiata* (LPR) respecto al control. Para la muestra de *P. radiata* modificada (LPR6) se observó un aumento en el crecimiento superior respecto al control.

El análisis ANOVA para radícula de la muestra PRI (**Anexo 7.5.21**) arrojó un valor F calculado $0,657 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para radícula de la muestra PRI6 (**Anexo 7.5.22**) arrojó un valor F calculado $0,978 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para hipocótilo de la muestra PRI (**Anexo 7.5.33**) arrojó un valor F calculado $0,304 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para hipocótilo de la muestra PRI6 (**Anexo 7.5.34**) arrojó un valor F calculado $0,648 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 32, se observa el crecimiento de radícula e hipocótilo de *L. sativa* durante 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de lignina de *E. globulus* y su modificación (hidroxipropilado).

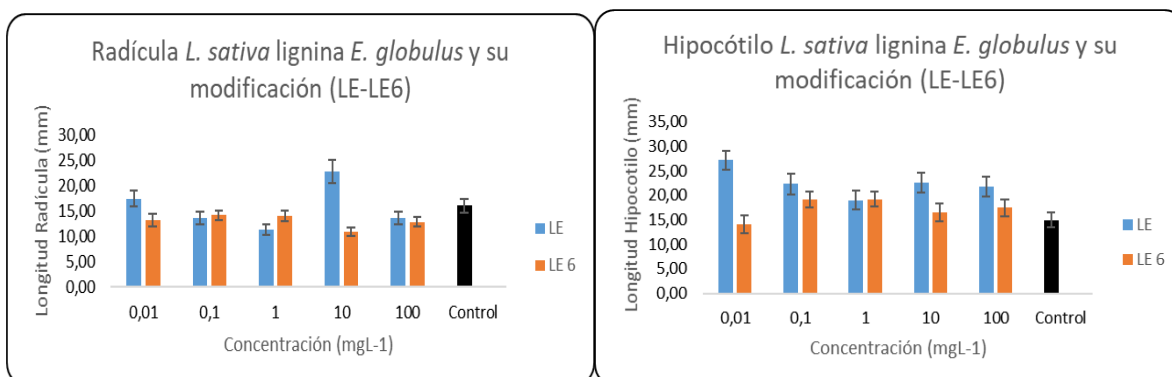


Figura 32. Longitud (mm) de radícula e hipocotilo de *L. sativa* a concentraciones crecientes de lignina de *E. globulus* y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad mediante la elongación de la radícula de la especie *L. sativa*, se observaron una inhibición en el crecimiento de la muestra *E. globulus* (LE) en las concentraciones $0,1\text{mgL}^{-1}$; 1mgL^{-1} y 100mgL^{-1} respecto al control y para las concentraciones $0,01\text{mgL}^{-1}$ y 10mgL^{-1} se observó un crecimiento superior respecto al control. Para la muestra *E. globulus* modificado (LE6) se observó una disminución de inhibición en el crecimiento en todo el rango de concentraciones crecientes respecto al control. En la evaluación de la toxicidad mediante la elongación del hipocótilo de la especie *L. sativa*, se observaron un aumento en el crecimiento de la muestra *E. globulus* (LE) superior respecto al control. Para la muestra *E. globulus* modificado (LE6) se observó una inhibición en el crecimiento en la concentración $0,01\text{mgL}^{-1}$ respecto al control y para las concentraciones $0,1\text{mgL}^{-1}$; 1mgL^{-1} ; 10mgL^{-1} y 100mgL^{-1} se observó un crecimiento superior respecto al control.

El análisis ANOVA para radícula de la muestra LE (**Anexo 7.6.23**) arrojó un valor F calculado $8,110 > F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para radícula de la muestra LE6 (**Anexo 7.6.24**) arrojó un valor F calculado $1,326 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para hipocótilo de la muestra LE (**Anexo 7.6.35**) arrojó un valor F calculado $4,069 > F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para hipocótilo de la muestra LE6 (**Anexo 7.6.36**) arrojó un valor F calculado $3,399 > F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 33, se observa el crecimiento de radícula e hipocótilo de *R. raphanistrum* durante 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de tanino de *P. radiata* insoluble y su modificación (hidroxipropilado).

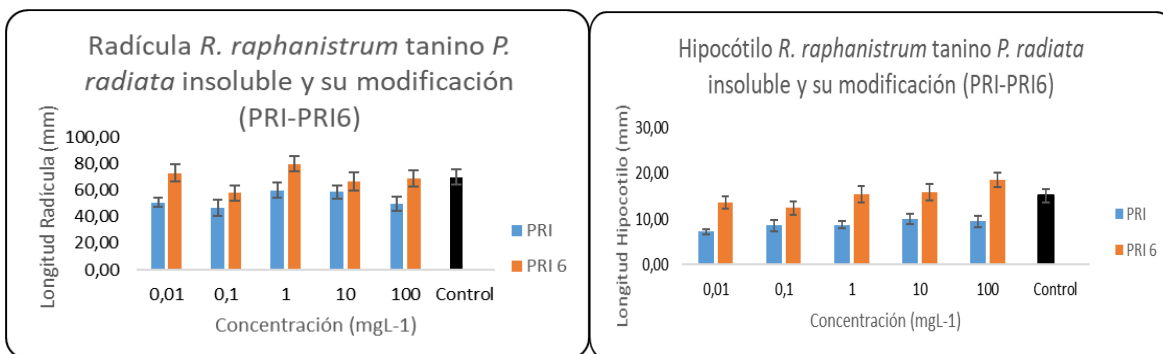


Figura 33. Longitud (mm) de radícula e hipocótilo de *R. raphanistrum* a concentraciones crecientes de tanino de *P. radiata* insoluble y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad mediante la elongación de la radícula de la especie *R. raphanistrum*, se observaron una inhibición en el crecimiento en todo el rango de concentraciones de la muestra *P. radiata* insoluble (PRI) respecto al control. Para la muestra *P. radiata* insoluble modificado (PRI6) se observó variaciones en la inhibición en el crecimiento en las concentraciones 0,1mgL⁻¹; 10mgL⁻¹ y 100mgL⁻¹ respecto al control y para las concentraciones 0,01mgL⁻¹ y 1mgL⁻¹ se observó un crecimiento igual y/o superior al del control. En la evaluación de la toxicidad mediante la elongación del hipocótilo de la especie *R. raphanistrum*, se observaron diferencias de inhibición en el crecimiento mediante las concentraciones crecientes de la muestra *P. radiata* insoluble (PRI) respecto al control. Para la muestra *P. radiata* insoluble modificado (PRI6) se observó un mayor crecimiento a mayor concentración respecto al control y a menor concentración se observó una inhibición en el crecimiento respecto al control.

El análisis ANOVA para radícula de la muestra PRI (**Anexo 7.6.13**) arrojó un valor F calculado 1,590 < F crítico (5,12) igual a 3,106; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para radícula de la muestra PRI6 (**Anexo 7.6.14**) arrojó un valor F calculado 3,483 > F crítico (5,12) igual a 3,106; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para hipocótilo de la muestra PRI (**Anexo 7.6.25**) arrojó un valor F calculado 0,285 < F crítico (5,12) igual

a 3,106; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para hipocótilo de la muestra PR16 (**Anexo 7.6.26**) arrojó un valor F calculado $1,647 < F$ crítico $(5,12)$ igual a 3,106; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 34, se observa el crecimiento de radícula e hipocótilo de *R. raphanistrum* durante 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de tanino de *Mimosa* y su modificación (hidroxipropilado).

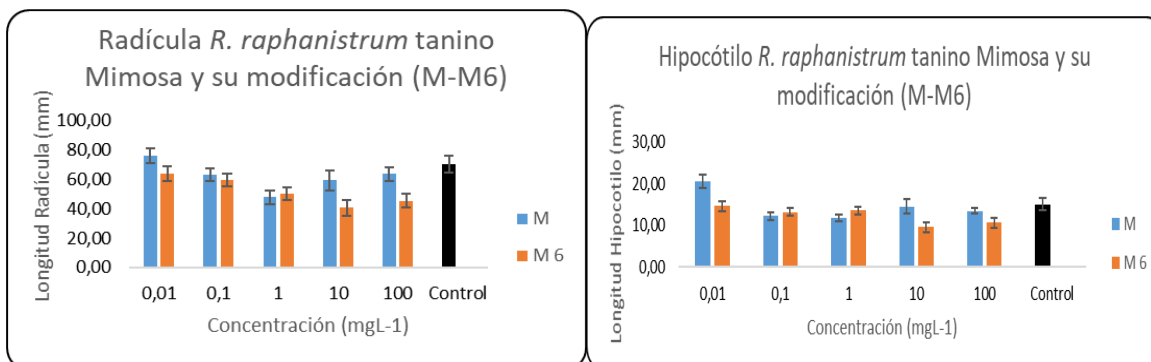


Figura 34. Longitud (mm) de radícula e hipocótilo de *R. raphanistrum* a concentraciones crecientes de tanino de *Mimosa* y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad mediante la elongación de la radícula de la especie *R. raphanistrum*, se observaron una inhibición en el crecimiento de la muestra *Mimosa* (M) en las concentraciones $0,1\text{mgL}^{-1}$; 1mgL^{-1} ; 10mgL^{-1} y 100mgL^{-1} respecto al control y para la concentración $0,01\text{mgL}^{-1}$ se observó un crecimiento superior respecto al control. Para la muestra *Mimosa* modificada (M6) se observó una inhibición en el crecimiento en todo el rango de concentraciones crecientes respecto al control. En la evaluación de la toxicidad mediante la elongación del hipocótilo de la especie *R. raphanistrum*, se observaron una inhibición en el crecimiento con la muestra *Mimosa* (M) en las concentraciones $0,1\text{mgL}^{-1}$; 1mgL^{-1} ; 10mgL^{-1} y 100mgL^{-1} respecto al control y para la concentración $0,01\text{mgL}^{-1}$ se observó un crecimiento superior respecto al control. Para la muestra *Mimosa* modificada (M6) se observó una inhibición en el crecimiento en todo el rango de concentraciones crecientes respecto al control.

El análisis ANOVA para radícula de la muestra M (**Anexo 7.6.15**) arrojó un valor F calculado $10,456 > F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para radícula de la muestra M6 (**Anexo 7.6.16**) arrojó un valor F calculado $4,677 > F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para hipocótilo de la muestra M (**Anexo 7.6.27**) arrojó un valor F $8,604 > F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para hipocótilo de la muestra M6 (**Anexo 7.6.28**) arrojó un valor F calculado $3,943 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 35, se observa el crecimiento de radícula e hipocótilo de *R. raphanistrum* durante 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de tanino de *Quebracho* y su modificación (hidroxipropilado).

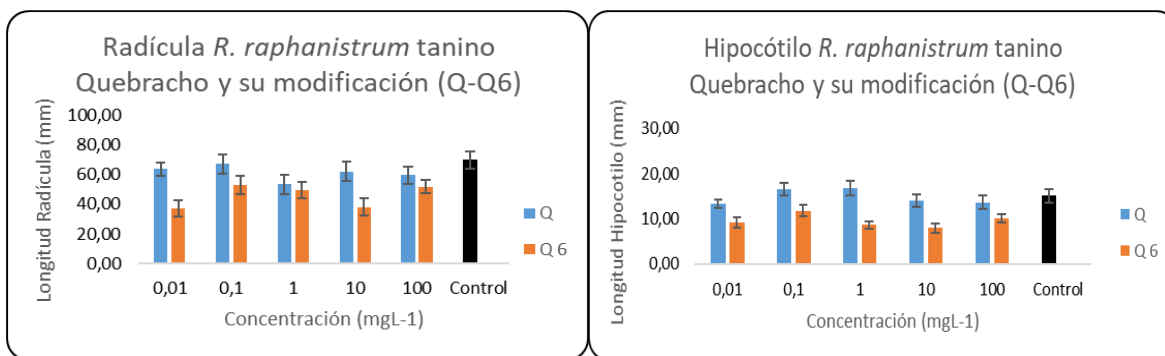


Figura 35. Longitud (mm) de radícula e hipocótilo de *R. raphanistrum* a concentraciones crecientes de tanino de *Quebracho* y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad mediante la elongación de la radícula de la especie *R. raphanistrum*, se observaron una inhibición en el crecimiento de la muestra *Quebracho* (Q) en todo el rango de concentraciones crecientes respecto al control. Para la muestra *Quebracho* modificado (Q6) se observó una inhibición en el crecimiento en todo el rango de concentraciones crecientes respecto al control. En la evaluación de la toxicidad mediante la elongación del hipocótilo de la especie *R. raphanistrum*, se observaron una inhibición en el crecimiento de la muestra *Quebracho* (Q) en las concentraciones $0,01\text{mgL}^{-1}$; 10mgL^{-1} y 100mgL^{-1}

respecto al control y para la concentración $0,1\text{mgL}^{-1}$ y 1mgL^{-1} se observó un crecimiento superior respecto al control. Para la muestra *Quebracho* modificado (Q6) se observó inhibición en el crecimiento en las concentraciones $0,01\text{mgL}^{-1}$; 1mgL^{-1} y 10mgL^{-1} respecto al control y para las concentraciones $0,1\text{mgL}^{-1}$ y 100mgL^{-1} se observó un crecimiento no superior respecto al control.

El análisis ANOVA para radícula de la muestra Q (**Anexo 7.6.17**) arrojó un valor F calculado $5,049 > F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para radícula de la muestra Q6 (**Anexo 7.6.18**) arrojó un valor F calculado $0,958 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para hipocótilo de la muestra Q (**Anexo 7.6.29**) arrojó un valor F calculado $4,277 > F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para hipocótilo de la muestra Q6 (**Anexo 7.6.30**) arrojó un valor F calculado $0,655 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 36, se observa el crecimiento de radícula e hipocótilo de *R. raphanistrum* durante 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de tanino de *P. radiata* soluble y su modificación (hidroxipropilado).

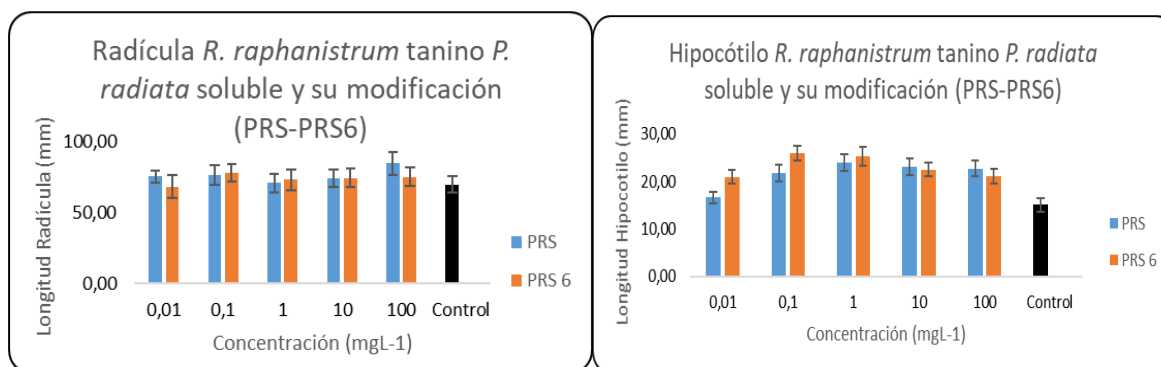


Figura 36. Longitud (mm) de radícula e hipocótilo de *R. raphanistrum* a concentraciones crecientes de tanino de *P. radiata* soluble y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad mediante la elongación de la radícula de la especie *R. raphanistrum*, no se observaron una inhibición en el crecimiento de la muestra *P. radiata* soluble (PRS) por lo contrario el crecimiento es superior respecto al control. Para la muestra *P. radiata* soluble modificado (PRS6) se observó variación de inhibición en el crecimiento en la concentración $0,01\text{mgL}^{-1}$ respecto al control y para las concentraciones $0,1\text{mgL}^{-1}$; 1mgL^{-1} ; 10mgL^{-1} y 100mgL^{-1} se observó un crecimiento superior respecto al control. En la evaluación de la toxicidad mediante la elongación del hipocótilo de la especie *R. raphanistrum*, no se observaron una inhibición en el crecimiento de la muestra *P. radiata* soluble (PRS) por lo contrario el crecimiento es superior respecto al control. Para la muestra *P. radiata* soluble modificado (PRS6) se observó un aumento en el crecimiento superior respecto al control.

El análisis ANOVA para radícula de la muestra PRS (**Anexo 7.6.19**) arrojó un valor F calculado $7,266 > F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para radícula de la muestra PRS6 (**Anexo 7.6.20**) arrojó un valor F calculado $3,316 > F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para hipocótilo de la muestra PRS (**Anexo 7.6.31**) arrojó un valor F calculado $25,285 > F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para hipocótilo de la muestra PRS6 (**Anexo 7.6.32**) arrojó un valor F calculado $14,622 > F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 37, se observa el crecimiento de radícula e hipocótilo de *R. raphanistrum* durante 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de lignina de *P. radiata* y su modificación (hidroxipropilado).

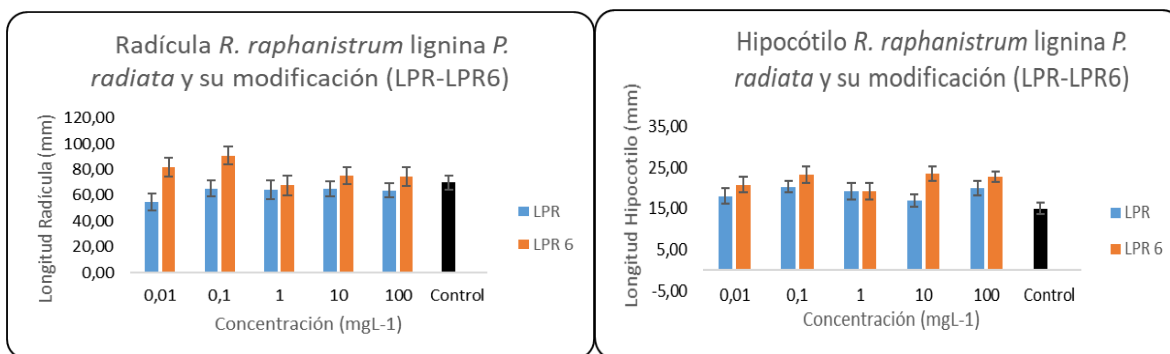


Figura 37. Longitud (mm) de radícula e hipocótilo de *R. raphanistrum* a concentraciones crecientes de lignina de *P. radiata* y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad mediante la elongación de la radícula de la especie *R. raphanistrum*, se observaron una inhibición en el crecimiento de la muestra *P. radiata* (LPR) en todo el rango de concentraciones respecto al control. Para la muestra *P. radiata* modificado (LPR6) se observó un aumento en el crecimiento en las concentraciones 0,01mgL⁻¹; 0,1mgL⁻¹; 10mgL⁻¹ y 100mgL⁻¹ superior respecto al control y en la concentración 1mgL⁻¹ se observó una disminución de inhibición en el crecimiento respecto al control. En la evaluación de la toxicidad mediante la elongación del hipocótilo de la especie *R. raphanistrum*, se observaron un aumento en el crecimiento de la muestra *P. radiata* (LPR) superior respecto al control. Para la muestra *P. radiata* modificado (LPR6) se observó un aumento en el crecimiento superior respecto al control.

