

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**

“EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO  
FOTOCATALÍTICO CON DIÓXIDO DE TITANIO  
TIPO RUTILO PARA LA DEGRADACIÓN DE  
CLORPIRIFOS EN UNA SOLUCIÓN MODELO”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Ambiental**

**Autores:**

Danixa Jazmin Muñoz Tocto  
Sergio Willianton Huaman Valdivia

**Asesor:**

Mg. Elifio Gustavo Castillo Gomero  
<https://orcid.org/0000-0002-5474-545X>

Lima - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	Denisse Milagros Alva Mendoza	<b>45535817</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Margeo Javier Chumán López	<b>45997406</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Haniel Josue Torres Joaquin	<b>45772010</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## DEDICATORIA

La presente investigación está dedicada a nuestros padres, porque gracias a ellos han permitido llegar hasta este punto relevante de nuestra etapa académica de pre grado.

Un agradecimiento especial al jefe y asistente de laboratorio de la empresa de agroquímicos por el apoyo durante el proceso de análisis de muestras.

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos siempre a Dios, por habernos dado la sabiduría de continuar con los objetivos que habíamos trazado, a pesar que por un tiempo los dejamos de lado, pero él nos ayudó a concluirlos.

Al Ing. Gustavo Castillo, quién nos brindó su apoyo desde el inicio de la aventura de la elaboración de tesis como nuestro asesor; transmitiendo sus conocimientos y experiencia para poder terminar esta investigación con éxito.



## Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE ECUACIONES	10
RESUMEN	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
<b>1.1. Realidad problemática</b>	<b>12</b>
<b>1.2. Formulación del problema</b>	<b>14</b>
1.2.1. Problema General	14
1.2.2. Problemas Específicos	14
<b>1.3. Objetivos</b>	<b>15</b>
1.3.1. Objetivo General	15
1.3.2. Objetivos Específicos	15
<b>1.4. Hipótesis</b>	<b>15</b>
1.4.1. Hipótesis General	15
1.4.2. Hipótesis Específicas	15
<b>1.5. Antecedentes</b>	<b>16</b>
<b>1.6. Bases teóricas</b>	<b>21</b>

1.6.1. Tratamientos fotocatalíticos	21
<b>1.6.1.1. Fotólisis</b>	<b>21</b>
<b>1.6.1.2. Fotocatálisis</b>	<b>22</b>
<b>1.6.1.3. Fotocatálisis heterogénea</b>	<b>22</b>
<b>1.6.1.4. Semiconductores</b>	<b>23</b>
<b>1.6.1.5. Dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>)</b>	<b>25</b>
<b>1.6.1.6. Catalizador</b>	<b>27</b>
<b>1.6.1.7. Procesos de oxidación avanzada</b>	<b>28</b>
<b>1.6.1.8. Reactores fotocatalíticos</b>	<b>29</b>
1.6.2. Pesticida	30
<b>1.6.2.1. Insecticida</b>	<b>30</b>
<b>1.6.2.2. Clorpirifos</b>	<b>31</b>
1.6.3. Cromatografía líquida	33
<b>1.6.3.1. Definición</b>	<b>33</b>
<b>1.6.3.2. Ventajas</b>	<b>33</b>
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA</b>	<b>34</b>
<b>2.1. Tipo de investigación</b>	<b>34</b>
<b>2.2. Población y muestra</b>	<b>35</b>
2.2.1. Población	35
2.2.2. Muestra	35
2.2.3. Materiales	35
2.2.4. Instrumentos	36
2.2.5. Métodos	36
<b>2.3. Procedimiento</b>	<b>37</b>



2.3.1.	Construcción del reactor fotocatalítico	37
2.3.2.	Evaluación de la eficiencia del sistema	40
2.3.3.	Diseño del reactor fotocatalítico	41
2.3.4.	Determinación del número de Reynolds	42
2.3.5.	Desarrollo experimental	43
<b>2.3.5.1.</b>	<b>Montaje experimental</b>	<b>43</b>
<b>2.3.5.2.</b>	<b>Desarrollo experimental</b>	<b>44</b>
<b>2.3.5.3.</b>	<b>Análisis de muestra</b>	<b>47</b>
<b>2.3.5.1.</b>	<b>Análisis estadístico</b>	<b>47</b>
<b>2.3.5.2.</b>	<b>Aspectos éticos</b>	<b>48</b>
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS</b>		<b>49</b>
<b>3.1.</b>	<b>Resultados de tratamiento fotocatalítico para la degradación de Clorpirifos en una solución modelo 49</b>	
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>		<b>57</b>
<b>4.1.</b>	<b>Discusión</b>	<b>57</b>
<b>4.2.</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>59</b>
<b>4.3.</b>	<b>Limitaciones</b>	<b>59</b>
<b>4.4.</b>	<b>Recomendaciones</b>	<b>60</b>
<b>REFERENCIAS</b>		<b>61</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>65</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades físicas del TiO <sub>2</sub> .....	26
Tabla 2. Características de Clorpirifos .....	31
Tabla 3. Partes del reactor fotocatalítico .....	41
Tabla 4. Ensayos de tratamiento con TiO <sub>2</sub> .....	44
Tabla 5. Resultados por repeticiones de tratamiento.....	49
Tabla 6. Análisis de varianza de tiempo y concentración de dióxido de titanio tipo rutilo	51
Tabla 7. Porcentaje de degradación de Clorpirifos por tratamiento .....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mecanismo de fotocatalisis .....	22
Figura 2. Esquema de los procesos de oxidación - reducción con semiconductores .....	23
Figura 3. Movimiento de electrones en un semiconductor .....	24
Figura 4. Estructura cristalina de (a) rutilo, (b) anatasa y (c) brookita.....	26
Figura 5. Banda de conducción .....	27
Figura 6. Etapas de investigación .....	37
Figura 7. Partes del reactor fotocatalítico .....	42
Figura 8. Esquema de tratamiento con TiO <sub>2</sub> y UV .....	46
Figura 9. Esquema de análisis de muestras de solución modelo .....	47
Figura 10. Esquema de repeticiones de tratamiento fotocatalítico .....	48
Figura 11. Gráfico de valores promedios por tratamiento .....	50
Figura 12. Gráfica de residuos de Clorpirifos .....	52
Figura 13. Gráfica de intervalos de Clorpirifos .....	53
Figura 14. Gráfica de interacción de Clorpirifos .....	54

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Perímetro interno de la circunferencia.....	38
Ecuación 2. Área interna de la circunferencia.....	38
Ecuación 3. Fórmula de volumen 1 .....	38
Ecuación 4. Fórmula de volumen 2.....	39
Ecuación 5. Fórmula de volumen 3 .....	39
Ecuación 6. Fórmula de volumen 4.....	39
Ecuación 7. Fórmula de volumen total.....	39
Ecuación 8. % degradación .....	41
Ecuación 9. Número de Reynolds .....	43

## RESUMEN

Esta investigación tiene como principal objetivo evaluar la degradación de Clorpirifos de una solución modelo mediante el tratamiento fotocatalítico con dióxido de titanio tipo rutilo. La investigación es de tipo pre experimental; la población que se utilizó fue de 4 L de solución que contenía 50 g/L de Clorpirifos. Se realizó el diseño de un reactor fotocatalítico comprendido en dos zonas: zona de reacción y tanque de almacenamiento. El tanque de almacenamiento contenía una hélice que se encargaba de la agitación constante de la solución modelo; mientras que en la zona de reacción consistía en un espiral de 23 vueltas por donde se movilizaba la solución, adicionalmente, contaba con una luz UV de 15 W que irradiaba a la solución con el catalizador que transitaba por la zona. Las variables de la investigación fueron el tiempo de tratamiento (0, 30, 60 y 90 minutos) y la concentración de dióxido de titanio tipo rutilo (catalizador) de 0, 300 y 500 mg/L. Se realizaron 3 repeticiones por cada tratamiento, teniendo un total de 36 muestras; se procedió a analizar las muestras con ayuda del equipo de cromatografía líquida (HPLC) para determinar la disminución de la concentración de Clorpirifos contenida en la solución modelo. Una vez realizado el procesamiento de datos, se determinó que la concentración óptima de dióxido de titanio tipo rutilo fue de 500 mg/L en un tiempo de 90 minutos, ya que se obtuvo una desgración hasta 0,0136 %p/p. Asimismo, el tiempo en donde se obtuvo la mayor degradación con fotólisis fue de 90 minutos ya que se obtuvo un valor promedio de 0,0379 %p/p. Finalmente, se concluye la aplicación del tratamiento fotocatalítico, con el catalizador dióxido de titanio tipo rutilo, se logra la degradación del plaguicida “Clorpirifos” de una solución modelo.

**PALABRAS CLAVES:** Dióxido de titanio, catalizador, reactor fotocatalítico, Clorpirifos

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Los plaguicidas han sido enormemente utilizados desde tiempos antiguos, en la agricultura para la protección de cultivos del ataque de plagas. Sin embargo, la mayoría de estos genera alta contaminación ambiental; y a pesar de la regulación, estos siguen llegando por diferentes vías a las aguas marinas.

El plaguicida “Clorpirifos” está dentro de los principales plaguicidas existentes en el Perú. El Clorpirifos ( $C_9H_{11}Cl_3NO_3PS$ ) es considerado un insecticida organofosforado de amplio espectro. Originalmente tenía un uso residencial, para el control de plagas en césped y plantas ornamentales, sin embargo, a partir de la década de los setenta este uso se amplifica al sector agrícola; siendo utilizado en frutas, nueces y vegetales. (Sotelo-Vásquez & Iannacone, 2019)

Los plaguicidas imparten al agua potable olores y sabores desagradables, aún a bajas concentraciones, bastando ínfimas cantidades para hacer que un agua sea impropia para el consumo desde el punto de vista organoléptico. (Del Puerto Rodríguez, Suárez Tamayo, & Palacio Estrada, 2014)

El agua es el componente fundamental en mayor cantidad de los organismos de los seres vivos, indispensable para la mayoría de las funciones vitales. Es esencial en la producción agropecuaria, porcícola y avícola; incidiendo directamente en la calidad de los productos alimenticios y debe cumplir con parámetros de calidad para ser consumida por seres vivos. El agua requiere estar libre de elementos tóxicos, que pueden acumularse en los tejidos y fluidos de los animales y plantas de granja, convirtiéndose en productos alimenticios nocivos. (Tobón-Marulanda, López-Giraldo, & Paniagua-Suárez, 2010)

A través de distintos mecanismos de transporte y diseminación, el Clorpirifos aplicado en los campos cultivados, llega a los sistemas de agua. Una vez allí tarda un tiempo en degradarse hasta formas más inofensivas para el ambiente y los seres vivos, lo suficiente para que diversos organismos acuáticos entren en contacto con esta sustancia y sufren una intoxicación. Pese a la disponibilidad de otros tipos de plaguicidas más amigables con el medio ambiente, el Chlorpyrifos sigue siendo utilizado en plantaciones de numerosos



cultivos como soya, maíz, trigo, cebada, entre otros, en un promedio por aplicación de entre 0,5-1,5 litros/hectárea, dependiendo del tipo de cultivo. (Venturino & Alvarez, 2020)

Según Yolanda Soriano (2020), refiere que los pesticidas se encuentran con frecuencia en las aguas residuales incluso tras ser tratadas en las estaciones depuradoras de aguas residuales. La literatura científica establece que los tratamientos convencionales aplicados en las estaciones depuradoras de aguas residuales son poco efectivos en la eliminación de la mayoría de pesticidas presentes en las aguas ya que no fueron diseñados para ellos. Los estudios ponen de manifiesto que una eliminación eficaz de pesticidas requiere la incorporación de un tratamiento avanzado en las estaciones depuradoras de aguas residuales convencionales. Aunque las tecnologías de tratamiento avanzadas son alternativas prometedoras, hay que utilizar una tecnología u otra dependerá de la relación existente entre el coste asequible en relación con los objetivos de calidad del agua y el impacto ambiental de la tecnología aplicada. Los procesos de adsorción deben ser seguidos por un proceso de desinfección efectivo (es decir, desinfección UV) para cumplir con los estrictos límites de reutilización de aguas residuales.

Por consiguiente, la necesidad de preservar el medio ambiente y con ello los recursos hídricos, ha llevado a la búsqueda de métodos eficientes para eliminar compuestos químicos contaminantes generados por diferentes actividades del hombre. (Castellar Ramos & Osorio Tamayo, 2012)

Algunas alternativas, relacionadas con los procesos de oxidación avanzada (POA's), son la ozonización, la fotólisis y la fotocatalisis heterogénea, en las cuales se da una destrucción total o parcial de las moléculas de plaguicidas con el fin de mineralizar o hacerla biodegradable. (Suárez-Escobar et al., 2019)

Según lo mencionado por Becerra Moreno (2010) se han realizado estudios de investigación empleando el  $TiO_2$  como catalizador en el proceso de la fotocatalisis heterogénea, como una alternativa que permite la degradación de pesticidas en agua, uno de estos determinó que la fotocatalisis con  $TiO_2$  en un reactor acoplado a procesos biológicos constituye una alternativa viable para el tratamiento de agua residuales agroindustriales con contenido de plaguicidas, pues logra alta eficiencia de remoción de contaminantes en cortos periodos de tiempo. Asimismo, Fuentes Juarez (2011) menciona en su trabajo de



investigación que el proceso catalítico con  $\text{TiO}_2$  es efectivo para lograr la degradación de los plaguicidas Clorpirifos y glifosato.

El propósito de esta investigación es lograr la degradación de Clorpirifos mediante el tratamiento fotocatalítico con dióxido de titanio tipo rutilo en una solución modelo a través de un reactor de circulación continua.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema General**

¿Permitirá el tratamiento fotocatalítico con dióxido de titanio tipo rutilo degradar el Clorpirifos de una solución modelo?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

**P.E 1** ¿Cuál será el diseño del reactor fotocatalítico utilizando dióxido de titanio tipo rutilo para la degradación del Clorpirifos en una solución modelo?

**P.E 2** ¿Cuál será la concentración óptima de dióxido de titanio tipo rutilo en el tratamiento fotocatalítico para la degradación del Clorpirifos en una solución modelo?

**P.E 3** ¿Cuál será el tiempo óptimo de degradación de Clorpirifos mediante el tratamiento fotocatalítico utilizando dióxido de titanio tipo rutilo?

**P.E 4** ¿Cuál será el tiempo óptimo de degradación de Clorpirifos mediante fotólisis?

**P.E 5** ¿Cuál será la eficiencia entre la fotólisis y fotocátalisis con dióxido de titanio tipo rutilo para la degradación de Clorpirifos en una solución modelo?

### 1.3. Objetivos

#### 1.3.1. Objetivo General

Evaluar la degradación de Clorpirifos de una solución modelo mediante el tratamiento fotocatalítico con dióxido de titanio tipo rutilo.

#### 1.3.2. Objetivos Específicos

**O.E 1** Diseñar el reactor fotocatalítico utilizando dióxido de titanio tipo rutilo para la degradación del Clorpirifos en una solución modelo.

**O.E 2** Determinar la concentración óptima de dióxido de titanio tipo rutilo en el tratamiento fotocatalítico para la degradación de Clorpirifos en una solución modelo.

**O.E 3** Determinar el tiempo óptimo de degradación de Clorpirifos en una solución modelo mediante el tratamiento fotocatalítico con dióxido de titanio tipo rutilo.

**O.E 4** Determinar el tiempo óptimo de degradación de Clorpirifos mediante fotólisis.

**O.E 5** Comparar la eficiencia de la fotólisis y el tratamiento fotocatalítico con dióxido de titanio tipo rutilo para la degradación de Clorpirifos.

### 1.4. Hipótesis

#### 1.4.1. Hipótesis General

El tratamiento fotocatalítico con dióxido de titanio tipo rutilo permite degradar significativamente el Clorpirifos de una solución modelo.

#### 1.4.2. Hipótesis Específicas

**H.E 1** El diseño de un reactor fotocatalítico utilizando dióxido de titanio tipo rutilo permite degradar significativamente el Clorpirifos de una solución modelo.

**H.E 2** La concentración óptima de dióxido de titanio tipo rutilo en el tratamiento fotocatalítico es de 500 mg/L, el cual permite reducir significativamente el Clorpirifos de una solución modelo.

**H.E 3** El tiempo óptimo de degradación de Clorpirifos utilizando el tratamiento fotocatalítico con dióxido de titanio tipo rutilo se reduce significativamente a los 90 minutos.

**H.E 4** El tiempo óptimo de degradación de Clorpirifos mediante fotólisis es de 90 minutos.

**H.E 5** El tratamiento fotocatalítico utilizando dióxido de titanio tipo rutilo permite significativamente ser más eficiente que la fotólisis para la degradación de Clorpirifos en una solución modelo.

## 1.5. Antecedentes

### Internacionales

Barliza Colorado & Torres Chisino (2018) mediante su trabajo de investigación “*Evaluación de los procesos de oxidación avanzada: Fenton, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y Foto-Fenton para la degradación de Clorpirifós en aguas residuales a nivel laboratorio en la Universidad de Cartagena*”. Evalúa la efectividad de los procesos de oxidación avanzada para la disminución de plaguicidas organofosforados (Clorpirifos) en los vertimientos provenientes de los laboratorios del grupo de investigación de agroquímica de la Universidad de Cartagena. Para esto, se realizaron ensayos preliminares y se determinaron las variables influyentes en los procesos de oxidación. La evaluación de la aplicación de los métodos de oxidación avanzada Fenton, Foto-Fenton y UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> para la degradación de Clorpirifos en aguas residuales a nivel laboratorio, se llevó a cabo en medio ácido para la formación del radical HO, y así degradar el Clorpirifos presente en el agua residual. Experimentalmente se determinó que la concentración de 2,5 ppm y 540 ppm de Fe<sup>+2</sup> y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> respectivamente fue la más adecuada, llegando a una eficiencia del 96,53% de disminución del Clorpirifos del agua residual con el método Foto-Fenton.

Laguna Castillo, Manrique Losada, Osorio Restrepo, Serna Galvis & Torres Palma (2017) presentan el artículo “*Tratamiento de aguas contaminadas con colorantes mediante fotocatalisis con TiO<sub>2</sub> usando luz artificial y solar*”. El objetivo principal del mismo es el de evaluar el tratamiento de una mezcla de colorantes azoicos por fotocatalisis con TiO<sub>2</sub> en suspensión utilizando luz solar y artificial. El sistema de reacción con fuente de luz artificial

fue el de un foto-reactor anular de borosilicato con una lámpara UV de 30 W, recirculando el agua y un sistema de agitación constante, en el que monitorean tres parámetros:  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  y las concentraciones de los colorantes (RC, NM y NET), el tiempo de tratamiento fue de 6 h. Para el caso del reactor batch (luz solar) el tratamiento duró 3 horas. Se identificó que la mezcla de colorantes (RC, NM y NET) fue degradada de forma eficiente con radiación UV artificial y solar. Demostrando que para el foto-reactor anular las condiciones óptimas son: 1,5 g/L  $\text{TiO}_2$ ; 15 mg/L RC y 1 ml/L  $\text{H}_2\text{O}_2$ , alcanzando una remoción de 50% de color y 30% DQO en 6 horas de tratamiento, mientras que el reactor tipo batch remueve 90% del color y 50% de la DQO en los primeros 15 minutos de tratamiento.

Ayala Sol (2016), plantea la tesis *“Evaluación de la degradación del ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) por fotocatalisis heterogénea”*, cuyo objetivo principal fue evaluar la degradación del herbicida 2,4-D empleando fotocatalisis heterogénea en un reactor de lámpara UVC a escala laboratorio. Además, de evaluar la influencia de las variables de operación en el proceso de fotocatalisis en la eficacia de la remoción del herbicida 2,4-D y determinar el porcentaje de remoción. Se simuló el agua residual con concentraciones de 6, 18 y 24 mg/L del herbicida utilizando óxido de zinc como catalizador a concentraciones de 0,3; 0,6 y 1 g/L. donde se tomaron alícuotas de cada muestra cada 30 minutos para analizarlas en el espectrofotómetro para determinar qué variable afectaba en la degradación. Obteniendo de este trabajo que la concentración de 6 mg/L es la mínima utilizada para degradar más rápido que las otras dos, con respecto a la cantidad de catalizador que se utilizó. Por otro lado, se logró degradar un 49% con la concentración de 6 mg/L de 2,4-D y 0,6 g/L de ZnO como catalizador y 33% con concentración de 24 mg/L y 0,3 de ZnO en 3 horas. Concluyendo con este experimento que la fotocatalisis heterogénea es un proceso de oxidación avanzada que logra degradar contaminantes como los herbicidas y que en especial el 2,4-D se logra mayor remoción a mayor tiempo que trabaje el reactor.

Murillo Rubio (2010) presenta el trabajo de investigación *“Caracterización de las aguas residuales de lavado del banano en Honduras. Aplicación de técnicas de oxidación avanzada para su depuración”*. Los objetivos del trabajo de investigación fueron conocer las características de las aguas residuales provenientes de la empresa La Tela Railroad Company e investigar principales métodos de oxidación avanzada para la depuración de las aguas. En este trabajo refiere que la utilización de dióxido de titanio activado o comercial no demuestra diferencia en la degradación del Clorpirifos, por lo que se selecciona el dióxido

de titanio comercial como catalizador. La cantidad óptima de dióxido de titanio es 1000 mg/L obteniéndose una degradación del 91% a los 20 minutos y una degradación máxima del 98% en 40 minutos. Por otro lado, se comprueba que utilizando una cantidad más pequeña de  $\text{TiO}_2$  (10 mg/L) y agregando peróxido de hidrógeno (0,02 M) se obtiene una degradación total del contaminante en 20 minutos. Estos resultados son similares a los obtenidos por otros autores para eliminar plaguicidas, siendo las dosis óptimas de dióxido de titanio entre 25 y 200 mg/L.

Duarte Beltran & Forero Ausique (2008) mediante *“Evaluación de un sistema de oxidación por fotocatalisis para la degradación del plaguicida “Thiodan 35 EC” (i.a. Endosulfán) a nivel de laboratorio”*. Se realizó un estudio a nivel de laboratorio sobre sistemas fotocatalíticos, homogéneo y heterogéneo para la degradación de plaguicidas, se trabajó con concentraciones de plaguicida de 1000, 750, 500, 250 y 100 ppm (a concentraciones mayores los reactores fotocatalíticos no funcionan). Para el desarrollo de este tratamiento se establecieron periodos de tiempo de 30, 60 y 120 minutos de exposición del plaguicida a la radiación UV mediante recirculación en el reactor y se emplearon dos concentraciones de dióxido de titanio de 240 y 500 ppm en el sistema heterogéneo. Al realizar ensayos sin catalizador se encontraron porcentajes máximos de degradación del 19,7% y 19,8% del plaguicida. Para los ensayos de tratabilidad por fotocatalisis heterogénea se trabajó con la presencia del  $\text{TiO}_2$  como catalizador, obteniéndose porcentajes máximos del 93% y 94%, corroborando que la presencia de un catalizador es necesaria para lograr una degradación eficaz. En el análisis de muestras el método empleado en cromatografía de gases, se pudo obtener concentraciones finales y porcentajes de degradación, valores de gran utilidad en la evaluación de la viabilidad técnica y ambiental realizada al final de la investigación.

### **Nacionales**

Ore Cierro & Tito Huarcaya (2020) presentan la investigación *“Degradación de la carga orgánica de lixiviado maduro mediante proceso de oxidación avanzada  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}/\text{TiO}_2$  en reactor anular, Junín - Perú”*. La finalidad de la investigación fue el degradar la carga orgánica de lixiviado maduro mediante proceso de oxidación avanzada  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}/\text{TiO}_2$  en un reactor anular fotocatalítico. El tratamiento utilizó al  $\text{TiO}_2$  como

catalizador,  $H_2O_2$  como oxidante y la lámpara UV como fuente de radiación. Se elaboró un diseño estadístico con tres factores: concentración  $H_2O_2$ , pH y tiempo de operación; cada factor con cinco niveles  $H_2O_2$  (2600, 2800, 3000, 3500 y 4400 mg/L), Ph (2,6; 2,8; 3; 3,2; 3,36) y tiempo (11, 15, 20, 25 y 29 minutos). La carga óptima para la degradación orgánica del lixiviado es:  $H_2O_2$  (2600 mg/L), pH (3.3) y tiempo de 20 minutos.

