



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**MAESTRÍA EN QUÍMICA APLICADA**

**TEMA:**

**CINÉTICA DE HINCHAMIENTO DE UN HIDROGEL PARA APLICAR  
METOMILO COMO CEBO PARA EL CONTROL QUÍMICO DEL CARACOL  
MANZANA (*Pomácea canaliculata*).**

**AUTOR:**

**MARÍN MONCADA CARLOS LUIS**

**DIRECTOR TFM:**

**VILLAMAR AVEIGA MÓNICA DEL ROCÍO**

**MILAGRO, MARZO 2022**

**ECUADOR**

## ACEPTACIÓN DE TUTORÍA

Mediante la presente hago constar que he analizado el proyecto de grado presentado por el Sr. Carlos Luis Marín Moncada, para optar al título de Magister en Química Aplicada y que acepto tuturar al estudiante, durante la etapa del desarrollo del trabajo hasta su presentación, evaluación y sustentación.

Milagro, a los 20 días del mes de septiembre del 2021



---

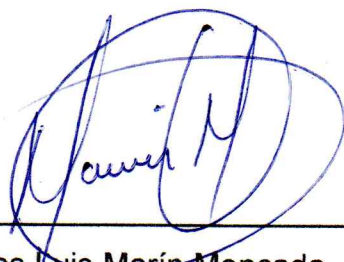
Mónica del Rocío Villamar Aveiga, M.Sc.

C.I.: 0918306507

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El autor de esta investigación declara ante el Comité Académico del Programa de Maestría en Química Aplicada de la Universidad Estatal de Milagro, que el trabajo presentado es de mi propia autoría, no contiene material escrito por otra persona, salvo el que está referenciado debidamente en el texto; parte del presente documento o en su totalidad no ha sido aceptado para el otorgamiento de cualquier otro Título de una institución nacional o extranjera.

Milagro, a los 18 días del mes de marzo del 2022



Carlos Luis Marín Moncada

CI: 0801866112

## CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA

EL TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN QUÍMICA APLICADA** otorga al presente trabajo de titulación las siguientes calificaciones:

MEMORIA CIENTÍFICA	[ 60 ]
DEFENSA ORAL	[ 37 ]
TOTAL	[ 97 ]
EQUIVALENTE	[ EXCELENTE ]



---

**PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL**  
Manuel Fiallos Cárdenas, M.Sc.



---

**DIRECTOR/A TFM**  
Mónica Villamar Aveiga, M.Sc.



---

**SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL**  
Juan Valenzuela Cobos, Ph.D

## DEDICATORIA

- A Dios, por cuidar y guiar mis pasos con infinito amor y bondad; por haberme dado salud para cumplir con mis objetivos, permitiéndome llegar a este momento tan importante en mi formación profesional.
  
- A mis padres, Carlos y Teresa por darme la vida, su amor y sus consejos; haciendo de mí una mejor persona y un buen profesional.
  
- Con todo mi amor a mi esposa Shirley, por su amor, confianza y creer en mí desde el inicio de esta maestría, por su sacrificio y esfuerzo, siempre brindándome su apoyo incondicional.
  
- A mis hijos, Carlos Andrés, Ericka, Justín Elías, por ser fuente de motivación para alcanzar mis metas.
  
- A mis hermanos: Johnny, Armando, César y Lenín por todo su apoyo.

Carlos Marín

## **AGRADECIMIENTO**

- Mis agradecimientos sinceros a la Blga. Mónica Villamar Aveiga M.Sc, tutora de tesis, por ser la guía durante mi trabajo de titulación brindándome sus conocimientos y apoyo.
- De manera muy especial agradezco a mi familia por apoyarme en cada paso de este proceso y ser una fuente de inspiración para ser una mejor persona cada día.

Carlos Marín

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Doctor

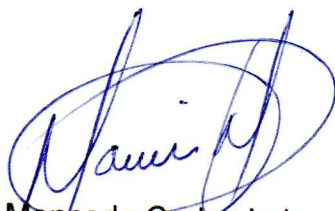
Fabricio Guevara Viejó

**Rector de la Universidad Estatal De Milagro**

Presente.

Mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor del Trabajo realizado como requisito previo para la obtención de mi Título de Cuarto Nivel, cuyo tema fue "Cinética de Hinchamiento de un Hidrogel para aplicar metomilo como cebo para el control químico del Caracol manzana (*Pomácea canaliculata*)" y que corresponde al Vicerrectorado de Investigación y Postgrado.

Milagro, 18 de marzo del 2022



Marín Moncada Carlos Luis

CI: 0801866112

## ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	4
EL PROBLEMA.....	4
1.2    OBJETIVOS .....	5
1.2.1    Objetivo General .....	5
1.2.2    Objetivos Específicos .....	5
CAPÍTULO II.....	8
<b>2.1. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1.1. Antecedentes Históricos .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1.2. Antecedentes referenciales.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2. MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>10</b>
2.2.1    Hidrogeles .....	10
2.2.2    Características de los hidrogeles.....	11
2.2.3    Tipos de Hidrogeles.....	11
2.2.4    Propiedad de hinchamiento .....	14
2.2.5    Cinética de hinchamiento .....	14
2.2.6    Aplicaciones de los hidrogeles .....	15
2.2.7    Composición química del poliacrilato de potasio .....	15
2.2.8    Plaguicidas.....	16
Insecticida (INS).....	17
Molusquicida (MOL).....	18
Toxicidad .....	18
Metomilo .....	18
Metaldehído .....	19
2.2.9    Clasificación toxicológica de los plaguicidas.....	20
2.2.10    Principales Plagas Que Atacan Los Cultivos En Ecuador.....	22
2.2.11    Plaga.....	23
2.2.12    Caracol manzana ( <i>Pomácea Canaliculata</i> ).....	24
<b>2.2.13    Cálculo de ensayos de eficacia .....</b>	<b>26</b>



Abbott	27
Sun-Shepard.....	27
CAPÍTULO III .....	29
MATERIALES Y MÉTODOS .....	29
<b>3.1 Material de estudio</b> .....	29
<b>3.1.1 Material biológico</b> .....	29
<b>3.1.2 Inerte</b> .....	30
3.1.3 Ingrediente activo.....	30
3.1.4 Equipos.....	30
<b>3.2 Localización</b> .....	30
<b>3.3 Metodología</b> .....	31
3.3.2 Medición gravimétrica del hinchamiento del hidrogel .....	31
3.3.3 Medición de mortalidad .....	32
3.3.3 Bioensayos en laboratorio.....	32
3.3.4 Tratamientos Estudiados.....	33
3.3.5 Diseño Experimental y Análisis Estadístico .....	33
CAPÍTULO IV.....	35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
<b>4.1 Elección de Hidrogel</b> .....	35
<b>4.2 Hinchamiento del Hidrogel</b> .....	37
<b>4.3 Número de Caracoles Muertos</b> .....	38
<b>4.2 Discusión</b> .....	44
CAPITULO V.....	45
<b>5.1. CONCLUSIONES</b> .....	45
<b>5.2. RECOMENDACIONES</b> .....	46
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47
ANEXOS.....	50

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Clasificación de los plaguicidas según su vida media de efectividad. .....	21
<b>Cuadro 2.</b> Clasificación de los plaguicidas, según la familia química.....	22
<b>Cuadro 3.</b> Principales plagas que atacan los cultivos en Ecuador: insectos, ácaros, nematodos y moluscos .....	23
<b>Cuadro 4.</b> Pruebas de eficacia .....	26
<b>Cuadro 5.</b> Análisis granulométrico del hidrogel "COSECHA DE LLUVIA" .....	36
<b>Cuadro 6.</b> Análisis granulométrico del hidrogel "NEWGEL" .....	36
<b>Cuadro 7.</b> % de hinchamiento del hidrogel a diferentes concentraciones de metomilo. ....	37
<b>Cuadro 8.</b> Número de caracoles muertos en estudio sobre el efecto de metomilo en hidrogel sobre el caracol manzana ( <i>Pomácea canaliculata</i> ).....	38
<b>Cuadro 9.</b> Análisis de varianzas de los tratamientos .....	39
<b>Cuadro 10.</b> Análisis de comparaciones múltiples. Prueba post ANOVA: Tukey de los 5 tratamientos, el testigo absoluto y el testigo referencial. ....	39
<b>Cuadro 11.</b> Estimaciones Probit para determinar la CL50 .....	43
<b>Cuadro 12.</b> Estimaciones de los parámetros Probit. ....	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Producción nacional de arroz 2019 .....	4
Figura 2. Estructural Hidrogel convencional y semi-IPN .....	12
Figura 3. Estructura de las redes poliméricas de doble red (DN): primera red en azul (más entrecruzada), segunda red en rojo (menos entrecruzada).....	13
Figura 4. Estructura del poliacrilato de potasio.....	16
<b>Figura 5.</b> Estructura química del metomilo. ....	19
<b>Figura 6.</b> Estructura química del metaldehído. ....	19
<b>Figura 7.</b> Recolección de caracoles.....	29
<b>Figura 8.</b> Hidrogel seleccionado y utilizado para las pruebas de hinchamiento. NEWGEL .....	30
<b>Figura 9.</b> Unidades experimentales del ensayo. ....	33
Figura 10. Producto "COSECHA DE LLUVIA" .....	35
<b>Figura 11.</b> Producto "NEWGEL" .....	35
<b>Figura 12.</b> Hinchamiento de hidrogel a diferentes concentraciones de metomilo. ....	37
<b>Figura 13.</b> Mortalidad de los caracoles por tratamiento. ....	38
<b>Figura 14.</b> Caracoles con tratamiento de metomilo.....	40
<b>Figura 15.</b> Caracoles con tratamiento de metaldehído. ....	40

## RESUMEN

El caracol manzana (*Pomácea canaliculata*) es una plaga del arroz que ataca en su primera fase de crecimiento de las plántulas y pone en peligro su rentabilidad, afectando el costo de producción hasta un 40% a causa de altas poblaciones; y se ha convertido en una amenaza en todas las áreas arroceras del Litoral Ecuatoriano. El objetivo del presente estudio fue evaluar la cinética de hinchamiento de un hidrogel para aplicar metomilo como cebo para el control químico del caracol manzana (*Pomácea canaliculata*). Se estableció un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y 7 tratamientos, un testigo absoluto, un testigo referencial (metaldehído) y cinco disoluciones con diferentes concentraciones de metomilo (0.25%; 0.35%; 0.45%; 0.55% y 0.65%). El ensayo granulométrico permitió identificar que el polímero comercial NEWGEL fue más viable para las disoluciones de metomilo por tener mayor tamaño de partículas. La cinética de hinchamiento se la evaluó por medio de las curvas de hinchamiento obtenidas por método gravimétrico, estas proporcionaron la información del tiempo necesario (2.67 horas) para que el polímero absorba las disoluciones de metomilo, la cantidad de polímero a aplicar varía de acuerdo a la concentración de metomilo que tenga la disolución. Para la evaluación de la mortalidad se realizó una regresión PROBIT, el análisis estadístico se realizó utilizando el programa estadístico SPSS. El análisis de varianzas reportó diferencias significativas entre los tratamientos, no indicaba la diferencia entre ellos; se utilizó la prueba de Tukey para establecer comparaciones múltiples entre las medias de los tratamientos. Los hidrogeles con metomilo al 0.45%, 0.55%, 0.65% evidencian una alta eficacia de mortalidad en el control del caracol manzana y no presentan diferencias significativas con respecto al tratamiento con metaldehído. La concentración letal media (CL50) obtenida por medio de estimaciones Probit es de 2.888 g-L<sup>-1</sup>.

**Palabras claves:** hidrogel, metomilo, *Pomácea canaliculata*, hinchamiento.

## ABSTRACT

The apple snail (*Pomacea canaliculata*) is a pest of rice that attacks seedlings in their first phase of growth and endangers their profitability, affecting the cost of production up to 40% due to high populations; and it has become a threat in all the rice growing areas of the Ecuadorian coast. The objective of the present study was to evaluate the swelling kinetics of a hydrogel to apply methomyl as a bait for the chemical control of the apple snail (*Pomacea canaliculata*). A randomized complete block design with four replications and 7 treatments, an absolute control, a reference control (metaldehyde) and five solutions with different concentrations of methomyl (0.25%; 0.35%; 0.45%; 0.55% and 0.65%) was established. . The granulometric test allowed us to identify that the commercial polymer NEWGEL was more viable for methomyl solutions because it had a larger particle size. The swelling kinetics was evaluated by means of the swelling curves obtained by the gravimetric method, these provided the information of the necessary time (2.67 hours) for the polymer to absorb the methomyl solutions, the amount of polymer to apply varies according to the concentration of methomyl in the solution. For the evaluation of mortality, a PROBIT regression was performed, the statistical analysis was performed using the statistical program SPSS. The variance analysis reported significant differences between the treatments, it did not indicate the difference between them; Tukey's test was used to establish multiple comparisons between treatment means. The hydrogels with methomyl at 0.45%, 0.55%, 0.65% show a high mortality efficacy in the control of the apple snail and do not present significant differences with respect to the treatment with metaldehyde. The median lethal concentration (LC50) obtained through Probit estimates is 2,888 g-L<sup>-1</sup>.