El análisis ANOVA para radícula de la muestra LPR (**Anexo 7.6.21**) arrojó un valor F calculado 3,498 > F crítico (5,12) igual a 3,106; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para radícula de la muestra LPR6 (**Anexo 7.6.22**) arrojó un valor F calculado 8,413 > F crítico (5,12) igual a 3,106; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para hipocótilo de la muestra LPR (**Anexo 7.6.33**) arrojó un valor F calculado 8,514 > F crítico (5,12) igual a 3,106; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para hipocótilo de la muestra LPR6 (**Anexo 7.6.34**) arrojó un valor F calculado 10,703 > F crítico (5,12) igual a 3,106; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 38, se observa el crecimiento de radícula e hipocótilo de *R. raphanistrum* durante 120 horas de exposición a concentraciones crecientes de lignina de *E. globulus* y su modificación (hidroxipropilado).

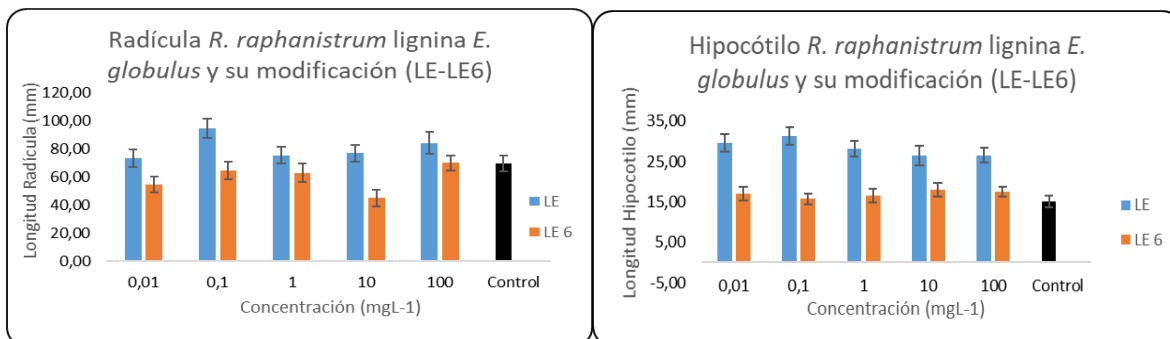


Figura 38. Longitud (mm) radícula e hipocótilo de *R. raphanistrum* a concentraciones crecientes de lignina de *E. globulus* y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad mediante la elongación de la radícula de la especie *L. sativa*, se observó un aumento en el crecimiento de la muestra *E. globulus* (LE) superior respecto al control. Para la muestra *E. globulus* modificado (LE6) se observó una inhibición en el crecimiento en las concentraciones 0,01mgL⁻¹; 0,1mgL⁻¹; 1mgL⁻¹ y 10mgL⁻¹ respecto al control y en la concentración 100mgL⁻¹ se observó un aumento en el crecimiento respecto al control. En la evaluación de la toxicidad mediante la elongación del hipocótilo de la especie *R. raphanistrum*, se observaron un aumento en el crecimiento de la muestra *E. globulus* (LE) superior respecto al control. Para la muestra *E. globulus* modificado (LE6) se observó un aumento en el crecimiento respecto al control.

El análisis ANOVA para radícula de la muestra LE (**Anexo 7.6.23**) arrojó un valor F calculado 6,748 > F crítico (5,12) igual a 3,106; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para radícula de la muestra LE6 (**Anexo 7.6.24**) arrojó un valor F calculado 4,134 > F crítico (5,12) igual a 3,106; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para hipocótilo de la muestra LE (**Anexo 7.6.35**) arrojó un valor F calculado 28,288 > F crítico (5,12) igual a 3,106; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para hipocótilo de

la muestra LE6 (**Anexo 7.6.36**) arrojó un valor F calculado 6,703 > F crítico ^(5,12) igual a 3,106; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula.

Discusión

Al analizar y evaluar los resultados de germinación, longitud de radícula e hipocótilo obtenidos en la parte experimental, las soluciones con taninos condensados y lignina a concentraciones crecientes presentaron un comportamiento de estimulación en la germinación de la especie *L. sativa*, en las muestras con modificación. Y para la longitud de radícula e hipocótilo de la especie *L. sativa*, en las muestras sin modificar y en las muestras con modificación.

Los resultados de germinación, longitud de radícula e hipocótilo obtenidos en la parte experimental, las soluciones con taninos condensados y lignina a concentraciones crecientes presentaron un comportamiento de estimulación en la germinación de la especie *R. raphanistrum*, en las muestras sin modificar y una inhibición en las muestras con modificación. Y para la longitud de radícula de la especie *R. raphanistrum*, en muestras que no estaban modificadas, en cambio las muestras modificadas presentaron una inhibición en el crecimiento del hipocótilo.

Este efecto es comparable a la acción de las hormonas de crecimiento presentes en las plantas (Macías *et al.*, 2004), por lo que podría utilizarse como un agente promotor de crecimiento en los cultivos (Aristizabal *et al.*, 2017). En la agricultura no existe mayor información sobre los usos de taninos de especies leñosas, en cambio sí hay estudios sobre taninos de especies leguminosas forrajeras en la alimentación de rumiantes lo cual han demostrado que los taninos condensados tienen efecto benéfico (Lara *et al.*, 2008).

Lo anterior es consistente con estudios previos, donde se ha encontrado que algunos polifenoles inhiben la descarboxilación de la hormona de crecimiento IAA (ácido indol acético), por lo que produce una estimulación de crecimiento de las plántulas (Li *et al.*, 2010).

La descarboxilación (Fig. 39) es un proceso de obtención (liberación) de dióxido de carbono (CO₂) a partir de una reacción química en la cual ocurre la eliminación del grupo carboxilo de un ácido carboxílico (Knoow, 2018).

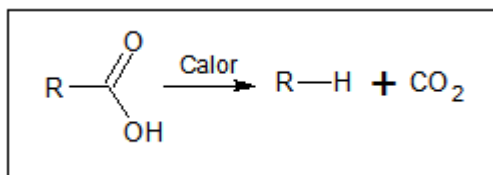


Figura 39. Reacción general de descarboxilación.

Fuente: <https://knoow.net/es/ciencias-tierra-vida/biologia-es/descarboxilacion/>

Sin embargo, para algunos casos de radícula e hipocótilo de la especie *L. sativa* la estimulación se observó solamente a bajas concentraciones; mientras que a niveles superiores a 0,1 mgL⁻¹ el efecto de inhibición fue dominante. Este comportamiento se explica considerando que el efecto de los polifenoles en modelos vegetales es dosis dependiente (García, 2014)

Vale la pena destacar que tanto en poliflavonoides como lignina la modificación química afecta positivamente la germinación, lo cual pudiera relacionarse con el grupo hidroxipropilo introducido mediante la modificación química (Fig. 40 - 41). En sentido general, esta influencia de los polifenoles modificados fue más notable con *L. sativa*, tanto a baja como a altas concentraciones. No obstante, se debe destacar que los mayores efectos fueron observados a concentraciones intermedias en la mayoría de los casos, debido a un efecto de hormesis, que se refiere a una respuesta adaptativa caracterizada por una dosis-respuesta bifásica (activación-inhibición) que puede ser, o bien directamente inducida, dependiendo del rango y amplitud del estímulo, o bien el resultado del proceso biológico (Morales, 2016).

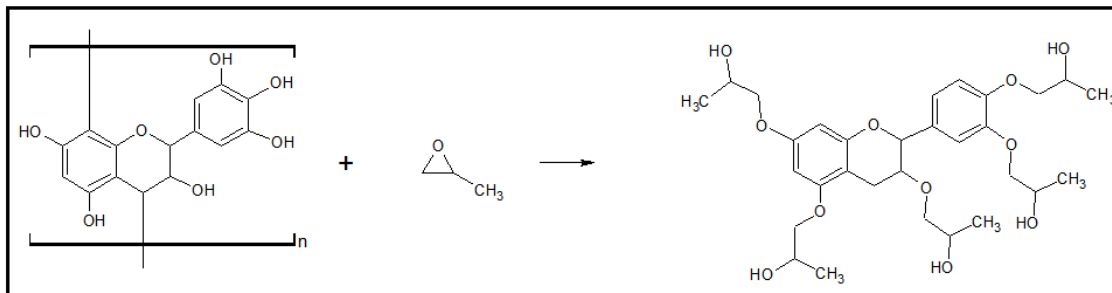


Figura 40: Estructura de la reacción química de modificación de taninos condensados con óxido de propileno.

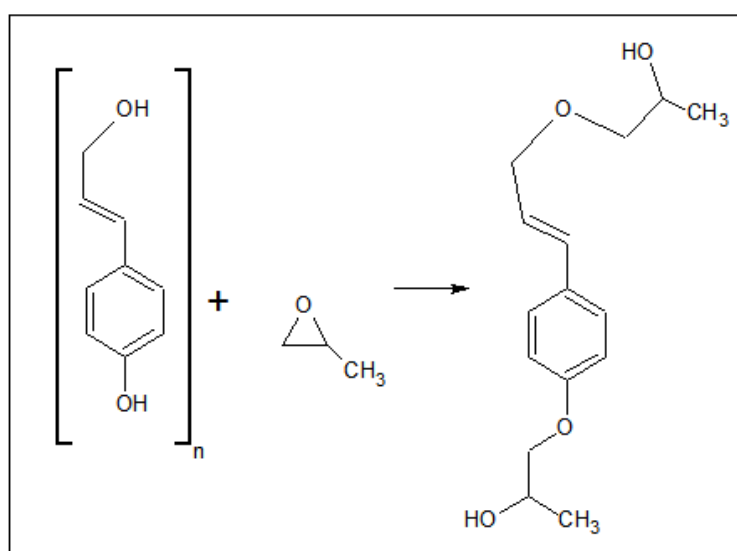


Figura 41: Estructura de la reacción química de modificación de lignina con óxido de propileno.

La reacción de “oxipropilación” es una vía alternativa para la funcionalización de taninos condensados y lignina. Esta reacción ha sido ampliamente estudiada también para la modificación de biopolímeros no fenólicos. La oxipropilación de polifenoles es una estrategia común para modificar las propiedades fisicoquímicas como, por ejemplo: mejora la solubilidad de los derivados en varios solventes orgánicos, así como la resistencia térmica (García *et al.*, 2016).

4.3. Evaluación de la toxicidad aguda (48 horas) y toxicidad crónica (21 días) sobre *D. magna* a concentraciones crecientes de taninos condensados y lignina.

4.3.1 Evaluación de la toxicidad aguda sobre *D. magna* a 48 horas a concentraciones crecientes de taninos condensados y lignina.

A continuación, se obtuvieron los resultados de toxicidad con del microcrustáceo *D. magna* con taninos condensados y lignina (Figura 42 al 47).

En la Fig. 42, se observa el comportamiento en el % mortalidad del microcrustáceo *D. magna* a 48 horas de exposición a concentraciones crecientes de tanino de *P. radiata* insoluble y su modificación (hidroxipropilado).

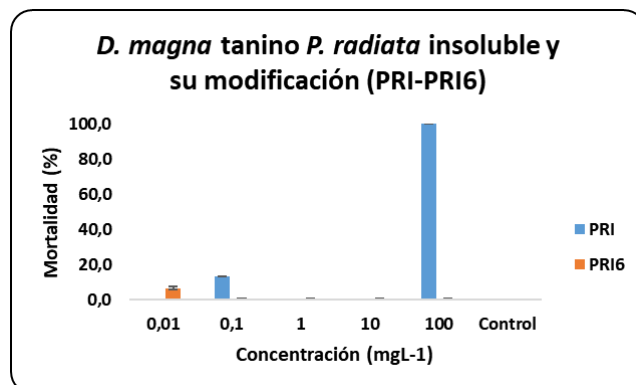


Figura 42. Mortalidad (%) de *D. magna* expuesta a concentraciones crecientes de tanino de *P. radiata* insoluble y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad a través del porcentaje de mortalidad, se obtuvo que al ser expuesta la especie *D. magna* a la muestra de *P. radiata* insoluble (PRI) por un tiempo de 48 horas, presentó un aumento en la mortalidad en las concentraciones 0,1mgL⁻¹ y 100mgL⁻¹ con respecto al control. Para la mortalidad de *D. magna* con la muestra *P. radiata* insoluble modificado (PRI6) se presentó un aumento en la mortalidad en la concentración de 0,01mgL⁻¹ con respecto al control. Además, para las concentraciones (0,1; 1; 10 y 100mgL⁻¹) se obtuvo una mortalidad igual a la experimentada por el control, siendo un 0% de mortalidad.

Para el ensayo no se reportó Concentración Letal (LC_{50}), ya que no hubo una inhibición en la mortalidad de *D. magna* superior al 50%; por lo contrario, se observó como mínimo un 100% de mortalidad para PRI y para PRI6 (**Anexo 7.3**) dentro de las horas de exposición.

El análisis ANOVA para el porcentaje de mortalidad de la muestra PRI (**Anexo 7.7.1**) arrojó un valor F calculado 217,00 > F crítico $(_{5,12})$ igual a 3,106; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para el porcentaje de mortalidad de la muestra PRI6 (**Anexo 7.7.2**) arrojó un valor F calculado 1,000 < F crítico $(_{5,12})$ igual a 3,106; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 43, se observa el comportamiento en la mortalidad del microcrustáceo *D. magna* a 48 horas de exposición a concentraciones crecientes de tanino de Mimosa (M) y su modificación (M6) (hidroxipropilado).

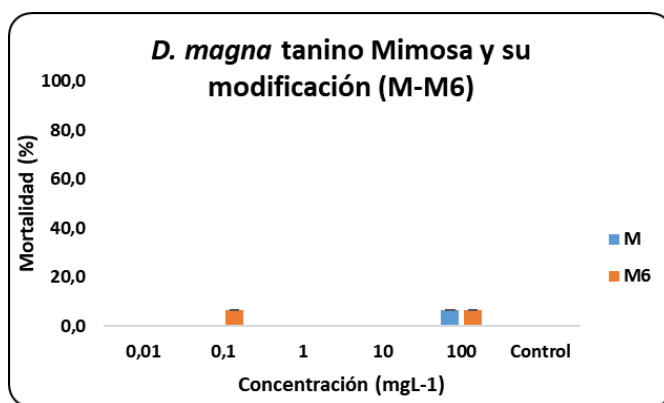


Figura 43. Mortalidad (%) de *D. magna* expuesta a concentraciones crecientes de tanino de Mimosa y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad a través del porcentaje de mortalidad, se obtuvo que al ser expuesta la especie *D. magna* a la muestra de Mimosa (M) por un tiempo de 48 horas, presentó un aumento en la mortalidad en la concentración de 100mgL⁻¹ con respecto al control. Además, para las concentraciones (0,01; 0,1; 1 y 10mgL⁻¹) se obtuvo una mortalidad igual a la experimentada por el control, siendo un 0% de mortalidad. Para la mortalidad de *D. magna* con la muestra

Mimosa modificado (M6) se presentó un aumento en la mortalidad en las concentraciones $0,1\text{mgL}^{-1}$ y 100mgL^{-1} con respecto al control. Además, para las concentraciones ($0,01$; 1 y 10mgL^{-1}) se obtuvo una mortalidad igual a la experimentada por el control, siendo un 0% de mortalidad. Para el ensayo no se reportó Concentración Letal (LC_{50}), ya que no hubo una inhibición en la mortalidad de *D. magna* superior al 50% ; por lo contrario, se observó como mínimo un 100% de mortalidad para M y para M6 (**Anexo 7.3**) dentro de las horas de exposición.

El análisis ANOVA para el porcentaje de mortalidad de la muestra M (**Anexo 7.7.3**) arrojó un valor F calculado $1,000 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para el porcentaje de mortalidad de la muestra M6 (**Anexo 7.7.4**) arrojó un valor F calculado $0,800 < F$ crítico $(5,12)$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 44, se observa el comportamiento en el % mortalidad del microcrustáceo *D. magna* a 48 horas de exposición a concentraciones crecientes de tanino de Quebracho (Q) y su modificación (Q6) (hidroxipropilado).

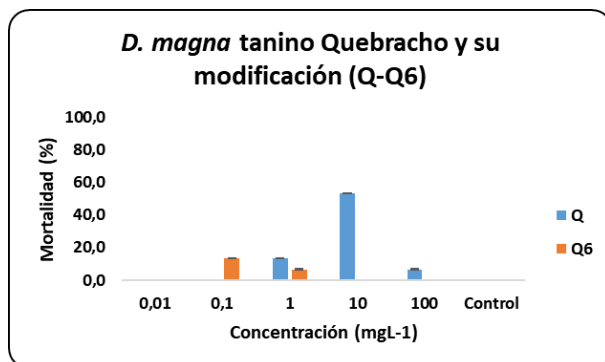


Figura 44. Mortalidad (%) de *D. magna* expuesta a concentraciones crecientes de tanino de Quebracho y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad a través del porcentaje de mortalidad, se obtuvo que al ser expuesta la especie *D. magna* a la muestra de Quebracho (Q) por un tiempo de 48 horas, presentó un aumento en la mortalidad en las concentraciones 1 ; 10 y 100mgL^{-1} con respecto al control. Además, para las concentraciones ($0,01$

y $0,1\text{mgL}^{-1}$) se obtuvo una mortalidad igual a la experimentada por el control, siendo un 0% de mortalidad. Para la mortalidad de *D. magna* con la muestra Quebracho modificado (Q6) se presentó un aumento en la mortalidad en las concentraciones $0,1$ y 1mgL^{-1} con respecto al control.