Requejo Cabello (2020) presenta la tesis *“Reducción de parámetros físicoquímicos mediante fotocatalisis con dióxido de titanio para el tratamiento del agua residual del proceso de teñido de una empresa textil”*, cuyo objetivo principal fue reducir la concentración de los parámetros físico químicos (pH, conductividad, DQO y color) mediante fotocatalisis con  $TiO_2$  en las aguas residuales provenientes del proceso de teñido. Esta fue una investigación pre-experimental con enfoque cuantitativo. Para la parte experimental se elaboró un reactor formado por dos partes: tanque de almacenamiento y reactor tubular, en el reactor se instaló una lámpara UV de 36 W. Se emplearon diferentes concentraciones de  $TiO_2$  (100, 300, 500, 1000 mg/L) en tiempos de 1 a 4 horas. Finalmente, se concluyó que las condiciones óptimas para la disminución de los parámetros de estudio fueron a una concentración de 1000 mg/L de  $TiO_2$  y el tiempo de tratamiento de 4 horas.

Ari Achahui & Chumbe Yucra (2019), presentan la siguiente tesis *“Degradación fotocatalítica de cianuro en efluentes de empresas mineras auríferas y argentíferas”*. El objetivo de la investigación fue degradar el contenido de cianuro libre de efluentes mineros auríferos y argentíferos por acción fotocatalíticas con dióxido de titanio y peróxido de hidrógeno. El proceso que se usó fue la fotocatalisis heterogénea; la cual consiste en la adición de  $H_2O_2$  como agente oxidante y dióxido de titanio ( $TiO_2$ ) como fotocatalizador. La activación del  $TiO_2$  fue realizada con radiación ultravioleta (UV) artificial, constituyendo así el sistema:  $H_2O_2/TiO_2/UV$ , todo el proceso transcurre en un reactor tubular con recirculación, el cual está diseñado para proporcionar la radiación UV necesaria que tendrá activado al  $TiO_2$ . La solución simulada pasará por fotocatalisis por un periodo de 2 horas. Se evaluó el efecto de la concentración de  $H_2O_2$  y la concentración de  $TiO_2$  sobre la degradación de  $CN^-$ , empleando un Diseño Compuesto Central Ortogonal (DCCO) 2k con 2 puntos centrales y 4 puntos axiales. Los resultados se analizaron empleando una Metodología de Superficie de Respuesta (MSR) a un 95% de confianza mediante el software Statgraphics Centurion XVI, encontrándose que la combinación óptima extraída del MSR es la de 2,29 ml/l de  $H_2O_2$  y de 17,02 mg/l de  $TiO_2$ .

Granados Caso (2019), realizó la siguiente investigación: “*Evaluación de la mineralización fotocatalítica del metamidofos presente en aguas residuales*”. El objetivo principal de la presente investigación fue determinar la disminución de metamidofos utilizando fotocatálisis heterogénea en aguas residuales. La fase experimental se inició preparando 16 L de agua residual contaminado con metamidofos (Tamaron 600 SL), se sometió a la fotocatálisis heterogénea en un fotorreactor tubular y se evaluó la mineralización fotocatalítica del metamidofos. Se manipuló la concentración inicial del metamidofos (0,3 y 1,5 mL/L) y de  $\text{TiO}_2$  (0,5 y 1,0 g/L) y tiempo de tratamiento (1 y 2 horas) y se determinó la eficiencia del proceso. La mayor eficiencia de mineralización del 97,99% presente en aguas residuales por fotocatálisis heterogénea se alcanzó a la concentración de metamidofos y de  $\text{TiO}_2$  y tiempo de tratamiento de 1,5 mL/L; 1,0 g/L y 2 horas, respectivamente. Por lo que la mineralización del metamidofos presente en aguas residuales con fotocatálisis heterogénea es eficaz considerando que se utilizó aceptadores de electrones como  $\text{H}_2\text{O}_2$  y  $\text{S}_2\text{O}_8$  iones metálicos como  $\text{Cu}^{2+}$  y  $\text{Fe}^{3+}$  que mejoran este proceso. La prueba de hipótesis indica que las variables y sus interacciones influyen significativamente en la eficiencia de la mineralización del metamidofos.

Chunga Martínez (2018) presenta la tesis “*Degradación del color y la turbidez en agua residual textil real empleando  $\text{TiO}_2/\text{FeSO}_4/\text{H}_2\text{O}_2$  en un reactor fotocatalítico – Lima 2018*”. El objetivo principal es degradar el color y la turbidez del agua residual textil real empleando reactivos  $\text{TiO}_2/\text{FeSO}_4/\text{H}_2\text{O}_2$  en un reactor fotocatalítico. En el presente trabajo de investigación se realizó el tratamiento en un reactor fotocatalítico de sistema cerrado que utilizó radiación UV-A, en el que se acidifica la muestra de agua hasta un pH de 2,55. Se realizaron tres tratamientos con diferentes concentraciones: tratamiento 1 ( $\text{TiO}_2$  (0,3 g) y  $\text{H}_2\text{O}_2$  (1 ml) /  $\text{TiO}_2$  (0,3 g y  $\text{H}_2\text{O}_2$  (3 ml)), tratamiento 2 ( $\text{FeSO}_4$  (0,3 g) y  $\text{H}_2\text{O}_2$  (1 ml) /  $\text{FeSO}_4$  (0,3 g) y  $\text{H}_2\text{O}_2$  (3 ml)) y tratamiento 3 ( $\text{TiO}_2$  (0,3 g),  $\text{FeSO}_4$  (0,3 g) y  $\text{H}_2\text{O}_2$  (1 ml) / ( $\text{TiO}_2$  (0,3 g),  $\text{FeSO}_4$  (0,3 g) y  $\text{H}_2\text{O}_2$  (3 ml)); evidenciándose que la mayor degradación se dio en el tratamiento 3, ya que en un tiempo de 4 horas se logró un turbidez de hasta 0,00 NTU, mientras que la reducción del color fue de 307 UPC a 17 UOC en un periodo de 6 horas.

Tolentino Castillo (2017) realizó la siguiente investigación “*Proceso de oxidación fotocatalítica mediante dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) y luz ultravioleta (UV) para el tratamiento*”



del agua residual de la lavandería del Instituto Nacional de Salud del Niño”. Es una tesis cuyo objetivo es determinar la eficiencia del proceso de oxidación fotocatalítica empleando el dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) del agua residual bio contaminada del Instituto Nacional del Niño. Se realizaron 6 tomas de muestras con 20 ensayos por cada una, en donde 3 de ellas se le adiciona  $\text{H}_2\text{O}_2$ , se emplearon aguas residuales de diferentes características debido a los cambios del proceso de lavado. A continuación, se mezcló el catalizador ( $\text{TiO}_2$ ) con la muestra de 20 L de agua residual, iniciándose con el tratamiento recirculando el agua y encendiendo el sistema de iluminación. Se midieron los parámetros pH y DQO para verificar el efecto del tratamiento sobre estos. Se concluye que el adicionar el  $\text{H}_2\text{O}_2$  influye positivamente en el tratamiento y el tiempo de recirculación para un tratamiento efectivo fue de 1 a 2 horas, demostrando que se logró una eficiencia de 32,21% sin  $\text{H}_2\text{O}_2$  y con la presencia de  $\text{H}_2\text{O}_2$  de 35,27%.

## 1.6. Bases teóricas

### 1.6.1. Tratamientos fotocatalíticos

#### 1.6.1.1. Fotólisis

Los métodos fotolíticos para la degradación de contaminantes disueltos en el agua se basan en proporcionar energía a los compuestos químicos en forma de radiación, que es absorbida por las distintas moléculas para alcanzar estados excitados en el tiempo necesario para experimentar reacciones.

En presencia de radiación ultravioleta se produce la fotólisis de un gran número de compuestos orgánicos. El proceso tiene lugar en el dominio del UV-C (210– 230 nm) y se basa en la formación de radicales C-centrados; es decir, radicales libres. (Garcés Giraldo, Mejía Franco, & Santamaría Arango, 2004, pp. 50-51)

La eficiencia del proceso depende principalmente de la capacidad de absorción de radiación y de la presencia de otros compuestos que absorben la misma longitud de onda. En los procesos de oxidación fotolíticos normalmente se utilizan lámparas de mercurio de baja presión (254 nm, 471 KJ/mol) empleadas tanto en la desinfección como en la depuración de las aguas. (Garcés Giraldo, Mejía Franco, & Santamaría Arango, 2004, pp. 50-51)

### 1.6.1.2. Fotocatálisis

La actividad fotocatalítica es la propiedad de un material sólido inducida por la irradiación de fotones con energía igual o superior a la energía de la banda prohibida (“band gap”) del material en su superficie, lo que provoca que los e<sup>-</sup> de la banda de valencia (BV) se exciten hacia la banda de conducción (BC) y dejen huecos en la primera. De esta manera, se generen pares llamados excitones, que posteriormente pueden aprovecharse para llevar a cabo reacciones redox. (Névarez-Martínez, Espinoza-Montero, Quiroz-Chávez, & Ohtani, 2017, pp. 45-49)

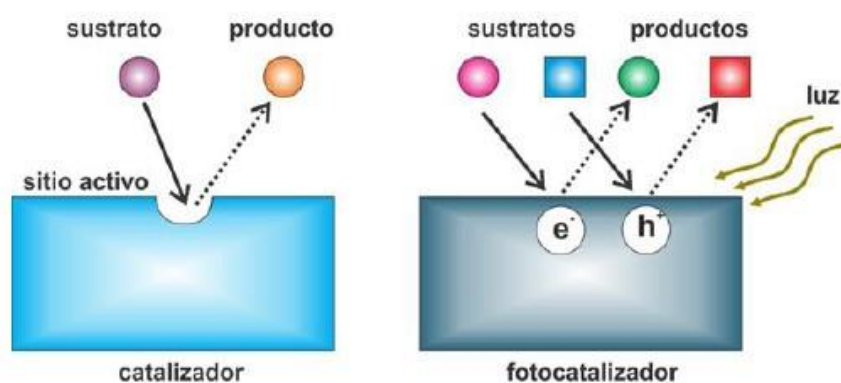


Figura 1. Mecanismo de fotocatalisis

La principal diferencia entre catálisis y fotocatalisis es su termodinámica asociada. La catálisis posibilita acelerar reacciones espontáneas, con energía libre de Gibbs de reacción negativa ( $\Delta G < 0$ ), mediante la disminución de la energía de activación. Contrariamente, la fotocatalisis hace posibles reacciones que requieren el suministro de energía ( $\Delta G > 0$ ) tales como la hidrólisis del agua para generar hidrógeno y oxígeno. (Névarez-Martínez, Espinoza-Montero, Quiroz-Chávez, & Ohtani, 2017, pp. 45-59)

### 1.6.1.3. Fotocatálisis heterogénea

La fotocatalisis heterogénea emplea un material sólido, el fotocatalizador, que cuando se expone a una fuente de luz adecuada puede generar especies reactivas (como los radicales HO) que promueven reacciones de reducción u oxidación. El dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) es el

semiconductor más usado en fotocatalisis, debido a que es química y biológicamente inerte, estable a corrosión fotoquímica y química, relativamente abundante y económico. El  $\text{TiO}_2$  se encuentra en tres formas cristalinas: brookita, rutilo y anatasa, siendo las dos últimas las más efectivas en tratamientos de aguas residuales.

La fotoactivación conduce a la formación de especies reactivas como huecos en la banda de valencia y electrones que migran a la banda de conducción. Los huecos foto generados dan lugar a las reacciones de fotooxidación, mientras que los electrones Procesos de Oxidación Avanzada aplicados en el tratamiento de aguas de la industria 4 2 de la banda de conducción dan lugar a las reacciones de foto-reducción, como se representa en la Figura 2. (Bes Monge, Bengoa, & Silva, 2018, pp. 41-42)

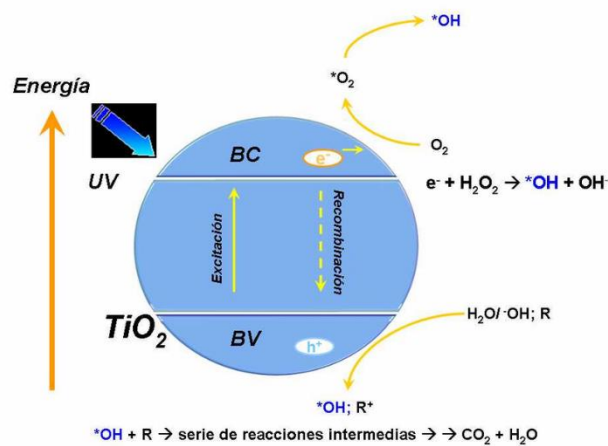


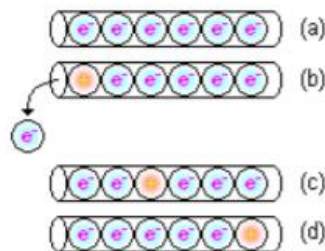
Figura 2. Esquema de los procesos de oxidación - reducción con semiconductores

#### 1.6.1.4. Semiconductores

Los semiconductores constituyen una amplia clase de materiales cuya conductividad eléctrica aumenta con la temperatura y es significativamente menor que la de los metales; las propiedades generales de estos materiales, y sus numerosas aplicaciones. (Bilmes, Blesa, & Candal, 2004, p.79)

Los semiconductores de interés en fotocatalisis son sólidos (generalmente óxidos o calcogenuros) donde los átomos constituyen una red tridimensional infinita. El solapamiento de los orbitales atómicos va mas allá de los primeros vecinos, extendiéndose por toda la red; resulta entonces una configuración de estados deslocalizados muy próximos entre sí, que forman bandas de estados electrónicos permitidos. (Bilmes, Blesa, & Candal, 2004, p.79)

Según Farrera G. (2016), “en los conductores intrínsecos cuando se transfiere un electrón de la banda de valencia a la banda de conducción, se crea un “hueco” que actúa como un "transportador" de carga positiva, fenómeno que eventualmente puede crear una “corriente positiva” (pp. 3-4).



*Figura 3. Movimiento de electrones en un semiconductor*

Para entender el movimiento relativo de los huecos, podemos imaginar a los electrones como esferas que se mueven por un tubo como se observa en la Figura 4. Cuando una esfera (electrón) se disloca, deja un espacio vacío (hueco positivo), el cual es ocupado inmediatamente por la esfera (electrón) adyacente, (b) y (c). El desplazamiento se repite hasta que la última esfera (electrón) se mueve, dejando un último espacio vacío (hueco), (d). El movimiento de las esferas hacia la izquierda, genera un movimiento aparente de los espacios vacíos hacia la derecha. De la misma manera, puede entenderse el movimiento, en sentidos opuestos, de los electrones (negativos) y “huecos” positivos, en un semiconductor. En los semiconductores intrínsecos, el número de electrones disponibles para la conducción y los correspondientes huecos formados, se encuentran en

igual número y los materiales de este tipo son de poca utilidad para la electrónica. Sin embargo, cuando se agregan ciertos átomos (impurezas) a estos materiales, sus propiedades eléctricas cambian notablemente. Así, cuando se agrega una impureza “donadora de electrones”, la proporción de electrones será mayor que la de huecos, y el material se comportará como un “portador de carga negativa” 1 (electrónica), aunque los huecos estarán presentes en menor proporción. De la misma forma, cuando se agrega una impureza “aceptora de electrones”, el material semiconductor se convertirá en un semiconductor “portador de carga positiva” (huecos), con electrones presentes en menor proporción. Al proceso de controlar la calidad y la cantidad de las impurezas, de una clase o de otra, se denomina “dopaje”. (Farrera G., 2016, pp. 3-4)

#### **1.6.1.5. Dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>)**

El TiO<sub>2</sub>, debido al amplio espectro de aplicaciones tecnológicas en el que es empleado, es el óxido de titanio por excelencia. Este óxido, también alotrópico, se encuentra de forma natural en tres fases cristalinas: la brookita (romboédrica), la anatasa y el rutilo (ambas tetragonales). La brookita y la anatasa son fases metaestables, mientras que el rutilo es un material termodinámicamente muy estable. A estas fases hay que añadir otras dos, el TiO<sub>2</sub>-II (ortorrómbico) y el TiO<sub>2</sub>-III (hexagonal), obtenidas sintéticamente en condiciones de muy alta presión, que presentan durezas extremadamente elevadas. La Tabla 1 muestra los parámetros de red así como algunas de las propiedades físicas de la brookita, la anatasa y el rutilo. Estas fases presentan elevada resistividad eléctrica, considerable dureza, estimada en el rango 5 – 6,5 en la escala de Mohs, son transparentes en el espectro visible (ancho de banda prohibida entorno a 3 eV), birrefringentes y con los mayores valores de índice de refracción de los óxidos conocidos. La brookita es muy difícil de obtener de forma artificial. Recientemente se ha conseguido sintetizar en forma de capa fina. Es también conocido que, entre los 750°C y los 1000°C, la anatasa sufre una transición de fase irreversible a rutilo. La anatasa y el rutilo merecen

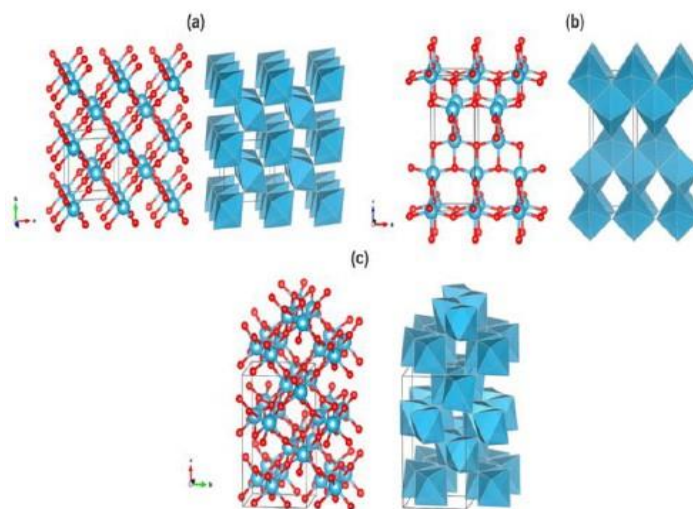
una mención aparte, dada la gran cantidad de propiedades físico-químicas que les confieren un enorme interés tecnológico. (Pérez del Pino, 2003, pp. 21-23)

**Tabla 1**

*Propiedades físicas del TiO<sub>2</sub>*

Estructuras	Parámetros de red			Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Temperatura de fusión (°C)	Resistividad eléctrica (Ωm)	Índice de refracción
	a	b	c				
	Brookita	9,18	5,45				
Anatasa	3,79	3,79	9,51	3,89	1825	10 <sup>13</sup>	2,58
Rutilo	4,59	4,59	2,96	4,25	1825	10 <sup>13</sup>	2,58

El TiO<sub>2</sub> presenta en su forma volúmica un color gris. Debido al elevado valor de su índice de refracción, partículas sub-micrométricas de TiO<sub>2</sub> en dispersión proporcionan al material un color blanco mate que hacen que sea utilizado como pigmento en prácticamente todo tipo de pinturas. Igualmente, su uso es también muy extendido en la óptica de capas finas para realizar capas antirreflejantes, espejos dieléctricos para láseres y filtros interferenciales. (Pérez del Pino, 2003, pp. 21-23)



*Figura 4. Estructura cristalina de (a) rutilo, (b) anatasa y (c) brookita*

El  $\text{TiO}_2$  es altamente atractivo debido a su estabilidad química, alta fotoestabilidad, actividad fotocatalítica, no toxicidad y bajo costo; por ello, ha sido empleado en diversos productos, desde protectores solares hasta en dispositivos completos como celdas fotovoltaicas. Sus aplicaciones incluyen la degradación fotocatalítica de contaminantes, purificación de agua, biosensores, distribución controlada de fármacos, entre otras.

EL “band gap” del  $\text{TiO}_2$  es de 3.2 eV y de 3.0 eV para las formas anatasa y rutilo respectivamente. Para vencer esta brecha energética y provocar la fotoexcitación, generación de pares  $e^- - h^+$ , es necesario incidir fotones del rango UV ( $\lambda \leq 390 \text{ nm}$ ). (Névarez-Martínez, Espinoza-Montero, Quiroz-Chávez, & Ohtani, 2017, pp. 45-59)

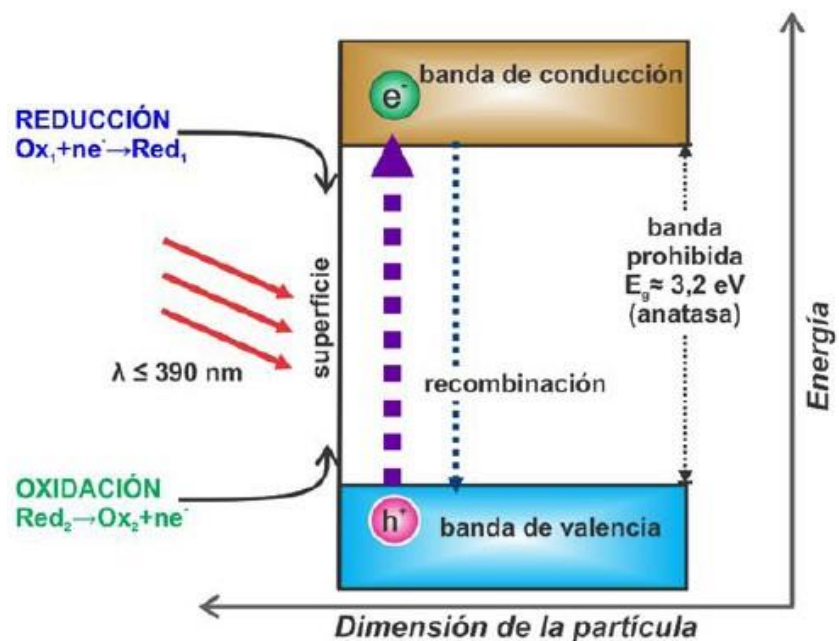


Figura 5. Banda de conducción

#### 1.6.1.6. Catalizador

Un catalizador es una sustancia que incrementa la velocidad de una reacción que avanza hacia el equilibrio, sin ser consumida en el proceso. El concepto fundamental, derivado desde el punto de vista químico de un

catalizador, es que una reacción involucra procesos cíclicos en los cuales, sobre un sitio activo del catalizador de forma de un complejo con los reactantes y productos intermedios, a partir del cual se desprenden los productos y así se restaura el sitio activo original y continúa el ciclo. (Carballo Suárez, 2002, p. 3)

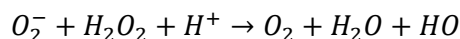
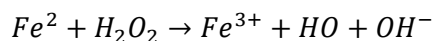
Los múltiples catalizadores conocidos en la actualidad pueden ser clasificados según varios criterios: estructura, composición, área de aplicación o estado de agregación. La clasificación más habitual es la referente a los estados de agregación en que actúan los catalizadores. Hay dos grandes grupos: catalizadores heterogéneos y homogéneos. Los procesos catalíticos en los que catalizador, reactivos y producto se encuentran en la misma fase se catalogan dentro del grupo de la catálisis homogénea. Los procesos heterogéneos son aquellos en los que catalizador, reactivos y/o productos se encuentran en distintas fases. (Paredes Medina, 2018, p. 16)