**Keywords:** *hydrogel, methomyl, Pomaceae canaliculata, swelling.*

## INTRODUCCIÓN

La introducción incontrolada de especies, de manera intencional o no, ha provocado innumerables daños ambientales, sanitarios y económicos a los ecosistemas de la cuenca baja del río Guayas, citando el caso del caracol manzana (*Pomacea canaliculata*) que ingresó clandestinamente a Ecuador en 2005 en materiales vegetativos que eran portadores de huevos de esta especie gasterópoda, cuyo objetivo era controlar el “Jacinto de agua” (*Eicchomia crassipes*) en la presa Daule-Peripa. Si bien es cierto que se logró este propósito, también se causaron serios perjuicios a la producción arroceras, pues esta se vio afectada 38 Manejo Agroecológico de Plagas por el ataque del caracol manzana que con el carácter de plaga disminuyó la productividad de la gramínea en un 40% del área sembrada (Valdivieso, 2017).

El *Pomacea canaliculata* actualmente es la principal plaga del sector arroceras bajo riego en Ecuador (Rodríguez Delgado et al., 2018). Es una plaga del arroz que ataca en su primera fase de crecimiento de las plántulas y pone en peligro su rentabilidad, afectan directamente el costo de producción en un 40% a causa de altas poblaciones, y se ha convertido en una amenaza en todas las áreas arroceras del Litoral Ecuatoriano (Vargas, 2018). Por el impacto negativo de esta plaga a los cultivos de arroz, es necesario realizar el control que permita controlar y disminuir su población.

Con el propósito de controlar las plagas que atacan los cultivos en el campo y en los centros donde se acopian los productos agropecuarios, se han venido realizando aplicaciones a base de agroquímicos, muchos de los cuales son extremadamente dañinos y además de contaminar el ambiente y los productos agrícolas eliminan también los insectos benéficos y desactivan la biología del suelo, convirtiéndose en un serio peligro para la salud humana (Valdivieso, 2017).

Uno de los controles de esta plaga, se realiza por medio de metomilo el cual se lo aplica pulverizado por medio de bombas de espalda manual. El uso indiscriminado de los plaguicidas incluido el metomilo, han hecho que varias

especies nativas estén desapareciendo Los controles químicos resultan ser eficaces en el control del *P. canaliculata*, el uso indiscriminado y a dosis elevadas no solo efectúa un control sobre esta especie, también afecta a toda la fauna donde se lo aplica y a los canales donde van a parar las aguas de los cultivos al realizar evacuación y recambio de estas. (Muñoz Pacheco, 2016).

Los hidrogeles son geles poliméricos hidrofílicos formados por una red tridimensional que tiene la capacidad de absorber una gran cantidad de agua, hinchándose y aumentando considerablemente su volumen sin perder su forma, hasta alcanzar su máximo grado de hidratación o índice de hinchamiento. En estado seco el gel es un material sólido y duro, pero cuando entra en contacto con una solución acuosa, esta se difunde hacia el interior y el gel se hincha hasta alcanzar un equilibrio fisicoquímico. La difusión incluye la migración de agua en los espacios preexistentes o dinámicamente formados entre las cadenas del hidrogel (Ramirez et al., 2016).

“Los hidrogeles han sido estudiados para una amplia variedad de aplicaciones tecnológicas en química, medicina, medio ambiente, agricultura y en otros campos de la industria” (Benítez et al., 2011).

La rápida multiplicación tanto de la variedad de compuestos utilizados, como de los mecanismos de síntesis, ha permitido la obtención de hidrogeles con mayor capacidad de absorción de agua y con diversas características fisicoquímicas, estas últimas condicionan el hinchamiento del gel y, por lo tanto, su desempeño (Estrada Guerrero et al., 2011).

“El surgimiento de los polímeros hidrófilos a base de poliacrilamida se dio en los Estados Unidos de Norteamérica en la década de los 1950 y con el paso de los años se ha mejorado su capacidad de hidratación” (López-Elías et al., 2016).

“La difusión incluye la migración de agua en los espacios preexistentes o dinámicamente formados entre las cadenas del hidrogel” (Ramirez et al., 2016).

“El hinchamiento del hidrogel implica una mayor escala segmentaria en

movimiento, con un aumento de la distancia de separación entre las cadenas del hidrogel” (Benitez et al., 2011).

El objetivo del presente estudio es determinar la cinética de hinchamiento de un hidrogel (poliacrilato de potasio) con metomilo en solución a diferentes concentraciones (0.23%; 0.34%; 0.45%; 0.56 and 0.68%) como alternativa para mejorar la dosificación y aplicación de metomilo para el control químico del *Pomácea canaliculata* en el cultivo de arroz (*Oriza sativa*). Esto permitirá reemplazar la aplicación de metomilo por pulverización con bomba de espalda, a una aplicación al voleo en forma de cebo por medio de un polímero súper absorbente (hidrogel) al cultivo de arroz.



# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1.1 Problematicación

“El *Pomácea canaliculata* actualmente es la principal plaga del sector arrocero bajo riego en Ecuador” (Rodríguez Delgado et al., 2018). Es una plaga del arroz que ataca en su primera fase de crecimiento de las plántulas y pone en peligro su rentabilidad, afectan directamente el costo de producción en un 40% a causa de altas poblaciones, y se ha convertido en una amenaza en todas las áreas arroceras del Litoral Ecuatoriano (Vargas, 2018).

“Las plántulas de 15 días de trasplantadas son vulnerables al ataque del caracol; así mismo las sembradas por semilla de 4-30 días. Devora las bases de las plantas jóvenes; inclusive puede consumir toda la planta en una sola noche” (Pacheco, 2014).

“En el Ecuador se siembra una superficie anual de arroz de alrededor de 257,273 ha (Cuadro 1), en dos ciclos productivos: invierno y verano, principalmente en las provincias del Guayas y Los Ríos con rendimientos promedios de 4.3 t/ha” (Corporación Financiera Nacional, 2020).

Año	Provincia	Superficie Cosechada (ha)	Producción (Tm.)	Rendimiento (Tm/ha)	Porcentaje Nacional
2019	Guayas	173,673	789,812	4.5	72%
	Los Ríos	65,737	249,515	3.8	23%
	Loja	5,456	29,500	5.4	3%
	El Oro	4,946	8,290	1.7	1%
	Resto de Provincias	7,461	22,568	3.0	2%
	Total general	257,273	1,099,686	4.3	100%

**Figura 1.** Producción nacional de arroz 2019

Fuente:(Corporación Financiera Nacional, 2020)

### **1.1.2 Delimitación del problema**

Esta investigación se limitará a ensayos de laboratorio del hinchamiento del hidrogel y a evaluar la mortalidad de los caracoles manzana (*Pomácea canaliculata* L.) aplicando metomilo en hidrogel. Se sustentará con información de investigaciones anteriores, tanto de revistas científicas e investigación en proyectos de grado de universidades.

#### **Hipótesis**

**Ho** = La cinética de hinchamiento de un hidrogel con metomilo permitirá aplicarlo como cebo y controlar al caracol manzana (*Pomácea canaliculata*).

**Ha** = La cinética de hinchamiento de un hidrogel con metomilo permitirá aplicarlo como cebo y no controlará al caracol manzana (*Pomácea canaliculata*).

### **1.1.3 Formulación del problema**

¿La cinética de hinchamiento del hidrogel para aplicar metomilo como cebo es eficaz para el control químico del caracol manzana (*Pomácea canaliculata*)?

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo General**

- Evaluar la cinética de hinchamiento del hidrogel para aplicar metomilo como cebo para el control químico del caracol manzana (*Pomaceea canaliculata*).

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Escoger el hidrogel comercial mediante granulometría.

- Analizar por método gravimétrico la absorción del hidrogel con las disoluciones en estudio
- Evaluar la mortalidad de *Pomacea canaliculata* por método de conteo.

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

Se estima que las plagas agrícolas causan daños en alrededor del 40 al 48% de la producción mundial de alimentos. En el campo los daños pueden llegar a alcanzar un promedio del 33 al 35% de la producción potencial, mientras que las pérdidas en post-cosecha pueden ser de entre el 10 y el 20% (Valdivieso, 2017).

Las plagas afectan a todos los agricultores sin diferenciar el tamaño de la unidad productiva o la tecnología empleada. Como consecuencia del ataque de plagas pueden ocasionarse problemas de índole social tales como la disminución en el consumo de alimentos, especialmente en los sectores poblacionales de bajos ingresos y entre los agricultores de subsistencia, quienes aún en las mejores condiciones suelen tener dietas marginales. Por otra parte la escasez de alimentos causada por la acción nociva de las plagas puede propiciar el encarecimiento de estos en los mercados (Valdivieso, 2017).

“El arroz (*Oryza sativa L.*) es uno de los cereales de relevante importancia en el mundo, es el medio de sobrevivencia y alimentación de más del 50% de la humanidad” (Díaz, 2014).

En el año 2019, se sembraron aproximadamente 257,273 ha de arroz en el Ecuador, principalmente en la región Costa en las provincias de Guayas y Los Ríos. Las provincias antes mencionadas concentran el 72 y 23% respectivamente del total de la producción anual nacional, el restante 5 % corresponde a cultivos en el resto del país (Corporación Financiera Nacional, 2020).

El arroz al igual que otros cultivos, presenta grandes problemas de importancia social y económica, en plantaciones en nuestro país. Entre ellos, se encuentra el

caracol manzana (*Pomácea Canaliculata*) que se ha convertido en la plaga de mayor importancia del sector arrocero, causando daños directamente en forma temprana en las plantaciones de arroz.

El objetivo del presente estudio es evaluar la cinética de hinchamiento de un hidrogel con metomilo como cebo para el control químico del caracol manzana. Los daños causados por el caracol manzana (*Pomácea canaliculata*) durante los primeros días después de la siembra de arroz causan ingentes pérdidas, afectando directamente a la producción de este cultivo, además aportar con una alternativa para el control químico de esta especie, mediante la aplicación de metomilo, utilizando un hidrogel como cebo, en el cultivo de arroz con el fin de minimizar el impacto al medio ambiente de este producto.

## CAPÍTULO II

### 2.1. MARCO TEÓRICO

#### 2.1.1. Antecedentes Históricos

El *Pomácea canaliculata* puede propagarse con rapidez desde zonas agrícolas a húmedas y otros sistemas de agua dulce naturales donde puede tener graves consecuencias. Estos impactos potenciales podrían implicar la destrucción de la vegetación acuática nativa, que conduce a una modificación grave del hábitat; así como, también las interacciones competitivas con la fauna acuática, incluyendo caracoles. Ya introducidas ha sido implicado en la disminución de especies de caracoles de manzana Pila en el sureste asiático; como consecuencia de las aplicaciones excesivas de plaguicidas contra *Pomácea canaliculata* (Pacheco, 2014).

En Ecuador el caracol manzana (*Pomacea canaliculata*) es una plaga invasora introducida, reportada en el año 2005 en el recinto San Mauricio del cantón El Triunfo, causando grandes daños en el cultivo de arroz, la misma que ataca en su primera fase de crecimiento de las plántulas y pone en peligro su rentabilidad, afectan directamente el costo de producción en un 40% a causa de altas poblaciones, y se ha convertido en una amenaza en todas las áreas arroceras del Litoral Ecuatoriano (Vargas, 2018).

Existen diferentes estudios a nivel nacional del caracol manzana donde se utilizan controles químicos (plaguicidas), extractos vegetales, culturales y variaciones entre ellos.

“El tiempo de exposición fue de 4 días durante el cual los organismos se mantuvieron a  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , en condiciones de ayuno, fotoperiodo natural y sin aireación. Cada 24 horas se registró la mortalidad, se retiraron los caracoles muertos” (Cornaglia et al., 2019).

Las pruebas realizadas mostraron que el polímero es capaz de absorber el equivalente a 268 veces su peso usando agua destilada. Cuando el agua cuenta con presencia de sales, el polímero reduce la capacidad de absorción de agua, siendo menor la capacidad de hidratación a medida que incrementa el contenido de sales con una reducción en la absorción de agua en hasta 116 veces su peso (López-Elías et al., 2016).

El uso del polímero hidrófilo resultó una herramienta que ayuda a mejorar la eficiencia en el uso del agua dada la capacidad de absorción de agua, cuyo efecto depende de la calidad de la misma, viéndose afectada por el contenido de sales (López-Elías et al., 2016).

“Durante la presente investigación se evaluaron el efecto de los molusquicidas, TRYCLAN, MOLUX y POLLUX en el cultivo del arroz” (Aspiazu, 2016). “Podemos observar que el producto químico Pollux tuvo mejor resultado, causando la muerte en los caracoles en la primera aplicación, en cambio los demás tratamientos con frecuencia de aplicación de 2 días, no causaron mucho efecto en la mortalidad” (Aspiazu, 2016). El producto con nombre comercial Pollux tiene una composición de 900g/kg de metomilo, como ingrediente activo.

### **2.1.2. Antecedentes referenciales**

En un estudio se utilizó Methomilaq 900 marca comercial de Agripac, siendo el ingrediente activo: metomilo (90% p/p), se aplicó un sobre (100 g) por hectárea, se disolvió en 20 litros de agua y se aplicó con una bomba de mochila (Pacheco, 2014).