Para el ensayo no se reportó Concentración Letal (LC_{50}), ya que no hubo una inhibición en la mortalidad de *D. magna* superior al 50%; por lo contrario, se observó como mínimo un 100% de mortalidad para Q y para Q6 (**Anexo 7.3**) dentro de las horas de exposición.

El análisis ANOVA para el porcentaje de mortalidad de la muestra Q (**Anexo 7.7.5**) arrojó un valor F calculado $9,767 > F$ crítico $(_{5,12})$ igual a $3,106$; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para radícula de la muestra Q6 (**Anexo 7.7.6**) arrojó un valor F calculado $2,100 < F$ crítico $(_{5,12})$ igual a $3,106$; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 45, se observa el comportamiento en la mortalidad del microcrustáceo *D. magna* a 48 horas de exposición a concentraciones crecientes de tanino de *P. radiata* soluble (PRS) y su modificación (hidroxipropilado) (PRS6).

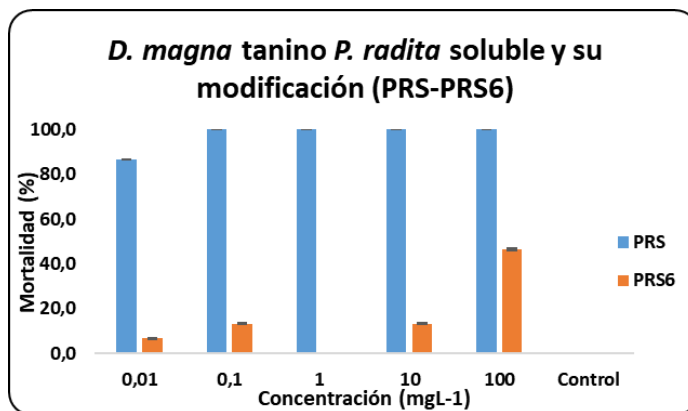


Figura 45. Mortalidad (%) de *D. magna* expuesta a concentraciones crecientes de tanino de *P. radiata* soluble y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad a través del porcentaje de mortalidad, se obtuvo que al ser expuesta la especie *D. magna* a la muestra de *P. radiata* soluble (PRS)

por un tiempo de 48 horas, presentó un aumento en la mortalidad en las distintas concentraciones con respecto al control.

Para la mortalidad de *D. magna* con la muestra *P. radiata* soluble modificado (PRS6) se presentó un aumento en la mortalidad en las concentraciones 0,01; 0,1; 10 y 100mgL⁻¹ con respecto al control. Además, para la concentración 1mgL⁻¹ se obtuvo una mortalidad igual a la experimentada por el control, siendo un 0% de mortalidad.

Para el ensayo no se reportó Concentración Letal (LC₅₀), ya que no hubo una inhibición en la mortalidad de *D. magna* superior al 50%; por lo contrario, se observó como mínimo un 100% de mortalidad para PRS y para PRS6 (**Anexo 7.3**) dentro de las horas de exposición.

El análisis ANOVA para el porcentaje de mortalidad de la muestra PRS (**Anexo 7.7.7**) arrojó un valor F calculado 217,00 > F crítico (5,12) igual a 3,106; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para el porcentaje de mortalidad de la muestra PRS6 (**Anexo 7.7.8**) arrojó un valor F calculado 1,632 < F crítico (5,12) igual a 3,106; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 46, se observa el comportamiento en la mortalidad del microcrustáceo *D. magna* a 48 horas de exposición a concentraciones crecientes de lignina de *P. radiata* (LPR) y su modificación (hidroxipropilado) (LPR6).

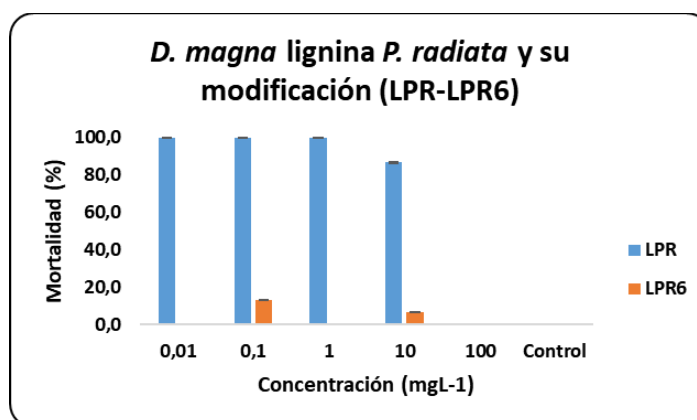


Figura 46. Mortalidad (%) de *D. magna* expuesta a concentraciones crecientes de lignina de *P. radiata* y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad a través del porcentaje de mortalidad, se obtuvo que al ser expuesta la especie *D. magna* a la muestra de *P. radiata* (LPR) por un tiempo de 48 horas, presentó un aumento en la mortalidad en las concentraciones 0,01; 0,1; 1 y 10mgL^{-1} con respecto al control; y una disminución a mayor concentración con respecto a las diferentes concentraciones. Además, para la concentración 100mgL^{-1} se obtuvo una mortalidad igual a la experimentada por el control, siendo un 0% de mortalidad. Para la mortalidad de *D. magna* con la muestra *P. radiata* modificado (LPR6) se presentó un aumento en la mortalidad en las concentraciones 0,1 y 10mgL^{-1} con respecto al control. Para el ensayo no se reportó Concentración Letal (LC_{50}), ya que no hubo una inhibición en la mortalidad de *D. magna* superior al 50%; por lo contrario, se observó como mínimo un 100% de mortalidad para LPR y para LPR6 (**Anexo 7.3**) dentro de las horas de exposición.

El análisis ANOVA para el porcentaje de mortalidad de la muestra LPR (**Anexo 7.7.9**) arrojó un valor F calculado $340,00 > F$ crítico $_{(5,12)}$ igual a 3,106; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para el porcentaje de mortalidad de la muestra PRI6 (**Anexo 7.7.10**) arrojó un valor F calculado $2,100 < F$ crítico $_{(5,12)}$ igual a 3,106; lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula.

En la Fig. 47, se observa el comportamiento en la mortalidad del microcrustáceo *D. magna* a 48 horas de exposición a concentraciones crecientes de lignina de *E. globulus* (LE) y su modificación (hidroxipropilado)(LE6).

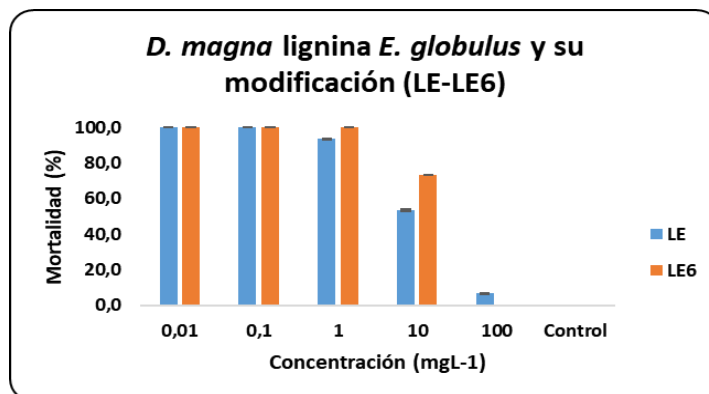


Figura 47. Mortalidad (%) de *D. magna* expuesta a concentraciones crecientes de lignina de *E. globulus* y su modificación (hidroxipropilado).

En la evaluación de la toxicidad a través del porcentaje de mortalidad, se obtuvo que al ser expuesta la especie *D. magna* a la muestra de *E. globulus* (LE) por un tiempo de 48 horas, presentó un aumento en la mortalidad en las diferentes concentraciones con respecto al control y una disminución de la mortalidad a mayor concentración con respecto a las diferentes concentraciones. Para la mortalidad de *D. magna* con la muestra *E. globulus* modificado (LE6) se presentó un aumento en la mortalidad en las concentraciones 0,01; 0,1; 1 y 10mgL⁻¹ con respecto al control y una disminución en la mortalidad a mayor concentración con respecto a las diferentes concentraciones. Además, para la concentración 100mgL⁻¹ se obtuvo una mortalidad igual a la experimentada por el control, siendo un 0% de mortalidad. Para el ensayo no se reportó Concentración Letal (LC₅₀), ya que no hubo una inhibición en la mortalidad de *D. magna* superior al 50%; por lo contrario, se observó como mínimo un 100% de mortalidad para LE y para LE6 (**Anexo 7.3**) dentro de las horas de exposición.

El análisis ANOVA para el porcentaje de mortalidad de la muestra LE (**Anexo 7.7.11**) arrojó un valor F calculado 16,189 > F crítico (5,12) igual a 3,106; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula. El análisis ANOVA para el porcentaje de mortalidad de la muestra LE6 (**Anexo 7.7.12**) arrojó un valor F calculado 328,00 > F crítico (5,12) igual a 3,106; lo que indica que se rechaza la hipótesis nula.

4.3.2 Evaluación de la toxicidad crónica sobre *D. magna* a concentraciones subletales de taninos condensados y lignina en un periodo de 21 días de exposición.

Entre los parámetros evaluados en el ensayo de toxicidad crónico con *D. magna*, las alteraciones fisiológicas se manifiestan principalmente en la antena, anténulas y espinal apical, en una exposición prolongada de 21 días tras el suministro de concentraciones subletales de taninos condensados y lignina (Figura 48 al 53).

En la Fig. 48, se muestra el efecto ocasionado por el suministro de dos concentraciones de tanino de *P. radiata* insoluble, referido a alteraciones en la fisiología externa del caparazón de *D. magna*.

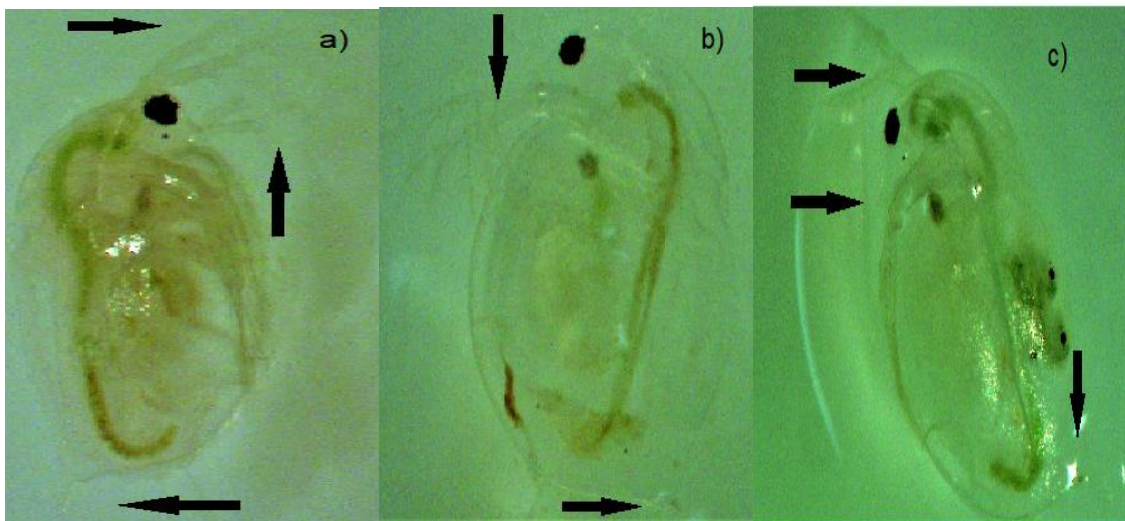


Figura 48. Morfología externa de *D. magna* expuesta a concentraciones subletales de tanino de *P. radiata* insoluble 10 mgL^{-1} (a), 50 mgL^{-1} (b) y control (c).

Como se observó en la imagen (48.a) de la figura 48, la estructura externa del caparazón expuesto a 10 mgL^{-1} de muestra de tanino de *P. radiata* insoluble; en la zona superior se establece una similitud de la antena en comparación al control (48.c), ya que en ambos casos se observan ramificaciones segmentadas en dos antenas, de igual tamaño. Otra similitud en la estructura (48.a), es la presencia de las anténulas que se encuentran bajo la boca en comparación al control (48.c). En la zona inferior, el caparazón presenta una variación en el tamaño de la espina

apical, siendo de mayor tamaño y longitud, respecto a la exhibida por el ejemplar del control (48.c)

La exposición a 50 mgL^{-1} de muestra de tanino de *P. radiata* insoluble (48.b), manifiesta variaciones externas del caparazón, presenta alteraciones en la posición de las antenas y longitud, ya que se observó de menor tamaño y una curvatura pronunciada, características que *D. magna* control (48.c), no posee. Otra similitud en la estructura (48.b), es la presencia de las anténulas que se encuentran bajo la boca con mayor ramificación en comparación al control (48.c). Además, presenta una disminución en el tamaño de la espina apical, siendo de menor tamaño y longitud en comparación al control (48.c).

En la Fig. 49, se muestra el efecto ocasionado por el suministro de dos concentraciones de tanino de *P. radiata* insoluble modificado (hidroxipropilado), referido a alteraciones en la fisiología externa del caparazón de *D. magna*.

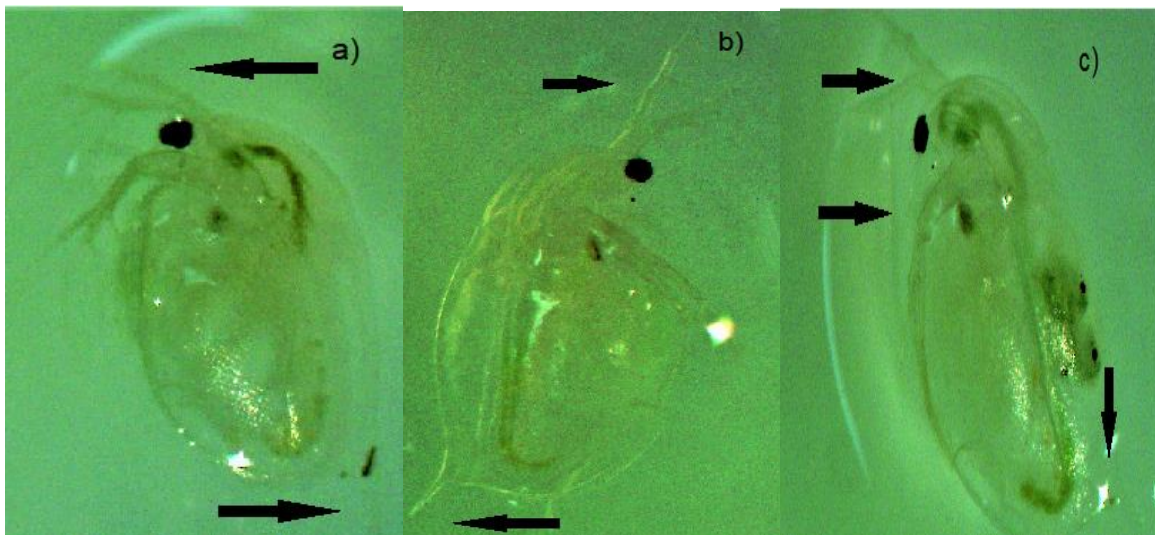


Figura 49. Morfología externa de *D. magna* expuesta a concentraciones subletales de tanino de *P. radiata* insoluble modificado (hidroxipropilado) 10 mgL^{-1} (a), 50 mgL^{-1} (b) y control (c).

Como se observó en la imagen (49.a) de la figura 49, la estructura externa del caparazón expuesto a 10 mgL^{-1} de muestra de tanino de *P. radiata* insoluble modificado (hidroxipropilado); en la zona superior se establece una similitud de la

antena en comparación al control (49.c), ya que en ambos casos se observaron ramificaciones segmentadas en dos antenas, de igual tamaño. Otra similitud en la estructura (49.a), es la presencia de las anténulas que se encuentran bajo la boca en comparación al control (49.c). En la zona inferior, el caparazón presenta una variación en el tamaño de la espina apical, siendo de inferior tamaño y longitud, respecto a la exhibida por el ejemplar del control (49.c)

La exposición a 50 mgL^{-1} de muestra de tanino de *P. radiata* insoluble modificado (hidroxipropilado) (49.b), en la zona superior se establece una similitud de la antena en comparación al control (49.c), ya que en ambos casos se observan ramificaciones segmentadas en dos antenas, de igual tamaño. Otra similitud en la estructura (49.a), es la presencia de las anténulas que se encuentran bajo la boca siendo mismo tamaño y longitud en comparación al control (49.c). En la zona inferior, el caparazón presenta una variación en el tamaño de la espina apical, siendo de mayor tamaño y longitud, respecto a la exhibida por el ejemplar del control (49.c)

En la Fig. 50, se muestra el efecto ocasionado por el suministro de dos concentraciones de tanino de *P. radiata* soluble, referido a alteraciones en la fisiología externa del caparazón de *D. magna*.

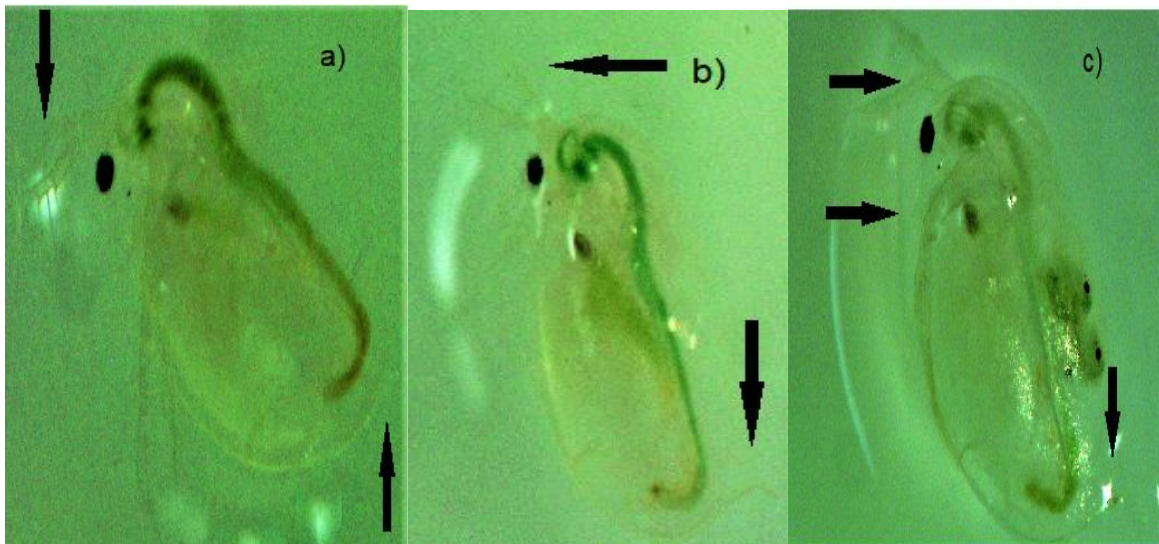


Figura 50. Morfología externa de *D. magna* expuesta a concentraciones subletales de tanino de *P. radiata* soluble 10 mgL^{-1} (a), 50 mgL^{-1} (b) y control (c).