En catálisis homogénea los procesos de separación son mucho más complicados: destilación, extracción líquido- líquido o intercambio iónico. Dentro de los catalizadores heterogéneos, se pueden distinguir dos tipos, los catalizadores másicos y los soportados. Los catalizadores másicos son aquellos en los que la fase activa constituye el conjunto del catalizador. (Paredes Medina, 2018, p. 16)

#### **1.6.1.7. Procesos de oxidación avanzada**

Los POA se basan en procesos fisicoquímicos capaces de producir cambios profundos en la estructura química de los contaminantes, que involucran la generación y uso de especies poderosas transitorias, principalmente el radical hidroxilo (OH). Además, la generación de radicales se realiza a partir de oxígeno, agua oxigenada y catalizadores soportados, por lo que los subproductos de reacción son únicamente agua y dióxido de carbono. A continuación, se muestran las ecuaciones de la generación del radical hidroxilo (OH). (Bes Monge, Bengoa, & Silva, 2018, pp. 10)





Este radical posee alta efectividad para la oxidación de materia orgánica en condiciones suaves de presión y temperatura, hasta la mineralización completa de estos contaminantes. Debido a la altísima reactividad de estas especies es posible eliminar tanto compuestos orgánicos como inorgánicos logrando así una reducción de DQO, COT y toxicidad en las aguas residuales tratadas. (Bes Monge, Bengoa, & Silva, 2018, pp. 10)

Así, la generación de radicales hidroxilos se puede acelerar por la combinación de algunos agentes oxidantes como ozono, peróxido de hidrogeno, radiación UV, sales de hierro [Fe (II) y Fe (III)] y catalizadores como dióxido de titanio. (Bes Monge, Bengoa, & Silva, 2018, pp. 10)

#### 1.6.1.8. Reactores fotocatalíticos

Existen varios factores importantes a la hora de diseñar un reactor fotocatalítico dado que la necesidad de utilizar un catalizador sólido complica el proceso al añadir otra fase al sistema. En este tipo de reactores es evidente que, además de tener que conseguir un buen contacto entre los reactivos y el catalizador (elevada área superficial de catalizador por unidad de volumen del reactor), es igualmente necesario lograr una exposición eficiente del catalizador a la luz útil para el proceso (distribución óptima de luz dentro del reactor). Además, hay que considerar los parámetros convencionales tales como distribución de flujo, mezclado e interacción entre reactivos y catalizador, transferencia de masa, etc., que juegan un papel relevante. En el caso de procesos de fotocatalisis heterogénea los principales factores que se deben optimizar, en estos reactores, son el aprovechamiento energético de la radiación y la disposición del catalizador. (Acevedo Zabaleta, 2012, p. 17)

### **1.6.1.9. Reactor de lecho fijo**

Los reactores de lecho fijo consisten en uno o más materiales empacados con partículas de catalizador, que operan en posición vertical. Las partículas catalíticas pueden variar de tamaño y forma: granulares, cilíndricas, esféricas, etc. Estos tipos de reactores tienen la ventaja de trabajar con sistema de alta carga, que requieren de menos volumen y espacio, en comparación con los sistemas convencionales para lograr el mismo rendimiento en el tratamiento. Los reactores de lecho fijo, cuando se trabaja con los fotocatalizadores, presentan algunas desventajas como limitaciones en la transferencia de masa y baja área de superficie del catalizador, lo que provoca poca actividad de este y necesita más irradiación comparados con los procesos que trabajan con el catalizador en suspensión o en un lecho fluidizado. (Acevedo Zabaleta, 2012, p. 18)

## **1.6.2. Pesticida**

### **1.6.2.1. Insecticida**

Los insecticidas son compuestos químicos utilizados para controlar o matar insectos portadores de enfermedades. El origen etimológico de la palabra insecticida deriva del latín y significa literalmente matar insectos (hormigas, cucarachas, mosquitos, moscas, piojos, polillas, escarabajos, pulgas, avispa, termitas, ácaros, caracoles, babosas, pulgones, orugas, trips, moscas blancas, infecciones parasitarias de gusanos, polillas, escarabajos y otras plagas). (Instituto Nacional de Salud Pública, 2021)

Los insecticidas están disponibles en muchas formas diferentes, las cuales incluyen polvos humectables, aerosoles, gases, gránulos, soluciones oleosas, concentrados emulsionables, tratamientos de semillas, aerosoles líquidos a base de aceite, concentrado de nebulización, líquidos de ultra bajo volumen y aerosoles de volumen ultra bajo. (Instituto Nacional de Salud Pública, 2021).

### 1.6.2.2. Clorpirifos

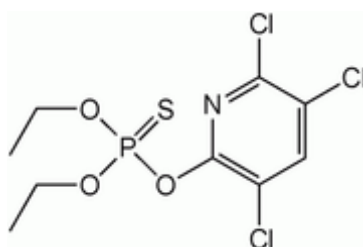
El Clorpirifos es un insecticida organofosforado de amplio uso en las viviendas y en la agricultura. El Clorpirifos se ha utilizado en las casas para controlar las cucarachas, pulgas y termitas; también se ha usado como ingrediente activo en ciertos collares antipulgas para animales domésticos. En la agricultura se utiliza para controlar las garrapatas del ganado y se rocía en los cultivos para controlar las plagas. En 1997, la empresa Dow Elanco por iniciativa voluntaria interrumpió el uso de clorpirifos en mascotas y en espacios interiores. (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATSDR], 2016)

El clorpirifos es un sólido blanco de apariencia cristalina y de aroma fuerte. No se mezcla bien con el agua, de manera que generalmente se mezcla con líquidos aceitosos antes de ser aplicado a los cultivos o a los animales. También se puede aplicar a los cultivos en forma de microcápsulas. El clorpirifos es el ingrediente activo de varios insecticidas comerciales, como por ejemplo los productos Dursban® y Lorsban®. (ATSDR, 2016)

**Tabla 2**

*Características de Clorpirifos*

Nombre comercial	Nombre químico y fórmula molecular	Información adicional
Clorpirifos	Diethyl O-(3,5,6-trichloro-2-pyridinyl) phosphorothioate $C_9H_{11}Cl_3NO_3PS$	Insecticida y acaricida Toxicidad II Se impregna un 1% de masa equivalente a 0,7 kg/ha año de ingrediente activo en las bolsas que protegen la fruta.



### 1.6.2.1. Efectos en la salud de los Clorpirifos

En las personas, la exposición por poco tiempo (un día) a niveles bajos (miligramos) de clorpirifos puede causar mareos, fatiga, secreción nasal, lagrimeo, salivación, náusea, molestia intestinal, sudor y cambios en el ritmo cardíaco. La exposición oral de corta duración a niveles más altos (gramos) de clorpirifos puede causar parálisis, convulsiones, desmayos y muerte. Los informes también muestran que la exposición al clorpirifos por poco tiempo puede causar debilidad muscular en las personas, semanas después de la desaparición de los síntomas originales. Otras consecuencias de la exposición al clorpirifos abarcan cambios de conducta o hábitos de sueños, cambios de humor y efectos en el sistema nervioso y en los músculos de las extremidades (que pueden manifestarse a través de sensaciones extrañas como insensibilidad u hormigueo o como debilidad muscular). La EPA no ha clasificado el clorpirifos por su carcinogenicidad (Clase D). (ATSDR, 2016)

Otras formas de afectación:

- Respirar aire en un área donde se roció clorpirifos recientemente puede producir una variedad de efectos sobre el sistema nervioso, incluyendo dolores de cabeza, visión borrosa, lagrimeo, excesiva salivación, secreción nasal, mareo, confusión, debilidad o temblores musculares, náusea, diarrea y cambios bruscos en el latido del corazón. El efecto depende de la cantidad de clorpirifos en el aire y de la duración de la exposición.
- Ingerir clorpirifos a través de envases de alimentos contaminados, o en el caso de los niños, poniendo objetos o las manos en la boca después de tocar clorpirifos, puede causar síntomas similares.
- La exposición a altos niveles puede producir sudor profuso, pérdida del control intestinal, serios temblores musculares, convulsiones, pérdida del conocimiento (coma) o la muerte. (Agencia para sustancias tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATSDR], 1997)

### 1.6.3. Cromatografía líquida

#### 1.6.3.1. Definición

La cromatografía líquida de alta eficiencia se encuadra dentro de la cromatografía de elución. En esta, el líquido (fase móvil) circula en íntimo contacto con un sólido u otro líquido inmisible (fase estacionaria); al introducir una mezcla de sustancias (analitos) en la corriente de fase móvil, cada analito avanzará a lo largo del sistema con una velocidad diferente que dependerá de su afinidad por cada una de las fases. Esto supone que después de terminado el recorrido de la muestra por la columna, cada una de las sustancias eluirá con un tiempo diferente, es decir, estarán separadas. (Museo Nacional de Ciencias Naturales, s.f.)

#### 1.6.3.2. Ventajas

- Amplio rango de aplicabilidad debido a la alta disponibilidad de equipos, columnas y demás materiales, que la hacen capaz de analizar casi cualquier mezcla deseada.
- Alta precisión en sus resultados ( $\pm 0,5$  % o menor).
- Variedad de técnicas, entre las cuales están la cromatografía por partición, adsorción, intercambio iónico y exclusión molecular.
- Fácil manipulación de los gradientes generados en la fase móvil.
- No es destructiva, es decir, los compuestos separados en la columna pueden ser recolectados, lo que permite el uso de la HPLC como una técnica de preparación o purificación de muestras.
- Tiempo de separación menor a 30 minutos por muestra analizada.
- Alto poder de separación con detección sensible.
- La operación es flexible, personalizable y automatizada.
- No está restringida por la volatilidad o estabilidad térmica de la muestra. (Morales Hernández & Suarez Ospina, 2018, p. 8)

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

#### Enfoque cuantitativo

Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucío (2014) usa la recolección de datos para probar la hipótesis en base a los valores numéricos y la estadística, con el fin de probar las teorías mediante el análisis de las variables y extraer conclusiones.

#### Diseño de la Investigación

##### Experimental – Pre Experimental

Según Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Del Pilar Baptista, (2014), define un diseño experimental a aquel estudio donde se manipulan tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones (denominadas variables independientes) para observar sus efectos sobre otras variables (las dependientes), y conocer si esta varía o no.

El diseño pre experimental se llama de esta manera dado que su grado de control es mínimo. En el caso de una sola medición, se aplica un estímulo para proceder a medir una o mas variables y observar el nivel de estas (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucío, 2014)

En el caso de aplicar una pre prueba y unas post prueba; se le agrega el tratamiento y finalmente se le realiza la medición posterior al estímulo, este diseño nos da una ventaja ya que existe un punto de referencia inicial, para ver qué nivel tenía la variable dependiente antes del estímulo, es de decir que hay un seguimiento al grupo (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Del Pilar Baptista, 2014).

Diseño de Pre Prueba / Post Prueba con un solo grupo

**G** → **O<sub>1</sub>** → **X** → **O<sub>2</sub>**

**Grupo** = Grupo de sujetos o casos

**X** = Tratamiento o estímulo (aplicación de la fotocatalisis con dióxido de titanio)

**O** = Medición de los sujetos de un grupo

**O<sub>1</sub>** = **Pre-Test** (muestra inicial de la solución modelo)

**O<sub>2</sub>** = **Post-Test** (muestra final de la solución modelo)

## 2.2. Población y muestra

### 2.2.1. Población

La población de la presente investigación es de 4 L de solución con una concentración de 50 gr/L de Clorpirifos para un total de 36 repeticiones de fotólisis y tratamiento fotocatalítico en concentraciones de 300 mg/L y 500 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo.

### 2.2.2. Muestra

4 muestras tomadas de 50 ml cada 30 minutos durante 90 minutos para cada ensayo de fotólisis, fotocatalisis con dióxido de titanio tipo rutilo en dos concentraciones de 300 mg/L y 500 mg/L respectivamente.

### 2.2.3. Materiales

- 48 L agua
- Contenedor plástico de 7 L
- Clorpirifos de nombre comercial Tifón
- Lámpara UV 15 W de potencia
- Bomba de agua sumergible
- Balastro
- Braqueta
- Cintillos 150 mm y 200 mm
- Cinta aislante
- Banco de plástico
- Soldimix
- Canaletas

- Enchufe macho
- Cables mellizos
- HPLC
- Balanza electrónica
- Fiola
- Pipeta
- Agua ultrapura
- Acetonitrilo
- Jeringa con filtro
- Viales para HPLC

#### **2.2.4. Instrumentos**

Arguello (2006) plantea que los instrumentos de recolección de datos deben cumplir condiciones para garantizar que en los resultados que se quieren extraer, se refleje la realidad de la investigación. Adicionalmente, el instrumento debe ser medible y presentar precisión y exactitud.

Los instrumentos utilizados en la presente investigación son los siguientes:

- Ficha de registro de toma de muestras
- Ficha de resultados de tratamientos

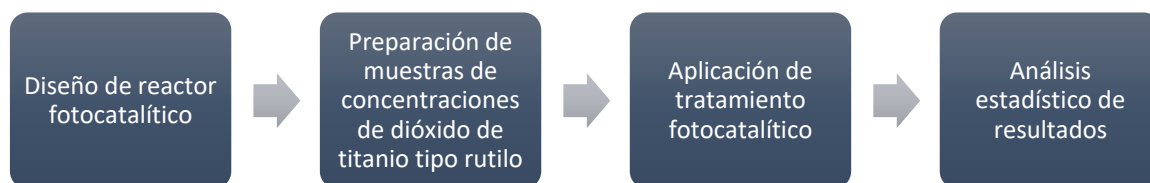
También se aplicaron instrumentos de medición electrónicos, que permite obtener datos precisos:

- HPLC

#### **2.2.5. Métodos**

La presente investigación se puede dividir en las siguientes etapas:





*Figura 6. Etapas de investigación*

La investigación se inició con la construcción del reactor fotocatalítico compuesto por el tanque de almacenamiento y reactor, en el cual ocurre el proceso. Se determinó el volumen a usar, por lo que se procedió a determinar las concentraciones de dióxido de titanio tipo rutilo a utilizar. A continuación, se aplica el tratamiento fotocatalítico en tres diferentes concentraciones (0 mg/L, 300 mg/L y 500 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo), tomándose muestras en cuatro tiempos diferentes (0, 30, 60 y 90 minutos), el tratamiento se realiza en tres repeticiones. Finalmente, con los datos obtenidos se procede a aplicar los análisis estadísticos respectivos para determinar la degradación del contaminante.

## **2.3. Procedimiento**

### **2.3.1. Construcción del reactor fotocatalítico**

El reactor fotocatalítico se construye de la siguiente manera:

- Construcción de soporte con dimensiones adecuadas para ubicación del reactor espiral e instalación de lámpara UV-C.
- Construcción del reactor espiral de plástico.
- Adecuación de tanque de almacenamiento de la solución.
- Montaje e instalación de sus partes.

## Volumen del Reactor

Para hallar el volumen, se divide el reactor tomando como punto base la cantidad de anillos con los que cuenta el espiral. También considerar que, en la parte final, todavía no se ha tomado en consideración el perímetro de media circunferencia; adicionalmente, es necesario incluir el volumen de las bases que se encuentran en contacto con las mangueras.

$$\text{Diámetro interno (Din)} = 100 \text{ mm}$$

$$P = \pi \times \text{Din}$$

*Ecuación 1. Perímetro interno de la circunferencia*

$$P = \pi \times 100 \text{ mm} = 314.16 \text{ mm} \cong 31,42 \text{ cm}$$

$$\cong 314.16 \times 23 \text{ vueltas de espiral} = 7225.68 \text{ mm} \cong 722.57 \text{ cm}$$

$$A = \pi \frac{D^2}{4}$$

*Ecuación 2. Área interna de la circunferencia*

$$A = \pi \frac{(10 \text{ mm})^2}{4} = 78,540 \text{ mm}^2 \cong 7,8540 \text{ cm}^2$$

Se proceden a hallar el  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  y  $V_4$ :

$$V_1 = \text{Distancia}_1(\text{entrada del agua con el contaminante}) \times \text{Área interna}$$

*Ecuación 3. Fórmula de volumen 1*

$$V_1 = 4 \text{ cm} \times 7,8540 \text{ cm}^2 \cong 31,460 \text{ cm}^3$$

$$V_2 = \text{Perímetro interno} \times \text{Área interna} \times N^\circ \text{ de anillos}$$

*Ecuación 4. Fórmula de volumen 2*

$$V_2 = 31.42 \text{ cm} \times 7,8540 \text{ cm}^2 \times 23 = 5675.77 \text{ cm}^3$$

$$V_3 = \frac{\text{Perímetro interno}}{2} \times \text{Área interna}$$

*Ecuación 5. Fórmula de volumen 3*

$$V_3 = \frac{31.42 \text{ cm}}{2} \times 7,8540 \text{ cm}^2 = 123.39 \text{ cm}^3$$

$$V_4 = \text{Distancia}_2(\text{salida de la disolución de la solución}) \times \text{Área interna}$$

*Ecuación 6. Fórmula de volumen 4*

$$V_4 = 4 \text{ cm} \times 7,8540 \text{ cm}^2 = 31,416 \text{ cm}^3$$

Finalmente, se halla el  $V_{\text{total}}$ , realizando la sumatorio de los volúmenes ( $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  y  $V_4$ )

$$V_{\text{Total}} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

*Ecuación 7. Fórmula de volumen total*

$$V_{\text{Total}} = 5862.036 \text{ cm}^3 \cong 5.862 \text{ L}$$

### **Zona de reacción**

Está conformada por un espiral de plástico de 10 cm de diámetro con un espesor de 6mm por donde circula el fluido con un volumen total de operación de 5,862 L. Dicha configuración en espiral permite acoplar una lámpara de luz ultravioleta (UV-C) con el fin de irradiar el agua contaminada. Para la recirculación de la solución a tratar se emplea un sistema que consta de una bomba sumergible con sus respectivas conexiones de succión y descarga a un recipiente de almacenamiento de 7 litros.

### **Fuente de radiación**

Consta de una lámpara ultravioleta (UV-C) con una potencia de 15 W, la cual suministra la energía necesaria para que la foto-reacción oxidativa pueda realizarse. Esta lámpara se encuentra ubicada en el interior de la estructura del reactor fotocatalítico.

### **Catalizador**

La disposición del catalizador dentro del reactor se hará directamente sobre la solución de agua que contiene Clorpirifos, obteniendo una suspensión la cual se bombea a través del reactor fotocatalítico.

#### **2.3.2. Evaluación de la eficiencia del sistema**

Se tomará como sustrato a degradar Clorpirifos con el fin de comprobar la efectividad del reactor fotocatalítico (UV-C), esta evaluación se realizará tomando muestras periódicas las cuales se analizarán por cromatógrafo líquido HPLC.

Para evaluar el desempeño del reactor fotocatalítico en la degradación del Clorpirifos, se tomó como variable de respuesta el porcentaje de degradación del Clorpirifos, que se pretendía calcular con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Degradación} = \frac{C_0 - C_f}{C_0} \times 100$$

*Ecuación 8. % degradación*

Donde  $C_0$  y  $C_f$  son la concentración inicial y final del Clorpirifos, respectivamente; medidas a través de cromatografía de gases.

### 2.3.3. Diseño del reactor fotocatalítico

A continuación, se detallan las partes de las que se compone el reactor:

**Tabla 3**

*Partes del reactor fotocatalítico*

Número	Cantidad	Parte	Descripción
1	1	Soporte Central	Canaletas
2	1	Socket para fluorescente	Acrílico
3	1	Fluorescente	15 W
4	1	Serpentín de plástico	Diámetro 10 mm
5	1	Tanque de almacenamiento	7 litros
6	1	Hélice	-
7	1	Bomba de agua sumergible	40 W

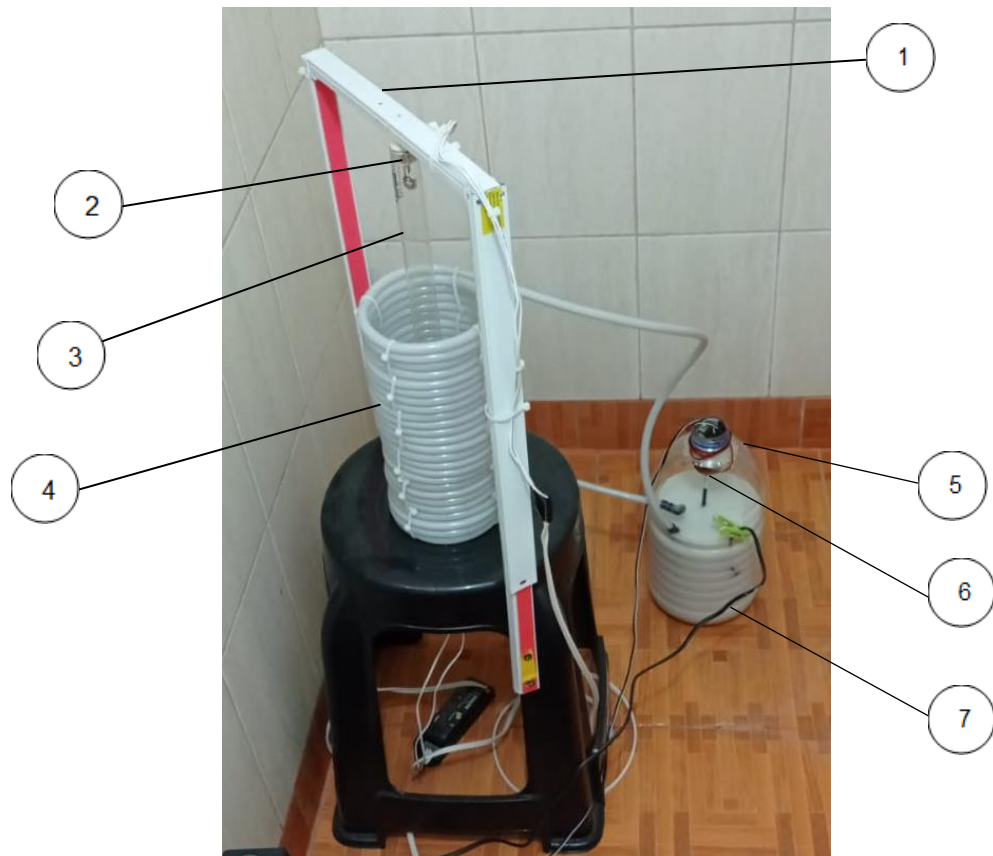


Figura 7. Partes del reactor fotocatalítico

#### 2.3.4. Determinación del número de Reynolds

El régimen de flujo, acorde a las condiciones de diseño del equipo y a la capacidad de bombeo fue turbulento para favorecer los procesos difusivos dentro del foto reactor, ideal para el buen funcionamiento del proceso.

Para nuestro proceso heterogéneo en fase acuosa con el catalizador  $\text{TiO}_2$  en suspensión, es importante diseñar el sistema evitando cualquier posible sedimentación del catalizador, porque en determinadas circunstancias se puede alcanzar un flujo laminar en alguna zona del circuito hidráulico. En este sentido, se debe de realizar el diseño teniendo en cuenta que el número Reynolds ( $Re$ ) debe estar siempre por encima de 4000 para garantizar un caudal turbulento. Por lo tanto, el reactor fotocatalítico operará con flujo turbulento.

## Formula de Reynolds

$$NRe = \frac{(\phi \times V_s \times D1)}{u}$$

Ecuación 9. Número de Reynolds

- **NRe:** Número adimensional de Reynolds.
- **$\phi$ :** Densidad del fluido.
- **$V_s$ :** Velocidad del fluido.
- **D1:** Diámetro de la tubería por la que fluye el fluido.
- **$u$ :** Viscosidad dinámica del fluido.

$$NRe = \frac{(998.2 \frac{kg}{m^3} \times 0.81 \frac{m}{s} \times 0.010 m)}{1.0 \times 10^{-3} \frac{N \cdot s}{m^2}}$$

$$NRe = 8\ 085.42$$

**4000 < NRe: Zona de régimen turbulento**

### 2.3.5. Desarrollo experimental

#### 2.3.5.1. Montaje experimental

El montaje experimental consta de las siguientes partes:

- Reactor fotocatalítico de serpentín de plástico dentro del cual circula el fluido.
- Fuente de radiación UV-C 15W, (dichos rayos UV activan al catalizador y promueven la fotorreacción).
- Conexión eléctrica.
- Bomba sumergible para la recirculación.
- Zona de homogenización que consta de un contenedor de plástico de 7 L de capacidad.
- Mangueras de plástico que conectan el sistema pero que no reaccionan con él.