Considerando los diferentes problemas que implican el uso descontrolado de pesticidas en la agricultura moderna se llevó a cabo la presente investigación a fin de evaluar el efecto de los preparados a base de ají y neem sobre el caracol manzana (*Pomacea canaliculata*). Para ello se recolectaron caracoles en arrozales y se los llevó al laboratorio de microbiología del Campus Manuel Haz Álvarez de la UTEQ, donde se los alimentó y se aplicaron los tratamientos en estudio para después llevar a cabo la medición de las variables respectivas. Se

utilizó un Diseño Completamente Aleatorio con seis tratamientos en cuatro repeticiones. Los mejores resultados en cuanto a tasa de mortalidad, disminución en alimento consumido y oviposuras se obtuvieron con el metaldehído, sin embargo con los extractos botánicos de neem y ají en dosis de 175 cc/l y 150 cc/l, respectivamente se obtuvieron tasas de mortalidad aceptables (50 y 70 % en su orden) y una considerable disminución de alimento consumido (64 y 61 %) y ovoposiciones (71.4 % y 85.7 %), representando una método ecológico de control del caracol manzana, cumpliendo con las exigencias que demanda una agricultura ecológica, para ser aplicada en los diferentes cultivos amenazados por esta plaga (Vargas, 2018).

Los controles químicos resultan ser eficientes para el *P. canaliculata*, el uso indiscriminado y las dosis elevadas no solo afectan a esta especie, también a toda la fauna donde se lo aplica y a los causes donde van a parar las aguas de los cultivos al realizar evacuación y recambio de estas.

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1 Hidrogeles**

Los hidrogeles son geles poliméricos hidrofílicos formados por una red tridimensional que tiene la capacidad de absorber una gran cantidad de agua, hinchándose y aumentando considerablemente su volumen sin perder su forma, hasta alcanzar su máximo grado de hidratación o índice de hinchamiento. En estado seco el gel es un material sólido y duro, pero cuando entra en contacto con una solución acuosa, esta se difunde hacia el interior y el gel se hincha hasta alcanzar un equilibrio fisicoquímico. La difusión incluye la migración de agua en los espacios preexistentes o dinámicamente formados entre las cadenas del hidrogel (Ramirez et al., 2016).

Los hidrogeles son materiales que poseen características especiales, tales como su alta capacidad de hinchamiento, su permeabilidad al agua y a solutos de tamaño pequeño. Sus propiedades son dependientes de factores como la composición de su formulación (tipo de monómero, cantidad de entrecruzante) y, cuando se aplican en un medio acuoso, dependen del pH, la fuerza iónica y la

temperatura. Es por estas razones, que si es ajustada la proporción de sus componentes en su formulación, es posible modificar la interacción del hidrogel con el medio (Orozco-Guare O et al., 2011). “La interacción con algún soluto metálico es debida a que los hidrogeles poseen en su estructura grupos funcionales tales como:  $-NH_2$ ,  $-COOH$ ,  $-OH$ ,  $-CONH_2$ ,  $-SO_3H$ , etc.” (Orozco-Guare O et al., 2011).

### **2.2.2 Características de los hidrogeles**

Las moléculas entrecruzadas de estos polímeros hidrofílicos insolubles, absorben agua entre 40 a 500 veces su propio peso, capacidad que es determinada por la estructura química y por las condiciones de formación del polímero, así como por la composición química de la solución del suelo y el agua, también determinaron que la concentración salina reduce el potencial de absorción de agua del producto (Sánchez, 2019).

Los hidrogeles presentan una serie de características particulares como son:

- **Carácter hidrófilo:** debido a la presencia en la estructura de grupos solubles en agua ( $-OH$ ,  $-COOH$ ,  $-CONH_2$ ,  $-CONH$ ,  $-SO_3H$ )(García, 2009).
- **Insolubles en agua:** debido a la existencia de una red polimérica tridimensional en su estructura(García, 2009).
- **Presentan una consistencia suave y elástica** la cual está determinada por el monómero hidrófilo de partida y la baja densidad de entrecruzamiento del polímero(García, 2009).
- **Se hinchan en agua aumentando considerablemente su volumen** hasta alcanzar un equilibrio químico-físico, pero sin perder su forma(García, 2009).

### **2.2.3 Tipos de Hidrogeles**

Dependiendo de su estructura química y los componentes utilizados para la síntesis de los hidrogeles, estos se pueden clasificar en los siguientes tipos:

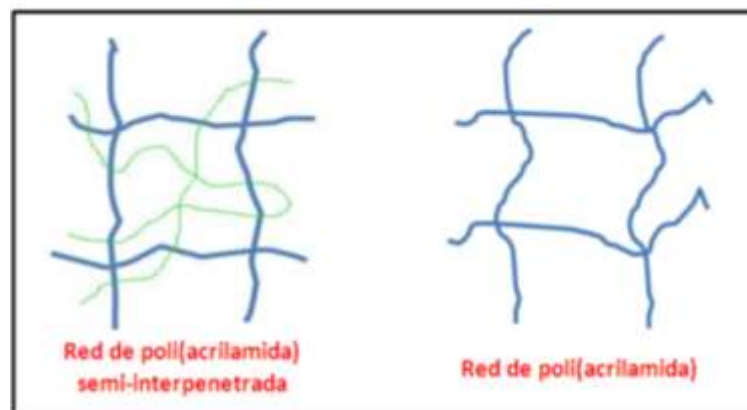


## Hidrogeles copolímeros

Los hidrogeles además del agente entrecruzante están formados por dos o más monómeros que pueden polimerizarse formando cadenas de composición aleatoria o formando bloques (dependiendo de la reactividad de los monómeros y demás condiciones de reacción). Este tipo de hidrogeles puede sintetizarse cuando se desea incorporar o mejorar en el material resultante una propiedad específica de uno de los monómeros, como por ejemplo el carácter hidrófilo y su sensibilidad al pH, entre otros (Ramirez et al., 2016).

## Hidrogeles de redes semi-interpenetradas (semi-IPN)

Los hidrogeles de redes semi-IPN se forman mediante la polimerización y reticulación de un monómero en presencia de un polímero ya formado; de esta manera el polímero queda ocluido en la red tridimensional del hidrogel. Es una de las estrategias que se ha diseñado para mejorar las propiedades mecánicas de los hidrogeles, así como también para incorporar las propiedades del polímero en el material final. Comúnmente se emplean para su obtención biopolímeros como por ejemplo el quitosano. En la figura 2 se representa la estructura de un hidrogel convencional y un hidrogel semi-IPN.

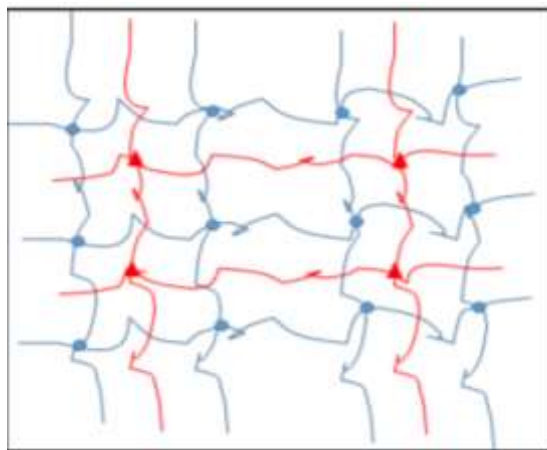


**Figura 2.** Estructural Hidrogel convencional y semi-IPN

Fuente:(Ramirez et al., 2016)

## Hidrogeles de doble red

Los geles de doble red (DN) se componen de dos redes interpenetradas (Figura 2) que lo hacen suave pero resistente, por lo que se espera un mejor rendimiento en las propiedades mecánicas. Estos geles blandos y húmedos con alta resistencia mecánica, baja fricción superficial, y altas propiedades de resistencia al deterioro son buenos candidatos como sustitutos de tejidos que soportan carga, y han sido sintetizados de poli (ácido 2-acrilamida-2-metil-1-propansulfónico) (PAMPS) (primera red) y poliacrilamida (PAAm) (segunda red). Estos hidrogeles presentan propiedades mecánicas superiores a los convencionales, son obtenidos mediante una síntesis de dos etapas donde la segunda red se forma en presencia de la primera, pueden aplicarse como prótesis de partes blandas como cartílagos (Ramirez et al., 2016).



**Figura 3.** Estructura de las redes poliméricas de doble red (DN): primera red en azul (más entrecruzada), segunda red en rojo (menos entrecruzada)

Fuente: (Ramirez et al., 2016)

## Hidrogeles híbridos

A este grupo pertenecen los hidrogeles que presentan además de la fase orgánica constituida por las cadenas de polímeros entrecruzadas, una fase inorgánica con la que puede interactuar físicamente (ejm: enlaces de hidrogeno) o químicamente (en este caso originando una nueva estructura). Existen varias formas para su síntesis, la más reportada consiste en una polimerización por adición donde se utiliza como media una suspensión acuosa

de la fase inorgánica. Este tipo de hidrogel presenta propiedades superiores en comparación con el hidrogel convencional (Ramirez et al., 2016).

#### **2.2.4 Propiedad de hinchamiento**

El hinchamiento se debe a la capacidad de los polímeros de absorber líquidos (principalmente agua), debido al contacto. Durante éste proceso, se adopta una configuración elongada por las cadenas que dan estructura a la red polimérica, provocando una dilatación del material (3), así mismo, es apreciable un aumento en el volumen del hidrogel, sin afectar su estructura original. Al mismo tiempo, se genera una fuerza opuesta a la fase de hinchamiento, que se desempeña como una presión retráctil que ejercen las cadenas de la red polimérica contra el disolvente (Quetzali Salazar, 2021).

Durante el proceso cinético de hinchamiento de un hidrogel, se produce un estado estacionario, antes y después de las condiciones del gel cuando se ha producido un cambio de volumen como resultado de la exposición a un disolvente, se le conoce como hinchamiento en equilibrio de un hidrogel y éste logra su punto máximo cuando se alcanza un balance entre la fuerza ejercida por la red polimérica y la fuerza del disolvente. En este estado estacionario se mantiene la fracción en volumen de polímero en el gel hinchado que está en equilibrio con el disolvente ejerciendo un control sobre el tiempo y el porcentaje de absorción del disolvente. El estado de equilibrio es característico de cada hidrogel ya que intervienen factores como el grado de polimerización, grupos funcionales, temperatura, entre otros; además es un proceso reversible y se puede hacer una diferenciación de hidrogeles considerando su estado de hinchamiento en equilibrio (Quetzali Salazar, 2021).

#### **2.2.5 Cinética de hinchamiento**

La capacidad de retener considerables cantidades de agua en el interior de la estructura molecular de los hidrogeles es posible por la existencia de un equilibrio entre las fuerzas osmóticas y cohesivas presentes en su cadena polimérica.

Únicamente tiene un aporte al hinchamiento aquel líquido que está interceptado dentro del hidrogel como líquido libre o asociado a la estructura por medio de alguna interacción molecular y no el que queda en la superficie. Además, el contenido de agua en estos materiales modula gran parte de sus propiedades, tales como permeabilidad, propiedades biológicas y mecánicas, las cuales influyen para su aplicación (Quetzali Salazar, 2021).

### **2.2.6 Aplicaciones de los hidrogeles**

Actualmente los hidrogeles tienen aplicación en diversas áreas de la industria, debido a sus características físicas (densidad de entrecruzamiento, porosidad, resistencia mecánica, grado de hinchamiento, etc.). Una utilidad de interés para los hidrogeles se presenta en el área médica, debido a que se están estudiando para ser utilizados en diversas aplicaciones como andamios en ingeniería de tejidos, biomateriales adhesivos para la cicatrización de heridas, membranas para la reconstrucción de órganos, como encapsulador y posteriormente como vehículo para la administración controlada de sustancias con efectos fisiológicos como pueden ser: antagonistas de fármacos, antibióticos, anticonceptivos, anticoagulantes, anticuerpos, antineoplásicos, etc (Quetzali Salazar, 2021).

### **2.2.7 Composición química del poliacrilato de potasio**

El polímero poliacrilato de potasio (figura 4) está compuesto de unidades monoméricas de acrilato de potasio (2-propenoato de potasio) y ácido acrílico (ácido-2-propenoico) en una proporción aproximada de 65% y 34.7% respectivamente. La cadena polimérica está reticulada con 0.3% Éter trialílico de Pentaeritritol (Sanz Gómez et al., 2015).

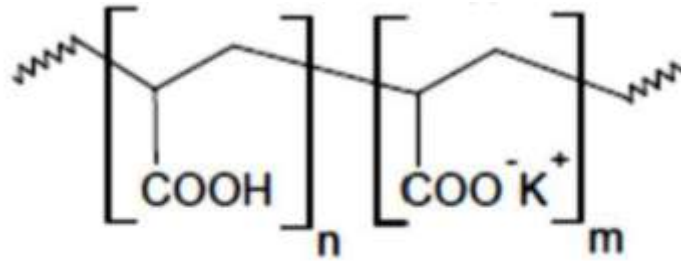


Figura 4. Estructura del poliacrilato de potasio.

Fuente:(Sanz Gómez et al., 2015)

### 2.2.8 Plaguicidas

“Los plaguicidas sintéticos surgen entre 1930 y 1940 como resultado de investigaciones enfocadas al desarrollo de armas químicas que originalmente fueron probadas en insectos” (Ramírez & Lacasaña, 2001).