Como se observó en la imagen (50.a) de la figura 50, la estructura externa del caparazón expuesto a 10 mgL^{-1} de muestra de tanino de *P. radiata* soluble; en la zona superior se establece una similitud de la antena en comparación al control (50.c), ya que en ambos casos se observaron ramificaciones segmentadas en dos antenas, de igual tamaño, pero no en la misma orientación. Otra similitud en la estructura (50.a), es la presencia de las anténulas que se encuentran bajo la boca siendo de mayor tamaño en comparación al control (50.c). En la zona inferior, el caparazón presenta una variación en el tamaño de la espina apical, siendo de inferior tamaño y longitud, respecto a la exhibida por el ejemplar del control (50.c)

La exposición a 50 mgL^{-1} de muestra de tanino de *P. radiata* insoluble modificado (hidroxipropilado) (50.b), en la zona superior se establece una similitud de la antena en comparación al control (50.c), ya que en ambos casos se observaron ramificaciones segmentadas en dos antenas, de igual tamaño. Otra similitud en la estructura (50.a), es la presencia de las anténulas que se encuentran bajo la boca siendo del mismo tamaño en comparación al control (50.c). En la zona inferior, el caparazón presenta una variación en el tamaño de la espina apical, siendo de mayor tamaño y longitud, respecto a la exhibida por el ejemplar del control (50.c)

En la Fig. 51, se muestra el efecto ocasionado por el suministro de dos concentraciones de tanino de *P. radiata* soluble modificado (hidroxipropilado), referido a alteraciones en la fisiología externa del caparazón de *D. magna*.

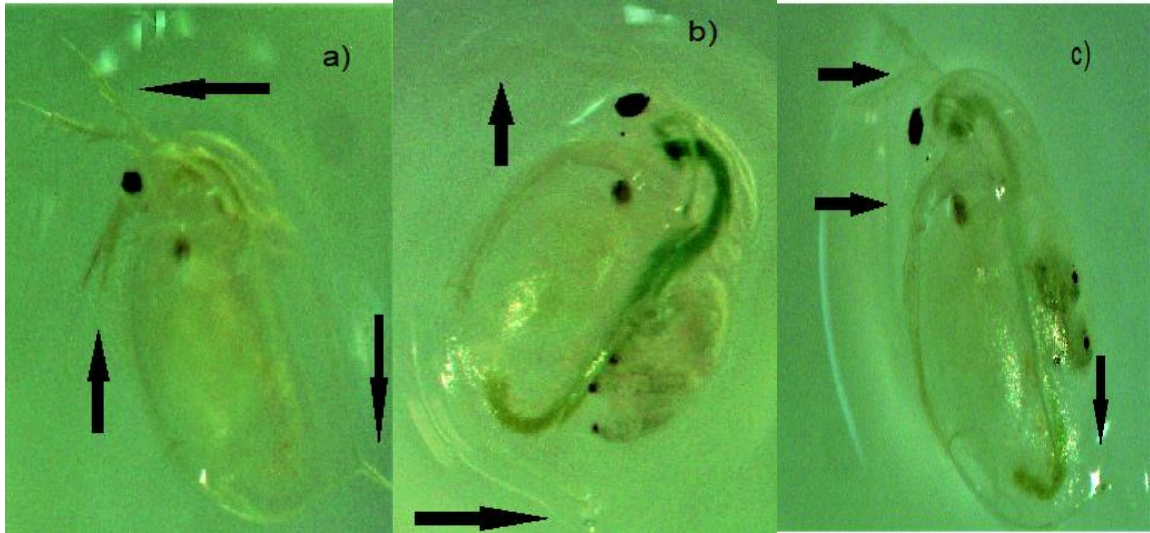


Figura 51. Morfología externa de *D. magna* expuesta a concentraciones subletales de tanino de *P. radiata* soluble modificado (hidroxipropilado) 10 mgL^{-1} (a), 50 mgL^{-1} (b) y control (c).

Como se observó en la imagen (51.a) de la figura 51, la estructura externa del caparazón expuesto a 10 mgL^{-1} de muestra de tanino de *P. radiata* soluble modificado (hidroxipropilado); en la zona superior se establece una similitud de la antena en comparación al control (51.c), ya que en ambos casos se observaron ramificaciones segmentadas en dos antenas, de igual tamaño. Otra similitud en la estructura (51.a), es la presencia de las anténulas que se encuentran bajo la boca siendo del mismo tamaño y longitud en comparación al control (51.c). En la zona inferior, el caparazón presenta una variación en el tamaño de la espina apical, siendo de mayor tamaño y longitud, respecto a la exhibida por el ejemplar del control (51.c)

La exposición a 50 mgL^{-1} de muestra de tanino de *P. radiata* soluble modificado (hidroxipropilado) (51.b), en la zona superior se establece una similitud de la antena en comparación al control (51.c), ya que en ambos casos se observaron ramificaciones segmentadas en dos antenas, de igual tamaño. Otra similitud en la estructura (51.a), es la presencia de las anténulas que se encuentran bajo la boca siendo del mismo tamaño y longitud en comparación al control (51.c). En la zona inferior, el caparazón presenta una variación en el tamaño de la espina apical,

siendo de mayor tamaño y longitud, respecto a la exhibida por el ejemplar del control (51.c)

En la Fig. 52, se muestra el efecto ocasionado por el suministro de dos concentraciones de lignina de *E. globulus*, referido a alteraciones en la fisiología externa del caparazón de *D. magna*.

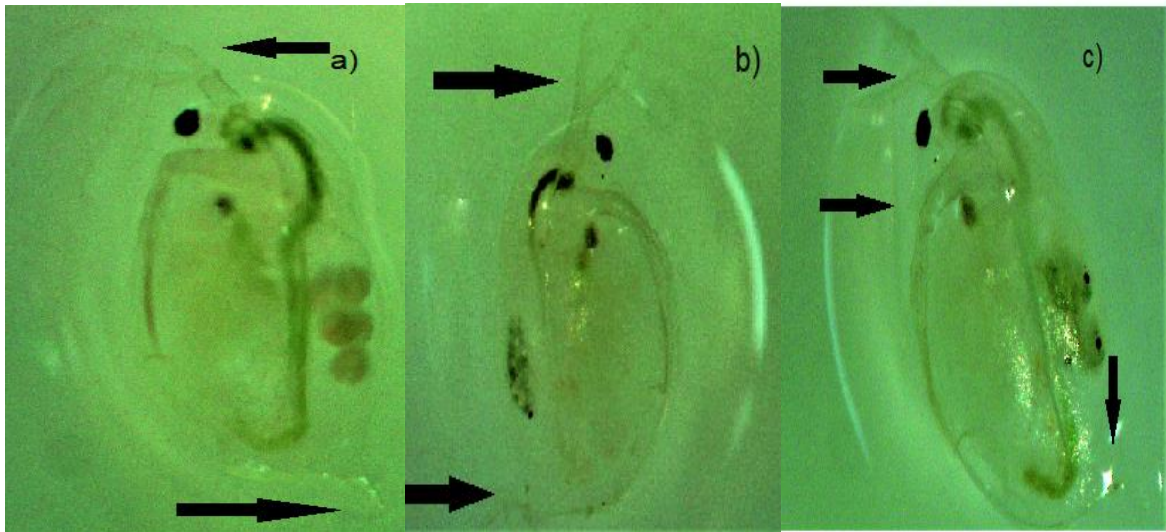


Figura 52. Morfología externa de *D. magna* expuesta a concentraciones subletales de lignina de *E. globulus* 10 mgL⁻¹ (a), 50 mgL⁻¹ (b) y control (c).

Como se observó en la imagen (52.a) de la figura 52, la estructura externa del caparazón expuesto a 10 mgL⁻¹ de muestra de lignina de *E. globulus*; en la zona superior se establece una similitud de la antena en comparación al control (52.c), ya que en ambos casos se observan ramificaciones segmentadas en dos antenas, de igual tamaño. Otra similitud en la estructura (52.a), es la presencia de las anténulas que se encuentran bajo la boca que son más cortas en comparación al control (52.c). En la zona inferior, el caparazón presenta una variación en el tamaño de la espina apical, siendo de mayor tamaño y longitud, respecto a la exhibida por el ejemplar del control (52.c)

La exposición a 50 mgL⁻¹ de muestra de tanino de *P. radiata* insoluble modificado (hidroxipropilado) (52.b), en la zona superior se establece una similitud de la antena en comparación al control (52.c), ya que en ambos casos se observaron

ramificaciones segmentadas en dos antenas, de igual tamaño. Otra similitud en la estructura (52.a), es la presencia de las anténulas que se encuentran bajo la boca siendo del mismo tamaño y longitud en comparación al control (52.c). En la zona inferior, el caparazón presenta una variación en el tamaño de la espina apical, siendo del mismo tamaño y longitud, respecto a la exhibida por el ejemplar del control (52.c)

En la Fig. 53, se muestra el efecto ocasionado por el suministro de dos concentraciones de lignina de *E. globulus* modificado (hidroxipropilado), referido a alteraciones en la fisiología externa del caparazón de *D. magna*.

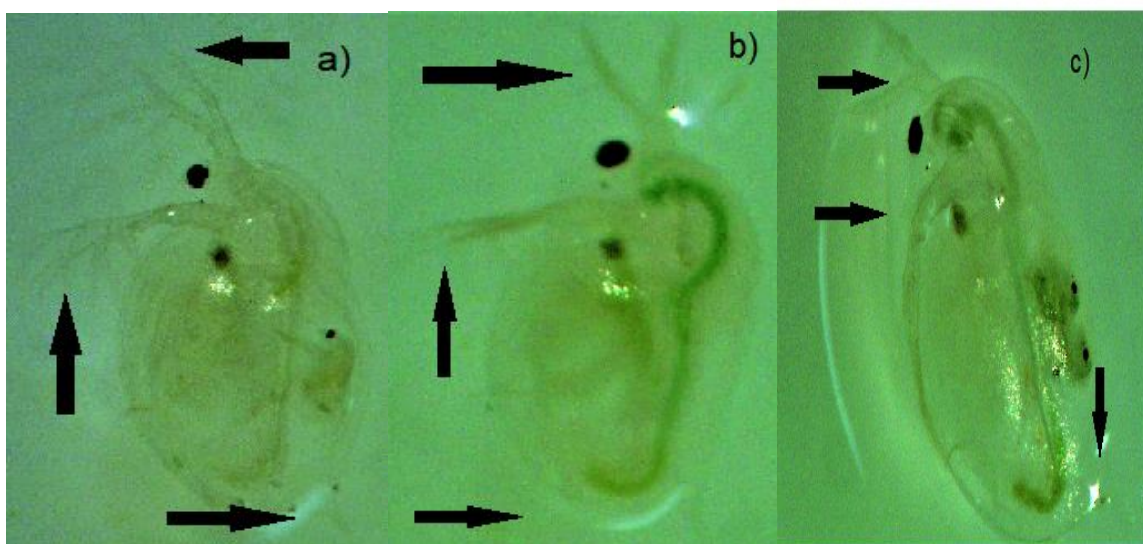


Figura 53. Morfología externa de *D. magna* expuesta a concentraciones subletales de lignina de *E. globulus* modificado (hidroxipropilado) 10 mgL^{-1} (a), 50 mgL^{-1} (b) y control (c).

Como se observó en la imagen (53.a) de la figura 53, la estructura externa del caparazón expuesto a 10 mgL^{-1} de muestra de tanino de *P. radiata* insoluble modificado (hidroxipropilado); en la zona superior se establece una similitud de la antena en comparación al control (53.c), ya que en ambos casos se observaron ramificaciones segmentadas en dos antenas, de igual tamaño. Otra similitud en la estructura (53.a), es la presencia de las anténulas que se encuentran bajo la boca con ramificación siendo del mismo tamaño y longitud en comparación al control (53.c). En la zona inferior, el caparazón presenta una variación en el tamaño de la

espinas apicales, siendo de menor tamaño y longitud, respecto a la exhibida por el ejemplar del control (53.c)

La exposición a 50 mgL^{-1} de muestra de tanino de *P. radiata* insoluble modificado (hidroxipropilado) (53.b), en la zona superior se establece una similitud de la antena, pero con una variación en el sentido de la orientación de las antenas en comparación al control (53.c), ya que en ambos casos se observaron ramificaciones segmentadas en dos antenas, de igual tamaño. Otra similitud en la estructura (53.b), es la presencia de las anténulas que se encuentran bajo la boca siendo del mismo tamaño y longitud en comparación al control (53.c). En la zona inferior, el caparazón presenta una variación en el tamaño de la espina apical siendo de menor tamaño y longitud respecto a la exhibida por el ejemplar del control (53.c).

Discusión

Al analizar y evaluar los resultados del porcentaje de mortalidad obtenidos en la parte experimental, las soluciones con taninos condensados y lignina no presentaron un comportamiento uniforme en el porcentaje de mortalidad de la especie *D. magna*, por lo tanto, en general las muestras sin modificación presentaron una mayor toxicidad en las diferentes concentraciones de exposición del bioindicador, en cambio las modificaciones no presentaron toxicidad significativa en las diferentes concentraciones respecto al control. También podemos decir que los resultados entre los polifenoles fueron variados, para los taninos de *P. radiata* aumenta el porcentaje de mortalidad de la especie *D. magna* sin modificación; para el tanino de Mimosa aumenta el porcentaje de mortalidad la modificación que el sin modificar; para el tanino de Quebracho aumenta el porcentaje de mortalidad sin modificación donde ocurrió un efecto hormesis inversa; para la lignina de *E. globulus* aumenta el porcentaje de mortalidad con modificación y sin modificación; y para la lignina de *P. radiata* aumenta el porcentaje de mortalidad sin modificación. Los resultados evidencian que los polifenoles no presentan toxicidad aguda (LC_{50}), si existe evidencia de mortalidad

y cambios en su morfología al ser expuesta a una toxicidad crónica a concentraciones subletales de polifenoles en un periodo de 21 días de exposición.

Las diferencias de toxicidad pueden interpretarse en función de la estructura química de los polifenoles y sus modificaciones. Sin embargo, la literatura asociada a la toxicidad de los derivados de polifenoles es escasa.

La escasa información encontrada no se indica que los taninos afecten la mortalidad de la especie *D. magna*, en cambio las saponinas si afectan la mortalidad de la especie a concentración alta (Iannacone *et al.*, 2007). Sin embargo, de la modificación del tanino no existe información sobre toxicidad, la cual podría dejar este trabajo como una fuente de información.

Para Mimosa existe un registro de toxicidad sobre esta especie en concentraciones por sobre los 100ppm, lo cual indica que este tanino sería toxico (Palacios *et al.*, 2018).

Para Quebracho sin modificación ocurrió un efecto de hormesis, que se refiere a una respuesta adaptativa caracterizada por una dosis-respuesta bifásica (activación-inhibición) que puede ser, o bien directamente inducida, dependiendo del rango y amplitud del estímulo es capaz de activar una respuesta adaptativa que incrementa la resistencia de un organismo (Guerrero *et al.*, 2019).

Los polifenoles no presentaron anomalías en las antenas ni anténulas de la especie *D. magna*, pero si aumentaron el tamaño de la espina apical. Con respecto a las *D. magna* sobre las muestras de lignina tanto con modificación como sin modificación se obtuvieron neonatos (7 en promedio), excepto en LE6 50mgL⁻¹ donde no existieron neonatos (González, 2015).

4.4 Tablas Estadística descriptiva y correlación de Pearson para las distintas pruebas realizadas a los bioindicadores (*P. subcapitata*, *L. sativa*, *R. raphanistrum* y *D. magna*).

Para las pruebas de: crecimiento celular (*P. subcapitata*), germinación y longitud de radícula e hipocótilo (*L. sativa* y *R. raphanistrum*) y mortalidad (*D. magna*); se utilizó principalmente el análisis de correlación para evaluar los cambios en la

inhibición o activación de las especies con las diferentes concentraciones de los polifenoles.

A continuación, se presentan las tablas de correlación obtenidas a partir del análisis estadístico descriptivo que se realizó mediante el programa de software SPSS Statistics 22, midiéndose crecimiento celular (*P. subcapitata*), germinación y longitud de radícula e hipocótilo (*L. sativa* y *R. raphanistrum*) y mortalidad (*D. magna*); para las muestras con taninos, taninos modificados, lignina y lignina modificado (Tabla 4 al 16).

A continuación, la Tabla 4 presenta los resultados de la estadística descriptiva de las variables estudiadas para *P. subcapitata*.

<i>P. subcapitata</i>									
t = 0 horas					t = 72 horas				
Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
PRI	0,063	0,090	0,071	0,011	PRI	0,071	0,109	0,082	0,015
PRI6	0,068	0,110	0,078	0,018	PRI6	0,068	0,103	0,079	0,014
M	0,072	0,077	0,075	0,002	M	0,075	0,087	0,078	0,005
M6	0,081	0,088	0,084	0,003	M6	0,098	0,107	0,101	0,004
Q	0,085	0,095	0,090	0,004	Q	0,097	0,105	0,100	0,003
Q6	0,079	0,092	0,083	0,005	Q6	0,091	0,108	0,096	0,007
PRS	0,068	0,084	0,073	0,007	PRS	0,088	0,099	0,092	0,004
PRS6	0,063	0,071	0,068	0,003	PRS6	0,085	0,088	0,086	0,001
LPR	0,065	0,126	0,080	0,026	LPR	0,088	0,138	0,100	0,021
LPR6	0,062	0,182	0,091	0,051	LPR6	0,082	0,179	0,103	0,043
LE	0,070	0,179	0,096	0,046	LE	0,086	0,174	0,105	0,039
LE6	0,063	0,167	0,086	0,045	LE6	0,082	0,172	0,106	0,037

Tabla 4: Estadística descriptiva para *P. subcapitata*.