### 2.3.5.2. Desarrollo experimental

Los ensayos consisten en tres concentraciones diferentes de dióxido de titanio tipo rutilo cargados en el reactor fotocatalítico.

**Tabla 4**

*Ensayos de tratamiento con TiO<sub>2</sub>*

Tratamiento	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	N° repeticiones
Fotólisis	0 min	30 min	60 min	90 min	3
Fotocatálisis1	0 min	30 min	60 min	90 min	3
Fotocatálisis2	0 min	30 min	60 min	90 min	3

La degradación, se llevó a cabo a temperatura ambiente, dado que la activación fotónica del catalizador no requiere aporte de temperatura, puesto que la energía térmica no produce excitación sobre el catalizador.

Para cada ensayo se prepararon 4 L de solución acuosa de Clorpirifos a una concentración de 1,25 g/L, a partir de una muestra de 200 g Clorpirifos en polvo de nombre comercial Tifón 2,5% PS de la marca Farmagro, la cual contiene 2,5% de Clorpirifos por cada kg de producto.

Una vez preparada la solución modelo, se inicia el bombeo desde la zona de homogenización hacia el reactor fotocatalítico por un tiempo aproximado de 15 minutos para homogenizar la mezcla. Asimismo, se aplicaron tres tratamientos en los que se aplicaron concentraciones de 0 mg/L, 300 mg/L y 500 mg/L de TiO<sub>2</sub> con un tiempo de exposición 90 minutos, realizándose 3 ensayos por triplicado en total, para los cuales se empleó un volumen de 4 L de la solución modelo para los ensayos. Además, se procede durante los 15 primeros minutos, con la lámpara apagada, a la adsorción del Clorpirifos con el catalizador. Luego se enciende la luz para dar inicio a la reacción fotocatalítica, tomándose muestras cada 30 minutos por un tiempo total de 90 minutos. Se procede a analizar las muestras tomadas usando el cromatógrafo líquido HPLC.



Finalmente, los datos obtenidos de las muestras tomadas se colocan en tablas para proceder a graficar la variación del parámetro en relación al tiempo. Para hallar el porcentaje de degradación se relacionan las concentraciones inicial y final del tratamiento, para analizar los comportamientos.

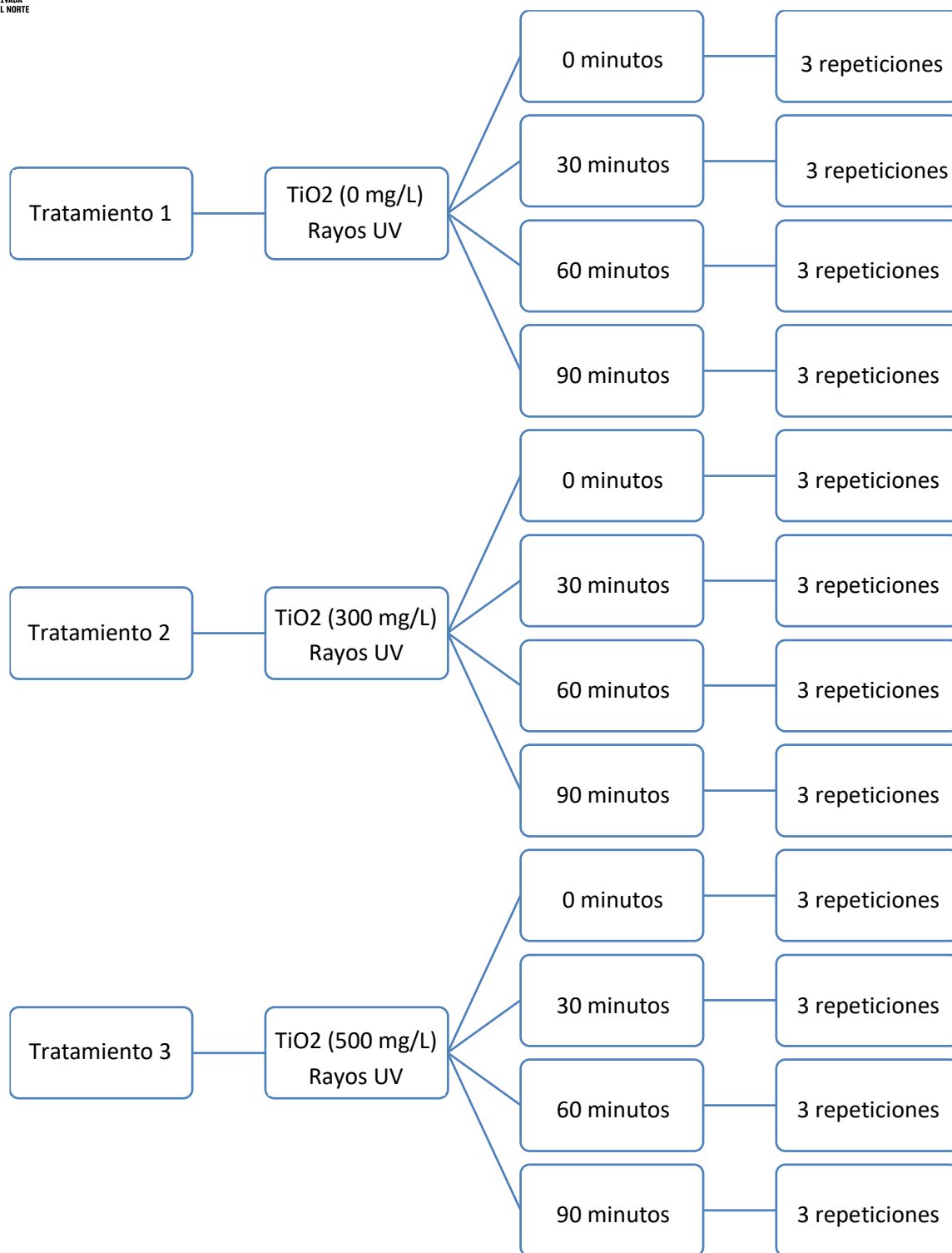


Figura 8. Esquema de tratamiento con  $TiO_2$  y UV

### 2.3.5.3. Análisis de muestra

Las muestras fueron llevadas al laboratorio y analizadas en el HPLC tuvo un promedio de tiempo de análisis de 8 minutos por cada vial en el equipo. Es necesario mencionar que los análisis fueron realizados por el personal especialista del laboratorio de control de calidad de la empresa de agroquímicos.

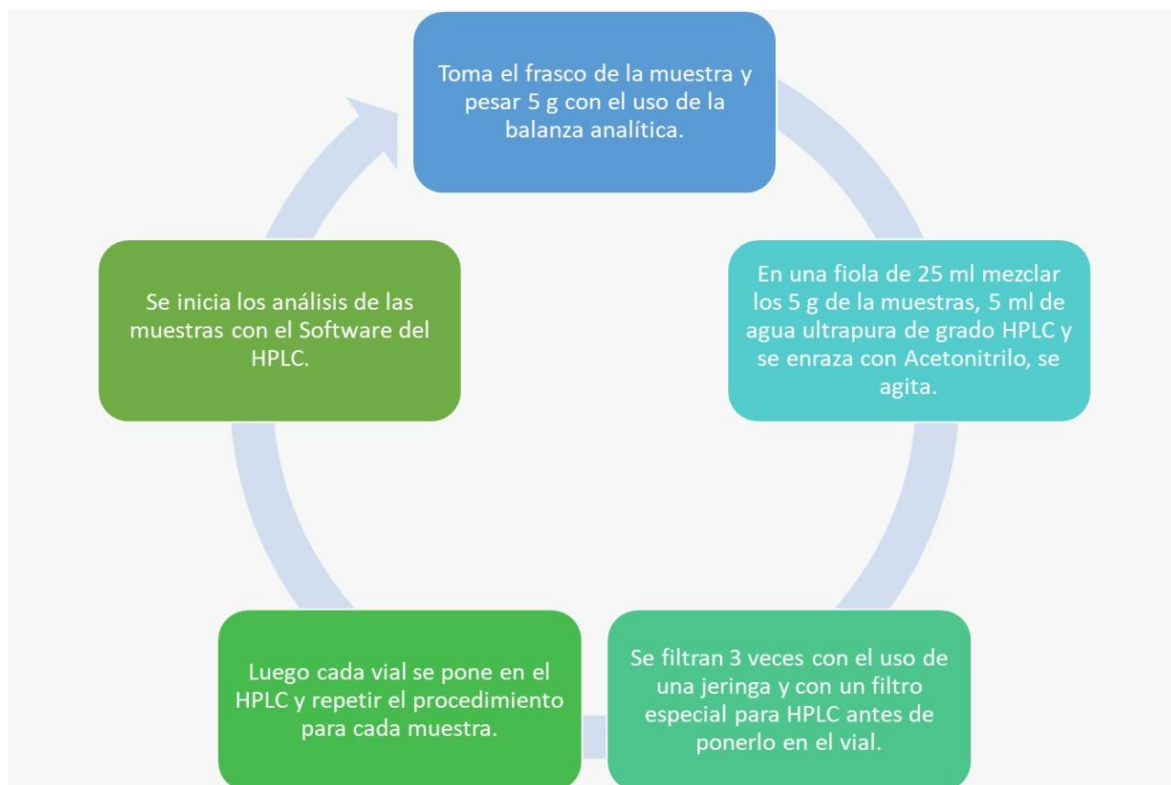


Figura 9. Esquema de análisis de muestras de solución modelo

### 2.3.5.1. Análisis estadístico

El programa utilizado para el procesamiento de datos fue MiniTab, aplicándose el análisis de varianza para la concentración del dióxido de titanio tipo rutilo.

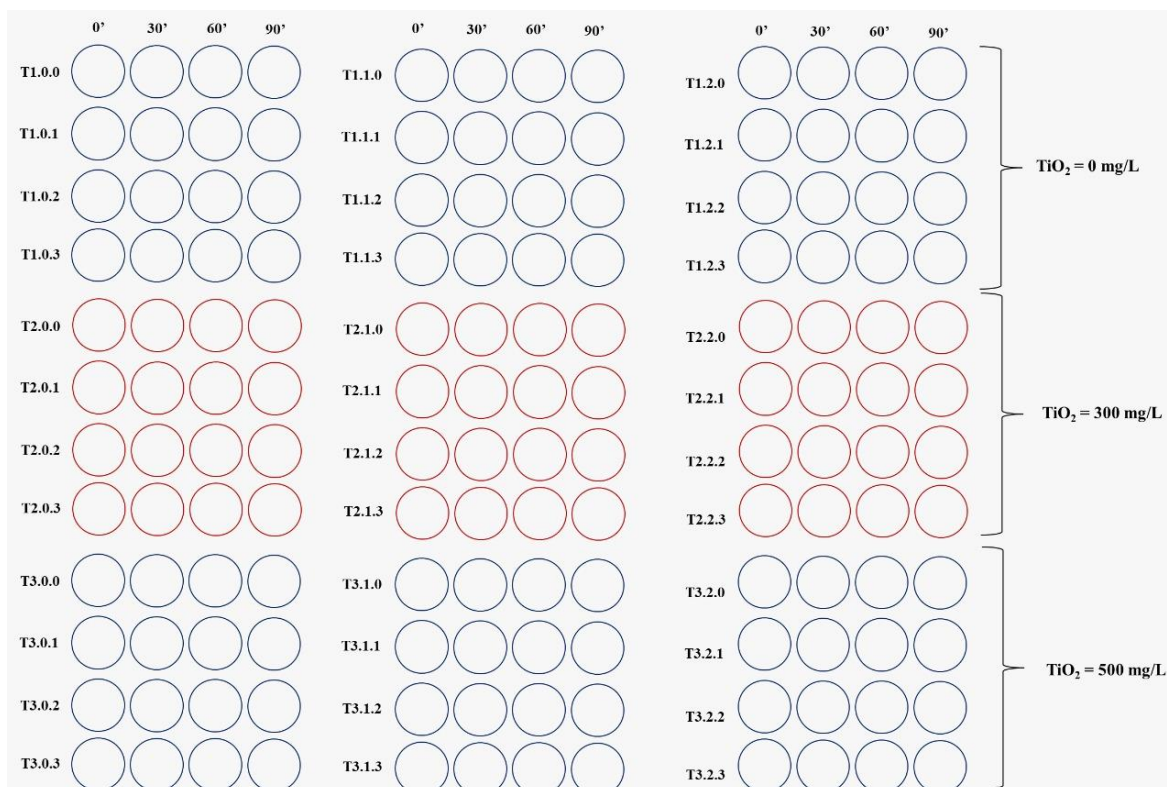


Figura 10. Esquema de repeticiones de tratamiento fotocatalítico

### 2.3.5.2. Aspectos éticos

En la presente investigación se consideró que los datos obtenidos del análisis de las muestras de laboratorio de la empresa de agroquímicos fue tratada en consentimiento y solo con el fin de obtener datos para el estudio. Adicionalmente, estos datos no serán manipulados ni alterados para algún beneficio personal.

Es necesario mencionar que los datos utilizados en nuestra investigación no fueron extraídos de otra investigación, en ese sentido cuenta con un nivel de originalidad.

Originalidad: se procedió a revisar fuentes bibliográficas que se encuentran correctamente citadas para evitar encontrar algún tipo de similitud.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1. Resultados de tratamiento fotocatalítico para la degradación de Clorpirifos en una solución modelo

A continuación, se detallan los resultados de los tratamientos de fotólisis (0 mg/L dióxido de titanio tipo rutilo) y fotocátalisis (300 mg/L y 500 mg/L dióxido de titanio tipo rutilo) en la siguiente tabla:

**Tabla 5**

*Resultados por repeticiones de tratamiento*

Concentración de dióxido de titanio	minutos	% p/p			
		0'	30'	60'	90'
Tratamiento N°1 (0 mg/L)	R1	0,0708	0,0553	0,0433	0,0363
	R2	0,0752	0,0575	0,0444	0,0381
	R3	0,0759	0,0567	0,0469	0,0393
Tratamiento N°2 (300 mg/L)	R1	0,0728	0,0483	0,0393	0,0243
	R2	0,0752	0,0505	0,0444	0,0256
	R3	0,0745	0,0547	0,0401	0,0296
Tratamiento N°3 (500 mg/L)	R1	0,0737	0,0407	0,0253	0,0142
	R2	0,0752	0,0475	0,0244	0,0136
	R3	0,0745	0,0447	0,0239	0,0153

*Nota.* La unidad de medida de medida utilizada es porcentaje peso a peso. Se observan los resultados de los tratamientos y las repeticiones realizadas. La mayor degradación para el tratamiento N°1, N°2 y N°3 ha sido de 0,0363; 0,0243 y 0,0136 respectivamente.

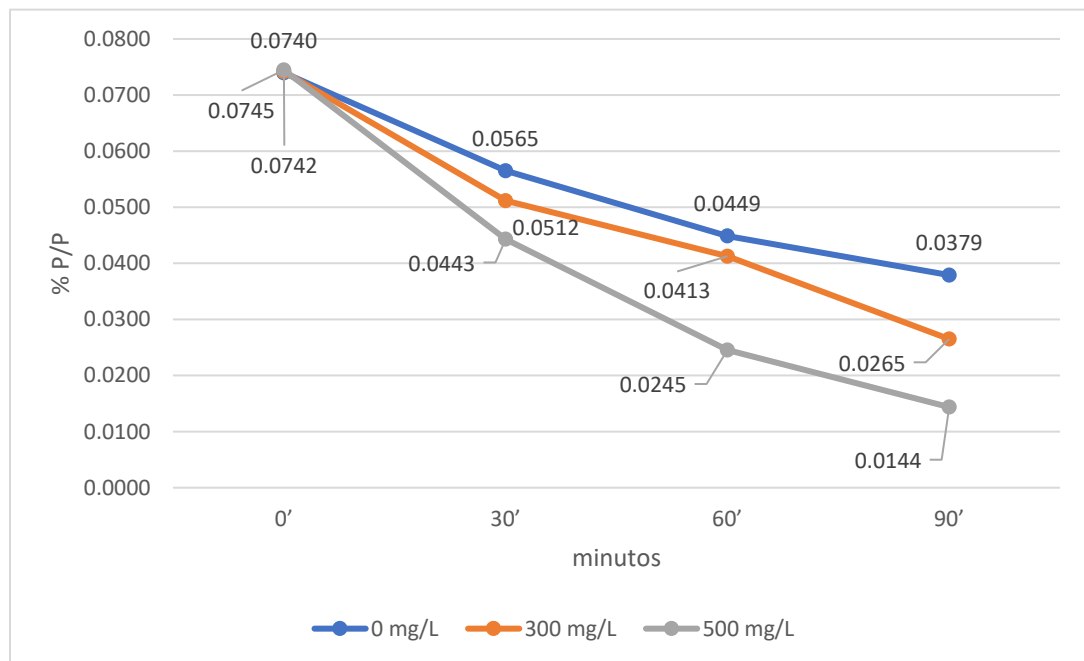


Figura 11. Gráfico de valores promedios por tratamiento

La Figura 11 muestra la disminución promedio por tiempo en cada tratamiento; fotólisis (0 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo), 300 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo y 500 mg/L dióxido de titanio tipo rutilo.

Adicionalmente, se realizó el análisis estadístico de los datos experimentales, empleando el análisis de varianza (ANOVA):

### **Análisis de varianza para concentración de dióxido de titanio tipo rutilo**

H<sub>0</sub>: El tratamiento fotocatalítico con dióxido de titanio tipo rutilo no permite degradar significativamente el Clorpirifos de una solución modelo.

H<sub>1</sub>: El tratamiento fotocatalítico con dióxido de titanio tipo rutilo permite degradar significativamente el Clorpirifos de una solución modelo.

De acuerdo al ANOVA en el factor concentración se observa que  $p=0,000$  el cual es menor a 0,05 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, es decir, si existe una diferencia de al menos una de las medias de las concentraciones de dióxido de

titanio tipo rutilo en el tratamiento fotocatalítico lo cual permite concluir que uno de los tratamientos si tiene efecto en la reducción de la concentración de Clorpirifos de una solución modelo.

**Tabla 6**

*Análisis de varianza de tiempo y concentración de dióxido de titanio tipo rutilo*

Fuente	GL	SC Ajust	MC Ajust	Valor F	Valor P
Tiempo	3	21015,5	7005,17	198,02	0,000
Concentración TiO <sub>2</sub>	2	2113,4	1056,72	29,87	0,000
Error	30	1061,3	35,38		
Falta de ajuste	6	978,4	163,07	47,24	0,000
Error puro	24	82,8	3,45		
Total	35	24190,2			

*Nota.* Se observa que el valor arrojado por el P-value es menor a 0,05 es decir ( $P < 0,05$ ); por lo que se niega la hipótesis nula, que indica que a una concentración óptima de dióxido de titanio tipo rutilo no reduce significativamente el Clorpirifos de la solución modelo. Aceptándose la hipótesis alterna que menciona que la concentración óptima de dióxido de titanio tipo rutilo reduce significativamente el Clorpirifos de la solución modelo.

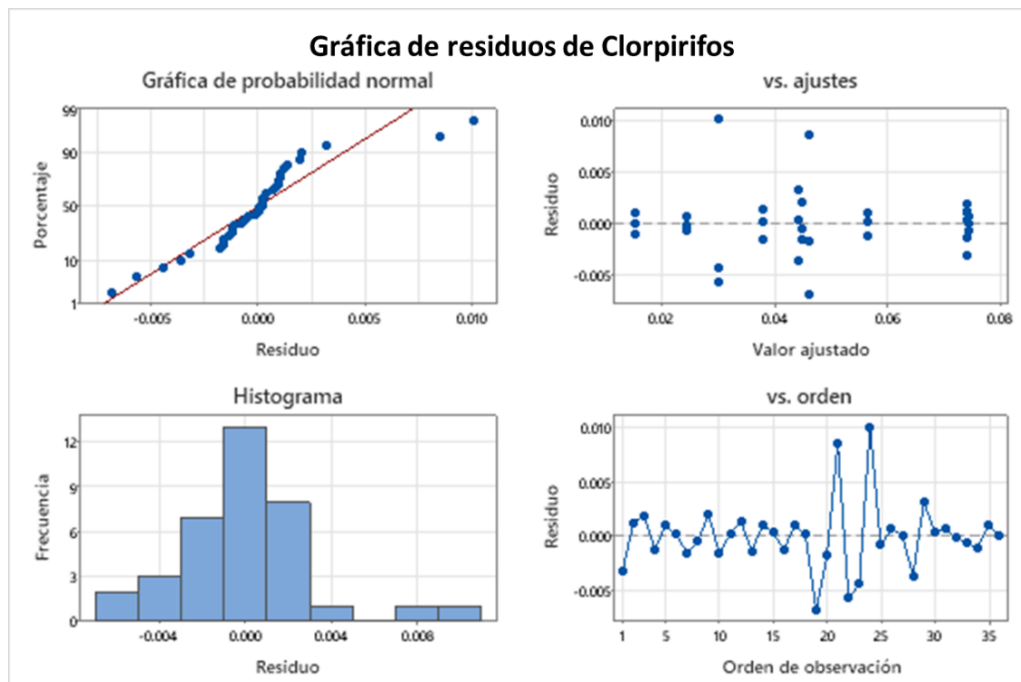


Figura 12. Gráfica de residuos de Clorpirifos

De la *Figura 12*; de la gráfica se evidencia estadísticamente que la concentración del dióxido de titanio tipo rutilo (0, 300 y 500 mg/L) influye en la disminución de concentración de Clorpirifos.

### Hipótesis específica 2

H<sub>0</sub>: La concentración óptima de dióxido de titanio tipo rutilo en el tratamiento fotocatalítico no es de 500 mg/L, el cual permite reducir significativamente el Clorpirifos de una solución modelo.

H<sub>1</sub>: La concentración óptima de dióxido de titanio tipo rutilo en el tratamiento fotocatalítico es de 500 mg/L, el cual permite reducir significativamente el Clorpirifos de una solución modelo.



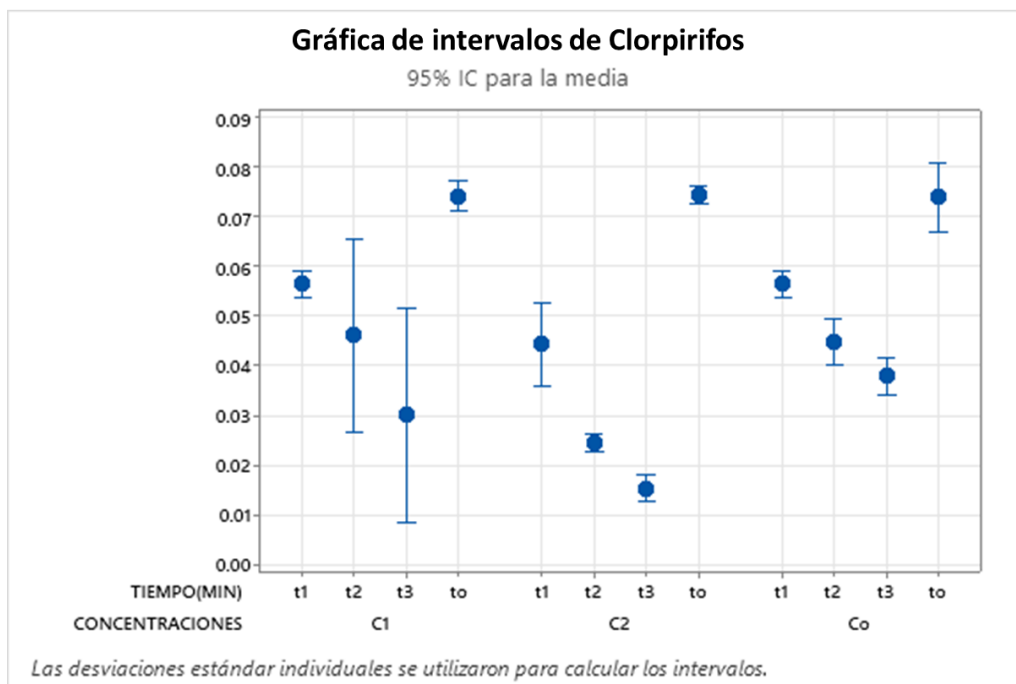


Figura 13. Gráfica de intervalos de Clorpirifos

De la *Figura 13*, se puede interpretar que del  $C_0$  (fotólisis) el menor valor se da en el  $t_3$  (90 minutos), en el tratamiento  $C_1$  (300 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo) el menor valor se da en  $t_3$  y en el  $C_2$  (500 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo) el menor valor se da en el minuto 90; siendo este el menor en comparación con los demás tratamientos. Por consiguiente, se niega la  $H_0$  nula, que indica que las concentraciones óptimas de dióxido de titanio no permite reducir significativamente el Clorpirifos y se acepta la  $H_1$  alterna, que establece que las concentraciones óptimas de dióxido de titanio permiten reducir significativamente el Clorpirifos.