El DDT se utilizó por primera vez durante la segunda Guerra Mundial para proteger a los soldados estadounidenses contra enfermedades transmitidas por vector y se comercializó en los EE.UU. en 1945. La pujante industrialización, los intereses económicos de los grandes productores de plaguicidas, así como la necesidad de controlar químicamente las plagas, favoreció su fabricación y consumo a escala mundial. Se originó, a su vez, una carrera incesante en la búsqueda de compuestos análogos menos tóxicos al ser humano y más efectivos y selectivos con las plagas. Sin embargo, al paso de algunos años se han hecho evidentes los efectos indeseables de los plaguicidas sobre la salud del ser humano y sobre el medio ambiente. Independientemente de sus beneficios, es evidente que los plaguicidas son sustancias químicas deliberadamente tóxicas, creadas para interferir algún sistema biológico en particular y que carecen de selectividad real. Afectan simultáneamente, y en mayor o menor grado, tanto a la «especie blanco» como a otras categorías de seres vivos, particularmente al ser humano (Ramírez & Lacasaña, 2001).

La norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1838, define como:

Plaguicida (Producto fitosanitario). Sustancia química de origen natural o sintético u organismo vivo, sus sustancias y subproductos, que se utilizan solas, combinadas o en mezcla para la protección (combatir o destruir, repeler o mitigar, atenuar o interferir: virus, bacterias, hongos, nematodos, ácaros, moluscos, insectos, plantas no deseadas, roedores, otros) de los cultivos y productos agrícolas. Igualmente cualquier sustancia o mezcla de sustancias que se las use como defoliantes, desecantes, reguladores de crecimiento, y las que se aplican a los cultivos antes o después de la cosecha para proteger el producto (INEN, 2016).

En el manual post registro de insumos agrícolas, se define a un Plaguicida Químico de Uso Agrícola (PQUA) como: Cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, las especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicio o que interfiere de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte y/o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de madera (Agrocalidad, 2020).

El término incluye las sustancias destinadas a utilizarse en el crecimiento de las plantas, defoliantes, desecantes y a las sustancias o mezclas de sustancias aplicadas a los cultivos antes o después de las cosechas para proteger el producto contra el deterioro durante el almacenamiento y transporte. Este término no incluye los agentes biológicos para el control de plagas; tales como, agentes bioquímicos y microbianos (Agrocalidad, 2020).

### **Insecticida (INS)**

“Agente químico, físico, químico o biológico que destruye a los insectos o inhibe su crecimiento en las plantas útiles” (INEN, 2016).

## **Molusquicida (MOL)**

“Agente físico, químico o biológico utilizado para destruir o controlar los moluscos que afecten las plantas útiles” (INEN, 2016).

## **Toxicidad**

“Capacidad de cualquier sustancia química de producir efectos perjudiciales sobre un organismo vivo, al entrar en contacto con él” (INEN, 2016).

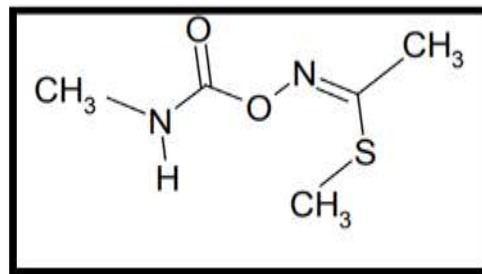
“Propiedad fisiológica o biológica que determina la capacidad de una sustancia química de causar perjuicio o producir daños a un organismo vivo por medios no mecánicos”(Valdivieso, 2017).

## **Metomilo**

“El metomilo (Figura 4) es un carbamato inhibidor de acetilcolinesterasa que actúa por contacto-sistémico” (Iannacone & Alvarino, 2008). Es usado también como molusquicida, garrapaticida y contra arañas; así como en cebos para el control de la mosca doméstica” (Iannacone & Alvarino, 2008). “La mayoría de sus productos comerciales están clasificados por la USEPA (Agencia de Protección Ambiental de la Estados Unidos) como clase I (Iannacone & Alvarino, 2008).

CAS = 16752-77-5. La formulación de polvo soluble (PS) del metomilo, S-metil N-(metilcarbamoiloxi) tioacetimidato ( $C_5H_{10}N_2O_2S$ , PM = 162,21) (Iannacone & Alvarino, 2008). El metomilo presenta una toxicidad aguda oral en ratas de DL50 = 17 mg  $kg^{-1}$  y una toxicidad aguda dermal de DL50 > 5000 mg  $kg^{-1}$ . Su punto de ebullición es 79°C, su presión de vapor es 6.65 mPa a 25° C, su constante de la Ley de Henry fue  $1.8 \times 10^{-10}$  atm m<sup>3</sup> /mol, su coeficiente de partición octanol-agua (Kow) = 1.29 -1.33; su densidad a 20°C es de 1.3, su solubilidad en agua es de 57.9 g  $L^{-1}$  a 25°C, no es reactiva, no es corrosiva y no es volátil. Su GUS (Grado de difusión a las aguas subterráneas) indica un valor intermedio de 1.57. No es considerado mutagénico, teratogénico o carcinogénico. Su dosis de

aplicación promedio en los ecosistemas agrícolas es de 0.22- 1.8 lb·acre<sup>-1</sup> (Iannacone & Alvarino, 2008).

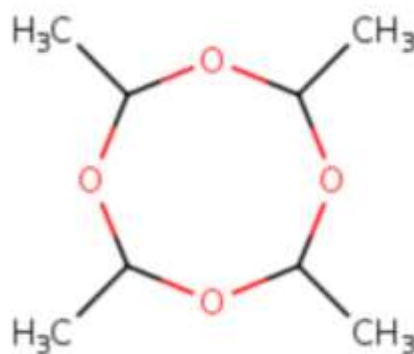


**Figura 5.** Estructura química del metomilo.

Fuente: (FAO, 2002).

## Metaldehído

El metaldehído es un polímero cíclico de acetaldehído (figura 6) que puede ser encontrado como un polvo o en forma de cristal blanco o incoloro. Forma parte de los molusquicidas y su uso, entre otros, está destinado al control de caracoles y babosas en jardines y cosechas en todo el mundo; especialmente en la Costa del Pacífico, en el sur de Estados Unidos y en Hawái (Den Holder, 2016).



**Figura 6.** Estructura química del metaldehído.

Fuente: (Den Holder, 2016)



Se trata de un producto de alta palatabilidad que puede comercializarse en forma líquida, en polvo o como pellets (asemejándose a la comida para perros), al que se le añaden diversos sabores, entre ellos el de melaza, para hacerlo más atractivo para los caracoles, sin embargo, esto lo hace también más apetitoso para los pequeños animales y para el ganado (Den Holder, 2016).

Normalmente los cebos para caracoles comerciales contienen un 4% o menos de metaldehído, sin embargo, algunos productos granulados pueden contener entre un 5 y un 10%; en Europa, el cebo puede alcanzar un 50% de metaldehído (Den Holder, 2016). En general, las concentraciones del producto varían mucho según su forma de comercialización, alcanzando mayores concentraciones (hasta un 20%) aquellas en estado líquido, que las que se administran en forma de pellets que oscilan entre un 1.5 a 8%, aunque en el Reino Unido no suelen superar el 3% (Den Holder, 2016). La forma en la que se comercialice influye también en el riesgo de exposición e intoxicación; no es lo mismo un producto aplicado en forma líquida o spray (los animales tienen difícil acceso al producto, además de que se distribuye más homogéneamente en el terreno y, por tanto, la cantidad ingerida será menor) que otro que se administra en forma de pellets (un uso descuidado e irresponsable favorece que los animales tengan al alcance grandes cantidades del producto) (Den Holder, 2016).

### **2.2.9 Clasificación toxicológica de los plaguicidas**

Los plaguicidas se clasifican en función de algunas de sus características principales, como son la toxicidad aguda, la vida media (Cuadro 2), la estructura química y su uso. En 1978, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció una clasificación basada en su peligrosidad o grado de toxicidad aguda, definida ésta como la capacidad del plaguicida de producir un daño agudo a la salud a través de una o múltiples exposiciones, en un período de tiempo relativamente corto. La toxicidad se mide a través de la dosis letal media (DL50)\* o de la concentración letal media (CL50) (Ramírez & Lacasaña, 2001).

La norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1838, por su toxicología los clasifica:

- Categoría Ia: Extremadamente peligroso (Rojo pantone 199-C)
- Categoría Ib: Altamente peligroso (Rojo pantone 199-C)
- Categoría II: Moderadamente peligroso (Amarillo pantone- C)
- Categoría III: Ligeramente peligroso (azul pantone-293- C)
- Categoría U: Improbable que presente peligro agudo (verde pantone 347-C)

NOTA. La categoría U incluye a los plaguicidas biológicos, productos afines de uso agrícola que probablemente no presentan riesgos en condiciones normales de uso (INEN, 2016).

“Por su vida media, los plaguicidas se clasifican en permanentes, persistentes, moderadamente persistentes y no persistentes” (Ramírez & Lacasaña, 2001).

**Cuadro 1.** Clasificación de los plaguicidas según su vida media de efectividad.

Persistencia <sup>a</sup>	Vida media <sup>b</sup>	Ejemplos
No persistente	De días hasta 12 semanas	Malatión, diazinón, carbarilo, diametrín
Moderadamente persistente	De 1 a 18 meses	Paratión, lannate
Persistente	De varios meses a 20 años	DDT, aldrín, dieldrín
Permanentes	Indefinidamente	Productos hechos a partir de mercurio, plomo, arsénico

Fuente: (Ramírez & Lacasaña, 2001)

De acuerdo a su estructura química, los plaguicidas se clasifican en diversas familias (Cuadro 3), que incluyen desde los compuestos organoclorados y organofosforados hasta compuestos inorgánicos. En este trabajo nos referiremos solamente a algunas familias de plaguicidas relevantes por el daño que causan a la salud y por su gran demanda de uso (Ramírez & Lacasaña, 2001).

**Cuadro 2.** Clasificación de los plaguicidas, según la familia química.

Familia química	Ejemplos
Organoclorados	DDT, aldrín, endosulfán, endrín
Organofosforados	Bromophos, diclorvos, malatión
Carbamatos	Carbaryl, methomyl, propoxur
Tiocarbamatos	Ditiocarbamato, mancozeb, maneb
Piretroides	Cypermethrin, fenvalerato, permethrin
Derivados biperidilos	Cloromequat, diquat, paraquat
Derivados del ácido fenoxiacético	Dicloroprop, picram, silvex
Derivados cloronitrofenólicos	DNOC, dinoterb, dinocap
Derivados de triazinas	Atrazine, ametryn, desmetryn, simazine
Compuestos orgánicos del estaño	Cyhexatin, dowco, plictrán
Compuestos inorgánicos	Arsénico pentóxido, obpa, fosfito de magnesio, cloruro de mercurio, arsenato de plomo, bromuro de metilo, antimonio, mercurio, selenio, talio y fósforo blanco
Compuestos de origen botánico	Rotenona, nicotina, aceite de canola

Fuente: (Ramírez & Lacasaña, 2001)

### 2.2.10 Principales Plagas Que Atacan Los Cultivos En Ecuador

En el cuadro 4 se registran las principales plagas que atacan los cultivos en Ecuador.

**Cuadro 3.** Principales plagas que atacan los cultivos en Ecuador: insectos, ácaros, nematodos y moluscos

Nombres vulgares/orden	Cultivos que atacan	Daños que ocasionan
<b>1. Insectos</b>		
<b>Chupadores</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• homópteros</li> <li>• hemípteros</li> <li>• tisanópteros (trips)</li> </ul>	Cereales, leguminosas, hortalizas, frutales, flores, pastos.	Chupan la savia de los cultivos debilitándolos, inyectan virus, atraen enfermedades fungosas (fumagina). La producción pierde valor y decrece significativamente.
<b>Masticadores</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• coleópteros</li> <li>• lepidópteros (larvas)</li> <li>• ortópteros</li> </ul>	Cereales, leguminosas, hortalizas, frutales, flores, pastos, especies forestales	Destruyen el sistema foliar de los cultivos impidiendo la actividad fotosintética y la respiración. Dañan la calidad de las hortalizas de hoja.
<b>Barrenadores</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• dípteros</li> <li>• hemípteros</li> <li>• lepidópteros (larvas)</li> <li>• coleópteros</li> </ul>	Cereales, leguminosas, hortalizas, frutales, flores, pastos, especies forestales, café, cacao, algodón.	Barrenan o minan el tejido vegetal y debilitan el sistema foliar. Perforan los frutos.
<b>2. Ácaros</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• arácnidos (arañas)</li> </ul>	Leguminosas, hortalizas, frutales, flores, pastos, especies forestales.	Raspan las hojas, succionan la savia y debilitan a la planta. Ataques severos pueden ocasionar la muerte de las plantas. Reducen significativamente la calidad y la productividad de los cultivos
<b>3. Nematodos</b>		
	Leguminosas, hortalizas, frutales, flores.	Producen agallas en las raíces e impiden la absorción de nutrimentos. Detienen el desarrollo de la planta reduciendo significativamente la calidad y productividad de los cultivos.
<b>4. Moluscos</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• caracoles</li> <li>• babosas</li> </ul>	Cereales (arroz) Hortalizas, cultivos de raíz y tubérculos.	Causan el vaneamiento de la espiga, desgarros en las hojas y en el cuello de las hortalizas; además provocan lesiones en las hortalizas de raíz y en los tubérculos comprometiendo la calidad de estos productos.