A continuación, se presentan las abreviaturas utilizadas en el análisis de correlación para las cuatro especies bioindicadoras utilizadas en los ensayos.

- PRI, PRIG, PRIR, PRIH (muestra tanino *P. radiata* insoluble, germinación, radícula, hipocótilo).
- PRI6, PRI6G, PRI6R, PRI6H (muestra tanino *P. radiata* insoluble modificado, germinación, radícula, hipocótilo).
- M, MG, MR, MH (muestra tanino *Mimosa*, germinación, radícula, hipocótilo).
- M6, M6G, M6R, M6H (muestra tanino *Mimosa* modificada, germinación, radícula, hipocótilo).
- Q, QG, QR, QH (muestra tanino *Quebracho*, germinación, radícula, hipocótilo).

- Q6, Q6G, Q6R, Q6H (muestra tanino *Quebracho* modificado, germinación, radícula, hipocótilo).
- PRS, PRSG, PRSR, PRSH (muestra tanino *P. radiata* soluble, germinación, radícula, hipocótilo).
- PRS6, PRS6G, PRS6R, PRS6H (muestra tanino *P. radiata* soluble modificado, germinación, radícula, hipocótilo).
- LPR, LPRG, LPRR, LPRH (muestra lignina *P. radiata*, germinación, radícula, hipocótilo).
- LPR6, LPR6G, LPR6R, LPR6H (muestra lignina *P. radiata* modificado, germinación, radícula, hipocótilo).
- LE, LEG, LER, LEH (muestra lignina *E. globulus*, germinación, radícula, hipocótilo).
- LE6, LE6G, LE6R, LE6H (muestra lignina *E. globulus* modificado, germinación, radícula, hipocótilo).

La Tabla 5 muestra la correlación de Pearson para el tiempo 0 horas de la especie *P. subcapitata* con sus respectivos polifenoles y sus modificaciones (hidroxipropilado).

t = 0 horas <i>P. subcapitata</i>												
	PRI	PRI6	M	M6	Q	Q6	PRS	PRS6	LPR	LPR6	LE	LE6
CONC	0,986**	0,999**	0,701*	0,779*	0,781*	0,957**	0,965**	0,318	0,999**	0,999**	0,998**	0,998**
PRI		0,984**	0,812*	0,871*	0,853*	0,943**	0,974**	0,212	0,983**	0,981**	0,986**	0,982**
PRI6			0,698	0,781*	0,794*	0,951**	0,967**	0,296	0,997**	0,997**	0,997**	0,998**
M				0,978**	0,887*	0,673	0,772*	-0,178	0,697	0,689	0,712*	0,691
M6					0,959**	0,702*	0,866*	-0,104	0,778*	0,772*	0,780*	0,765*
Q						0,657	0,881*	-0,148	0,779*	0,775*	0,775*	0,770*
Q6							0,858*	0,247	0,946**	0,945**	0,971**	0,968**
PRS								0,294	0,972**	0,970**	0,952**	0,950**
PRS6									0,355	0,357	0,283	0,283
LPR										1,000**	0,994**	0,993**
LPR6											0,994**	0,994**
LE												0,999**

Tabla 5: Correlación de Pearson para el t = 0 horas de *P. subcapitata*.

Los resultados obtenidos a partir de esta tabla indicaron el efecto correlativo de cada tipo de polifenol en el crecimiento celular de *P. subcapitata* a un tiempo 0 horas. En este sentido, se nota una fuerte correlación positiva entre la concentración de los diferentes polifenoles y el crecimiento celular, excepto PRS6. Esto infiere que a mayores dosis de los polifenoles estos compuestos actúan como un activador en el crecimiento celular en dicha especie.

Por otra parte, se observó una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento PRI en el crecimiento celular con los diferentes polifenoles, excepto PRS6. Aparentemente al tener distintas estructuras de estos polifenoles condiciona un efecto similar en el crecimiento celular de *P. subcapitata*.

También, se observó una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento obtenido con PRI6 con los diferentes polifenoles, excepto M y PRS6. Aparentemente las diferentes estructuras podrían condicionar un efecto similar en el crecimiento celular *P. subcapitata* con estos dos tipos de polifenoles.

Además, se observó una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento obtenido con M, M6, Q, PRS y LE, esto se pudo dar por el distinto tipo de polifenol. Asimismo, se observó una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento M6 en el crecimiento celular con los diferentes polifenoles, excepto PRS6. Aparentemente al tener distintas estructuras de estos polifenoles condiciona un efecto similar en el crecimiento celular de *P. subcapitata*.

Para Q y Q6, se observó una correlación negativa la cual se puede deducir que, a mayor crecimiento celular de Q, Q6 inhibe el crecimiento celular.

Para el caso de Q6 con PRS6 se observó una correlación negativa la cual se puede deducir que, la modificación puede condicionar este efecto perjudicial.

Para PRS y PRS6, se observó una correlación negativa la cual se puede deducir que, a mayor crecimiento celular de PRS, PRS6 inhibe el crecimiento celular de *P. subcapitata*.

Por otra parte, se observó una correlación débilmente positiva entre el comportamiento PRS6 en el crecimiento celular con los diferentes polifenoles. Aparentemente al tener distintas estructuras de estos polifenoles condiciona un efecto similar en la inhibición del crecimiento celular de *P. subcapitata*.

Para LPR y LPR6, se observó una correlación fuertemente positiva la cual se puede deducir que, a mayor crecimiento celular de LPR, LPR6 también aumenta el crecimiento celular de *P. subcapitata*, así también para LE y LE6.

Para el caso de LPR6, se observó una correlación positiva con las otras muestras de lignina. Finalmente, se observó una correlación positiva entre el

comportamiento obtenido con LE y LE6, de lo cual se puede decir que la modificación no inhibió el crecimiento celular de *P. subcapitata*.

La Tabla 6 muestra la correlación de Pearson para el tiempo 72 horas de la especie *P. subcapitata* con sus respectivos polifenoles y sus modificaciones (hidroxipropilado).

t = 72 horas <i>P. subcapitata</i>												
	PRI	PRI6	M	M6	Q	Q6	PRS	PRS6	LPR	LPR6	LE	LE6
CONC	0,993**	0,968**	0,997**	0,944**	0,917**	0,944**	0,938**	-0,724*	0,989**	0,999**	0,998**	0,996**
PRI		0,961**	0,986**	0,936**	0,873*	0,926**	0,907**	-0,734*	0,975**	0,991**	0,991**	0,999**
PRI6			0,979**	0,847*	0,833*	0,862*	0,843*	-0,842*	0,922**	0,956**	0,952**	0,957**
M				0,917**	0,908**	0,944**	0,921**	-0,768*	0,979**	0,995**	0,993**	0,989**
M6					0,946**	0,899*	0,978**	-0,459	0,974**	0,949**	0,952**	0,941**
Q						0,916**	0,992**	-0,465	0,958**	0,925**	0,926**	0,889*
Q6							0,929**	-0,649	0,962**	0,958**	0,959**	0,943**
PRS								-0,465	0,977**	0,946**	0,948**	0,919**
PRS6									-0,624	-0,709*	-0,700*	-0,727*
LPR										0,993**	0,994**	0,982**
LPR6											1,000**	0,996**
LE												0,996**

Tabla 6: Correlación de Pearson para el t = 72 horas de *P. subcapitata*.

Los resultados obtenidos a partir de esta tabla indican el efecto correlativo de cada tipo de polifenol en el crecimiento celular de *P. subcapitata* a un tiempo 72 horas. En este sentido, se nota una fuerte correlación positiva entre la concentración de los diferentes polifenoles y el crecimiento celular, excepto PRS6 que presenta una fuerte correlación negativa. Esto infiere que a mayores dosis de los polifenoles estos compuestos actúan como un activador en el crecimiento celular en dicha especie.

Por otra parte, se observó una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento PRI en el crecimiento celular con los diferentes polifenoles, excepto PRS6 que presenta una correlación negativa. Aparentemente al tener distintas estructuras de estos polifenoles condiciona un efecto similar en el crecimiento celular de *P. subcapitata*.

También, se observó una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento obtenido con PRI6 y M con los diferentes polifenoles, excepto PRS6 que posee una correlación negativa. Aparentemente las diferentes estructuras podrían condicionar un efecto similar en el crecimiento celular *P. subcapitata* con estos dos tipos de polifenoles.

Además, se observó una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento obtenido con M6 con los diferentes polifenoles, excepto PRS6 esto se pudo dar por el distinto tipo de polifenol.

Para Q, Q6 y PRS, se observó una correlación positiva similar con los diferentes polifenoles, excepto PRS6. Aparentemente las diferencias estructurales y la modificación pueden condicionar este efecto positivo, para PRS la modificación es perjudicial (PRS6).

Por otra parte, se observó una correlación fuertemente negativa entre el comportamiento PRS6 en el crecimiento celular con los diferentes polifenoles. Aparentemente al tener distintas estructuras de estos polifenoles condiciona un efecto similar en la inhibición del crecimiento celular de *P. subcapitata*.

Para LPR y LPR6, se observó una correlación fuertemente positiva la cual se puede deducir que, a mayor crecimiento celular de LPR, LPR6 también aumenta el crecimiento celular de *P. subcapitata*, así también para LE y LE6.

Para el caso de LPR6, se observó una correlación positiva con las otras muestras de lignina. Finalmente, se observó una correlación positiva entre el comportamiento obtenido con LE y LE6, de lo cual se puede decir que la modificación no inhibió el crecimiento celular de *P. subcapitata*.

A continuación, la Tabla 7 presenta los resultados de la estadística descriptiva de las variables estudiadas para *L. sativa*.

<i>L. sativa</i>									
Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
PRIG	93,3	100,0	97,33	2,79	PRSR	13,4	18,0	15,37	2,00
PRI6G	96,7	100,0	98,67	1,82	PRS6R	13,9	17,6	15,63	1,67
MG	90,0	96,7	94,67	2,98	LPRR	11,3	13,4	12,23	0,83
M6G	90,0	100,0	96,00	4,35	LPR6R	12,4	16,3	14,59	1,87

QG	93,3	100,0	96,67	2,36	LER	11,4	22,8	15,81	4,49
Q6G	90,0	100,0	96,00	3,65	LE6R	10,9	14,2	13,06	1,33
PRSG	100,0	100,0	100,00	0,00	PRIH	17,5	22,1	20,67	1,89
PRS6G	93,3	100,0	95,33	2,98	PRI6H	20,0	24,3	21,99	1,81
LPRG	90,0	100,0	96,67	4,08	MH	17,6	22,0	18,79	1,86
LPR6G	90,0	100,0	96,00	4,35	M6H	14,1	16,6	15,44	0,94
LEG	96,7	100,0	98,67	1,82	QH	14,8	20,1	17,24	2,06
LE6G	93,3	100,0	98,00	2,98	Q6H	15,1	16,8	15,95	0,72
PRIR	13,9	16,3	14,91	0,89	PRSH	18,3	20,9	19,70	1,12
PRI6R	14,3	17,8	15,79	1,41	PRS6H	18,1	24,1	20,89	2,50
MR	12,9	19,0	14,93	2,42	LPRH	15,7	18,2	17,26	0,96
M6R	9,9	13,1	11,81	1,16	LPR6H	17,1	20,7	18,78	1,48
QR	12,0	15,3	13,26	1,27	LEH	19,1	27,2	22,60	2,93
Q6R	12,7	14,8	13,64	0,80	LE6H	14,1	19,3	17,33	2,14

Tabla 7: Estadística descriptiva para *L. sativa*.

La Tabla 8 muestra la correlación de Pearson para la germinación de la especie *L. sativa* con sus respectivos polifenoles y sus modificaciones (hidroxipropilado).

Germinación <i>L. sativa</i>											
	PRIG	PRI6G	MG	M6G	QG	Q6G	PRS6G	LPRG	LPR6G	LEG	LE6G
CONC	0,599	0,454	0,299	0,576	0,000	0,638	0,853*	0,471	-0,350	0,453	0,298
PRIG		0,217	-0,468	0,503	0,424	0,327	0,468	0,733*	-0,413	0,764*	-0,468
PRI6G			-0,102	0,910**	-0,645	0,667	0,102	-0,373	0,210	0,167	-0,103
MG				-0,128	-0,396	0,358	0,250	0,000	-0,344	-0,613	1,000**
M6G					-0,542	0,840*	0,128	-0,001	-0,176	0,210	-0,129
QG						-0,645	0,396	0,579	-0,001	0,646	-0,395
Q6G							0,152	0,186	-0,560	-0,167	0,356
PRS6G								0,456	-0,086	0,613	0,250
LPRG									-0,783*	0,373	0,000
LPR6G										0,210	-0,343
LEG											-0,612

Tabla 8: Correlación de Pearson para la germinación de *L. sativa*.

Los resultados obtenidos a partir de esta tabla indican el efecto correlativo de cada tipo de polifenol en la germinación de *L. sativa*. En este sentido, se nota una fuerte correlación positiva entre la concentración de PRS6 y la germinación. Esto infiere que a mayores dosis de PRS6 este compuesto actúa como un activador de la germinación en dicha especie.

Por otra parte, se observó una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento en la germinación con PRI, LE y LPR. Aparentemente el mayor

peso molecular de estos tres tipos de polifenoles condiciona un efecto similar en la germinación de *L. sativa*.

También, se observó una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento obtenido con PRI6 y M6. Aparentemente la modificación podría condicionar un efecto similar en la germinación de *L. sativa* con estos dos tipos de polifenoles.

Además, se observó una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento obtenido con M y LE6, esto se pudo dar por el distinto tipo de polifenol.

Asimismo, se observó una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento obtenido con M6 y Q6, podríamos decir que la modificación pudo condicionar este efecto.

Para Q y Q6, se observó una correlación negativa la cual se puede deducir que, a mayor germinación de Q, Q6 inhibe la germinación.

Para el caso de Q6 con LPR6 se observó una correlación negativa la cual se puede deducir que, la modificación puede condicionar este efecto perjudicial.

Además, se observó una correlación positiva entre el comportamiento obtenido con PRS6 y LE, lo cual no pudieron ser explicado considerando las características estructurales.

Para el caso de LPR con LPR6 se observó una correlación fuertemente negativa la cual se puede deducir que, a mayor germinación de LPR, LPR6 inhibe la germinación.

Para el caso de LPR6 no se observó una correlación importante con las otras muestras. Finalmente, se observó una correlación negativa entre el comportamiento obtenido con LE y LE6, de lo cual se puede decir que la modificación inhibió la germinación de *L. sativa*.

La Tabla 9 muestra la correlación de Pearson para la longitud de radícula de la especie *L. sativa* con sus respectivos polifenoles y sus modificaciones (hidroxipropilado).

Radícula <i>L. sativa</i>												
	PRIR	PRI6R	MR	M6R	QR	Q6R	PRSR	PRS6R	LPRR	LPR6R	LER	LE6R
CONC	-0,371	0,785*	-0,365	0,173	0,106	0,849*	0,507	0,522	0,281	0,258	-0,190	-0,169
PRIR		0,100	-0,292	0,231	-0,019	-0,473	-0,664	-0,462	-0,818*	-0,237	-0,643	0,860*
PRI6R			-0,780*	0,511	-0,236	0,799*	0,495	0,109	0,115	-0,295	-0,256	0,016

MR				-0,202	0,748*	-0,426	-0,366	0,530	0,083	0,579	0,287	-0,084
M6R					0,165	0,500	0,352	0,326	0,302	-0,552	0,268	-0,102
QR						-0,090	-0,401	0,810*	-0,117	0,675	-0,121	0,253
Q6R								0,845*	0,468	0,655	-0,197	0,268
PRSR								0,199	0,892*	-0,451	0,656	-0,858*
PRS6R									0,403	0,514	0,204	-0,241
LPRR										-0,285	0,887*	-0,971**
LPR6R											-0,407	0,279
LER												-0,899*

Tabla 9: Correlación de Pearson para la longitud de radícula de *L. sativa*.

Los resultados obtenidos a partir de esta tabla indican el efecto correlativo de cada tipo de polifenol en la longitud de radícula de *L. sativa*. En este sentido, se nota una fuerte correlación positiva entre la concentración de PRI6, Q6 y la longitud de la radícula. Esto infiere que a mayores dosis de PRI6 y Q6 estos compuestos actúan como un activador de la longitud de la radícula en dicha especie.

Por otra parte, se observó una correlación fuertemente negativa entre el comportamiento obtenido con PRI y LPR; y una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento obtenido con PRI y LE6. Aparentemente, el mayor peso molecular de estos dos tipos de polifenoles condiciona un efecto similar en la longitud de la radícula de *L. sativa*.

También, se observó una correlación fuertemente negativa entre el comportamiento obtenido con PRI6 y M; y una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento obtenido con PRI6 y Q6. Aparentemente la modificación podría condicionar un efecto similar en la longitud de la radícula.

Además, se observó una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento obtenido con M y Q, esto se debe aparentemente a la estructura química similar de ambos taninos.

Asimismo, se observó una correlación negativa entre el comportamiento obtenido con M6 y LPR6, podríamos decir que la modificación pudo condicionar este efecto en dos polifenoles con estructura global.

Para Q y PRS6, se observó una correlación fuertemente positiva, la cual se puede deducir que, aparentemente el peso molecular de estos dos tipos de polifenol condiciona un efecto similar en la longitud de la radícula de *L. sativa*.

Para el caso de Q6 con PRS se observó una correlación fuertemente positiva, la cual se puede deducir que, la modificación puede condicionar este comportamiento.

Además, se observó una correlación fuertemente negativa entre el comportamiento obtenido con PRS y LE6; y una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento obtenido con PRS y LPR. Aparentemente el efecto combinado de la modificación y el peso molecular podría condicionar un efecto similar en la longitud de la radícula de *L. sativa*.

Por otra parte, se observó una correlación positiva entre el comportamiento obtenido con PRS6 y LPR6, aparentemente la modificación y el mayor peso molecular de estos polifenoles condiciona el efecto similar en la longitud de radícula de *L. sativa*.

Asimismo, se observó una correlación fuertemente negativa entre el comportamiento obtenido con LPR y LE6; y una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento obtenido con LPR y LE, se puede inferir que el tipo de polifenol influye en la longitud de la radícula de *L. sativa*. Para el caso de LPR6 con LE se observó una correlación negativa la cual se puede deducir que, el tipo de polifenol condiciona este efecto.