### Hipótesis específica 3

$H_0$ : El tiempo óptimo de degradación de Clorpirifos utilizando el tratamiento fotocatalítico con dióxido de titanio tipo rutilo no se reduce significativamente a los 90 minutos.

H<sub>1</sub>: El tiempo óptimo de degradación de Clorpirifos utilizando el tratamiento fotocatalítico con dióxido de titanio tipo rutilo se reduce significativamente a los 90 minutos.

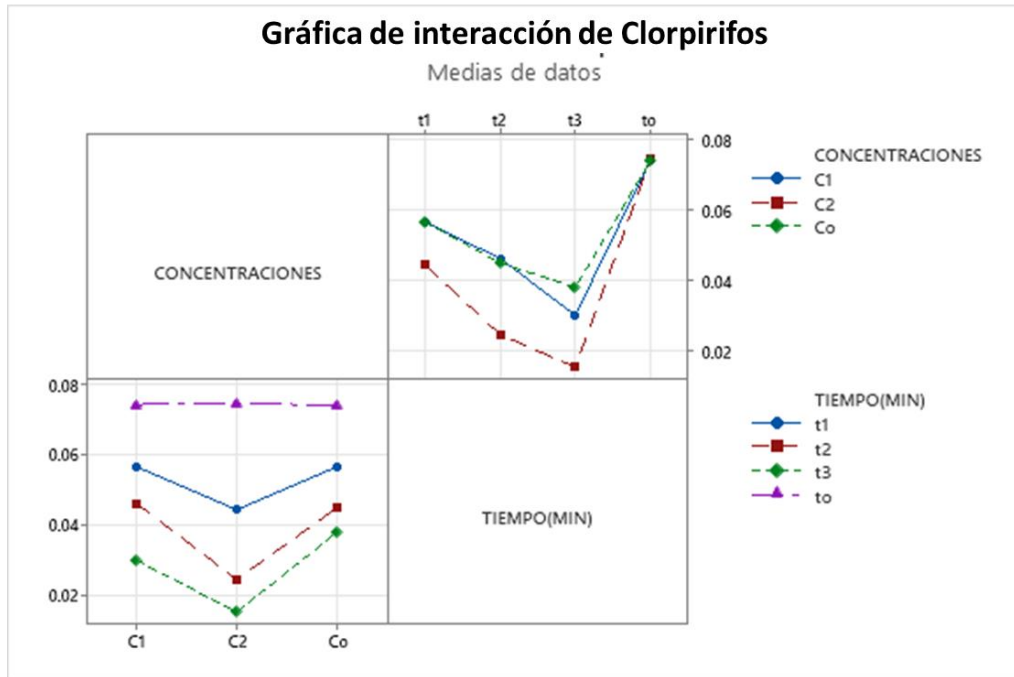


Figura 14. Gráfica de interacción de Clorpirifos

De la Figura 14, se evidencia que la concentración final de Clorpirifos se reduce a medida de que la concentración de dióxido de titanio y tiempo de tratamiento fotocatalítico aumenta. Por ende, se rechaza H<sub>0</sub> nula, que indica que el tratamiento fotocatalítico con TiO<sub>2</sub> tipo rutilo no permite optimizar significativamente el tiempo óptimo de degradación de Clorpirifos y se acepta H<sub>1</sub> alterna, que establece que el tratamiento fotocatalítico utilizando dióxido de titanio tipo rutilo permite optimizar significativamente el tiempo óptimo de degradación de Clorpirifos en una solución modelo.

#### **Hipótesis específica 4**

H<sub>0</sub>: El tiempo óptimo de degradación de Clorpirifos mediante fotólisis no es de 90 min.

H<sub>1</sub>: El tiempo óptimo de degradación de Clorpirifos mediante fotólisis es de 90 min.

Se evidencia de la *Figura 13*, que la concentración final de Clorpirifos se reduce a medida que el tiempo aumenta en el tratamiento de fotólisis. Por este motivo se rechaza la  $H_0$  que indica que el tiempo óptimo de degradación de Clorpirifos mediante fotólisis no es de 90 min; se acepta  $H_1$ , indicando que el tiempo óptimo de degradación de Clorpirifos mediante fotólisis es de 90 min.

### **Hipótesis específica 5**

$H_0$ : El tratamiento fotocatalítico utilizando dióxido de titanio tipo rutilo no permite ser más eficiente que la fotólisis para la degradación de Clorpirifos en una solución modelo.

$H_1$ : El tratamiento fotocatalítico utilizando dióxido de titanio tipo rutilo permite ser más eficiente que la fotólisis para la degradación de Clorpirifos en una solución modelo.

Se muestran los resultados de la eficiencia de degradación para los tratamientos de fotólisis y tratamiento fotocatalítico de 300 mg/L y 500 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo.

**Tabla 7**

*Porcentaje de degradación de Clorpirifos por tratamiento*

Tratamiento 1 (0 mg/L)	Tratamiento 3 (500 mg/L)
% Degradación	% Degradación
$= \left( \frac{0,0745 - 0,0144}{0,0745} \right) \times 100$	$= \left( \frac{0,0740 - 0,0379}{0,0740} \right) \times 100$
= 81%	= 49%

*Nota.* En los resultados obtenidos se observa el mayor porcentaje de degradación del Clorpirifos en el tratamiento fotocatalítico utilizando 500 mg/L del catalizador  $TiO_2$  durante un tiempo de 90 minutos a rayos UV es hasta 49%, mientras que el tratamiento de fotólisis sin la presencia de ningún catalizador en el mismo tiempo, se obtiene hasta el 81% de degradación del Clorpirifos.

Versus de porcentaje de degradación según la concentración del tratamiento.

T1: 0 mg/L TiO<sub>2</sub> : 81%

< T1: 500 mg/L TiO<sub>2</sub> : 49%

De la Tabla 7, el mayor % degradación se da con 500 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo. Por lo que se rechaza H<sub>0</sub>, indicando que el tratamiento fotocatalítico utilizando dióxido de titanio tipo rutilo no permite ser más eficiente que la fotólisis para la degradación de Clorpirifos en una solución modelo; aceptando la H<sub>1</sub>, que indica que el tratamiento fotocatalítico utilizando dióxido de titanio tipo rutilo permite ser más eficiente que la fotólisis para la degradación de Clorpirifos en una solución modelo.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

El tratamiento con mejores resultados fue el Tratamiento N°03 (500 mg/L dióxido de titanio tipo rutilo) en un tiempo de 90 minutos, cuyo % de remoción llegó hasta 79,37% en la solución modelo en un tiempo de 90 minutos. Asimismo, la investigación de Heredia Alarcón & Jacho Zambrano (2018) plantean el estudio sobre la degradación de plaguicidas mediante fotocátalisis heterogénea empleando TiO<sub>2</sub> (rutilo y anatasa comerciales) irradiados con rayos UV, alcanzando una degradación de 71% luego de 180 minutos, obteniéndose un % de remoción similar a la presentada en esta investigación.

El mejor resultado para la degradación de Clorpirifos por Fotólisis (0 mg/L dióxido de titanio tipo rutilo) redujo hasta 0,0363%p/p, mientras que el mejor valor de degradación para la Fotocátalisis Heterogénea (500 mg/L dióxido de titanio tipo rutilo) fue una reducción del Clorpirifos 0,0136 % p/p. Cruz González, Julcour, & Jáuregui Haza (2017) señala en su análisis bibliográfico presentado en su artículo académico que se lograron tener resultados de los estudios publicados con los procesos de fotólisis directa a 254 nm para la degradación de plaguicidas en medio acuoso a diferentes concentraciones respectivamente, asimismo se observó un mayor efecto de degradación hasta un 90% cuando se combinan los procesos de fotólisis con otros compuestos, como por ejemplo H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Asimismo, considerar que la eliminación es más fácil cuando se encuentra en concentraciones bajas de plaguicidas.

Según Becerra Moreno (2010), plantea en su investigación de tratamiento de aguas contaminadas con plaguicidas utilizó dos tipos de reactores, el primero de tipo biológico demostrando que para el tratamiento de cuerpos de aguas con plaguicidas por si solos no son tratables, esto se debe al efecto tóxico que ejercen sobre los microorganismos. Mientras para que el reactor de tipo fotocatalítico señala que es una alternativa viable para el tratamiento de cuerpos de aguas residuales con plaguicidas, debido a su alta remoción del contaminante químico.

Con respecto al diseño del reactor fotocatalítico, el fin de evitar la sedimentación del plaguicida estudiado en nuestra investigación fue necesario instalar una bomba conectada a una hélice. Fuentes Juarez (2011) recomienda en su estudio de degradación de plaguicidas

el uso de una bomba para generar un mejor dinamismo de recirculación del flujo de la mezcla durante la exposición a los rayos UV.

En la investigación de Suárez Escobar et al. (2018) se utilizó un reactor fotocatalítico de TiO<sub>2</sub> soportado en anillos para la remoción de plaguicida (glifosato), comparando la remoción realizada por fotólisis, que llega hasta un 25,3%. También se realiza la impregnación del catalizador a una superficie, indicando que la remoción aumenta hasta un 39,2%, esto debido a una mayor área de contacto del contaminante con la superficie del catalizador mejorando el desempeño del proceso. Siendo esta una opción para mejorar el rendimiento del tratamiento fotocatalítico con catalizador adherido.

Salguero Salguero (2009), menciona en su investigación recomienda utilizar lámparas que proporcionen luz UV artificial para establecer una constante intensidad lumínica a diferencia de depender de la luz artificial (rayos del sol) que pueden llegar a hacer muy variante por la estación del año, ubicación geográfica, horario y otras variables a tomar en cuenta. Es así que nuestra investigación también se ha hecho uso de una lampara UV de 14 w para asegurar la intensidad lumínica.

Es importante mencionar que, para la degradación de plaguicidas los tratamientos fotocatalítico evidencian una disminución considerable cuando se trata de estos contaminantes. Esto lo menciona De la Cruz González (2013), indicando que tanto con la fotólisis directa y fotocatalisis se evidencia una degradación considerable de pesticidas.

Utilizar la luz ultravioleta como una alternativa a través de reactores, ha tenido experiencias exitosas de este tipo hace algunos años en España. Teniendo en cuenta la importancia económica de la actividad agrícola en el Perú, cree que estos diseños deberían tomarse en cuenta como un trabajo a mediano plazo. Esto no solo servirían para degradar cuerpos de aguas con plaguicidas, sino también volúmenes de plaguicidas que hayan excedido su fecha de vencimiento y deben ser eliminados (Ponce, Tuesta, & Zenitagoya, 2002). Es el caso del presente trabajo de investigación, sobre la preocupación de brindar alternativas para la degradación de plaguicidas en cuerpos de aguas generadas en la actividad agrícola.

## 4.2. Conclusiones

- Se realizó el diseño de un reactor fotocatalítico continuo, compuesto por el tanque de almacenamiento y el reactor con una lámpara UV, cuyo volumen de trabajo fue de 5,862 L.
- La concentración óptima de dióxido de titanio tipo rutilo para la degradación de Clorpirifos de una solución modelo es de 500 mg/L.
- El tiempo óptimo para la degradación de Clorpirifos en una solución modelo utilizando dióxido de titanio tipo rutilo es de 90 minutos, debido a que el valor promedio en %p/p es de 0,0144.
- El tiempo óptimo para la degradación de Clorpirifos mediante fotólisis (0 mg/L dióxido de titanio tipo rutilo) es de 90 minutos, ya que se obtuvo un valor promedio en % p/p fue de 0,0379.
- La remoción de Clorpirifos con el tratamiento N°01 (fotocatálisis) llegó hasta un 81% y el tratamiento N°03 (500 mg/L dióxido de titanio tipo rutilo) llegó hasta un 49%.

## 4.3. Limitaciones

Se contó con el apoyo de los profesionales para el análisis de las muestras en el laboratorio de la empresa, sin embargo, la disponibilidad de tiempo del analista de laboratorio para el procesamiento de datos fue limitado ya que se utilizaban las horas fuera del horario laboral para la actividad.

El poco conocimiento con respecto a conexiones eléctricas en el armado del reactor fotocatalítico produjo que en una de las pruebas del sistema, el balastro que se utilizó para el funcionamiento de la lámpara UV se quemara, lo que generó retraso con respecto a las fechas establecidas.

Por último, el elevado costo de los insumos químicos para el procesamiento de datos en el equipo HPLC, ocasionó que el presupuesto planificado al inicio de la investigación se redujera produciendo que ya no se contemplen en la investigación.

#### 4.4. Recomendaciones

- Se recomienda emplear el catalizador dióxido de titanio adherida a una superficie como por ejemplo de borosilicato, ya que se evitará realizar un proceso adicional para la separación del mismo con la solución.
- Se recomienda utilizar material de vidrio para la zona de reacción (espiral) ya que reducirá la sedimentación en las paredes internas del espiral.
- Se recomienda realizar la limpieza del reactor fotocatalítico cada vez que se inicie un tratamiento para evitar la obstrucción de las vías de la espiral.
- Se recomienda colocar el reactor en una habitación acondicionada durante su funcionamiento para evitar una exposición continua a los rayos UV, adicionalmente, contar con el equipo de protección personal durante la manipulación.
- Se recomienda utilizar compuestos químicos como por ejemplo peróxido de hidrogeno, manganeso u otros adicionales al dióxido de titanio, esto con el objetivo de mejorar la eficiencia del tratamiento.



## REFERENCIAS

- Acevedo Zabaleta, J. D. (2012). *Proceso fotocatalítico alternativa para la potabilización de agua*. Universidad Eafit, Medellín.
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). (2016). *Resúmenes de Salud Pública - Clorpirifos (Chlorpyrifos)*. Obtenido de [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs84.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs84.html)
- Arguello, E. (2006). *Técnicas e instrumentos de recolección y tratamiento de datos cuantitativos: su validez y confiabilidad. Casos prácticos*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí. Recuperado el 15 de Febrero de 2022
- Ari Achahui, J. L., & Chumbes Yucra, M. A. (2019). Degradación fotocatalítica de cianuro en efluentes de empresas mineras auríferas y argentíferas. (*Tesis de grado*). Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Arequipa.
- Ayala Sol, E. B. (2016). Evaluación de la degradación del ácido 2,4-diclofenoxiacético (2,4-D) por fotocatálisis heterogénea. (*Tesis de grado*). Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Zamorano.
- Barliza Colorado, V. D., & Torres Chisino, D. L. (2018). Evaluación de los procesos de oxidación avanzada; fenton, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y foto-fenton para la degradación de clorpirifós en aguas residuales a nivel de laboratorio en la universidad de Cartagena. (*Tesis de grado*). Fundaci{on Universidad de América, Bogotá.
- Becerra Moreno, D. (2010). *Acople de procesos fotocatalíticos y biológicos para el tratamiento de aguas residuales con residuos de plaguicidas*. Universidad del Valle, Santiago de Cali. Recuperado el 20 de Febrero de 2022
- Bes Monge, S., Bengoa, C., & Silva, A. (2018). *Manual técnico sobre procesos de oxidación avanzada aplicados al tratamiento de aguas residuales industriales*.
- Bilmes, S., Blesa, M., & Candal, R. (2004). *Semiconductores con actividad fotocatalítica*.
- California Water Boards. (17 de Marzo de 2010). *Water Boards*. Obtenido de [https://www.waterboards.ca.gov/water\\_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3140sp.pdf](https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3140sp.pdf)
- Carballo Suárez, L. (2002). *Introducción a la catálisis heterogénea*. Bogotá.

- Cárdenas Llanccce, A. (2019). *Evaluación de la calidad de agua del río Savia, para su uso potable del distrito de Canayre - Huanta - Ayacucho, 2016*. Ayacucho. Recuperado el 17 de Noviembre de 2020, de <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3538>
- Cassano, A., Neder, S., Negro, A., & Zalazar, C. (2010). *Tratamiento de efluentes provenientes del lavado de envases herbicidas*. Recuperado el 20 de Febrero de 2022
- Cherry Jr, R. (2012). *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*. Obtenido de <https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo+48.+Radiacione+s+ionizantes>
- Chunga Martínez, K. A. (2018). Degradación del color y la turbidez en agua residual textil real empleando TiO<sub>2</sub>/FeSO<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en un reactor fotocatalítico - Lima 2018. (*Tesis de grado*). Universidad César Vallejo, Lima.
- Cruz González, G., Julcour, C., & Jáuregui Haza, U. (2017). *El estado actual y perspectivas de la degradación de pesticidas por procesos avanzados de oxidación*. Recuperado el 18 de Febrero de 2022
- De la Cruz González, N. (2013). *Estudio de la eliminación de contaminantes emergentes en aguas mediante procesos de oxidación avanzados*. Universidad de Barcelona. Recuperado el 22 de Febrero de 2022
- Del Valle Melendo, J. (2017). EL agua, un recurso cada vez más estratégico. *Cuadernos de estrategia*. Recuperado el 24 de Noviembre de 2020
- Duarte Beltran, C. X., & Forero Ausique, V. F. (2008). Evaluación de un sistema de oxidación por fotocatalisis para la degradación del plaguicida "Thiodan 35 EC" (i.a. Endosulfán) a nivel de laboratorio. (*Título de grado*). Universidad de La Salle, Bogotá.
- Farrera G., L. (2016). *Conductores, semiconductores y aislantes*.
- Fuentes Juarez, B. (2011). *Estudio exploratorio para determinar la factibilidad de un proceso químico oxidativo de fotocatalisis heterogénea para el tratamiento de aguas contaminadas con plaguicidas*. Guatemala. Recuperado el 21 de Febrero de 2022

- Granados Caso, N. A. (2019). Evaluación de la mineralización fotocatalítica del metamidofos presente en aguas residuales. (*Tesis de grado*). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.
- Heredia Alarcón, S., & Jacho Zambrano, C. (2018). *Estudio de degradación del glifosato en fase acuosa empleando dióxido de titanio expuesto a radiación beta*. Escuela Politécnica Nacional. Recuperado el 21 de Febrero de 2022
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucío, P. (2014). Metodología de la investigación. En *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). Recuperado el 2 de Noviembre de 2020
- Instituto Nacional de Salud Pública. (20 de Septiembre de 2021). *Salud Pública de México*. Obtenido de <https://www.insp.mx/avisos/4736-insecticidas.html>
- Laguna Castillo, E. J., Manrique Losada, L., Osorio Restrepo, E. A., Serna Galvis, E. A., & Torres Palma, R. A. (2017). Tratamiento de aguas contaminadas con colorantes mediante fotocátalisis con TiO<sub>2</sub> usando luz artificial y solar. *Producción + Limpia*, 12, 50-60. Obtenido de <http://repository.lasallista.edu.co:8080/ojs/index.php/pl/article/view/1542/1551>
- Morales Hernández, Y., & Suarez Ospina, D. (2018). *Principios básicos de la cromatografía líquida de alto rendimiento para la separación y análisis de mezclas*. Fundación Universidad de América.
- Museo Nacional de Ciencias Naturales. (s.f.). *Cromatografía líquida de alta eficacia*. Madrid. Obtenido de [https://www.mncn.csic.es/docs/repositorio/es\\_ES/investigacion/cromatografia/cromatografia\\_liquida\\_de\\_alta\\_eficacia.pdf](https://www.mncn.csic.es/docs/repositorio/es_ES/investigacion/cromatografia/cromatografia_liquida_de_alta_eficacia.pdf)
- Ore Cierro, L. E., & Tito Huaracaya, J. L. (2020). Degradación de la carga orgánica de lixiviado maduro mediante proceso de oxidación avanzada H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV/TiO<sub>2</sub> en un reactor anular, Junín - Perú. *Llamkasun Trabajemos*, 1, 63-81. Obtenido de <https://llamkasun.unat.edu.pe/index.php/revista/article/view/22/28>
- Paredes Medina, L. A. (2018). *Estudio de catalizadores del sistema de Ni-Fe soportado en aerosil en la racción de hidrogenaifon del aceite de Sacha Incho*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.



- Pérez del Pino, Á. (2003). *Coloración del titanio mediante el tratamiento superficial de oxidación con láser*. Barcelona.
- Ponce, S., Tuesta, E., & Zenitagoya, Y. (2002). *Degradación de compuestos orgánicos volátiles y plaguicidas por fotocatalisis heterogénea con dióxido de titanio*. Lima. Recuperado el 28 de Febrero de 2022
- Salguero Salguero, C. (2009). *Evaluación de la fotocatalisis solar en el tratamiento de aguas contaminadas con dos herbicidas utilizados en Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado el 22 de Febrero de 2022
- Suárez Escobar, A., Guevara Correa, D., Méndez Quintero, M., Mendoza Abella, J., & Álvarez Cabrera, J. (2018). *Evaluación de un reactor para la degradación fotocatalítica de glifosato empleando un catalizador de TiO<sub>2</sub>-Mn*. Recuperado el 23 de Febrero de 2022
- Tolentino Castillo, A. J. (2017). *Proceso de oxidación fotocatalítica mediante Dióxido de Titanio (TiO<sub>2</sub>) y luz Ultravioleta (UV) para el tratamiento del agua residual de la lavandería del Instituto Nacional de Salud del Niño - 2017. (Tesis de grado)*. Universidad César Vallejo, Lima.