Fuente: (Valdivieso, 2017)

### 2.2.11 Plaga

En general, desde el punto de vista de la agricultura, plaga es todo organismo capaz de afectar directa o indirectamente los bienes y/o alimentos (vegetales y animales) del hombre o a él mismo, produciendo daños cualitativos y/o cuantitativos apreciables susceptibles de evaluarse ecológicamente y de medirse en términos económicos (Valdivieso, 2017). La Convención Internacional de

Protección Fitosanitaria denomina plaga agrícola a toda forma de vida vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o los productos vegetales” (Valdivieso, 2017).

“Cualquier especie, raza o biotipo, vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas y productos vegetales” (INEN, 2016).

“Se estima que las plagas agrícolas causan daños en alrededor del 40 al 48% de la producción mundial de alimentos. En el campo los daños pueden llegar a alcanzar un promedio del 33 al 35% de la producción potencial, mientras que las pérdidas en poscosecha pueden ser de entre el 10 y el 20%” (Valdivieso, 2017).

“Los insectos, al igual que los ácaros, nematodos, moluscos, fitopatógenos (hongos, virus, bacterias), hierbas indeseadas (arvenses o malezas), pájaros, roedores, entre otros organismos que pueden adquirir características de plaga, contribuyen a que se produzcan estos daños” (Valdivieso, 2017).

#### **2.2.12 Caracol manzana (*Pomácea Canaliculata*)**

El *Pomácea canaliculata* es una especie nativa de Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay, despierta un creciente interés a nivel mundial por ser una especie invasora en diversas regiones del mundo, donde puede causar pérdidas tanto ecológicas como económicas de gran magnitud (Díaz, 2014). Los estudios sobre el rol de *P. canaliculata* en las cadenas tróficas acuáticas dentro del rango de distribución nativo son aún fragmentarios. Dicho rol, representado por su interacción con los demás organismos del ambiente, puede tener fuertes impactos en la estructura y composición de otras comunidades, así como en la transferencia de materia y energía dentro del ecosistema (Díaz, 2014).

Dentro de las variables ambientales, la temperatura afecta tanto el metabolismo individual de los organismos como la duración de los ciclos de vida, y por lo tanto juega un rol fundamental en la estructura de las cadenas tróficas y en la distribución de las especies. Ante el escenario actual de calentamiento global, el

uso de los recursos por parte de *P. canaliculata* puede variar con potenciales consecuencias en los procesos de invasión biológica (Díaz, 2014).

*Pomacea canaliculata* es el caracol de agua dulce más grande del mundo, pudiendo llegar a alcanzar los 15 cm de longitud en estado adulto. Posee un sifón tubular de hasta dos veces su tamaño, que le permite respirar estando sumergido. La concha es muy grande, de forma globosa y de color amarillo-marrón con bandas oscuras. La abertura de la concha, también de gran tamaño, puede ser oval o redondeada. El pie es de color gris amarronado con manchas oscuras (Bajaña, 2016).

El caracol manzana *P. canaliculata*, es una concha esférica y globosa y su denominación canaliculata hace referencia a que las uniones de las espirales de la concha son profundas, semejando “canales”. Es de gran tamaño, 4 – 7.5 cm, pudiendo haber individuos que pueden alcanzar más de 10 cm. La concha suele tener un tono café, marrón con rayas oscuras en su variedad silvestre y amarillo en variedades de acuario (Díaz, 2014).

“El caracol manzana, permanece sumergido durante el día y oculto en la vegetación cerca de la superficie. Es más activo durante la noche, cuando sale del agua en busca de vegetación para alimentarse” (Pacheco, 2014). Los huevos son ovipositados en la noche, tienen un color rosado o rojo brillante, que se torna en rosado encendido cuando han eclosionado. La eclosión generalmente toma lugar cerca de las dos semanas después de la ovoposición, pero este período puede variar. Recién eclosionados, los caracoles inmediatamente se meten en el agua. La cantidad de huevos por puesta aproximadamente es de 200 (Díaz, 2014).

El signo más reconocible de la presencia de *P. canaliculata* (y otras especies de caracoles manzana relacionados) son sus brillantes de color rosa masas de huevos, que se colocan en la vegetación emergente (incluyendo cultivos de humedales) y otras superficies duras por encima de la línea de agua, tales como rocas, troncos y soportes del puente. Estas masas de huevos son muy notables e incluso pueden verse desde un vehículo en movimiento (Bajaña, 2016).

Reportes recientes sobre la aparición de esta plaga señalan que no solo ataca a las plantaciones arroceras sino también a la salud de las personas, pues es portadora de un parásito del pulmón de la rata (*Angiostrongylus cantonensis*) causante de la meningitis que puede infestar a los seres humanos, por lo que se lo ha considerado como una de las 100 especies invasoras más peligrosas del mundo. Los expertos sostienen que el problema se agrava debido al control químico que los productores han venido realizando mediante la aplicación de dosis elevadas de insecticidas organoclorados (Endosulfán + metomilo) provocando resistencia de plagas tradicionales del cultivo del arroz, eliminando organismos benéficos y causando el resurgimiento de problemas fitosanitarios. (Valdivieso, 2017).

### 2.2.13 Cálculo de ensayos de eficacia

“Para expresar el efecto de los tratamientos, con frecuencia se calcula la eficacia, expresada en porcentaje. Se dispone de diferentes ecuaciones, cuyo uso depende de las condiciones específicas del ensayo. Por esto es necesario usar la fórmula apropiada, de manera que se cumplan los supuestos respectivos, tal como se describe en el cuadro 5 (ICA, 2015).

**Cuadro 4.** Pruebas de eficacia

Variables medidas	Condiciones del ensayo	Fórmula usada
Número de individuos vivos (infestación)	Infestación heterogénea	Henderson-Tilton (o una covariable)
	Infestación homogénea	Abbott
Número de individuos muertos (mortalidad)	Población heterogénea	Sun-Shepard
	Población homogénea	Schneider-Orelli

Fuente: (ICA, 2015)

## Henderson-Tilton

Si la infestación es heterogénea antes de la aplicación, se usa la siguiente ecuación:

Dónde:

$$\text{Porcentaje de eficacia} = \left[ 1 - \left( \frac{Ca}{Ta} \right) \times \left( \frac{Td}{Cd} \right) \right] \times 100$$

- Ta = Infestación en parcela tratada antes de aplicar el tratamiento
- Ca = Infestación en parcela testigo antes de aplicar el tratamiento
- Td = Infestación en parcela tratada después de aplicar el tratamiento
- Cd = Infestación en parcela testigo después de aplicar el tratamiento

## Abbott

Cuando la infestación es homogénea, no se justifica usar la anterior ecuación, sino la de Abbott que es una simplificación de la de Henderson y Tilton cuando Ta=Ca, esto es:

$$\text{Porcentaje de eficacia} = \left[ 1 - \left( \frac{Td}{Cd} \right) \right] \times 100 = \left( \frac{Cd - Td}{Cd} \right) \times 100$$

## Sun-Shepard

Si la variable de respuesta es mortalidad y es heterogénea, la ecuación apropiada es:

$$\text{Porcentaje de eficacia} = \left( \frac{Pt + Pck}{100 + Pck} \right) \times 100$$

$$Pt = \left[ \left( \frac{Ta - Td}{Ta} \right) \right] \times 100$$

$$Pck = \left[ \left( \frac{Cd - Ca}{Ca} \right) \right] \times 100$$

Dónde:

- Pt = Porcentaje de mortalidad en la parcela tratada
- Pck = Porcentaje de cambio poblacional en parcela testigo



Acá hay un ajuste de la ecuación de Henderson-Tilton, solo que para mortalidad.

### **Schneider-Orelli**

Cuando la mortalidad es uniforme, se usa la ecuación siguiente:

Dónde:

$$\text{Porcentaje de eficacia} = \left( \frac{b-k}{100-k} \right) \times 100$$

- b = Porcentaje de individuos muertos en parcela tratada
- k = Porcentaje de individuos muertos en parcela testigo

Esta ecuación resulta de un ajuste de la ecuación de Abbott, solo que para mortalidad.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Material de estudio

##### 3.1.1 Material biológico

Los Caracoles *Pomácea canaliculata* adultos, se recolectaron manualmente (Figura 7) de un canal de riego (Anexo 5) y una albarrada (Anexo 6) del sector Km 2 vía al PAN del cantón Yaguachi.



**Figura 7.** Recolección de caracoles

### 3.1.2 Inerte

Poliacrilato de potasio con nombre comercial Newgel (Figura 8), agua desionizada y agua de lluvia.



**Figura 8.** Hidrogel seleccionado y utilizado para las pruebas de hinchamiento. NEWGEL

### 3.1.3 Ingrediente activo

El ingrediente activo utilizado es Metomilo (90% p/p) con el nombre comercial Methomilaq 900.

### 3.1.4 Equipos

- 1 estufa marca J.P. Selecta (Modelo Digitheat).
- 1 pHmetro marca Mettler Toledo (Modelo Seven excellence)
- 1 Balanza analítica SHIMADZU (Modelo AUW220, Japón).
- 1 desionizador de agua marca Voltea (Modelo diuse)

## 3.2 Localización

El estudio de hinchamiento del hidrogel, así como, las pruebas de bioensayos se llevaron a cabo en el laboratorio de Aguas y suelos de la facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas,

localizada en el recinto Mutile de la parroquia rural San Mateo del Cantón Esmeraldas, en la ciudad de Esmeraldas, Ecuador (0°53'38.8"N 79°37'31.1"O).

### 3.3 Metodología

La investigación que se efectuó es de tipo experimental, manejando diferentes tratamientos para determinar si es eficaz la aplicación de metomil (045%) por medio de un hidrogel. Adicional se evaluó hidrogeles con metomilo al 0.35% y al 0.25% para el control del ataque de *Pomácea canaliculata*.

#### 3.3.1 Escoger el hidrogel

Se escogió el hidrogel considerando su granulometría (tamaño de partículas). El hidrogel con nombre comercial "COSECHA DE LLUVIA" tiene un tamaño de partículas menor (Cuadro 6, Anexo 1, Anexo 2) a las partículas del hidrogel con nombre comercial "NEWGEL" (Cuadro 7, Anexo 3, Anexo 4).

#### 3.3.2 Medición gravimétrica del hinchamiento del hidrogel

Se pesaron 0.15 g +/- 0.020 de poliacrilato de potasio en la balanza analítica SHIMADZU (Modelo AUW220, Japón) y se colocó en un vaso plástico de polipropileno de 3 onzas, se agregó agua desionizada, agua de lluvia y disoluciones de metomilo a diferentes concentraciones 0.25%; 0.35%; 0.45%; 0.55% y 0.65% a 22°C, a diferentes tiempos (5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120, 140 y 160 minutos), se removió el hidrogel del agua, se secó con papel absorbente para retirar el exceso de agua en su superficie y posteriormente se pesó en una balanza analítica para determinar la ganancia en peso. Se regresó el hidrogel al recipiente y se repitió el mismo procedimiento. Se calculó la cantidad de agua absorbida por los hidrogeles expresada en porcentaje, usando la ecuación" (Orozco-Guare O et al., 2011):

$$\% \text{ Hinchamiento} = \frac{(W - W_0)}{W_0} * 100$$

Dónde:

W es el peso del hidrogel a diferentes tiempos.

$W_0$  es el peso inicial del xerogel.

### **3.3.3 Medición de mortalidad**

El tiempo de exposición de los organismos fue de 4 días (96 horas), a una temperatura ambiental constante de  $22 \pm 2^\circ\text{C}$ , en condiciones de ayuno, fotoperiodo artificial y sin aireación. El registro de la medición de la mortalidad se lo realizó cada 24 horas, considerando el número de individuos vivos y muertos.

### **3.3.3 Bioensayos en laboratorio**

Luego de elaborar los hidrogeles con las diferentes concentraciones de metomilo a evaluarse (0%; 0.25%; 0.35%; 0.45%; 0.55%; 0.65%), se colocaron caracoles de varios estadios (5 especímenes por caja) en cajas de poliestireno (Figura 9) con perforaciones en las tapas. La aplicación de los tratamientos en las dosis establecidas se la realizó en cada unidad experimental. Se registró los eventos cada 24 horas durante 96 horas, en cada evento se retiraron los caracoles muertos, tiempo en el cual se evaluó la mortalidad (Bajaña, 2016).



**Figura 9.** Unidades experimentales del ensayo.

### **3.3.4 Tratamientos Estudiados**

- T1: Testigo absoluto, hidrogel sin metomilo (0%)
- T2: Hidrogel con Metomilo (0.25%)
- T3: Hidrogel con Metomilo (0.35%)
- T4: Hidrogel con Metomilo (0.45%)
- T5: Hidrogel con Metomilo (0.55%)
- T6: Hidrogel con Metomilo (0.65%)
- T7: Testigo referencial Metaldehído en cebo (5 %)

### **3.3.5 Diseño Experimental y Análisis Estadístico**

En la presente investigación se utilizó un Diseño Completamente Aleatorio con siete tratamientos con cuatro repeticiones, las unidades experimentales (Anexo 11) consistieron en cajas de poliestireno con 5 especímenes dentro de cada una.

Las variables en estudio se sometieron al análisis de varianza; se utilizó la prueba de Tukey para establecer comparaciones múltiples entre las medias de los tratamientos, para el análisis de la mortalidad se realizó una regresión PROBIT, para el análisis estadístico se usó el programa estadístico SPSS.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Elección de Hidrogel

El poliacrilato de potasio con nombre comercial "COSECHA DE LLUVIA" (Figura 10) tiene un tamaño de partículas menor a 1.0 mm, mientras que el poliacrilato de potasio con nombre comercial "NEWGEL" (Figura 11) tiene un tamaño de partículas que llegan hasta 4.0 mm. En base a esto se eligió el polímero con mayor tamaño de partículas, en este caso el NEWGEL.