Finalmente, se observó una correlación fuertemente negativa entre el comportamiento obtenido con LE y LE6, de lo cual se puede decir que la modificación inhibió la longitud de la radícula de *L. sativa*.

la Tabla 10 muestra la correlación de Pearson para la longitud del hipocótilo de la especie *L. sativa* con sus respectivos polifenoles y sus modificaciones (hidroxipropilado).

Hipocótilo <i>L. sativa</i>												
	PRIH	PRI6H	MH	M6H	QH	Q6H	PRSH	PRS6H	LPRH	LPR6H	LEH	LE6H
CONC	0,011	0,195	0,013	0,268	0,768*	0,469	0,523	0,679	0,233	0,276	-0,158	0,022

PRIH		0,695	-0,995**	0,099	-0,478	-0,109	0,100	-0,505	-0,362	-0,038	-0,898*	0,832*
PRI6H			-0,649	-0,190	-0,020	-0,584	-0,416	-0,256	0,008	0,144	-0,588	0,227
MH				-0,180	0,532	0,060	-0,126	0,555	0,319	0,125	0,865*	-0,840*
M6H					-0,236	0,640	0,433	-0,290	0,609	-0,808*	0,175	0,128
QH						0,153	0,191	0,937**	0,142	0,595	0,198	-0,436
Q6H							0,939**	0,331	0,027	-0,171	0,017	0,317
PRSH								0,404	-0,262	0,098	-0,287	0,541
PRS6H									-0,114	0,696	0,135	-0,272
LPRH										-0,668	0,661	-0,639
LPR6H											-0,374	0,090
LEH												-0,884*

Tabla 10: Correlación de Pearson para la longitud del hipocótilo de *L. sativa*.

Los resultados obtenidos a partir de esta tabla indican el efecto correlativo de cada tipo de polifenol en la longitud del hipocótilo de *L. sativa*. En este sentido, se nota una fuerte correlación positiva entre la concentración de Q y la longitud del hipocótilo. Esto infiere que a mayor dosis de Q este compuesto actúa como un activador de la longitud del hipocótilo en dicha especie.

Por otra parte, se observó una correlación fuertemente negativa entre el comportamiento obtenido con PRI, M y LE; y una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento obtenido con PRI y LE6. Aparentemente el mayor peso molecular de estos dos tipos de polifenoles y su baja polaridad condiciona un efecto similar en la longitud del hipocótilo de *L. sativa*.

También, se observó una correlación fuertemente negativa entre el comportamiento obtenido con PRI6 y M. Aparentemente la modificación podría condicionar un efecto similar en la longitud del hipocótilo de *L. sativa*.

Además, se observó una correlación fuertemente negativa entre el comportamiento obtenido con M y LE6; y una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento obtenido con M y LE. Aparentemente la modificación podría condicionar e inhibir este efecto.

Asimismo, se observó una correlación fuertemente negativa entre el comportamiento obtenido con M6 y LPR6, podríamos decir que la modificación pudo condicionar este efecto.

Para Q y PRS6, se observó una correlación fuertemente positiva la cual se puede deducir que, aparentemente el peso molecular de estos dos tipos de polifenol condiciona un efecto similar en la longitud del hipocótilo de *L. sativa*. Para el caso de Q6 con PRS se observó una correlación fuertemente positiva la cual se puede deducir que, la modificación y el peso molecular puede condicionar este comportamiento. Además, se observó una correlación positiva entre el comportamiento obtenido con PRS y LE6. Aparentemente la modificación podría condicionar un efecto similar en la longitud del hipocótilo de *L. sativa*.

Por otra parte, se observó una correlación positiva entre el comportamiento obtenido con PRS6 y LPR6, aparentemente la modificación y el mayor peso molecular de estos polifenoles condiciona el efecto similar en la longitud del hipocótilo de *L. sativa*.

Asimismo, se observó una correlación fuertemente negativa entre el comportamiento obtenido con LPR y LPR6, se puede inferir que la modificación influye en la longitud del hipocótilo de *L. sativa*. Para el caso de LPR6 con LE se observó una correlación negativa la cual se puede deducir que, el tipo de polifenol condiciona este efecto.

Finalmente, se observó una correlación fuertemente negativa entre el comportamiento obtenido con LE y LE6, de lo cual se puede decir que la modificación inhibió la longitud del hipocótilo de *L. sativa*.

A continuación, la Tabla 11 presenta los resultados de la estadística descriptiva de las variables estudiadas para *R. raphanistrum*.

<i>R. raphanistrum</i>									
Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Variable	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
PRIG	90,0	100,0	96,00	3,65	PRSR	71,0	85,0	76,64	5,14
PRI6G	87,0	97,0	93,33	4,08	PRS6R	68,6	78,1	74,05	3,51
MG	83,0	100,0	95,33	6,91	LPRR	54,9	65,4	62,73	4,43
M6G	90,0	100,0	96,67	4,72	LPR6R	67,7	91,0	78,11	8,81
QG	90,0	100,0	94,00	3,65	LER	73,7	94,9	81,11	8,66
Q6G	90,0	97,0	94,00	2,79	LE6R	45,0	70,0	59,47	9,78
PRSG	93,0	100,0	96,67	3,34	PRIH	7,2	10,0	8,76	1,07
PRS6G	97,0	100,0	97,34	1,49	PRI6H	12,4	18,6	15,20	2,37

LPRG	90,0	97,0	92,67	3,65	MH	11,8	20,7	14,59	3,59
LPR6G	90,0	100,0	96,00	3,65	M6H	9,6	14,7	12,36	2,13
LEG	96,7	100,0	98,00	1,82	QH	13,4	16,7	14,87	1,66
LE6G	86,7	96,7	91,33	3,80	Q6H	8,0	11,8	9,51	1,48
PRIR	46,5	59,8	53,03	5,83	PRSH	16,6	24,0	21,63	2,91
PRI6R	58,0	79,9	69,28	8,07	PRS6H	21,0	26,0	23,24	2,32
MR	47,7	76,1	61,92	10,18	LPRH	16,9	20,3	18,93	1,42
M6R	40,4	63,8	51,77	9,67	LPR6H	19,3	23,7	21,97	1,86
QR	53,5	67,2	61,20	5,11	LEH	26,5	31,3	28,44	2,04
Q6R	37,2	52,8	45,83	7,57	LE6H	15,8	17,9	16,99	0,82

Tabla 11: Estadística descriptiva para *R. raphanistrum*.

A continuación, la tabla 12 muestra la correlación de Pearson para la germinación de la especie *R. raphanistrum* con sus respectivos polifenoles y sus modificaciones (hidroxipropilado).

Germinación <i>R. raphanistrum</i>												
	PRIG	PRI6G	MG	M6G	QG	Q6G	PRSG	PRS6G	LPRG	LPR6G	LEG	LE6G
CONC	-0,929*	0,375	0,291	-0,845*	-0,168	0,471	-0,567	-0,283	-0,359	0,638	-0,453	0,732*
PRIG		-0,373	-0,264	0,807*	0,458	-0,492	0,685	0,102	0,167	-0,875*	0,167	-0,721*
PRI6G			0,886*	0,144	0,372	0,731*	-0,410	0,457	-0,372	0,187	0,373	0,895*
MG				0,256	0,484	0,922*	-0,001	0,108	-0,704*	0,066	0,396	0,719*
M6G					0,484	0,000	0,530	0,395	0,000	-0,645	0,646	-0,310
QG						0,217	0,456	-0,102	-0,583	-0,792*	-0,167	0,119
Q6G							-0,001	-0,134	-0,764*	0,328	0,327	0,681
PRSG								-0,559	-0,456	-0,684	0,000	-0,658
PRS6G									0,612	0,102	0,612	0,294
LPRG										0,167	0,167	-0,320
LPR6G											0,167	0,480
LEG												0,080

Tabla 12: Correlación de Pearson para la germinación de *R. raphanistrum*.

Los resultados obtenidos a partir de esta tabla indican el efecto correlativo de cada tipo de polifenol en la germinación de *R. raphanistrum*. En este sentido, se nota una fuerte correlación negativa entre la concentración de PRI, M6 y la germinación. Y una correlación positiva entre la concentración de LE6 y la germinación. Esto infiere que a mayores dosis de taninos este compuesto podría actuar como un inhibidor de la germinación en dicha especie, en tanto la lignina podría actuar como activador en mayores dosis.

Por otra parte, se observó una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento obtenido con PRI y M6, y una correlación altamente negativa entre los comportamientos obtenidos con PRI, LPR6 y LE6. Aparentemente el mayor peso molecular y la modificación de estos tres tipos de polifenoles condiciona un efecto similar en la germinación de *R. raphanistrum*. También, se observó una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento obtenido con PRI6, M, Q6 y LE6. Aparentemente la modificación podría condicionar un efecto similar en la germinación de *R. raphanistrum*.

Además, se observó una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento obtenido con M, Q6 y LE6, y una correlación fuertemente negativa entre el comportamiento obtenido con M y LPR6, esto se debió a los distintos pesos moleculares. Asimismo, se observó una correlación positiva entre el comportamiento obtenido con M6 y LE, y una correlación negativa entre M6 y LPR6 podríamos decir que la modificación pudo condicionar este efecto.

Para Q y LPR6, se observó una correlación negativa la cual se puede deducir que, las diferencia en los pesos moleculares porfían condicionar este efecto. Para el caso de Q6 con LPR se observó una correlación negativa la cual se puede deducir que, la modificación puede condicionar este efecto. Además, se observó una correlación negativa entre el comportamiento obtenido con PRS, LPR6 y LE6. Se puede inferir que la modificación condiciona este comportamiento. Para la correlación de PRS6 es positiva con LE.

Para el caso de LPR con LE6 se observó una correlación fuertemente negativa la cual se puede deducir que, el tipo de polifenol condiciona este efecto.

Para la correlación de LPR6 es positiva con LE6, podemos decir que el tipo de polifenol y la modificación condicionan esta similaridad. Finalmente, se observó una correlación positiva entre el comportamiento obtenido con LE y LE6, de lo cual se puede decir que la modificación inhibió la germinación de *R. raphanistrum*.

La tabla 13 muestra la correlación de Pearson para la longitud de la radícula de la especie *R. raphanistrum* con sus respectivos polifenoles y sus modificaciones (hidroxipropilado).

Radícula <i>R. raphanistrum</i>												
	PRIR	PRI6R	MR	M6R	QR	Q6R	PRSR	PRS6R	LPRR	LPR6R	LER	LE6R
CONC	-0,267	-0,026	0,066	-0,446	-0,178	0,386	0,899*	0,252	0,179	-0,248	0,173	0,535
PRIR		0,647	-0,668	-0,586	-0,736*	-0,353	-0,631	-0,236	0,220	-0,822*	-0,698	-0,493
PRI6R			-0,318	-0,091	-0,858*	-0,217	-0,363	-0,664	-0,326	-0,819*	-0,821*	-0,002
MR				0,570	0,709*	-0,438	0,415	-0,433	-0,764*	0,615	0,010	-0,147
M6R					0,459	-0,024	-0,149	-0,368	-0,644	0,641	0,155	0,187
QR						-0,145	0,258	0,196	-0,194	0,946**	0,550	-0,184
Q6R							0,335	0,723*	0,611	0,083	0,725*	0,889*
PRSR								0,281	0,022	0,189	0,405	0,503
PRS6R									0,893*	0,254	0,840*	0,376
LPRR										-0,163	0,518	0,216
LPR6R											0,677	0,049
LER												0,528

Tabla 13: Correlación de Pearson para la longitud de radícula de *R. raphanistrum*.

Los resultados obtenidos a partir de esta tabla indican el efecto correlativo de cada tipo de polifenol en la longitud de radícula de *R. raphanistrum*. En este sentido, se nota una fuerte correlación positiva entre la concentración de PRS y la longitud de la radícula. Esto infiere que a mayor dosis de PRS este compuesto actúa como un activador de la longitud de la radícula en dicha especie.

Por otra parte, se observó una correlación fuertemente negativa entre el comportamiento obtenido con PRI, Q y LPR6. Aparentemente el mayor peso molecular de estos dos tipos de polifenoles condiciona un efecto similar en la longitud de la radícula de *R. raphanistrum*. También, se observó una correlación fuertemente negativa entre el comportamiento obtenido con PRI6, Q, LPR6 y LE. Aparentemente la modificación podría condicionar un efecto similar en la longitud de la radícula de *R. raphanistrum*.

Además, se observó una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento obtenido con M y Q, y una correlación fuertemente negativa entre el comportamiento obtenido con M y LPR, esto se debió a los distintos pesos moleculares. Asimismo, se observó una correlación negativa entre el comportamiento obtenido con M6 y LPR, podríamos decir que la modificación y el tipo de polifenol pudo condicionar este efecto.

Para Q y LPR6, se observó una correlación fuertemente positiva la cual se puede deducir que, aparentemente el peso molecular de estos dos tipos de polifenol condiciona un efecto similar en la longitud de la radícula de *R. raphanistrum*. Para el caso de Q6, PRS6, LE y LE6 se observó una correlación fuertemente positiva la cual se puede deducir que, la modificación puede condicionar este comportamiento. Además, se observó una correlación positiva entre el comportamiento obtenido con PRS y LE6. Aparentemente la modificación podría condicionar un efecto similar en la longitud de la radícula de *R. raphanistrum*.

Por otra parte, se observó una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento obtenido con PRS6, LPR y LE, aparentemente el tipo de polifenoles condiciona el efecto similar en la longitud de radícula de *R. raphanistrum*.

Asimismo, se observó una correlación positiva entre el comportamiento obtenido con LPR y LE, se puede inferir que el origen del polifenol influye en la longitud de la radícula de *R. raphanistrum*. Para el caso de LPR6 con LE se observó una correlación positiva la cual se puede deducir que, el tipo y origen del polifenol condiciona este efecto.

Finalmente, se observó una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento obtenido con LE y LE6, de lo cual se puede decir que la modificación inhibió la longitud de la radícula de *R. raphanistrum*.

La tabla 14 muestra la correlación de Pearson para la longitud del hipocótilo de la especie *R. raphanistrum* con sus respectivos polifenoles y sus modificaciones (hidroxipropilado).

Hipocótilo <i>R. raphanistrum</i>												
	PRIH	PRI6H	MH	M6H	QH	Q6H	PRSH	PRS6H	LPRH	LPR6H	LEH	LE6H
CONC	0,444	0,846*	-0,173	-0,517	-0,460	0,164	0,249	-0,506	0,382	0,277	-0,570	0,416
PRIH		0,629	-0,632	-0,941**	-0,026	-0,202	0,827*	0,045	-0,098	0,539	-0,700*	0,465
PRI6H			-0,221	-0,659	-0,446	-0,348	0,467	-0,506	0,008	0,062	-0,901**	0,697
MH				0,349	-0,706*	-0,263	-0,921**	-0,709*	-0,516	-0,116	0,110	0,328
M6H					0,343	0,250	-0,590	0,251	0,261	-0,679	0,756*	-0,662
QH						0,342	0,477	0,982**	0,481	-0,284	0,499	-0,800*
Q6H							-0,094	0,370	0,826*	0,343	0,672	-0,728*

PRSH								0,482	0,209	0,123	-0,463	0,045
PRS6H									0,415	-0,121	0,520	-0,783*
LPRH										-0,047	0,401	-0,678
LPR6H											-0,086	0,199
LEH												-0,882*

Tabla 14: Correlación de Pearson para la longitud del hipocótilo de *R. raphanistrum*.

Los resultados obtenidos a partir de esta tabla indican el efecto correlativo de cada tipo de polifenol en la longitud del hipocótilo de *R. raphanistrum*. En este sentido, se nota una fuerte correlación positiva entre la concentración de PRI6 y la longitud del hipocótilo. Esto infiere que a mayor dosis de PRI6 este compuesto actúa como un activador de la longitud del hipocótilo en dicha especie.

Por otra parte, se observó una correlación fuertemente negativa entre el comportamiento obtenido con PRI, M6 y LE; y una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento obtenido con PRI y PRS. Aparentemente el mayor peso molecular de estos dos tipos de polifenoles condiciona un efecto similar en la longitud del hipocótilo de *R. raphanistrum*. También, se observó una correlación fuertemente negativa entre el comportamiento obtenido con PRI6 y LE. Aparentemente el tipo de polifenol podría condicionar un efecto similar en la longitud del hipocótilo de *R. raphanistrum*.

Además, se observó una correlación fuertemente negativa entre el comportamiento obtenido con M, Q, PRS y PRS6. Aparentemente la modificación y el tipo de polifenol podría condicionar este efecto. Asimismo, se observó una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento obtenido con M6 y LE6, podríamos decir el tipo y origen del polifenol pudo condicionar este efecto.

Para Q y PRS6, se observó una correlación fuertemente positiva y una correlación fuertemente negativa entre el comportamiento obtenido con Q y LE6, de la cual se puede deducir que, aparentemente el peso molecular de estos tipos de polifenol condiciona un efecto similar en la longitud del hipocótilo de *R. raphanistrum*. Para el caso de Q6 con LPR se observó una correlación fuertemente positiva y una correlación fuertemente negativa entre el comportamiento obtenido con Q6 y LE6, de la cual se puede deducir que, la modificación y el tipo de polifenol puede

condicionar este comportamiento. Además, se observó una correlación positiva entre el comportamiento obtenido con PRS y PRS6, podemos deducir que la modificación aumenta la longitud del hipocótilo de *R. raphanistrum*.

Por otra parte, se observó una correlación fuertemente negativa entre el comportamiento obtenido con PRS6 y LE6, aparentemente el tipo de polifenol y el mayor peso molecular de estos polifenoles condiciona el efecto similar en la longitud del hipocótilo de *R. raphanistrum*.

Asimismo, se observó una correlación fuertemente negativa entre el comportamiento obtenido con LPR y LE6, se puede inferir que la modificación y el origen del polifenol influye en la longitud del hipocótilo de *R. raphanistrum*. Para el caso de LPR6 con LE se observó una correlación positiva la cual se puede deducir que, el tipo de polifenol condiciona este efecto.

Finalmente, se observó una correlación fuertemente negativa entre el comportamiento obtenido con LE y LE6, de lo cual se puede decir que la modificación inhibió la longitud del hipocótilo de *R. raphanistrum*.

A continuación, la Tabla 15 presenta los resultados de la estadística descriptiva de las variables estudiadas para *D. magna*.