## ANEXOS

### ANEXO N°01. Construcción de reactor fotocatalítico



**Descripción:** Armado de reactor fotocatalítico



**Descripción:** Prueba de funcionamiento de reactor fotocatalítico.



**Descripción:** Pesado de muestras de dióxido de titanio tipo rutilo (300 mg/L y 500 mg/L)

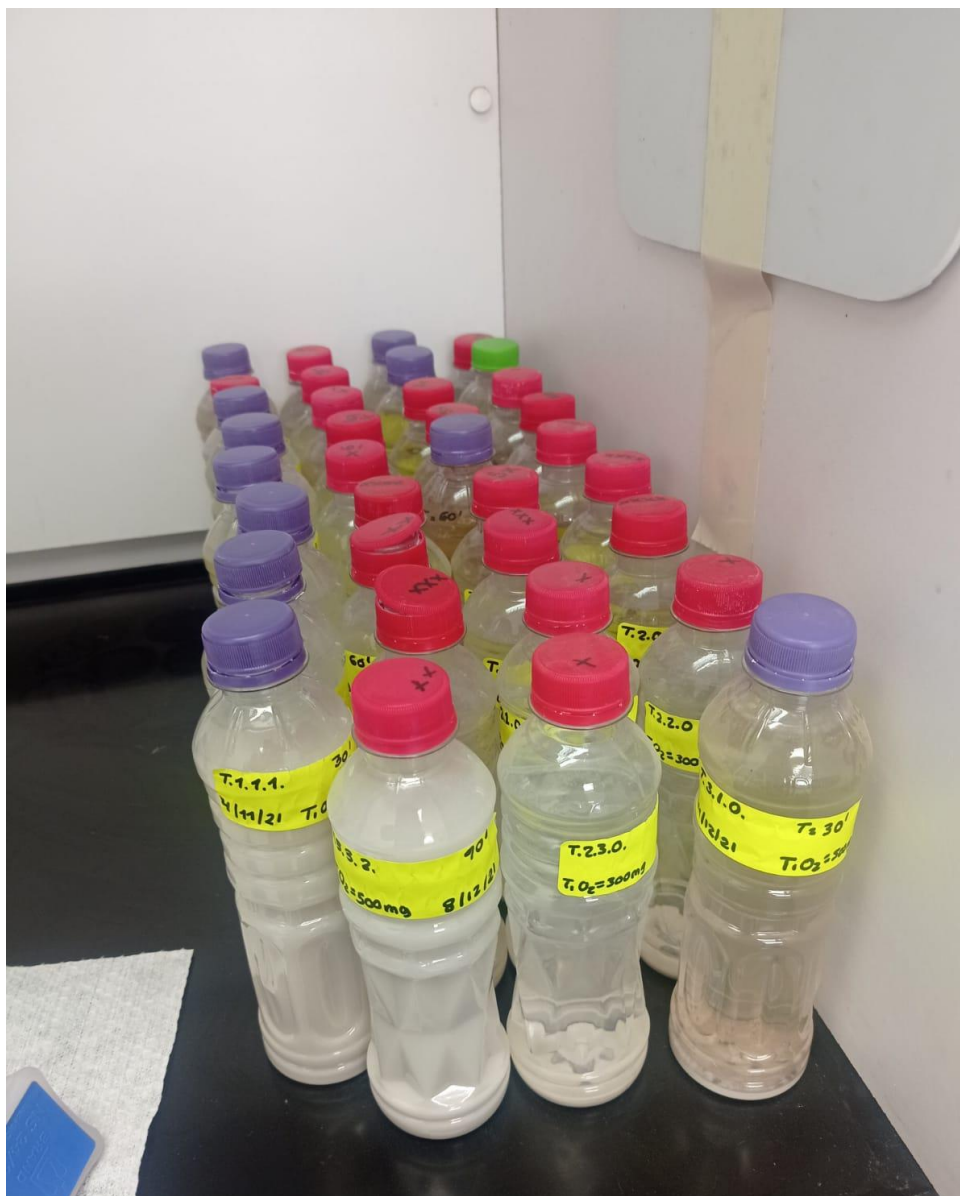




**Descripción:** Preparación de muestras de concentraciones de 300 mg/L y 500 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo.



ANEXO N°02. Procesamiento de muestras



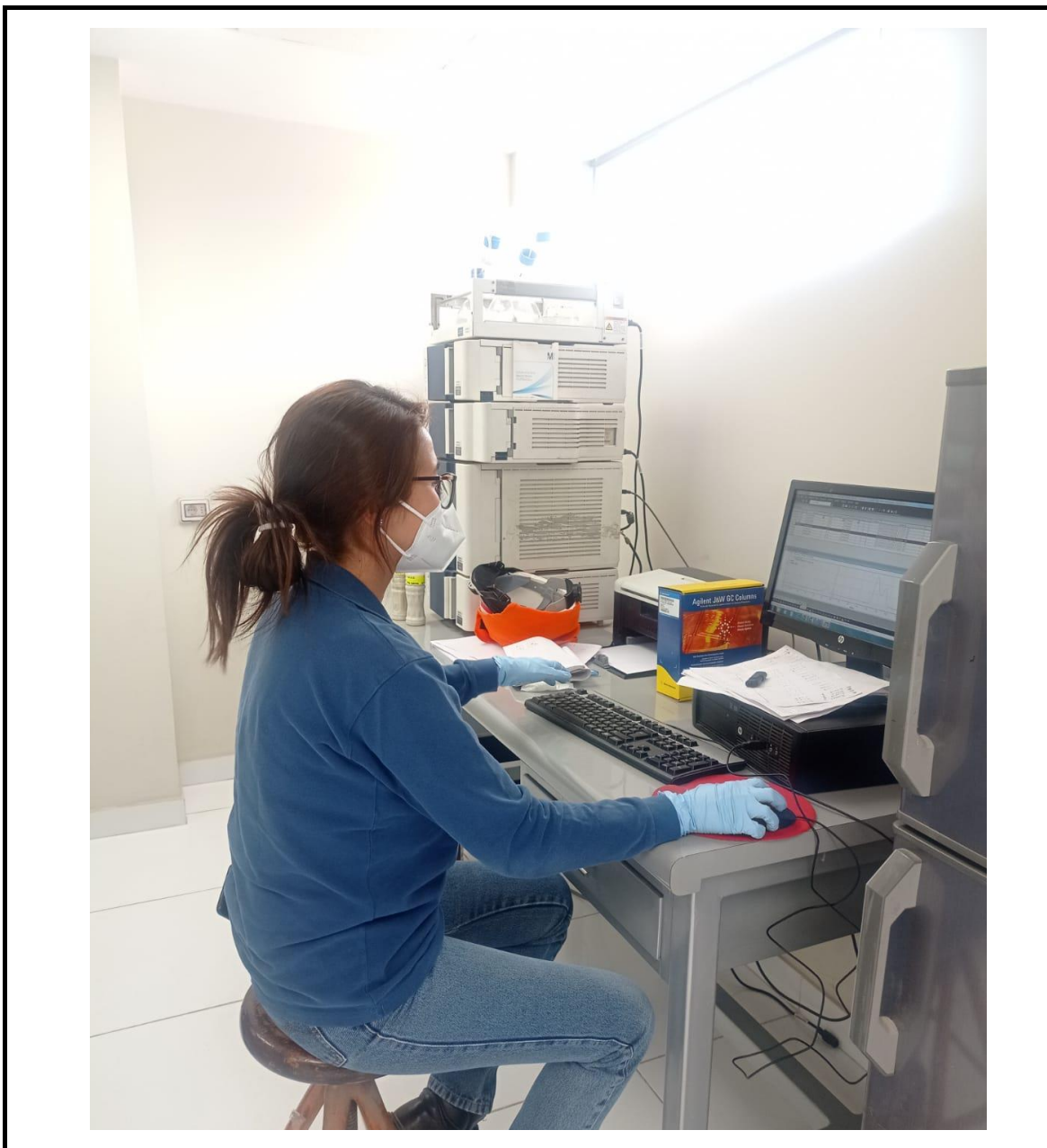
**Descripción:** Muestras de solución modelos de concentraciones de 0 mg/L, 300 mg/l y 500 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo.



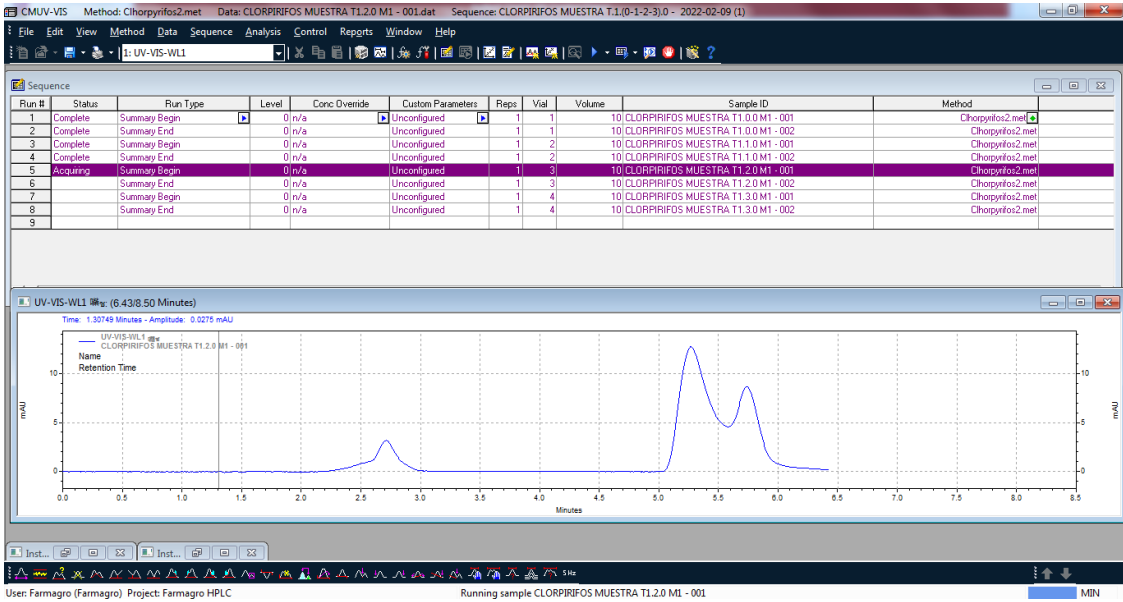
**Descripción:** Colocación de muestras de solución modelo en el cromatógrafo líquido HPLC.



**Descripción:** Cromatógrafo líquido HPLC.



**Descripción:** Procesamiento y análisis de muestras de 0 mg/L, 300 mg/L y 500 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo.



The screenshot displays the HPLC software interface. At the top, the window title is "CMUV-VIS Method: Clorpirifos2.met Data: CLORPIRIFOS MUESTRA T1.2.0 M1 - 001.dat Sequence: CLORPIRIFOS MUESTRA T1.1.0-1-2-31.0 - 2022-02-09 (1)". The menu bar includes File, Edit, View, Method, Data, Sequence, Analysis, Control, Reports, Window, and Help. The main window is divided into two sections: a "Sequence" table and a "UV-VIS-WL1" chromatogram.

Run #	Status	Run Type	Level	Conc. Override	Custom Parameters	Reps	Vial	Volume	Sample ID	Method
1	Complete	Summary Begin	0	n/a	Unconfigured	1	1	10	CLORPIRIFOS MUESTRA T1.0.0 M1 - 001	Clorpirifos2.met
2	Complete	Summary End	0	n/a	Unconfigured	1	1	10	CLORPIRIFOS MUESTRA T1.0.0 M1 - 002	Clorpirifos2.met
3	Complete	Summary Begin	0	n/a	Unconfigured	1	2	10	CLORPIRIFOS MUESTRA T1.1.0 M1 - 001	Clorpirifos2.met
4	Complete	Summary End	0	n/a	Unconfigured	1	2	10	CLORPIRIFOS MUESTRA T1.1.0 M1 - 002	Clorpirifos2.met
5	Acquiring	Summary Begin	0	n/a	Unconfigured	1	3	10	CLORPIRIFOS MUESTRA T1.2.0 M1 - 001	Clorpirifos2.met
6	Summary End	0	n/a	Unconfigured	1	3	10	CLORPIRIFOS MUESTRA T1.2.0 M1 - 002	Clorpirifos2.met	
7	Summary Begin	0	n/a	Unconfigured	1	4	10	CLORPIRIFOS MUESTRA T1.3.0 M1 - 001	Clorpirifos2.met	
8	Summary End	0	n/a	Unconfigured	1	4	10	CLORPIRIFOS MUESTRA T1.3.0 M1 - 002	Clorpirifos2.met	
9										

The chromatogram plot shows the UV-VIS-WL1 signal (mAU) versus time (Minutes). The x-axis ranges from 0.0 to 8.5 minutes, and the y-axis ranges from 0 to 10 mAU. The plot displays several peaks, with the most prominent ones occurring between 5.0 and 6.5 minutes. The peak at approximately 5.5 minutes is the highest, reaching about 10 mAU. Other peaks are visible at approximately 2.8, 5.8, and 6.2 minutes.

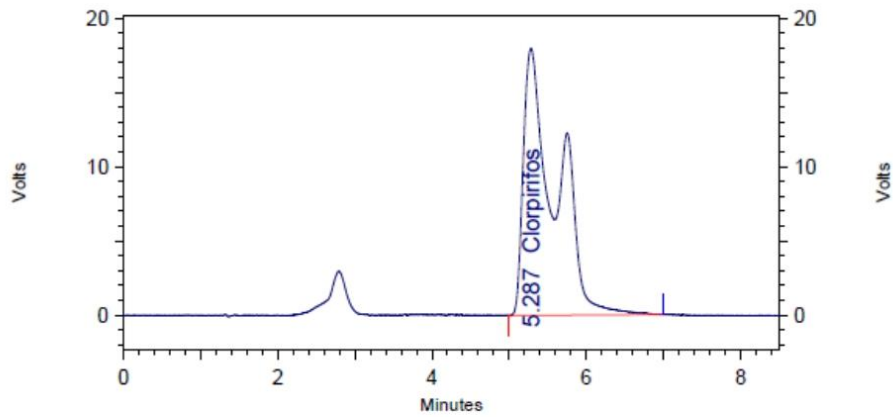
At the bottom of the software window, the status bar shows "User: Farmagro (Farmagro) Project: Farmagro HPLC Running sample: CLORPIRIFOS MUESTRA T1.2.0 M1 - 001" and a "MIN" button.

**Descripción:** Análisis de muestras de solución modelo mediante programa de procesamiento de Clorpirifos

### ANEXO N°03. Reporte de análisis de muestras

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T1.0.0 M1 – 001  
Method: C:\Farmagro\Method\Clorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T1.(0-1-2-3).0 2022-02-09 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.1.(0-1-2-3).0 - 2022-02-09 (1).seq.rst  
Acquired: 10/02/2022 10:24:40 a.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0012



#### RESULTADOS

UV-VIS-WL1  
Results

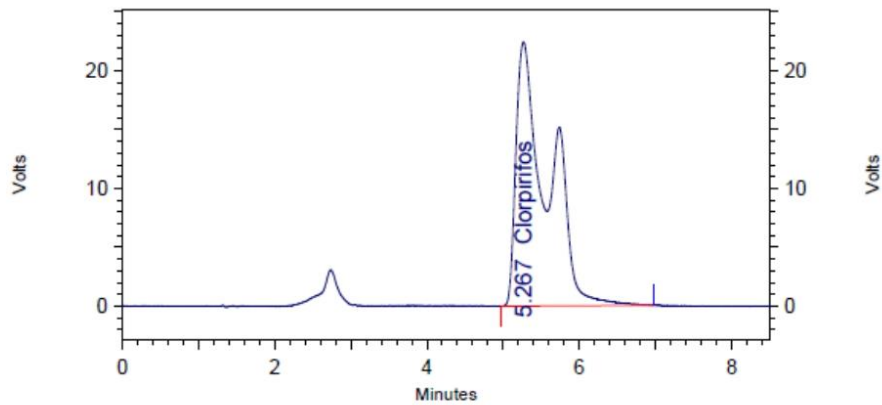
Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	5.287	2075966	0.0708

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 1 de 0 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 0 minutos.



FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T1.1.0 M1 – 001  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T1.(0-1-2-3).0 2022-02-09 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.1.(0-1-2-3).0 - 2022-02-09 (1).seq.rst  
Acquired: 10/02/2022 11:24:40 a.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0009



RESULTADOS

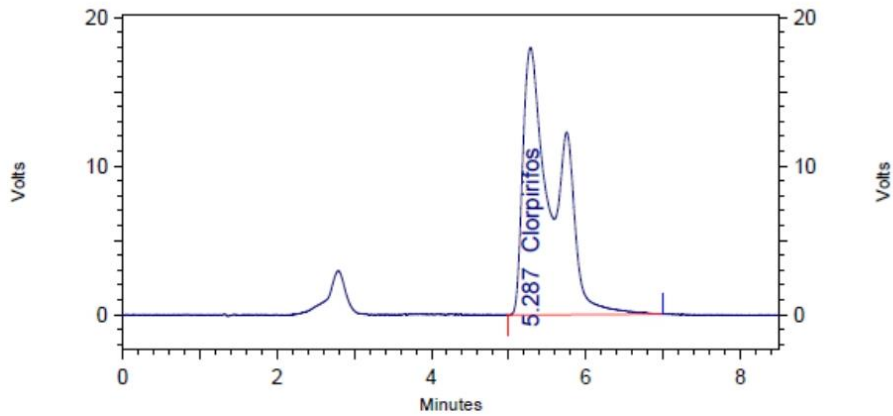
UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	5.267	2590323	0.0553

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 1 de 0 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 30 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T1.2.0 M1 – 001  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T1.(0-1-2-3).0 2022-02-09 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.1.(0-1-2-3)..0 - 2022-02-09 (1).seq.rst  
Acquired: 10/02/2022 11:24:40 a.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0005



RESULTADOS

UV-VIS-WL1  
Results

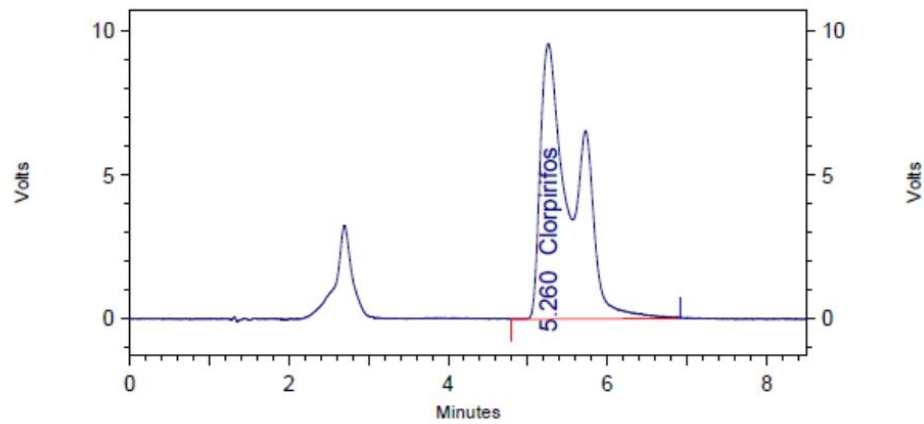
Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	5.273	1470580	0.0433

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 1 de 0 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 60 minutos.



FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T1.3.0 M1 – 001  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T1.(0-1-2-3).0 2022-02-09 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.1.(0-1-2-3)..0 - 2022-02-09 (1).seq.rst  
Acquired: 10/02/2022 11:24:40 a.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0005



**RESULTADOS**

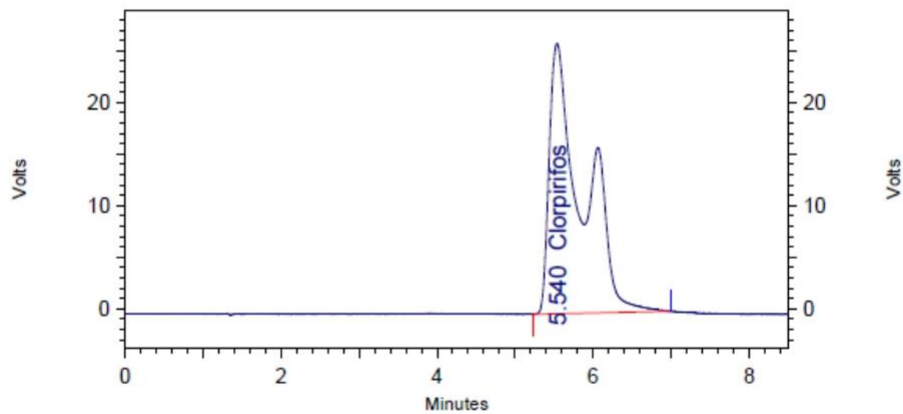
UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	5.260	1113212	0.0363

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 1 de 0 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 90 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T1.0.1 M1 – 001  
Method: C:\Farmagro\Method\Clorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T1.(0-1-2-3).0 2022-02-09 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.1.(0-1-2-3).1 - 2022-02-09 (1).seq.rst  
Acquired: 09/02/2022 02:11:57 p.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0005



RESULTADOS

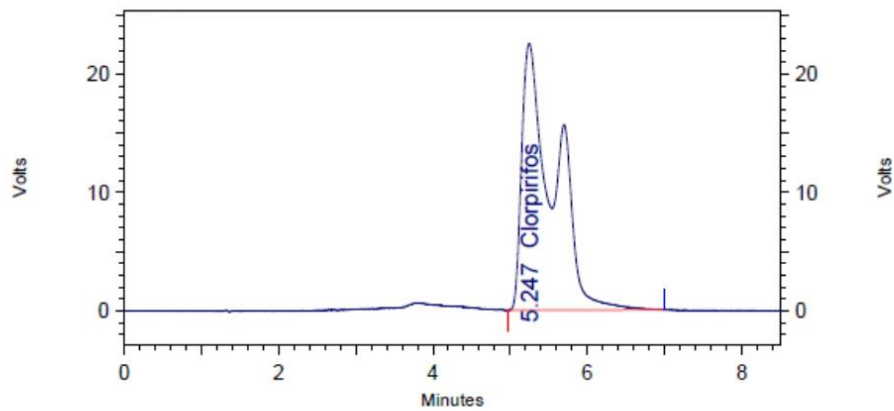
UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	5.540	3067682	0.0752

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 2 de 0 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 0 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T1.1.1 M1 – 001  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T1.(0-1-2-3).0 2022-02-09 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.1.(0-1-2-3).1 - 2022-02-09 (1).seq.rst  
Acquired: 09/02/2022 02:11:57 p.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0008



RESULTADOS

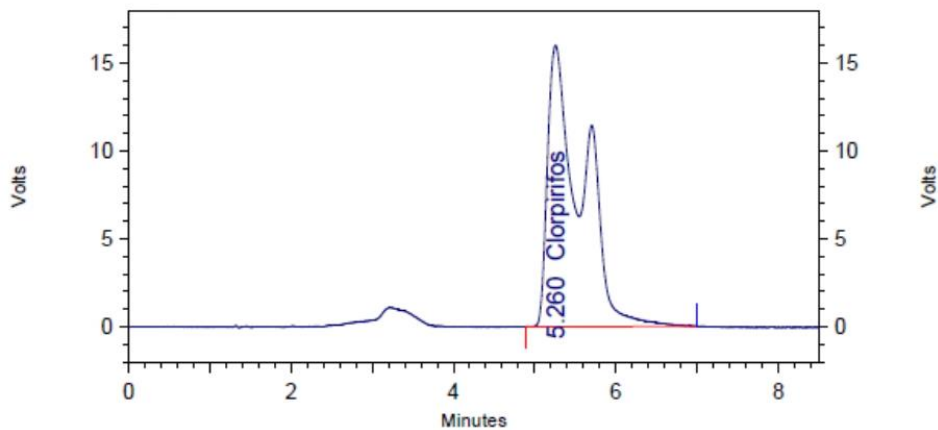
UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	dep
Clorpirifos	5.247	2605607	0.0575

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 2 de 0 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 30 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T1.2.1 M1 – 001  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T1.(0-1-2-3).0 2022-02-09 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.1.(0-1-2-3).1 - 2022-02-09 (1).seq.rst  
Acquired: 09/02/2022 02:11:57 p.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0004



RESULTADOS

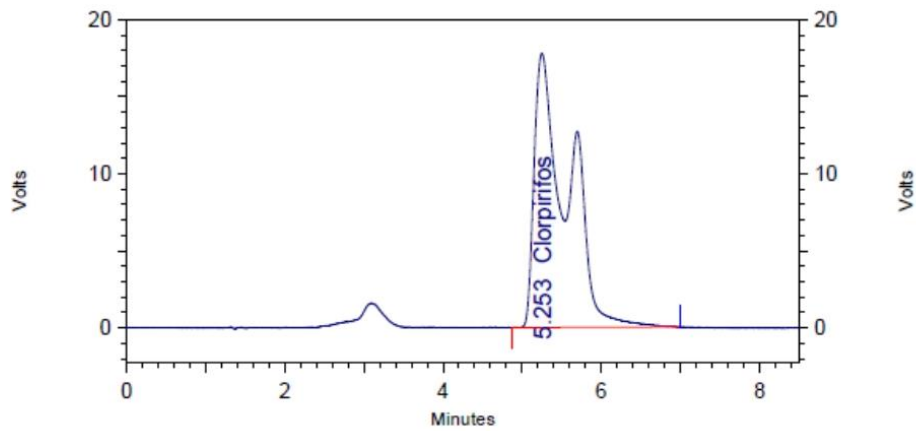
UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	5.260	1880779	0.0444