**Figura 10.** Producto "COSECHA DE LLUVIA"



**Figura 11.** Producto "NEWGEL"



**Cuadro 5.** Análisis granulométrico del hidrogel "COSECHA DE LLUVIA"

<b>Granulometría COSECHA DE LUVIA</b>		
<b>Tamiz ASTM</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>% Retenido</b>
10	2.00	0.00
<b>12</b>	<b>1.70</b>	<b>0.04</b>
<b>14</b>	<b>1.40</b>	<b>0.24</b>
<b>16</b>	<b>1.18</b>	<b>4.18</b>
<b>18</b>	<b>1.00</b>	<b>21.20</b>
<b>20</b>	<b>0.85</b>	<b>22.54</b>
<b>35</b>	<b>0.50</b>	<b>39.48</b>
<b>40</b>	<b>0.425</b>	<b>4.50</b>
<b>50</b>	<b>0.300</b>	<b>5.70</b>
60	0.250	0.62
70	0.212	0.26
100	0.150	0.36
140	0.106	0.54
Fondo	0	0.34

**Cuadro 6.** Análisis granulométrico del hidrogel "NEWGEL"

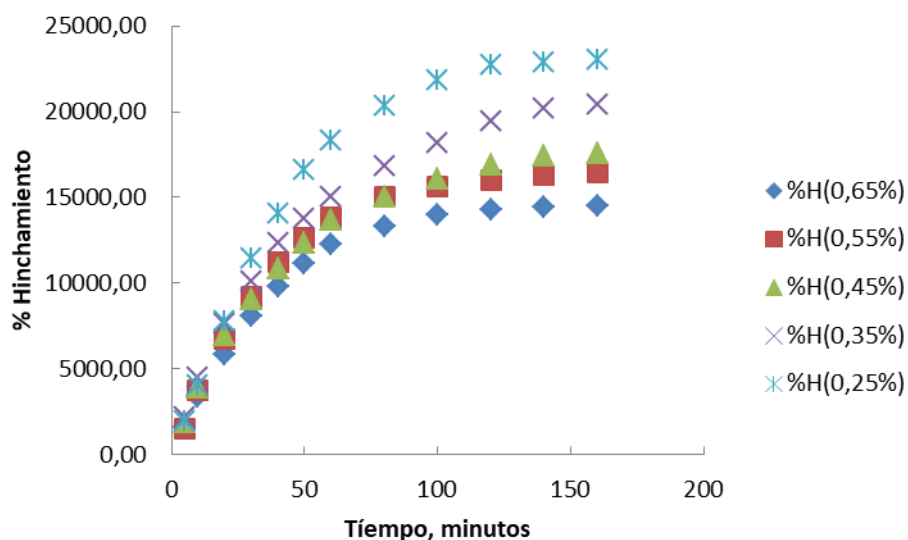
<b>Granulometría NEWGEL</b>		
<b>Tamiz ASTM</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>% Retenido</b>
4	4.75	0,00
5	4.00	0.22
<b>6</b>	<b>3.35</b>	<b>16.86</b>
<b>8</b>	<b>2.36</b>	<b>78.74</b>
<b>10</b>	<b>2.00</b>	<b>2.78</b>
<b>12</b>	<b>1.70</b>	<b>0.78</b>
<b>14</b>	<b>1.40</b>	<b>0.48</b>
16	1.18	0.10
18	1.00	0.04
20	0.850	0.00
Fondo	0	0.00

## 4.2 Hinchamiento del Hidrogel

El hidrogel escogido NEWGEL fue utilizado para elaborar los cebos con las disoluciones de metomilo con diferentes concentraciones (Cuadro 8). Se obtuvo las curvas de hinchamiento (Figura 12) de este hidrogel para cada disolución de metomilo (Anexo 12, Anexo 13, Anexo 14, Anexo 15, Anexo 16) y así poder determinar el tiempo y la cantidad de NEWGEL que se deberá utilizar para elaborar los cebos.

**Cuadro 7.** % de hinchamiento del hidrogel a diferentes concentraciones de metomilo.

HIDROGELES CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE METOMILO					
t	%H(0,65%)	%H(0,55%)	%H(0,45%)	%H(0,35%)	%H(0,25%)
5	1569,97	1483,77	1920,57	2186,86	1981,13
10	3349,08	3725,89	3932,92	4517,65	4067,72
20	5883,05	6710,20	6932,51	7663,04	7768,71
30	8056,25	9180,86	9069,38	10076,61	11446,10
40	9822,35	11200,86	10864,40	12347,04	14038,90
50	11189,40	12631,32	12346,68	13753,03	16619,99
60	12303,30	13855,63	13672,70	15062,71	18331,73
80	13347,81	15073,18	15053,71	16850,40	20344,53
100	13984,38	15605,36	16102,61	18207,58	21819,13
120	14264,19	15999,80	16878,70	19442,29	22727,45
140	14441,90	16274,57	17399,81	20183,86	22865,71
160	14539,68	16428,54	17604,12	20387,75	22999,74



**Figura 12.** Hinchamiento de hidrogel a diferentes concentraciones de metomilo.

De los resultados obtenidos en todas las curvas, el tiempo necesario para formar el hidrogel es de 160 minutos (2.67 horas), la cantidad de polímero a aplicar varía de acuerdo a la concentración de metomilo que tenga la disolución.

### 4.3 Número de Caracoles Muertos

Se contó el número de caracoles cada 24 horas después de la aplicación en cada tratamiento para finalmente determinar el total de especímenes muertos (Figura 13) en cada uno de los tratamientos aplicados durante el periodo del ensayo (Cuadro 9).

**Cuadro 8.** Número de caracoles muertos en estudio sobre el efecto de metomilo en hidrogel sobre el caracol manzana (*Pomácea canaliculata*).

Tratamientos	Tipos de Tratamientos	Concentración (g/l)	Caracoles expuestos (Total de casos)	Mortalidad (frecuencia)	Mortalidad (%)
T1	Control	0	20	0	0%
T2	Metomilo en hidrogel	2,5	20	7	35%
T3	Metomilo en hidrogel	3,5	20	9	45%
T4	Metomilo en hidrogel	4,5	20	13	65%
T5	Metomilo en hidrogel	5,5	20	17	85%
T6	Metomilo en hidrogel	6,5	20	20	100%
T7	Metaldehído	50	20	20	100%



**Figura 13.** Mortalidad de los caracoles por tratamiento.

El análisis de varianza (Cuadro 10, Anexo 17) presentó alta significancia estadística para los tratamientos, con un  $p < 0.05$ .

**Cuadro 9.** Análisis de varianzas de los tratamientos

**ANOVA de un factor**

Mortalidad (%)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	30571,429	6	5095,238	17,833	,000
Intra-grupos	6000,000	21	285,714		
Total	36571,429	27			

El Anova nos indica diferencias significativas entre los tratamientos, pero no nos dice qué tratamientos específicos son diferentes, para esto se realizó la prueba post hoc. Con esta podemos observar las diferencias entre los grupos, y compararlas entre grupos (Cuadro 11, Anexo 18).

**Cuadro 10.** Análisis de comparaciones múltiples. Prueba post ANOVA: Tukey de los 5 tratamientos, el testigo absoluto y el testigo referencial.

**Mortalidad (%)**

HSD de Tukey <sup>a</sup>					
Concentración (g/l)	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
0	4	0,0000%			
2	4	35,0000%	35,0000%		
3	4		55,0000%	55,0000%	
4	4			75,0000%	75,0000%
6	4			80,0000%	80,0000%
7	4				95,0000%
50	4				100,0000%
Sig.		,096	,640	,392	,392

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 4,000.

El mayor porcentaje de mortalidad se produjo con los tratamientos: metaldehído al 5%, hidrogel con metomilo al 0.65%, 0.55% y 0.45%. Los hidrogeles con metomilo utilizados y esparcido en la unidad experimental, se presentan en forma de cebos granulados de tamaño apropiado e idóneo para ser distribuido de forma homogénea por el suelo y conseguir la máxima eficacia en su aplicación contra

esta plaga. Los hidrogel con 0.65% de metomil tuvo una eficacia igual al metaldehído al 5%, con una tasa de mortalidad del 100 %, los hidrogel con metomil al 0.25% y 0.35% presentaron una menor mortalidad que los tratamientos con metomil al 0.65% y 0.55% lo que corrobora que es posible aplicar este insecticida por medio de un hidrogel manteniendo su eficacia.

El hidrogel con metomil al 0.55% presentó una tasa de mortalidad del 85 %, siendo un valor aceptable, también pudiera llevarlo a pruebas en campo abierto junto con los hidrogel con metomil al 0.45% y 0.35%, si las pruebas en campo salieran favorables se lo debe considerar como alternativa para el control de *P. canaliculata*, los hidrogel con metomilo al 0.65% y 0.55% fueron los más tóxicos.

Los efectos de los tratamientos de metomil aplicados con hidrogel afectaran en menor grado la ecología circundante a los cultivos donde se aplique este insecticida por este medio. Por lo tanto estos tratamientos se pueden considerar como una alternativa de bajo impacto ambiental para el control de *P. canaliculata*.

En todas las aplicaciones de hidrogel con metomilo se observó que los caracoles quedaban inhibidos (Figura 13), una vez en contacto con el producto los caracoles perdían la movilidad y tendían a abrir el opérculo (Anexo 9, Anexo 10) y sacar el cuerpo quedando de una forma como desparramado. A diferencia de los caracoles que estuvieron en contacto con el metaldehído (Figura 14, Anexo 7, Anexo 8).



**Figura 14.** Caracoles con tratamiento de metomilo.



**Figura 15.** Caracoles con tratamiento de metaldehído.

Con las estimaciones Probit (cuadro 12 y cuadro 13), se puede determinar que la concentración letal media CL50 es de 2.888 g.L<sup>-1</sup>

**Cuadro 11.** Estimaciones Probit para determinar la CL50

Límites de confianza						
Probabilidad	Límites de confianza al 95% para Concentración (g/l)			Límites de confianza al 95% para log (Concentración (g/l)) <sup>a</sup>		
	Estimación	Límite inferior	Límite superior	Estimación	Límite inferior	Límite superior
PROBIT ,010	,703	,229	1,145	-,153	-,639	,059
,020	,830	,302	1,292	-,081	-,520	,111
,030	,922	,360	1,395	-,035	-,444	,144
,040	,997	,410	1,478	-,001	-,387	,170
,050	1,064	,456	1,549	,027	-,341	,190
,060	1,123	,499	1,613	,051	-,302	,208
,070	1,179	,541	1,671	,071	-,267	,223
,080	1,230	,580	1,725	,090	-,236	,237
,090	1,279	,619	1,775	,107	-,208	,249
,100	1,326	,657	1,824	,123	-,183	,261
,150	1,539	,838	2,039	,187	-,077	,309
,200	1,732	1,016	2,232	,239	,007	,349
,250	1,917	1,197	2,415	,283	,078	,383
,300	2,100	1,384	2,597	,322	,141	,414
,350	2,285	1,581	2,783	,359	,199	,444
,400	2,476	1,789	2,978	,394	,253	,474
,450	2,676	2,010	3,191	,427	,303	,504
,500	2,888	2,245	3,428	,461	,351	,535
,550	3,117	2,496	3,700	,494	,397	,568
,600	3,368	2,762	4,026	,527	,441	,605
,650	3,649	3,043	4,425	,562	,483	,646
,700	3,970	3,341	4,932	,599	,524	,693
,750	4,349	3,664	5,592	,638	,564	,748
,800	4,814	4,027	6,485	,682	,605	,812
,850	5,418	4,461	7,768	,734	,649	,890
,900	6,298	5,035	9,823	,798	,702	,992
,910	6,518	5,181	10,405	,814	,714	1,017
,920	6,777	5,342	11,079	,831	,728	1,044
,930	7,075	5,523	11,874	,850	,742	1,075
,940	7,422	5,731	12,833	,871	,758	1,108
,950	7,839	5,975	14,028	,894	,776	1,147
,960	8,360	6,273	15,580	,922	,797	1,193
,970	9,047	6,657	17,735	,956	,823	1,249
,980	10,049	7,199	21,081	1,002	,857	1,324
,990	11,857	8,135	27,713	1,074	,910	1,443

a. Base del logaritmo = 10.

**Cuadro 12.** Estimaciones de los parámetros Probit.

Estimaciones de los parámetros						
Parámetro	Estimación	Error típico	Z	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
PROBIT <sup>a</sup> Concentración (g/l)	3,792	,782	4,847	,000	2,259	5,326
Intersección	-1,747	,453	-3,852	,000	-2,200	-1,293

a. Modelo PROBIT:  $PROBIT(p) = \text{Intersección} + BX$  (Las covariables X se transforman utilizando el logaritmo en base 10,000.)

## 4.2 Discusión

Se eligió al hidrogel con mayor tamaño de partículas porque al hincharse estas tendrán un tamaño mayor, conociendo de antemano que los cultivos de arroz se desarrolla en suelos fangueados y que al aplicarse este tipo de producto una parte de esta puede que se hunda y la otra parte quede expuesta.