<i>D. magna</i>									
Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
PRI	0,00	100,00	22,66	43,62	PRS	86,70	100,00	97,34	5,95
PRI6	0,00	6,70	1,34	3,00	PRS6	0,00	46,70	16,00	18,02
M	0,00	6,70	1,34	3,00	LPR	6,70	100,00	70,66	40,70
M6	0,00	6,70	2,68	3,67	LPR6	0,00	100,00	74,66	43,31
Q	0,00	53,30	14,66	22,29	LE	0,00	100,00	77,34	43,62
Q6	0,00	13,30	4,00	5,95	LE6	0,00	13,30	4,00	5,95

Tabla 15: Estadística descriptiva para *D. magna*.

La Tabla 16 muestra la correlación de Pearson para mortalidad de la especie *D. magna* con sus respectivos polifenoles y sus modificaciones (hidroxipropilado).

<i>D. magna</i>												
	PRI	PRI6	M	M6	Q	Q6	PRS	PRS6	LPR	LPR6	LE	LE6
CONC	0,982**	-0,284	0,995**	0,582	-0,106	-0,420	0,284	0,961**	-0,920**	-0,985**	-0,999**	-0,362

PRI		-0,290	0,991**	0,711*	-0,255	-0,266	0,290	0,965**	-0,846*	-0,944**	-0,977**	-0,266
PRI6			-0,250	-0,408	-0,368	-0,376	-1,000**	-0,288	0,403	0,327	0,290	-0,376
M				0,612	-0,200	-0,376	0,250	0,952**	-0,878*	-0,964**	-0,991**	-0,376
M6					-0,463	0,406	0,408	0,709*	-0,388	-0,520	-0,572	0,406
Q						-0,384	0,368	-0,094	-0,290	-0,061	0,073	0,120
Q6							0,376	-0,333	0,559	0,491	0,436	0,683
PRS								0,288	-0,403	-0,327	-0,290	0,376
PRS6									-0,897*	-0,960**	-0,965**	-0,126
LPR										0,973**	0,933**	0,283
LPR6											0,991**	0,318
LE												0,351

Tabla 16: Correlación de Pearson para mortalidad de *D. magna*.

Los resultados obtenidos a partir de esta tabla indican el efecto correlativo de cada tipo de polifenol en la mortalidad de *D. magna*. En este sentido, se nota una fuerte correlación negativa entre la concentración de LPR, LPR6, LE y mortalidad. Y una correlación positiva entre la concentración de PRI, M, PRS6 y la mortalidad. Esto infiere que a mayores dosis de la lignina podría actuar como un inhibidor de la mortalidad, en tanto los taninos podrían actuar como un activador de la mortalidad en dicha especie.

Por otra parte, se observó una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento obtenido con PRI, M, M6 y PRS6, y una correlación altamente negativa entre los comportamientos obtenidos con LPR, LPR6 y LE. Aparentemente el mayor peso molecular y la modificación de estos tres tipos de polifenoles condiciona un efecto similar en la mortalidad de *D. magna*. También, se observó una correlación fuertemente negativa entre el comportamiento obtenido con PRI6 y PRS. Aparentemente las diferencias estructurales entre ambos polifenoles podrían condicionar un efecto perjudicial en la mortalidad de *D. magna*.

Además, se observó una correlación fuertemente positiva entre el comportamiento obtenido con M y PRS6, y una correlación fuertemente negativa entre el comportamiento obtenido con LPR, LPR6 y LE, esto se debió a los distintos pesos moleculares. Asimismo, se observó una correlación positiva entre el comportamiento obtenido con M6 y PRS6 podríamos decir que la modificación y el tipo de polifenol pudieron condicionar este efecto.

Para Q y Q6, se observó una correlación negativa la cual se puede deducir que, la modificación condiciona este efecto y para Q y PRS, se observó una correlación positiva lo cual se puede inferir que el tipo de polifenol condiciona un efecto similar en la mortalidad de *D. magna*. Para el caso de Q6 con LE6 se observó una correlación positiva la cual se puede deducir que, la modificación no puede condicionar este efecto, pero si el tipo de polifenol. Además, se observó una correlación negativa entre el comportamiento obtenido con PRS y LPR. Se puede inferir que el tipo de polifenol condiciona este comportamiento. Para PRS6, se observó una correlación fuertemente negativa con LPR, LPR6 y LE. Aparentemente podemos inferir que la lignina independiente si están modificadas inhiben la mortalidad de *D. magna*.

Para el caso de LPR con LPR6 y LE se observó una correlación fuertemente positiva la cual se puede deducir que, el tipo de polifenol y la modificación condicionan este efecto.

Para la correlación de LPR6 es positiva con LE, podemos decir que el tipo de polifenol y la modificación condicionan esta similaridad. Finalmente, se observó una correlación débilmente positiva entre el comportamiento obtenido con LE y LE6, de lo cual se puede decir que la modificación activo la mortalidad de *D. magna*.

5. CONCLUSIONES

Al finalizar el trabajo de investigación y análisis de los datos obtenidos podemos decir que las muestras de tanino y lignina con sus modificaciones químicas (hidroxipropilación) afectan a los bioindicadores de manera no significativa.

La modificación química (hidroxipropilación) promovió el crecimiento celular (*P. subcapitata*), inhibió la germinación y longitud de radícula (*L. sativa*), activo la longitud del hipocótilo (*L. sativa*), inhibición de la germinación (*R. raphanistrum*), y activación e inhibición en la longitud de la radícula e hipocótilo para (*R. raphanistrum*), y aumento el porcentaje de mortalidad en *D. magna*).

Para la especie *D. magna* se obtuvo que, dependiendo el tipo de polifenol, para el tanino y lignina de *P. radiata* y la lignina de *E. globulus* con y sin modificación química estos presentaron ligeras propiedades tóxicas. Además, en este trabajo se propone al *R. raphanistrum* como un bioindicador de toxicidad y con una alta sensibilidad y mucho más sensible a compuestos tóxicos que la *L. sativa*.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Agarwal, P., Gupta, R., & Agarwal, N. (2016). A Review on Enzymatic Treatment of Phenols in Wastewater. *J Biotechnol Biomater*, 6(249), 2.
2. Aristizabal, L. S. R., Ortíz, A. M. M., Bedoya, J. G. M., & Jiménez-González, F. J. (2017). Evaluación de la Actividad Alelopática del Extracto en Acetato de Etilo de *Miconia caudata* (BONPL.) DC. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 13(2), 100-104.
3. ASTM, D. (1988). 4124, Standard Test Method for separation of asphalt into four fractions. *American Society for Testing and Material: Philadelphia*.
4. Ávalos, A., & Pérez, E., (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca*.
5. Bohórquez-Echeverry, P., & Campos-Pinilla, C. (2007). Evaluación de *Lactuca sativa* y *Selenastrum capricornutum* como indicadores de toxicidad en aguas. *Universitas Scientiarum*, 12(2), 83-98.
6. Calvo-Flores, F. G., & Dobado, J. A. (2010). Lignin as renewable raw material. *ChemSusChem*, 3(11), 1227-1235.
7. Chávez-Sifontes, M., & Domine, M. E. (2013). Lignina, estructura y aplicaciones: métodos de despolimerización para la obtención de derivados aromáticos de interés industrial. *Avances en ciencias e Ingeniería*, 4(4).
8. Córdova S., Gaete H., Aránguiz F., Figueroa R. (2009). Water quality assessment in the Limache stream (central Chile), using bioindicators and bioassays. *Latin american journal of aquatic research*. 37(2). Valparaíso, Chile.
9. CORMA, (2016). "CORMA página oficial", recuperado 12 de octubre de <http://www.corma.cl/perfil-del-sector/productos/consumo-y-produccion>.
10. Cricyt, (2009) "Ensayos de Toxicidad", recuperado 8 de septiembre de <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Ensayosde.htm>
11. Díaz M.C., Pica Y., Ronco A. (2004). Ensayo de toxicidad aguda con el cladóceros *Daphnia magna*. Primera parte, ensayo para agua dulce.
12. Finney, D. J. (1971). *Probit Analysis*. Tercera edición. Cambridge Univ. Press, Londres, 234 pp.

13. García Alvear, N., & Abad Terán, M. (2015). Análisis preliminar de la fitotoxicidad del material particulado sedimentable de la zona urbana de Cuenca. *Maskana*, 6(1), 95-105. <https://doi.org/10.18537/mskn.06.01.08>
14. Garcia, D. E., Glasser, W. G., Pizzi, A., Paczkowski, S. P., & Laborie, M. P. (2016). Modification of condensed tannins: from polyphenol chemistry to materials engineering. *New Journal of Chemistry*, 40(1), 36-49.
15. García, D. E., Glasser, W. G., Pizzi, T. A., Osorio-Madrado, A., & Laborie, M. P. G. (2014). Synthesis and physicochemical properties of hydroxypropyl tannins from maritime pine bark (*Pinus pinaster* Ait.). *Holzforschung*, 68(4), 411-418
16. García, D. E., Medina, P. A., & Zúñiga, V. I., (2017). Toxicological features of maleilated polyflavonoids from *Pinus radiata* (D. Don.) as potential functional additives for biomaterials design. *Food and Chemical Toxicology*.
17. GONZÁLEZ, L. H. (2015). Evaluación de la toxicidad de efluentes de celulosa kraft expuestos a derrames de licor negro.
18. GUERRERO, N. E. L. D., Puertos, V. Y. G., Bautista, R. J. H., AGUILAR, A. A., LOPEZ, A. L., & FAINSTEIN, M. K. (2019). Hormesis: lo que no mata, fortalece.
19. Iannacone, J., Alvariño, L., Soto, J. C., & Salcedo, C. (2007). Efecto toxicológico del "Sachayoco", *Paullinia clavigera* (Sapindaceae) sobre *Daphnia magna* y sobre dos controladores biológicos de plagas agrícolas. *Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology*, 2, 15-25.
20. Infante C., Morales F. (2012). Evaluación de la Toxicidad en Desechos y Suelos Petrolizados empleando semillas de *Lactuca sativa* L. *ProQuest*, 37(10), 783-784. Venezuela.
21. Jerez, M., Selga, A., Sineiro, J., Torres, J. L., & Núñez, M. J., (2007). A comparison between bark extracts from *Pinus pinaster* and *Pinus radiata*: Antioxidant activity and procyanidin composition. *Food Chemistry*, 100(2), 439-444.

22. Know, (2018). "Enciclopedia temática know.net", recuperado 04 de octubre de <https://know.net/es/ciencias-tierra-vida/biologias-es/descarboxilacion/>
23. Lara, D. M., & Londoño, Á. S., (2008). El uso de taninos condensados como alternativa nutricional y sanitaria en rumiantes. *Revista Medicina Veterinaria*, (16), 87-109.
24. Larsen K. (2002). CALFED funded Algae Toxicity. Study Update. Sacramento River Watershed Program. *Waterways* (5), 3.
25. Lee, S. W., Yang, K. M., Kim, J. K., Nam, B. H., Lee, C. M., Jeong, M. H., ... & Jo, W. S. (2012). Effects of white radish (*Raphanus sativus*) enzyme extract on hepatotoxicity. *Toxicological research*, 28(3), 165.
26. Li, Z. H., Wang, Q., Ruan, X., Pan, C. D., & Jiang, D. A. (2010). Phenolics and plant allelopathy. *Molecules*, 15(12), 8933-8952.
27. Macías, F. A., Galindo, J. C. G., Molinillo, J. M. G., Cutler, H. G. (2004). Allelopathy chemistry and mode of actions of allelochemicals. CRC Press, 372 p.
28. Morales, J. J. S. (2016). Hormesis: ¿Una cuestión de concentración? *Encuentros en la Biología*, 9(159), 141-144.
29. NCh 2083 (1999). Aguas-Bioensayo de toxicidad aguda mediante la determinación de la inhibición de la movilidad de *Daphnia magna* o *Daphnia pulex* (Crustacea, Cladocera). Norma Chilena Oficial NCh 2083.Of1999. Instituto Chileno de Normalización, INN, Santiago de Chile, 19 pp.
30. Núñez M., Hurtado J. (2005). Bioensayos de toxicidad aguda utilizando *Daphnia magna* Straus (Cladocera, Daphniidae) desarrollada en medio de cultivo modificado. Laboratorio de Biotecnología Ambiental. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú.
31. Palacios Calderón, L. M. (2018). Evaluación de la toxicidad del tanino modificado (*Acacia mearnsii*) utilizado para proceso de coagulación-floculación en aguas.

32. Palo, R. T., & Robbins, C. T., (1991). *Plant defenses against mammalian herbivory*. CRC Press.
33. Pérez G., Blanco D. (2010). Evaluación de la distribución endocrina y efectos toxicológicos de *Daphnia magna* de un extracto estandarizado de *Buddleja globosa* Hope y su componente mayoritario (verbascósido). Universidad de Chile. Chile.
34. Peña, R. (2007). "Caracterización y estudio de la reactividad de extractos tánicos condensados e hidrolizables. análisis de las propiedades físico-químicas y mecánicas de resinas fenólicas de tipo novolaca modificadas con dichos extractos". Escuela universitaria politécnica unibertsitate eskola politeknikoa. Para optar al grado de doctora en ciencias químicas.
35. Prades M. (2014). Evaluación de la eficiencia de un tratamiento foto-Fenton en la detoxificación de aguas contaminadas con compuestos derivados de la industria del corcho mediante bioensayos con *Pseudokirchneriella subcapitata* y *Eisenia fétida*. Valencia. España.
36. Prinsen, P. (2010). Composición química de diversos materiales lignocelulósicos de interés industrial y análisis estructural de sus ligninas.
37. Ramírez P., Mendoza A (2008). Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo. Secretaria de medio ambiente y recursos naturales. Instituto Nacional de Ecología.
38. Ratto S.E., Vanier M., Pierini V., Giuffré L. (2010). Bioensayo de toxicidad aguda con *Lactuca Sativa* en sedimentos contaminados del río Reconquista en disposición final. Buenos Aires, Argentina.
39. Ray, J. R., Benítez, D., Garcia, F. G., & Vega, A. V. (2016). Consumo voluntario, digestibilidad y balance N y C de nutrientes de vacas criollas en pastoreo racional en el Valle del Cauto Cuba. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 5(2), 146-158.
40. Sifontes, M. C., & Domine, M. E. (2013). Lignina, estructura y aplicaciones: métodos de despolimerización para la obtención de derivados aromáticos de interés industrial. *Avances en ciencias e Ingeniería*, 4(4), 15-46.

41. Sánchez-Bain, A., Forget, G., Feola, G., & Ronco, A. (2004). *Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas: estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones*. CIID, Ottawa, ON, CA.
42. US EPA (1993). Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms. Weber, C.I. (ed.). Environmental Monitoring Systems Laboratory, U. S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH 45268. EPA/600/4-90/027F.
43. US EPA (2002). Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms. Fifth Edition. Environmental Monitoring Systems Laboratory, U. S. Environmental Protection Agency (4303T), 1200 Pennsylvania Avenue, NW Washington, DC 20460. EPA-821-R-02-012.
44. USEPA, 2002. Method 1003.0: Green Alga, *Selenastrum Capricornutum*, Growth Test; Chronic Toxicity Excerpt from: Short-term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater Organisms 4th Edition (2002). EPA-821-R-02-013, pp. 197e230.
45. Vázquez, G., Fontenla, E., Santos, J., Freire, M. S., González-Álvarez, J., & Antorrena, G., (2008). Antioxidant activity and phenolic content of chestnut (*Castanea sativa*) shell and eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) bark extracts. *Industrial crops and products*, 28(3), 279-285.
46. Villaroel M.J. (2004). Alteraciones fisiológicas en el crustáceo *Daphnia magna* por exposición a plaguicida. Departamento de biología funcional y antropología física. Universidad de Valencia. Valencia, España.

7. ANEXO

7.1. Tabla de Concentración Inhibitoria (CI) para *L. sativa* con taninos y lignina, detectado por el programa Probit.

CI	Muestras Taninos								Muestra Lignina			
	PRI	PRI 6	M	M 6	Q	Q 6	PRS	PRS 6	LPR	LPR 6	LE	LE 6
85	—	—	—	0,0021	—	0,0007	—	—	0,0001	—	—	—
90	0,0003	—	—	0,0112	—	0,0078	—	—	0,0008	—	—	—
95	0,0074	0,001	—	0,1358	—	0,3034	—	—	0,0511	—	—	—
99	4,122	1,019	—	14,59	—	291,56	—	—	114,33	—	—	—

*Los datos que no están informados en la tabla no fueron detectados por el programa por tener un alto porcentaje de germinación.

7.2. Tabla de Concentración Inhibitoria (CI) para *R. raphanistrum* con taninos y lignina, detectado por el programa Probit.

CI	Muestras Taninos								Muestra Lignina			
	PRI	PRI 6	M	M 6	Q	Q 6	PRS	PRS 6	LPR	LPR 6	LE	LE 6
85	—	—	—	—	—	0,0357	—	—	—	0,0007	—	—
90	—	—	—	—	—	1,0337	—	—	—	0,0058	—	—
95	—	—	—	—	—	151,43	—	—	—	0,1426	—	—
99	—	—	—	—	—	1747372	—	—	—	57,029	—	—

*Los datos que no están informados en la tabla no fueron detectados por el programa por tener un alto porcentaje de germinación.

7.3 Tabla de Concentración Letal (LC₅₀) para *D. magna* con taninos y lignina, detectados por el programa Probit.

LC ₅₀	Muestras Taninos								Muestra Lignina			
	PRI	PRI 6	M	M 6	Q	Q 6	PRS	PRS 6	LPR	LPR 6	LE	LE 6
85	—	—	—	—	0,1102	—	—	1576875	—	—	2,1296	—
90	—	—	—	—	0,0560	—	—	8059226	—	—	1,3894	—
95	—	—	—	—	0,0206	—	—	90372064	—	—	0,7379	—
99	—	—	—	—	0,0031	—	—	841229260	—	—	0,2252	—

*Los datos que no están informados en la tabla no fueron detectados por el programa por tener un alto porcentaje de Mortalidad.

7.4 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *P. subcapitata* a 0 y 72 horas de exposición.

H₀: No existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

H_A: Al menos una media de los tratamientos difiere.