Las curvas de hinchamiento (cinética de hinchamiento) nos proporcionan la información del tiempo necesario que se debe utilizar para que el hidrogel absorba las disoluciones de metomilo, en todas el tiempo es de 2.67 horas. La cantidad de hidrogel a utilizar varía de acuerdo a la concentración de metomilo en las disoluciones.

De lo observado, tanto el tratamiento con metaldehído, como los hidrogeles con metomilo ofrecen la misma eficacia en el control del caracol manzana, siendo las mas eficientes y que no presentan diferencias significativas con respecto al tratamiento con metaldehído, los hidrogeles con metomilo a las siguientes concentraciones: 0.45%, 0.55%, 0.65% de metomilo. La CL50 es de 2.888 g.L<sup>1</sup>.

## CAPITULO V

### 5.1. CONCLUSIONES

- El ensayo físico de granulometría fue necesario para corroborar lo visualmente apreciado con respecto al tamaño de las partículas de los hidrogeles, siendo el NEWGEL el de mayor tamaño para la formación de los cebos con disoluciones de metomilo.
- El estudio de hinchamiento (cinética de hinchamiento) del hidrogel que contiene el metomilo nos proporciona la información de cuanto producto(xerogel) se necesita para absorber las disoluciones de metomilo y el tiempo necesario para este proceso. La cantidad de hidrogel va a variar de acuerdo a la concentración de la disolución, el tiempo de absorción para las distintas disoluciones es de 160 minutos (2.7 horas).
- El metomil al 0.65% y 0.55% produjo mayor mortalidad (100% y 85% respectivamente) en los caracoles, siendo estas aplicaciones eficaces. El hidrogel con metomil al 0.45% produjo una mortalidad de 65 % en los caracoles. Cabe destacar que los hidrogeles con metomilo en todas sus concentraciones, causó inhibición de los caracoles y estos caracoles sacaban parte de su cuerpo quedando expuestos fuera de la concha, a diferencia de los caracoles con metaldehído que se encerraban en su concha hasta su muerte. La concentración letal media CL50 es 2,888 g.L<sup>-1</sup>.
- Al aplicar el metomil en hidrogel se puede distribuir mejor la cantidad de este insecticida aplicado por hectárea, haciendo eficiente su aplicación.



## 5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar ensayos en campo con los hidrogeles con metomilo en las concentraciones evaluadas, para medir su eficiencia en el control del *Pomácea canaliculata*.
- La aplicación de este producto es al voleo, recomendable al finalizar el día, que es cuando estos caracoles atacan el cultivo.
- Estudiar en campo la frecuencia de aplicación de este insecticida en hidrogel para el control del *Pomácea canaliculata*.
- El tiempo que se debe esperar para que ocurra el hinchamiento del hidrogel y absorba la disolución de metomilo debe ser de 3 horas mínimo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrocalidad. (2020). Manual post registro: Registro de insumos agrícolas. *Ministerio de Agricultura y Ganadería*, 0–38.
- Aspiazu, R. (2016). *Evaluación de tres insecticidas para el control del caracol (Pomacea canaliculata. Lamarck) en el cultivo de arroz*. Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil.
- Bajaña, D. (2016). “Efecto de extractos botánicos a base de ají (*Capsicum frutescens*) y neem (*Azadirachta indica*) sobre el caracol manzana (*Pomacea canaliculata*).” In *Universidad técnica estatal de Quevedo*.
- Benítez, J. L., Contreras, D., Guzmán, P., Ramírez, A., Prin, J., & De Gáscue, B. R. (2011). ESTUDIO DE LA DIFUSIÓN Y CINÉTICA DE HINCHAMIENTO EN HIDROGELES DE POLIACRILAMIDA. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 12(6), 292–299.
- Benitez, J., Ramirez, A., Doris, C., & Prin, J. (2011). Estudio de la difusión y cinética de hinchamiento en hidrogeles de poliacrilamida. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, November 2014.
- Cornaglia, L., Mulreedy, C., Spaccesi, F., & Colpo, K. D. (2019). Evaluación de la sensibilidad del caracol manzana *Pomacea canaliculata* al plaguicida de última generación spirotetramat. *X Congreso de Ecología y Manejo de Ecosistemas Acuáticos Pampeanos*, 324–326.
- Corporación Financiera Nacional. (2020). *Ficha Sectorial: Arroz*. 1(1), 24. <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/2017/10/FS-October-2017.pdf>
- Den Holder, N. (2016). Intoxicación por metaldehído en animales domésticos - Revisión Bibliográfica. In *Universidad de Zaragoza*.
- Díaz, P. (2014). “*Manejo integrado del caracol manzana (pomacea canaliculata) en el cultivo de arroz bajo riego, en la zona de Simón Bolívar provincia del Guayas*”. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. <https://www.utmachala.edu.ec/portalwp/index.php/uaca/>
- Estrada Guerrero, R., Lemus Torres, D., Mendoza Anaya, D., & Rodríguez Lugo, V. (2011). Hidrogeles biopoliméricos potencialmente aplicables en agricultura. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 12(2), 76–87.

- FAO. (2002). FAO specifications and evaluations for plant protection products Methomyl S-methyl N- [( methylcarbamoyl ) oxy ] thioacetimidate. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.
- García, J. C. (2009). "Cinética de hinchamiento de hidrogeles de Hidroxipropilcelulosa y poli(Acrilatos)". *Instituto Tecnológico de Cd. Madero*.
- Iannacone, J., & Alvarino, L. (2008). Efecto ecotoxicológico del metomilo en *Corydoras Lapece*, 1803 (Siluriforme: callichthyidae) y su caracterización leucocitaria. *Ecología Aplicada*, 7(1–2), 55. <https://doi.org/10.21704/rea.v7i1-2.360>
- ICA. (2015). Manual para la elaboración de protocolos para ensayos de eficacia. *Instituto Colombiano Agropecuario*.
- INEN. (2016). NTE INEN 1838 Plaguicidas de uso agrícola. Definiciones y clasificación. *Servicio Ecuatoriano de Normalización*.
- López-Elías, J., Garza O., S., Jiménez L., J., Huez L., M. A., & Garrido L., O. D. (2016). Uso De Un Polímero Hidrófilo A Base De Poliacrilamida Para Mejorar La Eficiencia En El Uso Del Agua. *European Scientific Journal, ESJ*, 12(15), 160. <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n15p160>
- Muñoz Pacheco, F. V. (2016). Evaluación de nuevas líneas promisorias de arroz (*Oriza sativa* L. *Universidad de Guayaquil*.
- Orozco-Guare O, E., Hernández, S., Gómez-Salazar, S., Mendizábal, E., & Katime, I. (2011). Estudio del hinchamiento de hidrogeles acrílicos terpoliméricos en agua y en soluciones acuosas de ión plumboso. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 465–470.
- Pacheco, D. (2014). Control químico del caracol manzana (*Pomacea Canaliculata*) en el cultivo de arroz bajo riego en el sector del CEDEGE, cantón Babahoyo. In *Universidad Técnica de Babahoyo*.
- Quetzali Salazar, M. (2021). Formulación y caracterización de la cinética de hinchamiento de hidrogeles de gelatina con inulina y fructooligosacaridos. In *Universidad Autónoma de la ciudad de México*.
- Ramirez, A., Benítez, J. L., Rojas, L., Astudillo, D., & Rojas, B. (2016). Artículo Invitado Materiales polímeros de tipo hidrogeles: Revisión sobre su caracterización mediante FTIR , DSC , MEB y MET. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 36(2), 108–130.

- Ramírez, J., & Lacasaña, M. (2001). Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. *Arch. Prev. Riesgos Labor. (Ed. Impr.)*, 4(2), 67–75.
- Rodríguez Delgado, I., Pérez Iglesias, H., & Socorro Castro, A. R. (2018). Principales insectos plaga, invertebrados y vertebrados que atacan el cultivo del arroz en Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 95–107.
- Sánchez, D. (2019). Efecto de la Poliacrilamida en el rendimiento y volumen de riego en maíz (*Zea mays*) var. Opaco mal paso irrigación Majes. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*.
- Sanz Gómez, J., Köhle, H., Se, B., & Tutora, ). (2015). Characterization and effects of cross-linked potassium polyacrylate as soil amendment. In *Universidad de Sevilla* (Issue March). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15871.30885>
- Valdivieso, M. B. S. (2017). Manejo agroecológico de Plagas. *MAGAP*.
- Vargas, E. (2018). Efecto de caracol manzana (*Pomácea canaliculata* ) en plántulas de arroz en piscina con y sin lamina de agua. *Polo Del Conocimiento*, 3, 537–553.

## ANEXOS

**ANEXO 1.** Hidrogel COSECHA DE LLUVIA en estado seco (Xerogel)



**ANEXO 2.** Hidrogel COSECHA DE LLUVIA. Hidratado



**ANEXO 3. Hidrogel NEWGEL en estado seco (Xerogel)**



**ANEXO 4. Hidrogel NEWGEL Hidratado**



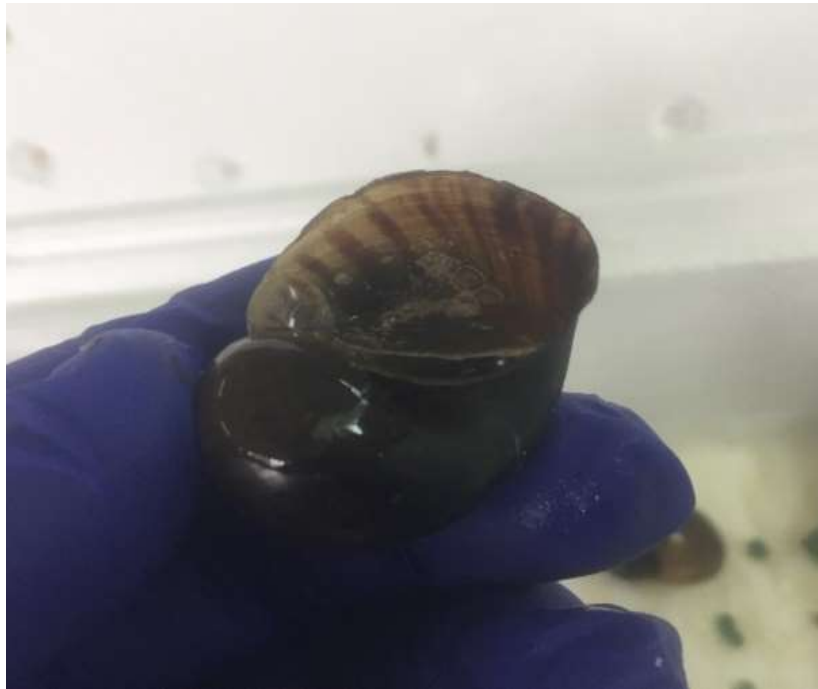
**ANEXO 5. Recolección de caracoles en canal**



**ANEXO 6. Recolección de caracoles en albarda**



**ANEXO 7.** Tratamiento con Metaldehído. El caracol se encierra con el opérculo



**ANEXO 8.** El caracol se encierra con el opérculo (tratamiento con Metaldehído)





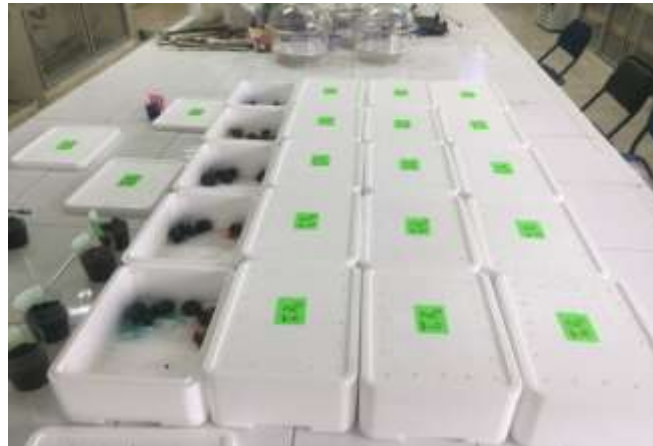
**ANEXO 9.** Tratamiento con Metomilo.



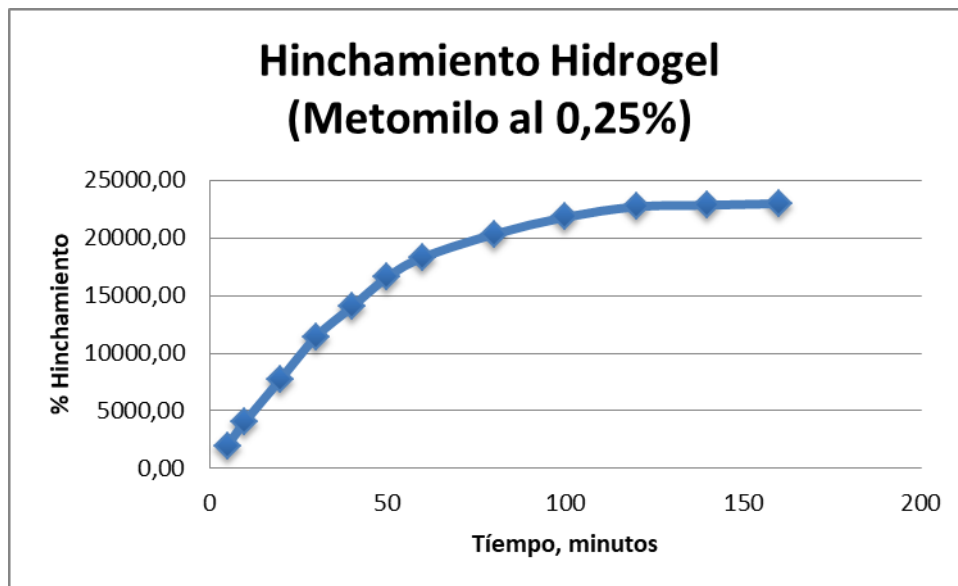
**ANEXO 10.** El caracol sale de la concha y se desparrama.



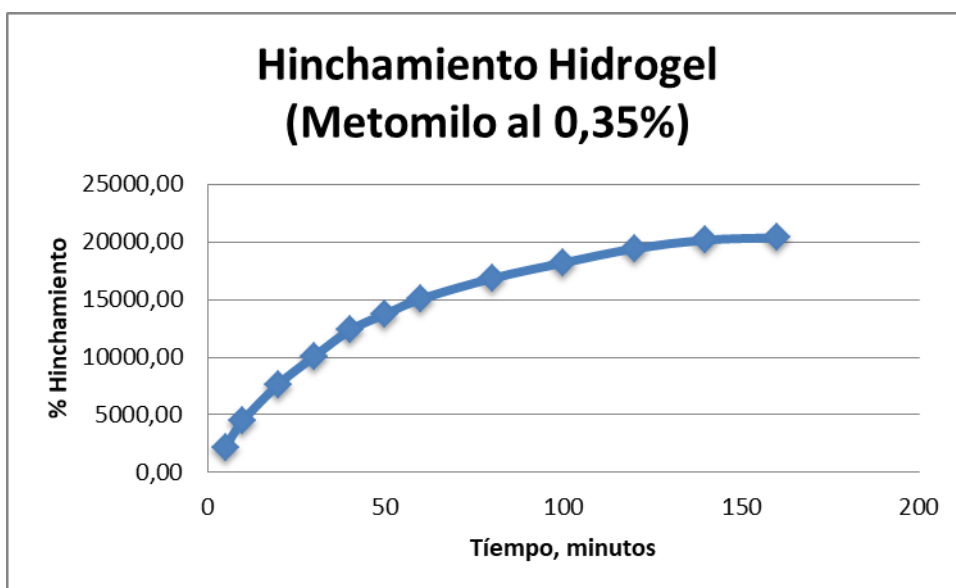
## ANEXO 11. Unidades experimentales



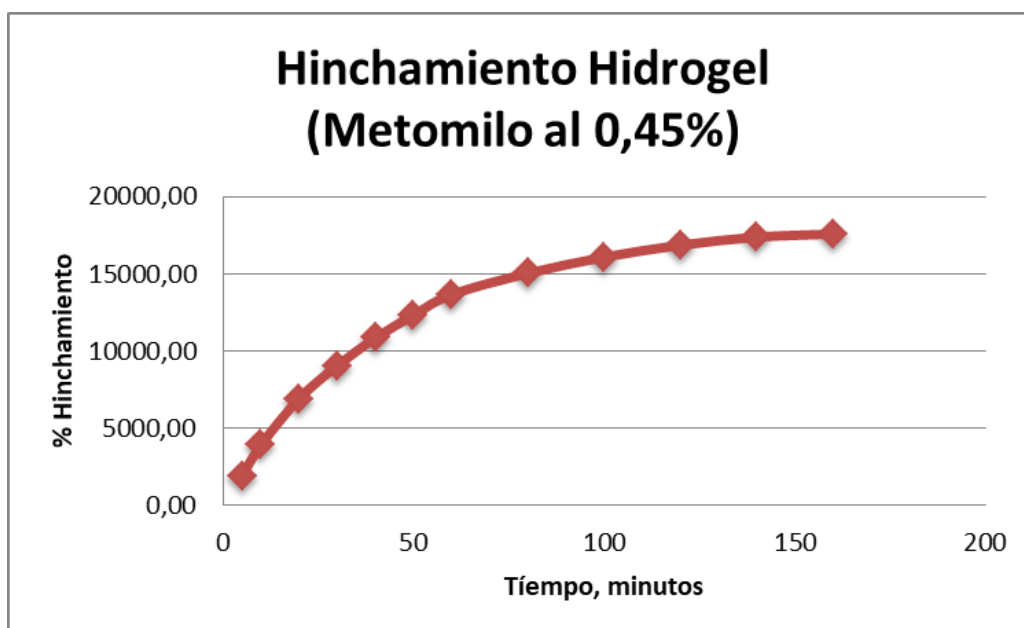
## ANEXO 12. Curva de hinchamiento de hidrogel con metomilo al 0.25%



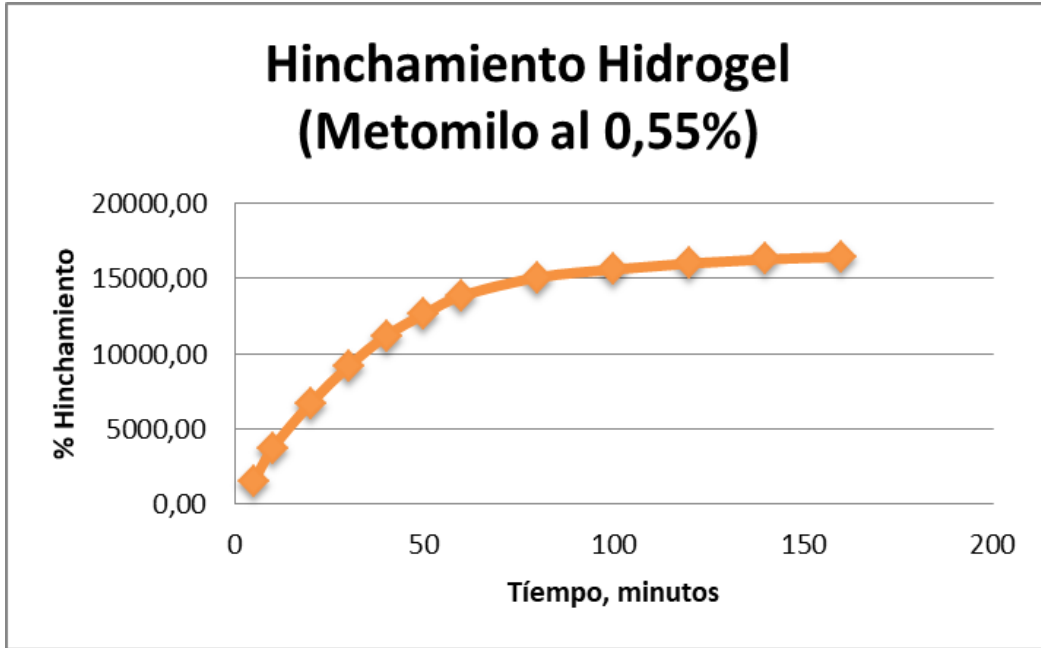
**ANEXO 13.** Curva de hinchamiento de hidrogel con metomilo al 0.35%



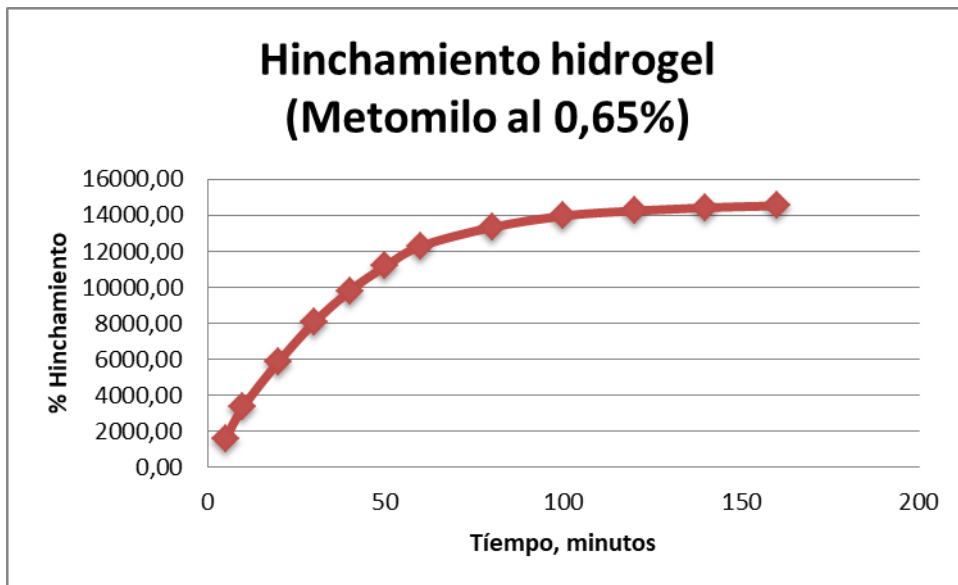
**ANEXO 14.** Curva de hinchamiento de hidrogel con metomilo al 0.45%



**ANEXO 15.** Curva de hinchamiento de hidrogel con metomilo al 0.55%



**ANEXO 16.** Curva de hinchamiento de hidrogel con metomilo al 0.65%



## ANEXO 17. Análisis de varianzas.

### Descriptivos

Mortalidad (%)

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
0	4	0,0000%	0,00000%	0,00000%	0,0000%	0,0000%	0,00%	0,00%
2	4	35,0000%	19,14854%	9,57427%	4,5304%	65,4696%	20,00%	60,00%
3	4	55,0000%	30,00000%	15,00000%	7,2633%	102,7367%	20,00%	80,00%
4	4	75,0000%	19,14854%	9,57427%	44,5304%	105,4696%	60,00%	100,00%
6	4	80,0000%	16,32993%	8,16497%	54,0154%	105,9846%	60,00%	100,00%
7	4	95,0000%	10,00000%	5,00000%	79,0878%	110,9122%	80,00%	100,00%
50	4	100,0000%	0,00000%	0,00000%	100,0000%	100,0000%	100,00%	100,00%
Total	28	62,8571%	36,80350%	6,95521%	48,5862%	77,1280%	0,00%	100,00%

## ANEXO 18. Prueba post hoc. Comparaciones múltiples.

### Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Mortalidad (%)

HSD de Tukey

(I) Concentración (g/l)	(J) Concentración (g/l)	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0	2	-35,00000%	11,95229%	,096	-73,8543%	3,8543%
	3	-55,00000%*	11,95229%	,003	-93,8543%	-16,1457%
	4	-75,00000%*	11,95229%	,000	-113,8543%	-36,1457%
	6	-80,00000%*	11,95229%	,000	-118,8543%	-41,1457%
	7	-95,00000%*	11,95229%	,000	-133,8543%	-56,1457%
	50	-100,00000%*	11,95229%	,000	-138,8543%	-61,1457%
2	0	35,00000%	11,95229%	,096	-3,8543%	73,8543%
	3	-20,00000%	11,95229%	,640	-58,8543%	18,8543%
	4	-40,00000%*	11,95229%	,041	-78,8543%	-1,1457%
	6	-45,00000%*	11,95229%	,017	-83,8543%	-6,1457%
	7	-60,00000%*	11,95229%	,001	-98,8543%	-21,1457%
	50	-65,00000%*	11,95229%	,000	-103,8543%	-26,1457%
3	0	55,00000%	11,95229%	,003	16,1457%	93,8543%
	2	20,00000%	11,95229%	,640	-18,8543%	58,8543%
	4	-20,00000%	11,95229%	,640	-58,8543%	18,8543%
	6	-25,00000%	11,95229%	,392	-63,8543%	13,8543%
	7	-40,00000%*	11,95229%	,041	-78,8543%	-1,1457%
	50	-45,00000%*	11,95229%	,017	-83,8543%	-6,1457%
4	0	75,00000%	11,95229%	,000	36,1457%	113,8543%
	2	40,00000%*	11,95229%	,041	1,1457%	78,8543%
	3	20,00000%	11,95229%	,640	-18,8543%	58,8543%
	6	-5,00000%	11,95229%	,999	-43,8543%	33,8543%
	7	-20,00000%	11,95229%	,640	-58,8543%	18,8543%
	50	-25,00000%	11,95229%	,392	-63,8543%	13,8543%
6	0	80,00000%*	11,95229%	,000	41,1457%	118,8543%
	2	45,00000%*	11,95229%	,017	6,1457%	83,8543%
	3	25,00000%	11,95229%	,392	-13,8543%	63,8543%
	4	5,00000%	11,95229%	,999	-33,8543%	43,8543%
	7	-15,00000%	11,95229%	,864	-53,8543%	23,8543%
	50	-20,00000%	11,95229%	,640	-58,8543%	18,8543%
7	0	95,00000%*	11,95229%	,000	56,1457%	133,8543%
	2	60,00000%*	11,95229%	,001	21,1457%	98,8543%
	3	40,00000%*	11,95229%	,041	1,1457%	78,8543%
	4	20,00000%	11,95229%	,640	-18,8543%	58,8543%
	6	15,00000%	11,95229%	,864	-23,8543%	53,8543%
	50	-5,00000%	11,95229%	,999	-43,8543%	33,8543%
50	0	100,00000%*	11,95229%	,000	61,1457%	138,8543%
	2	65,00000%*	11,95229%	,000	26,1457%	103,8543%
	3	45,00000%*	11,95229%	,017	6,1457%	83,8543%
	4	25,00000%	11,95229%	,392	-13,8543%	63,8543%
	6	20,00000%	11,95229%	,640	-18,8543%	58,8543%
	7	5,00000%	11,95229%	,999	-33,8543%	43,8543%

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.