7.4.1 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *P. subcapitata* con tanino de *P. radiata* insoluble.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	0,00456	0,00091	48,805	0,000	3,106
Error	12	0,00022	0,00002			
Total	17	0,00478				

F crítico (5,12): 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H₀, existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.4.2 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *P. subcapitata* con tanino de *P. radiata* insoluble modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	0,00374	0,00075	86,850	0,000	3,106
Error	12	0,00010	0,00001			
Total	17	0,00384				

F crítico (5,12): 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H₀, existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.4.3 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *P. subcapitata* con tanino de Mimosa.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	0,00159	0,00032	23,098	0,00001	3,106
Error	12	0,00017	0,00001			
Total	17	0,00176				

F crítico $(5,12)$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.4.4 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *P. subcapitata* con tanino de Mimosa modificada.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	0,00528	0,00106	122,690	0,0000	3,106
Error	12	0,00010	0,00001			
Total	17	0,00539				

F crítico $(5,12)$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.4.5 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *P.* con tanino de Quebracho.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	0,00505	0,00101	56,288	0,0000	3,106
Error	12	0,00022	0,00002			
Total	17	0,00527				

F crítico $(5,12)$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.4.6 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *P. subcapitata* con tanino de Quebracho modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	0,00475	0,00095	130,460	0,0000	3,106
Error	12	0,00009	0,00001			
Total	17	0,00483				

F crítico $(5,12)$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.4.7 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *P. subcapitata* con tanino de *P. radiata* soluble.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	0,00353	0,00071	114,500	0,0000	3,106
Error	12	0,00007	0,00001			
Total	17	0,00361				

F crítico $(5,12)$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.4.8 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *P. subcapitata* con tanino de *P. radiata* soluble modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	0,00242	0,00048	50,400	0,0000	3,106
Error	12	0,00012	0,00001			
Total	17	0,00254				

F crítico $(5,12)$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.4.9 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *P. subcapitata* con lignina de *P. radiata*.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	0,02394	0,00479	870,560	0,0000	3,106
Error	12	0,00007	0,00001			
Total	17	0,02401				

F crítico $(5,12)$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.4.10 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *P. subcapitata* con lignina *P. radiata* modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	0,02294	0,00459	354,380	0,0000	3,106
Error	12	0,00016	0,00001			
Total	17	0,02309				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.4.11 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *P. subcapitata* con lignina de *E. globulus*.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	0,01053	0,00211	426,020	0,0000	3,106
Error	12	0,00006	0,00001			
Total	17	0,01059				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.4.12 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *P. subcapitata* con lignina de *E. globulus* modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	0,02739	0,00548	770,200	0,0000	3,106
Error	12	0,00009	0,00001			
Total	17	0,02747				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.5 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* a 120 horas de exposición.

7.5.1 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Germinación) con tanino de *P. radiata* insoluble.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	1,111	0,222	0,667	0,656	3,106
Error	12	4,000	0,333			
Total	17	5,111				

F crítico $(5,12)$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.2 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Germinación) con tanino de *P. radiata* insoluble modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	0,444	0,089	0,800	0,571	3,106
Error	12	1,333	0,111			
Total	17	1,777				

F crítico $(5,12)$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.3 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Germinación) con tanino de Mimosa.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	1,778	0,356	0,914	0,504	3,106
Error	12	4,667	0,389			
Total	17	6,445				

F crítico $(5,12)$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.4 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Germinación) con tanino de Mimosa modificada.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	2,667	0,533	4,800	0,012	3,106
Error	12	1,333	0,111			
Total	17	4,000				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.5.5 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Germinación) con tanino de Quebracho.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	0,944	0,189	0,486	0,781	3,106
Error	12	4,667	0,389			
Total	17	5,611				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.6 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Germinación) con tanino de Quebracho modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	2,000	0,400	2,400	0,099	3,106
Error	12	2,000	0,167			
Total	17	4,000				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.7 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad *L. sativa* (Germinación) con tanino de *P. radiata* soluble.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	0,278	0,056	1,000	0,458	3,106
Error	12	0,667	0,056			
Total	17	0,945				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.8 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Germinación) con tanino de *P. radiata* soluble modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	1,611	0,322	1,450	0,276	3,106
Error	12	2,667	0,222			
Total	17	4,278				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.9 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Germinación) con lignina de *P. radiata*.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	2,278	0,456	4,100	0,021	3,106
Error	12	1,333	0,111			
Total	17	3,611				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.5.10 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Germinación) con lignina *P. radiata* modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	2,667	0,533	4,800	0,012	3,106
Error	12	1,333	0,111			
Total	17	4,000				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.5.11 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Germinación) con lignina de *E. globulus*.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	0,444	0,089	0,800	0,571	3,106
Error	12	1,333	0,111			
Total	17	1,777				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.12 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Germinación) con lignina de *E. globulus* modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	1,167	0,233	2,100	0,136	3,106
Error	12	1,333	0,111			
Total	17	2,500				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.13 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Radícula) con tanino de *P. radiata* insoluble.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	15,136	3,027	0,446	0,809	3,106
Error	12	81,547	6,796			
Total	17	96,683				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.14 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Radícula) con tanino de *P. radiata* insoluble modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	38,196	7,639	0,975	0,471	3,106
Error	12	94,073	7,839			
Total	17	132,269				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.15 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Radícula) con tanino de Mimosa.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	76,358	15,272	3,275	0,043	3,106
Error	12	55,953	4,663			
Total	17	132,311				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.5.16 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Radícula) con tanino de Mimosa modificada.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	22,369	4,474	2,798	0,067	3,106
Error	12	19,187	1,599			
Total	17	41,556				

F crítico $(5,12)$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.17 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Radícula) con tanino de Quebracho.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	19,378	3,876	0,883	0,521	3,106
Error	12	52,647	4,387			
Total	17	72,025				

F crítico $(5,12)$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.18 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Radícula) con tanino de Quebracho modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	7,873	1,575	0,245	0,934	3,106
Error	12	77,027	6,419			
Total	17	84,900				

F crítico $(5,12)$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.19 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Radícula) con tanino de *P. radiata* soluble.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	57,764	11,553	2,761	0,069	3,106
Error	12	50,220	4,185			
Total	17	107,984				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.20 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Radícula) con tanino de *P. radiata* soluble modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	45,903	9,181	1,080	0,419	3,106
Error	12	102,000	8,500			
Total	17	147,903				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.21 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Radícula) con lignina de *P. radiata*.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	11,689	2,338	0,657	0,663	3,106
Error	12	42,707	3,559			
Total	17	54,396				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.22 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Radícula) con lignina *P. radiata* modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	45,231	9,046	0,978	0,470	3,106
Error	12	111,027	9,252			
Total	17	156,258				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.23 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Radícula) con lignina de *E. globulus*.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	256,724	51,345	8,110	0,002	3,106
Error	12	75,973	6,331			
Total	17	332,697				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.5.24 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Radícula) con lignina de *E. globulus* modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	21,378	4,276	1,326	0,317	3,106
Error	12	38,687	3,224			
Total	17	60,065				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.25 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Hipocótilo) con tanino de *P. radiata* insoluble.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	74,152	14,830	1,636	0,224	3,106
Error	12	108,793	9,066			
Total	17	182,945				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.26 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Hipocótilo) con tanino de *P. radiata* insoluble modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	99,929	19,986	1,616	0,229	3,106
Error	12	148,387	12,366			
Total	17	248,316				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.27 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Hipocótilo) con tanino de Mimosa.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	49,069	9,814	1,035	0,441	3,106
Error	12	113,760	9,480			
Total	17	162,829				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.28 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Hipocótilo) con tanino de Mimosa modificada.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	17,231	3,446	0,571	0,721	3,106
Error	12	72,387	6,032			
Total	17	89,618				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.29 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Hipocótilo) con tanino de Quebracho.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	51,184	10,237	1,402	0,291	3,106
Error	12	87,613	7,301			
Total	17	138,797				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.30 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Hipocótilo) con tanino de Quebracho modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	9,303	1,861	0,212	0,951	3,106
Error	12	105,500	8,792			
Total	17	114,803				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.31 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Hipocótilo) con tanino de *P. radiata* soluble.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	32,383	6,477	0,942	0,489	3,106
Error	12	82,480	6,873			
Total	17	114,863				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.32 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Hipocótilo) con tanino de *P. radiata* soluble modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	111,471	22,294	2,541	0,086	3,106
Error	12	105,293	8,774			
Total	17	216,764				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.33 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Hipocótilo) con lignina de *P. radiata*.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	11,058	2,212	0,304	0,901	3,106
Error	12	87,173	7,264			
Total	17	98,231				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.34 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Hipocótilo) con lignina *P. radiata* modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	33,643	6,729	0,648	0,669	3,106
Error	12	124,707	10,392			
Total	17	158,350				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.5.35 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Hipocótilo) con lignina de *E. globulus*.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	179,458	35,892	4,069	0,022	3,106
Error	12	105,853	8,821			
Total	17	285,311				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.5.36 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *L. sativa* (Hipocótilo) con lignina de *E. globulus* modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	55,251	11,050	3,399	0,038	3,106
Error	12	39,007	3,251			
Total	17	94,258				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.6 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* a 120 horas de exposición.

7.6.1 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Germinación) con tanino de *P. radiata* insoluble.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	1,611	0,322	1,450	0,276	3,106
Error	12	2,667	0,222			
Total	17	4,278				

F crítico $(5,12)$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.6.2 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Germinación) con tanino de *P. radiata* insoluble modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	2,278	0,456	0,390	0,846	3,106
Error	12	14,000	1,167			
Total	17	16,278				

F crítico $(5,12)$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.6.3 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Germinación) con tanino de Mimosa.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	5,778	1,156	5,200	0,009	3,106
Error	12	2,667	0,222			
Total	17	8,445				

F crítico $(5,12)$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.6.4 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Germinación) con tanino de Mimosa modificada.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	2,667	0,533	4,800	0,012	3,106
Error	12	1,333	0,111			
Total	17	4,000				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.6.5 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Germinación) con tanino de Quebracho.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	1,778	1,778	1,600	0,234	3,106
Error	12	2,667	2,667			
Total	17	4,445				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.6.6 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Germinación) con tanino de Quebracho modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	1,111	0,222	0,800	0,571	3,106
Error	12	3,333	0,278			
Total	17	4,444				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.6.7 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad *R. raphanistrum* (Germinación) con tanino de *P. radiata* soluble.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	1,333	0,267	1,200	0,366	3,106
Error	12	2,667	0,222			
Total	17	4,000				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.6.8 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Germinación) con tanino de *P. radiata* soluble modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	0,278	0,056	0,200	0,956	3,106
Error	12	3,333	0,278			
Total	17	3,611				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.6.9 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Germinación) con lignina de *P. radiata*.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	2,000	0,400	1,200	0,366	3,106
Error	12	4,000	0,333			
Total	17	6,000				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.6.10 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Germinación) con lignina *P. radiata* modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	1,611	0,322	1,450	0,276	3,106
Error	12	2,667	0,222			
Total	17	4,278				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.6.11 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Germinación) con lignina de *E. globulus*.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	0,444	0,089	0,400	0,840	3,106
Error	12	2,667	0,222			
Total	17	3,111				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.6.12 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Germinación) con lignina de *E. globulus* modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	1,611	0,322	0,967	0,476	3,106
Error	12	4,000	0,333			
Total	17	5,611				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.6.13 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Radícula) con tanino de *P. radiata* insoluble.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	1444,810	288,960	1,590	0,236	3,106
Error	12	2180,390	181,700			
Total	17	3625,200				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.6.14 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Radícula) con tanino de *P. radiata* insoluble modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	4132,610	826,520	3,483	0,036	3,106
Error	12	2847,720	237,310			
Total	17	6980,330				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.6.15 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Radícula) con tanino de Mimosa.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	3383,880	676,780	10,456	0,000	3,106
Error	12	776,700	64,720			
Total	17	4160,580				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.6.16 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Radícula) con tanino de Mimosa modificada.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	2034,090	406,820	4,677	0,013	3,106
Error	12	1043,880	86,990			
Total	17	3077,970				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.6.17 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Radícula) con tanino de Quebracho.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	2348,900	469,780	5,049	0,010	3,106
Error	12	1116,560	93,050			
Total	17	3465,460				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.6.18 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Radícula) con tanino de Quebracho modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	1120,710	224,140	0,958	0,480	3,106
Error	12	2806,330	233,860			
Total	17	3927,040				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.6.19 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Radícula) con tanino de *P. radiata* soluble.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	5151,410	1030,280	7,266	0,002	3,106
Error	12	1701,590	141,800			
Total	17	6853,000				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.6.20 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Radícula) con tanino de *P. radiata* soluble modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	4428,360	885,670	3,316	0,041	3,106
Error	12	3205,010	267,080			
Total	17	7633,370				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.6.21 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Radícula) con lignina de *P. radiata*.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	2494,620	498,920	3,498	0,035	3,106
Error	12	1711,420	142,620			
Total	17	4206,040				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.6.22 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Radícula) con lignina *P. radiata* modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	6096,300	1219,260	8,413	0,001	3,106
Error	12	1739,070	144,920			
Total	17	7835,370				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.6.23 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Radícula) con lignina de *E. globulus*.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	6765,790	1353,160	6,748	0,003	3,106
Error	12	2406,490	200,540			
Total	17	9172,280				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.6.24 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Radícula) con lignina de *E. globulus* modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	2945,080	589,020	4,134	0,020	3,106
Error	12	1709,910	142,490			
Total	17	4654,990				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.6.25 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Hipocótilo) con tanino de *P. radiata* insoluble.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	14,049	2,810	0,285	0,912	3,106
Error	12	118,180	9,848			
Total	17	132,229				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.6.26 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Hipocótilo) con tanino de *P. radiata* insoluble modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	183,923	36,785	1,647	0,222	3,106
Error	12	268,060	22,338			
Total	17	451,983				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.6.27 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Hipocótilo) con tanino de Mimosa.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	251,152	50,230	8,604	0,001	3,106
Error	12	70,053	5,838			
Total	17	321,205				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.6.28 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Hipocótilo) con tanino de Mimosa modificada.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	94,143	18,829	3,943	0,024	3,106
Error	12	57,307	4,776			
Total	17	151,450				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.6.29 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Hipocótilo) con tanino de Quebracho.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	138,612	27,722	4,277	0,018	3,106
Error	12	77,773	6,481			
Total	17	216,385				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.6.30 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Hipocótilo) con tanino de Quebracho modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	29,664	5,933	0,655	0,664	3,106
Error	12	108,767	9,064			
Total	17	138,431				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.6.31 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Hipocótilo) con tanino de *P. radiata* soluble.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	541,458	108,292	25,285	0,000006	3,106
Error	12	51,393	4,283			
Total	17	592,851				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.6.32 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Hipocótilo) con tanino de *P. radiata* soluble modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	617,643	123,529	14,622	0,000095	3,106
Error	12	101,380	8,448			
Total	17	719,023				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.6.33 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Hipocótilo) con lignina de *P. radiata*.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	303,040	60,608	8,514	0,00121	3,106
Error	12	85,420	7,118			
Total	17	388,460				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.6.34 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Hipocótilo) con lignina *P. radiata* modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	504,389	100,878	10,703	0,00043	3,106
Error	12	113,100	9,425			
Total	17	617,489				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.6.35 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Hipocótilo) con lignina de *E. globulus*.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	1056,620	211,320	28,288	0,000003	3,106
Error	12	89,650	7,470			
Total	17	1146,270				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.6.36 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *R. raphanistrum* (Hipocótilo) con lignina de *E. globulus* modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	194,164	38,833	6,703	0,0034	3,106
Error	12	69,520	5,793			
Total	17	263,684				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.7 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad sobre *D. magna* a 48 horas de exposición.

7.7.1 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad aguda sobre *D. magna* con tanino de *P. radiata* insoluble.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	60,278	12,056	217,000	0,000	3,106
Error	12	0,667	0,056			
Total	17	60,944				

F crítico $(5,12)$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.7.2 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad aguda sobre *D. magna* con tanino de *P. radiata* insoluble modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	0,278	0,056	1,000	0,458	3,106
Error	12	0,667	0,056			
Total	17	0,944				

F crítico $(5,12)$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.7.3 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad aguda sobre *D. magna* con tanino de Mimosa.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	0,278	0,056	1,000	0,458	3,106
Error	12	0,667	0,056			
Total	17	0,944				

F crítico $(5,12)$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.7.4 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad aguda sobre *D. magna* con tanino de Mimosa modificada.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	0,444	0,089	0,800	0,571	3,106
Error	12	1,333	0,111			
Total	17	1,778				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.7.5 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad aguda sobre *D. magna* con tanino de Quebracho.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	16,278	3,256	9,767	0,001	3,106
Error	12	4,000	0,333			
Total	17	20,278				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.7.6 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad aguda sobre *D. magna* con tanino de Quebracho modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	1,167	0,233	2,100	0,136	3,106
Error	12	1,333	0,111			
Total	17	2,500				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.7.7 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad aguda sobre *D. magna* con tanino de *P. radiata* soluble.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	60,278	12,056	217,000	0,000	3,106
Error	12	0,667	0,056			
Total	17	60,945				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.7.8 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad aguda sobre *D. magna* con tanino de *P. radiata* soluble modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	11,333	2,267	1,632	0,225	3,106
Error	12	16,667	1,389			
Total	17	28,000				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.7.9 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad aguda sobre *D. magna* con lignina de *P. radiata*.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	94,444	18,889	340,000	0,000	3,106
Error	12	0,667	0,056			
Total	17	95,111				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.7.10 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad aguda sobre *D. magna* con lignina *P. radiata* modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	1,167	0,233	2,100	0,136	3,106
Error	12	1,333	0,111			
Total	17	2,500				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado < F crítico, por lo tanto, no se rechaza la H_0 , no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

7.7.11 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad aguda sobre *D. magna* con lignina de *E. globulus*.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	80,944	16,189	16,189	0,000	3,106
Error	12	12,000	1,000			
Total	17	92,944				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.

7.7.12 Análisis de varianza (ANOVA) para toxicidad aguda sobre *D. magna* con lignina de *E. globulus* modificado.

	DF	SS	MS	F	P	F critico
Factor	5	91,111	18,222	328,000	0,000	3,106
Error	12	0,667	0,056			
Total	17	91,778				

F crítico $(_{5,12})$: 3,106 para un nivel de significancia 5%.

F calculado > F crítico, por lo tanto, se rechaza la H_0 , existe diferencia entre al menos una media de los tratamientos.