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 2 de 0 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 60 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T1.3.1 M1 – 001  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T1.(0-1-2-3).0 2022-02-09 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.1.(0-1-2-3).1 - 2022-02-09 (1).seq.rst  
Acquired: 09/02/2022 02:11:57 p.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0012



RESULTADOS

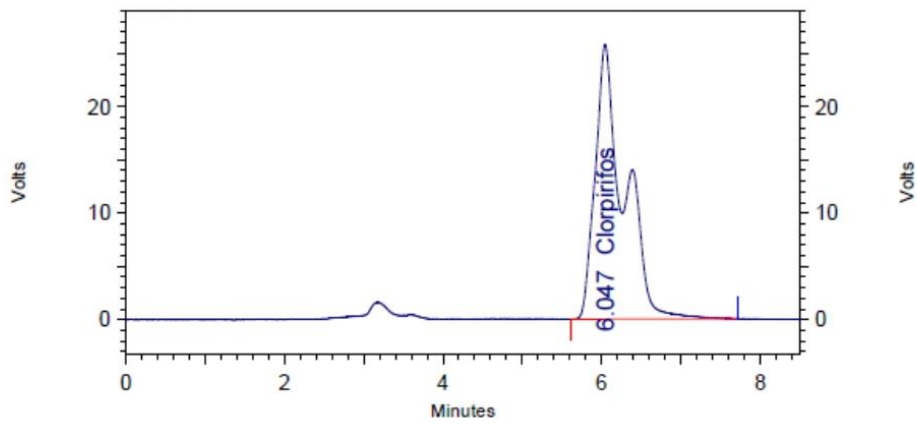
UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	5.253	2077891	0.0381

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 2 de 0 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 90 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T1.0.2 M1 – 001  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T1.(0-1-2-3).2 2021-12-04 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.1.(0-1-2-3).2 - 2021-12-04 (1).seq.rst  
Acquired: 05/02/2022 10:49:07 a.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0006



RESULTADOS

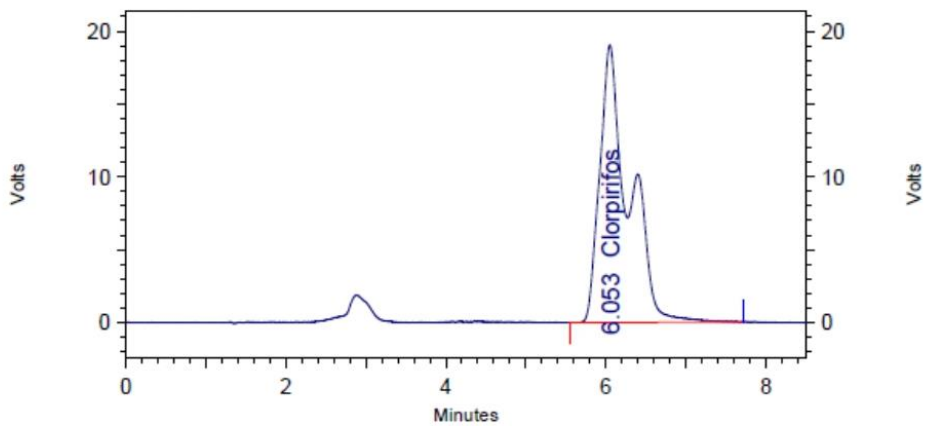
UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	6.047	2620957	0.0759

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 3 de 0 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 0 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T1.1.2 M1 – 001  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T1.(0-1-2-3).0 2021-12-04 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.1.(0-1-2-3).2 - 2021-12-04 (1).seq.rst  
Acquired: 05/02/2022 10:49:07 a.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0026



**RESULTADOS**

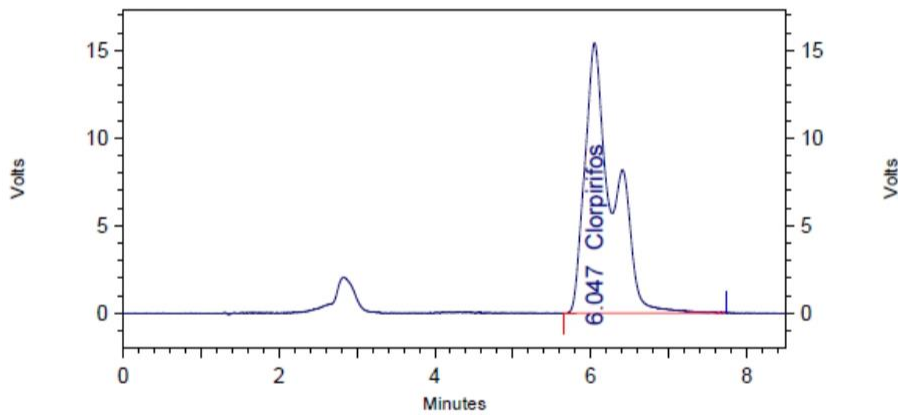
UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	6.053	1933300	0.0567

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 3 de 0 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 30 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T1.2.2 M1 – 001  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T1.(0-1-2-3).0 2022-02-09 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.1.(0-1-2-3).2 - 2021-12-04 (1).seq.rst  
Acquired: 05/02/2022 10:49:00 a.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0015



RESULTADOS

UV-VIS-WL1  
Results

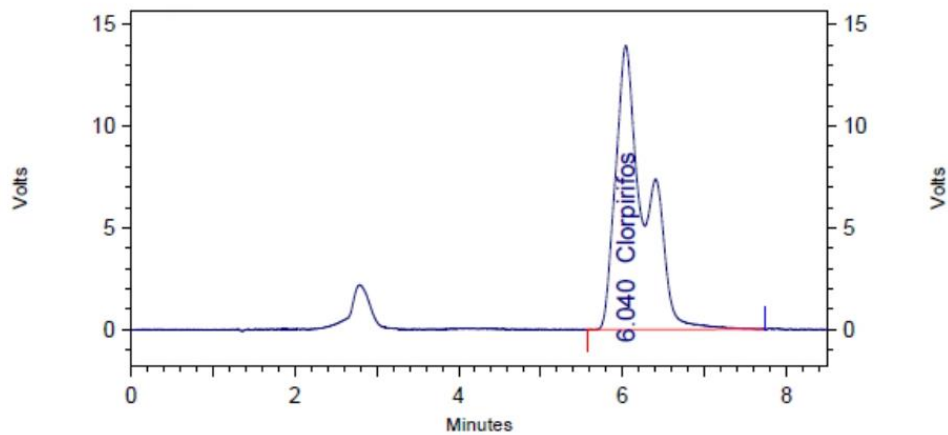
Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	6.047	1568615	0.0441

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 3 de 0 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 60 minutos.



FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T1.3.3 M1 – 001  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T1.(0-1-2-3).2 2021-12-04 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.1.(0-1-2-3).2 - 2021-12-04 (1).seq.rst  
Acquired: 05/02/2022 10:49:07 a.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0015



RESULTADOS

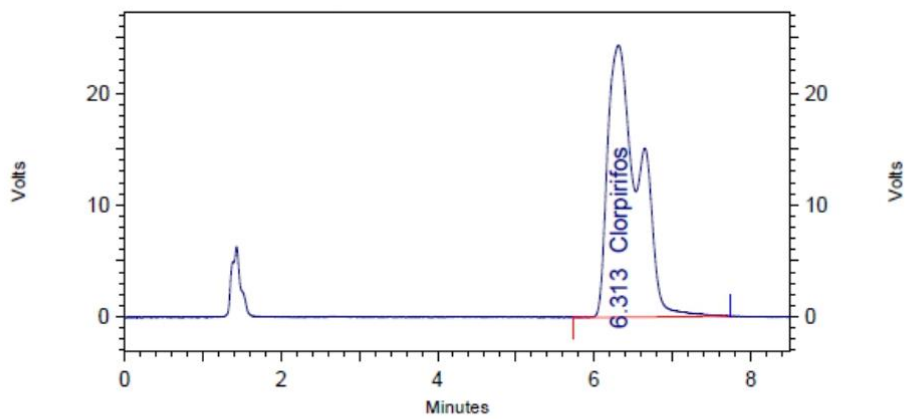
UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	6.040	1424333	0.0400

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 3 de 0 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 90 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T2.0.0 M1 – 001  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T 2.0.0-1-2-3 2021-11-06 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.2.0.0-1-2-3 2021-11-06 (1).seq.rst  
Acquired: 05/02/2022 10:59:13 a.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0033



RESULTADOS

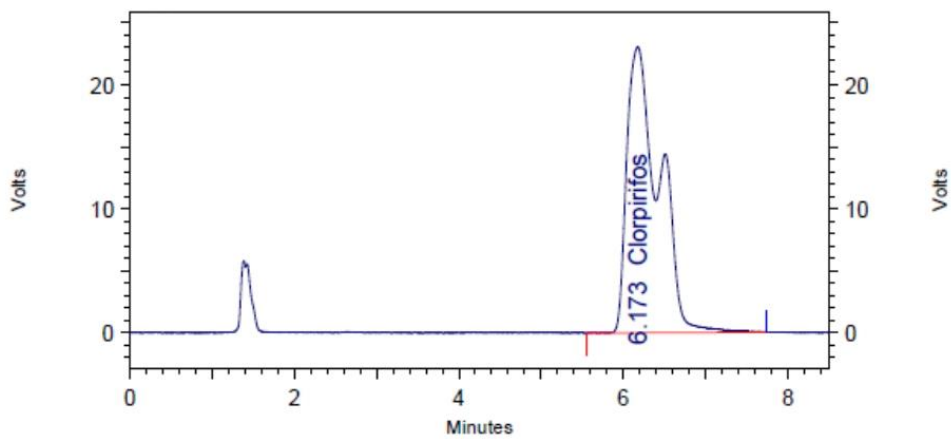
UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	6.113	2697867	0.0728

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 1 de 300 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 0 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T2.1.0 M1 – 001  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T 2.0.0-1-2-3 2021-11-06 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.2.0.0-1-2-3 2021-11-06 (1).seq.rst  
Acquired: 05/02/2022 10:59:13 a.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0055



RESULTADOS

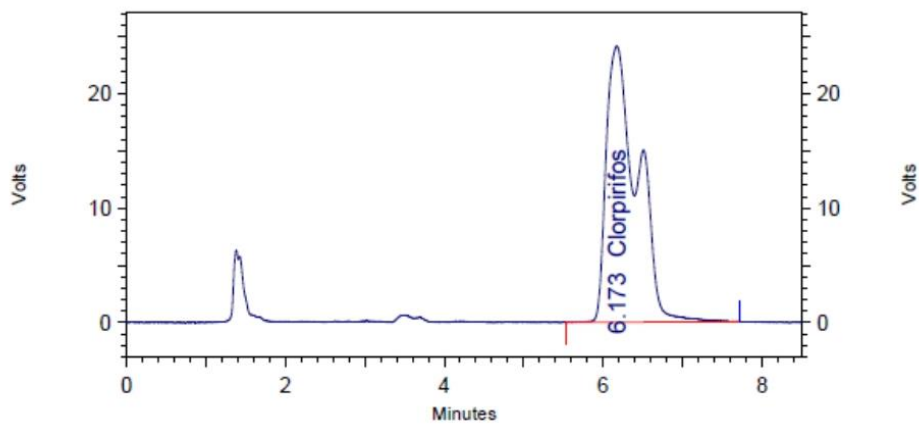
UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	6.173	2513979	0.0483

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 1 de 300 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 30 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T2.2.0 M1- 001  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T2.0.0-1-2-3 2021-11-06 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.2.0.0-1-2-3 2021-11-06 (1).seq.rst  
Acquired: 05/02/2022 10:59:13 a.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0055



RESULTADOS

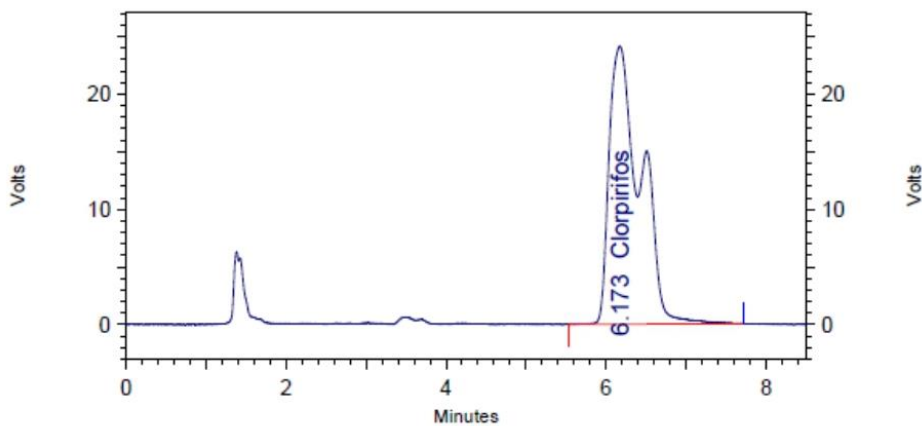
UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	6.173	2636646	0.0393

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 1 de 300 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 60 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T2.2.0 M1- 001  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T2.0.0-1-2-3 2021-11-06 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.2.0.0-1-2-3 2021-11-06 (1).seq.rst  
Acquired: 05/02/2022 10:59:13 a.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0055



RESULTADOS

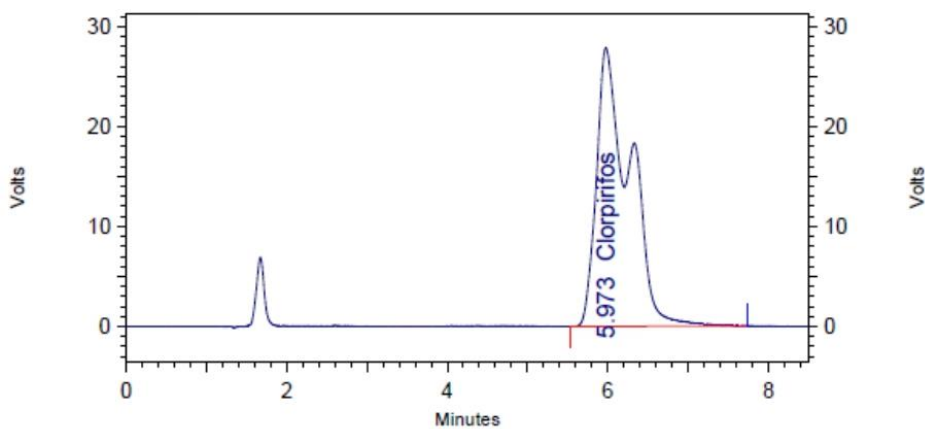
UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	6.173	2636646	0.0393

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 1 de 300 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 90 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T2.0.1 M1 - 002  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T2.(0-1-2-3).1 2021-12-10 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.2.(0-1-2-3).1 - 2021-12-10 (1).seq.rst  
Acquired: 05/02/2022 10:00:23 a.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0027



RESULTADOS

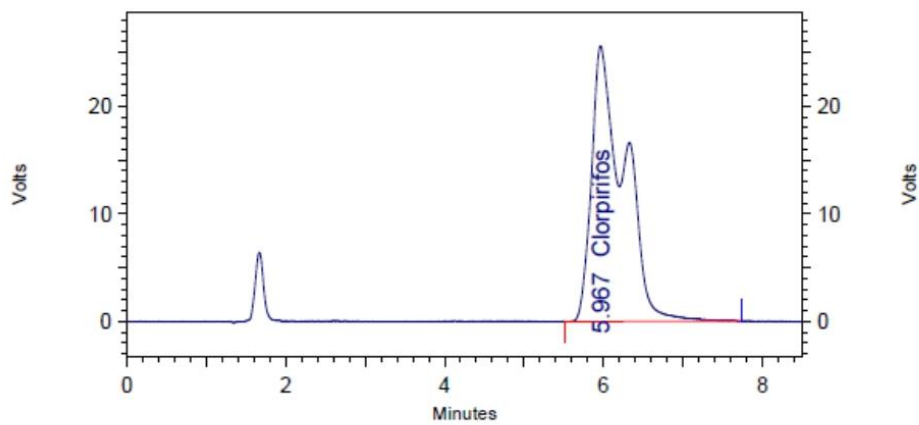
UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	5.973	3218720	0.0752

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 2 de 300 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 0 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T2.1.1 M1 - 002  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T2.(0-1-2-3).1 2021-12-10 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.2.(0-1-2-3).1 - 2021-12-10 (1).seq.rst  
Acquired: 05/02/2022 10:00:23 a.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0020



RESULTADOS

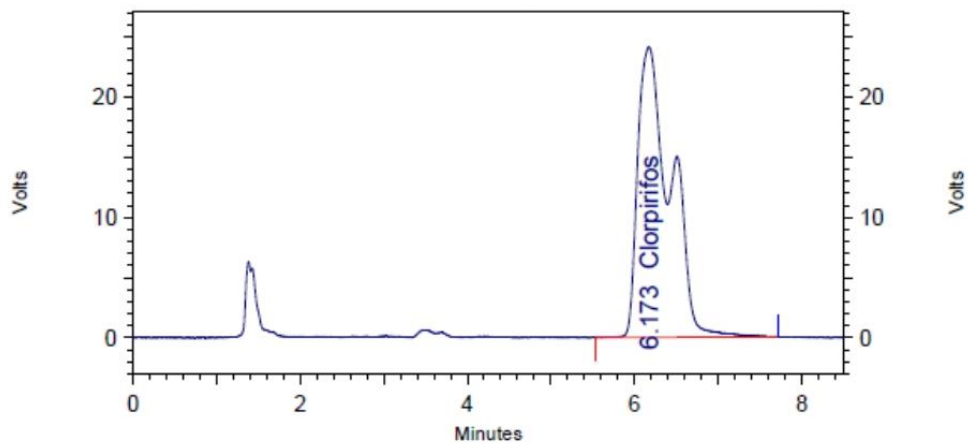
UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	5.967	2938281	0.0505

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 2 de 300 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 30 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T2.2.1 M1 - 002  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T2.(0-1-2-3).1 2021-12-10 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.2.(0-1-2-3).1 - 2021-12-10 (1).seq.rst  
Acquired: 05/02/2022 10:00:23 a.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0025



RESULTADOS

UV-VIS-WL1  
Results

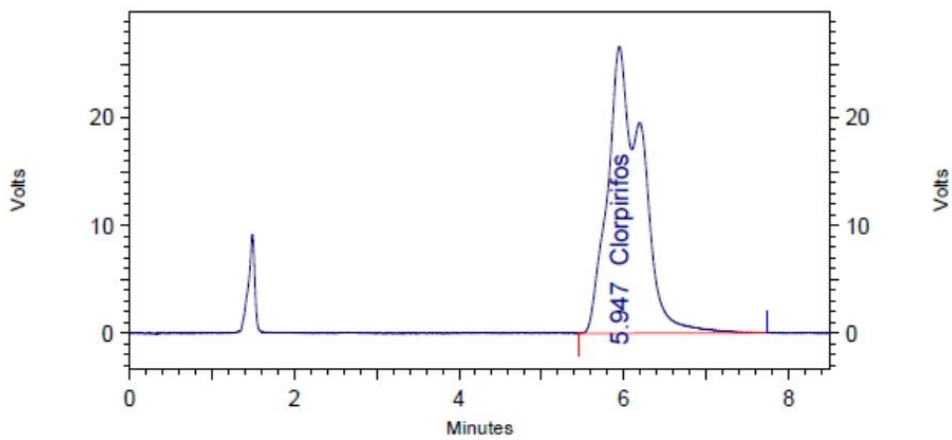
Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	6.173	2636646	0.0444

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 2 de 300 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 60 minutos.



FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T2.3.1 M1 - 004  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T2.3.1 2021-12-13 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.2.3.1 - 2021-12-13 (1).seq.rst  
Acquired: 05/02/2022 10:54:42 a.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0013



RESULTADOS

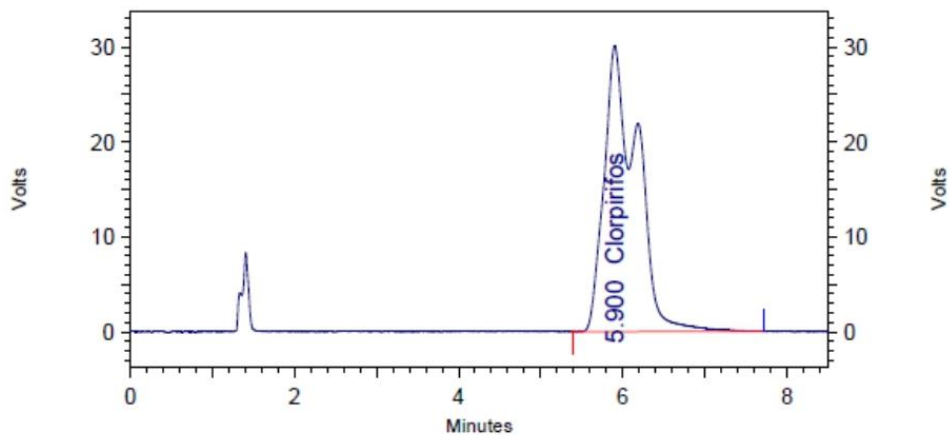
UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	5.947	3081458	0.0256

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 2 de 300 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 90 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T2.0.2 M1 - 001  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T2.(0-1-2-3).2 2021-12-14 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.2.(0-1-2-3).2 - 2021-12-14 (1).seq.rst  
Acquired: 05/02/2022 09:54:55 a.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0017



RESULTADOS

UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	5.900	3375364	0.0745

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 3 de 300 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 0 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan

Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T2.1.2 M1 - 001

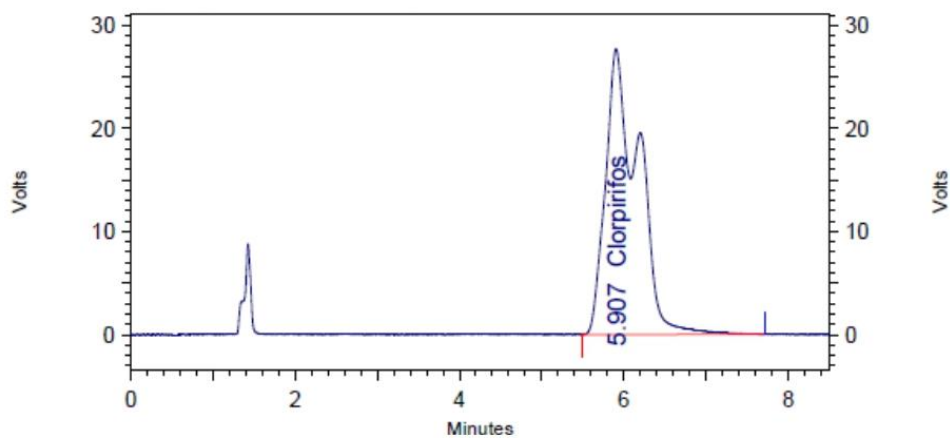
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met

Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T2.(0-1-2-3).2 2021-12-14 (1)\CLORPIRIFOS

MUESTRA T.2.(0-1-2-3).2 - 2021-12-14 (1).seq.rst

Acquired: 05/02/2022 09:54:55 a.m. (GMT -05:00)

Sample Amt: 5.0017



RESULTADOS

UV-VIS-WL1

Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	5.907	3084551	0.0547

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 3 de 300 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 30 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan

Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T2.2.2 M1 - 001

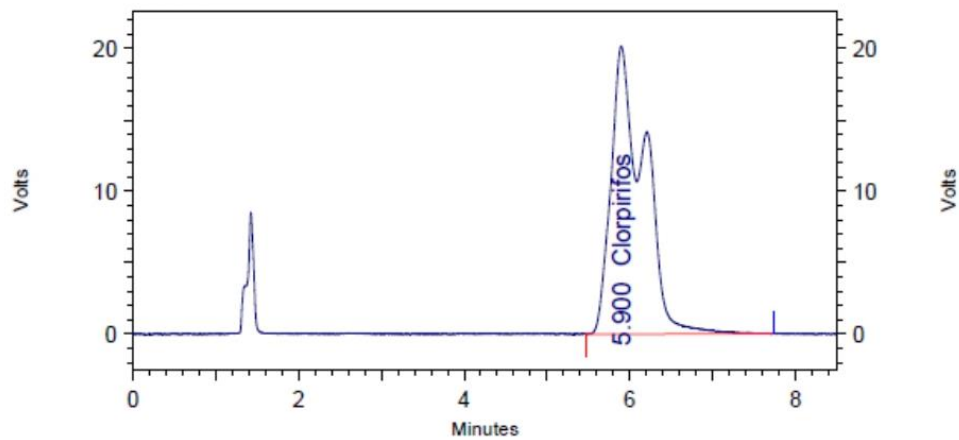
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met

Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T2.(0-1-2-3).2 2021-12-14 (1)\CLORPIRIFOS

MUESTRA T.2.(0-1-2-3).2 - 2021-12-14 (1).seq.rst

Acquired: 05/02/2022 09:54:55 a.m. (GMT -05:00)

Sample Amt: 5.0014



RESULTADOS

UV-VIS-WL1

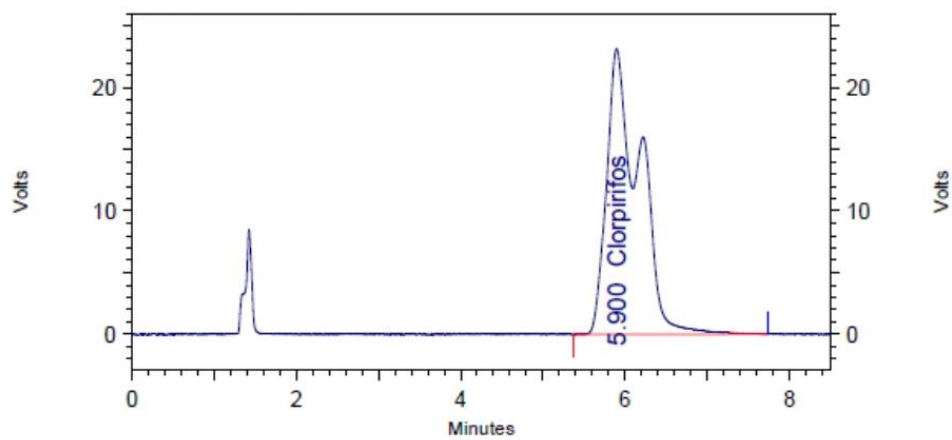
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	5.900	2256290	0.0401

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 3 de 300 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 60 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T2.3.2 M1 - 001  
Method: C:\Farmagro\Method\Clorpirifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T2.(0-1-2-3).2 2021-12-14 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.2.(0-1-2-3).2 - 2021-12-14 (1).seq.rst  
Acquired: 05/02/2022 09:54:55 a.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0015



RESULTADOS

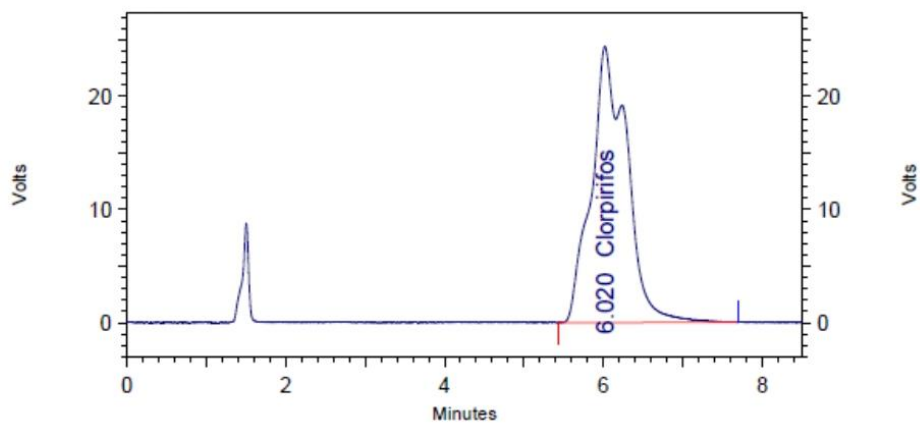
UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	5.90	2580260	0.0269

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 3 de 300 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 90 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T3.0.0 M1 - 003  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T3.(0-1-2-3).0 2021-12-16 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.3.(0-1-2-3).0 - 2021-12-16 (1).seq.rst  
Acquired: 05/02/2022 09:47:50 a.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0012



RESULTADOS

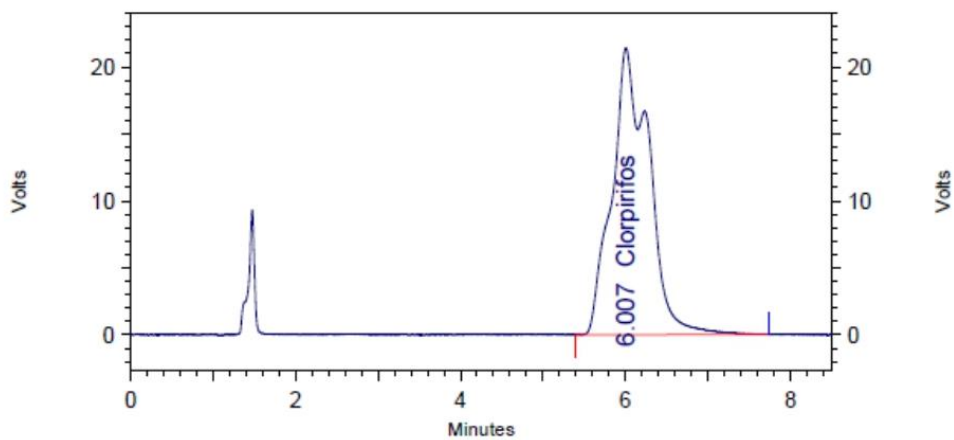
UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	6.020	3049126	0.0737

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 1 de 500 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 0 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T3.1.0 M1 - 002  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T3.(0-1-2-3).0 2021-12-16 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.3.(0-1-2-3).0 - 2021-12-16 (1).seq.rst  
Acquired: 05/02/2022 09:47:50 a.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0022



RESULTADOS

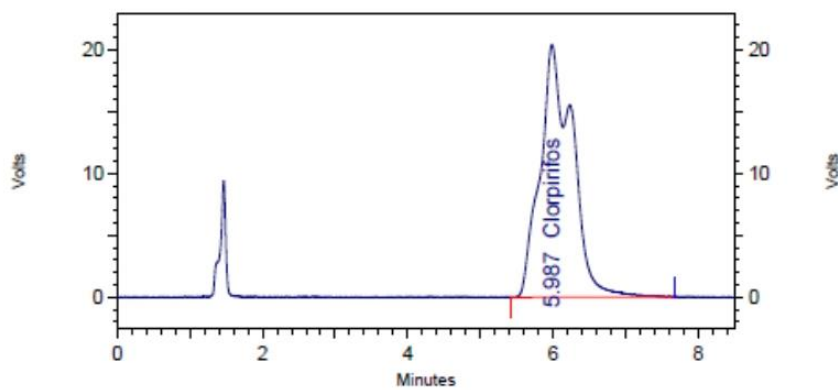
UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	6.007	2683473	0.0407

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 1 de 500 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 30 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T3.2.0 M1 - 002  
Method: C:\Farmagro\Method\Clorpirifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T3.(0-1-2-3).0 2021-12-16 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.3.(0-1-2-3).0 - 2021-12-16 (1).seq.rst  
Acquired: 05/02/2022 09:47:50 a.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0011



RESULTADOS

UV-VIS-WL1  
Results

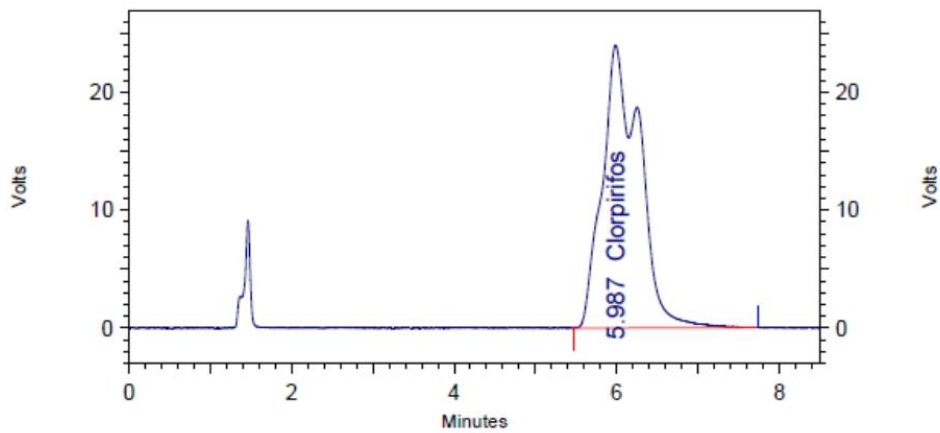
Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	5.987	2533766	0.0253

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 1 de 500 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 60 minutos.



FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T3.3.0 M1 – 001  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T3.(0-1-2-3).0 2021-12-16 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.3.(0-1-2-3).0 - 2021-12-16 (1).seq.rst  
Acquired: 05/02/2022 09:47:50 a.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0012



RESULTADOS

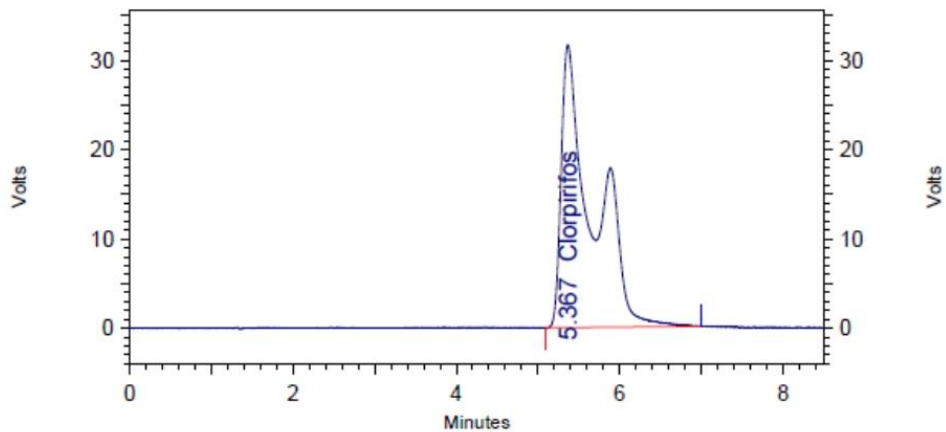
UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	5.987	3076480	0.0142

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 1 de 500 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 90 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T3.0.1 M1 -001  
Method: C:\Farmagro\Method\Clorpirifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T3.(0-1-2-3).1 2022-02-08 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.3.(0-1-2-3).1 - 2022-02-08 (1).seq.rst  
Acquired: 08/02/2022 09:20:51 a.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0014



RESULTADOS

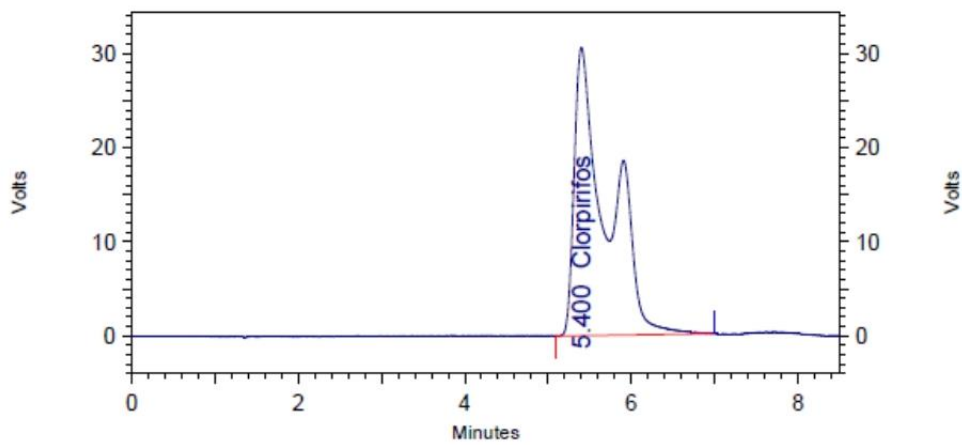
UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	5.367	3355348	0.0752

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 2 de 500 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 0 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T3.1.1 M1 -002  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T3.(0-1-2-3).1 2022-02-08 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.3.(0-1-2-3).1 - 2022-02-08 (1).seq.rst  
Acquired: 08/02/2022 09:20:51 a.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0010



RESULTADOS

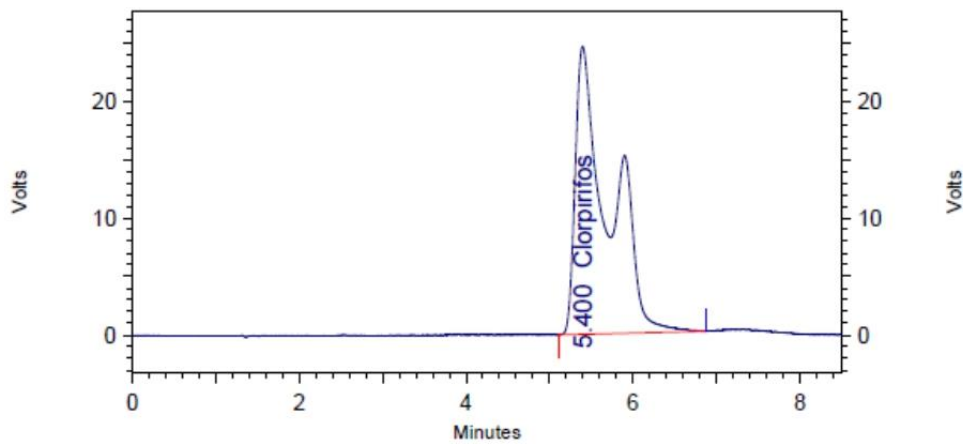
UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	5.400	3364650	0.0475

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 2 de 500 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 30 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T3.2.1 M1 -001  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T3.(0-1-2-3).1 2022-02-08 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.3.(0-1-2-3).1 - 2022-02-08 (1).seq.rst  
Acquired: 08/02/2022 09:20:51 a.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0011



RESULTADOS

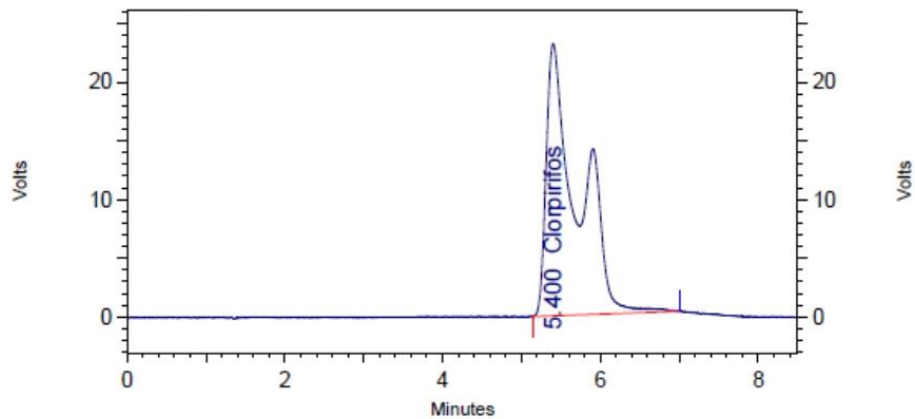
UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	5.400	2723426	0.0244

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 2 de 500 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 60 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T3.3.1 M1 - 001  
Method: C:\Farmagro\Method\Clorpirifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T3.(0-1-2-3).1 2022-02-08 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.3.(0-1-2-3).1 - 2022-02-08 (1).seq.rst  
Acquired: 08/02/2022 09:20:51 a.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0014



RESULTADOS

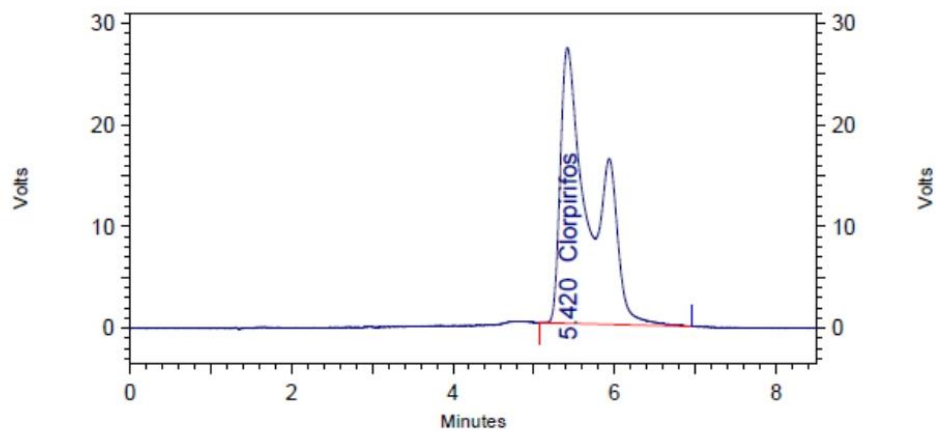
UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	5.400	2549960	0.0163

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 2 de 500 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 90 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T3.1.2 M1 -001  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos Clorpirifos T3.(0-1-2-3).2 2022-02-08 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.3.(0-1-2-3).2 - 2022-02-08 (1).seq.rst  
Acquired: 08/02/2022 02:17:47 p.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0019



RESULTADOS

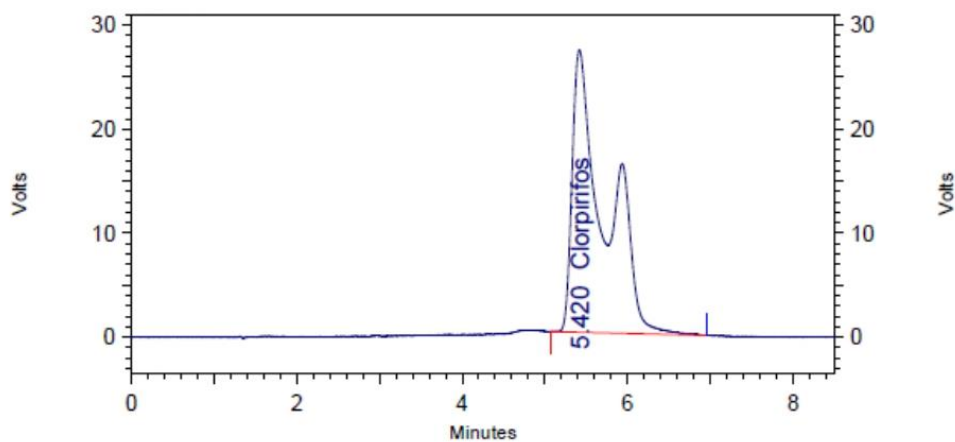
UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	5.420	2951715	0.0745

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 3 de 500 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 0 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T3.1.2 M1 -001  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T3.(0-1-2-3).2 2022-02-08 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.3.(0-1-2-3).2 - 2022-02-08 (1).seq.rst  
Acquired: 08/02/2022 02:17:47 p.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0019



RESULTADOS

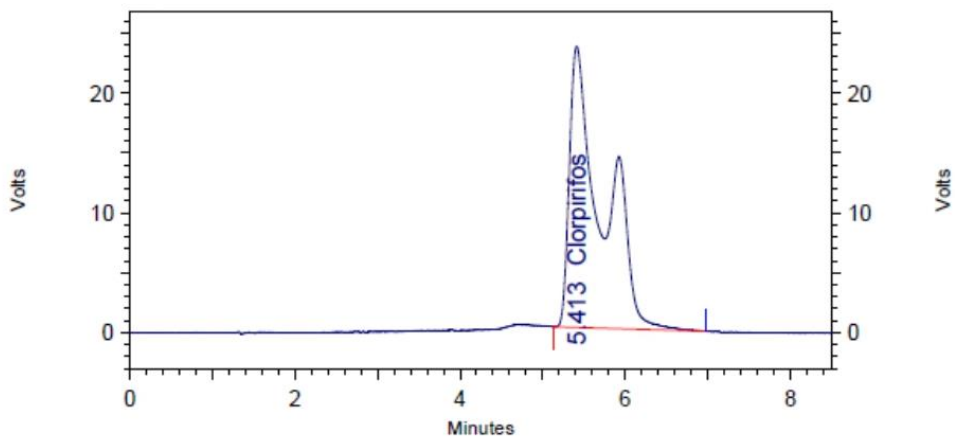
UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	5.420	2951715	0.0447

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 3 de 500 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 30 minutos.

FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T3.2.2 M1 -001  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T3.(0-1-2-3).2 2022-02-08 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.3.(0-1-2-3).2 - 2022-02-08 (1).seq.rst  
Acquired: 08/02/2022 02:17:47 p.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0011



**RESULTADOS**

UV-VIS-WL1  
Results

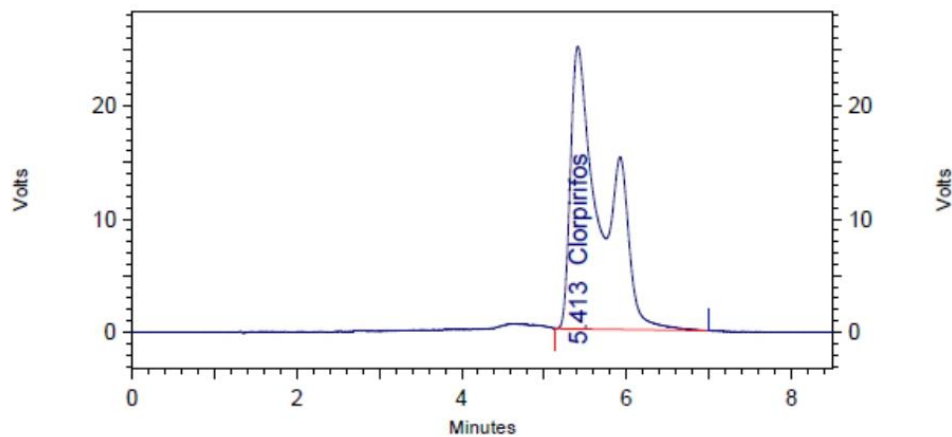
Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	5.413	2574772	0.0239

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 3 de 500 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 60 minutos.



FARMAGRO S.A.  
CONTROL DE CALIDAD  
**Análisis de Clorpirifos en Tifon**

**Analista:** Esthefany Rivadeneyra Santillan  
Data file: CLORPIRIFOS MUESTRA T3.3.2 M1 -001  
Method: C:\Farmagro\Method\Clhorpyrifos2.met  
Secuencia: C:\Farmagro\Result\Clorpirifos\Clorpirifos T3.(0-1-2-3).2 2022-02-08 (1)\CLORPIRIFOS MUESTRA T.3.(0-1-2-3).2 - 2022-02-08 (1).seq.rst  
Acquired: 08/02/2022 02:17:47 p.m. (GMT -05:00)  
Sample Amt: 5.0011



RESULTADOS

UV-VIS-WL1  
Results

Name	Retention Time	Area	%
Clorpirifos	5.413	2758573	0.0153

**Descripción:** Reporte de análisis de muestra en la repetición 3 de 500 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo en el tiempo 90 minutos.

## ANEXO N°04. Ficha técnica de Tifon 2.5 PS

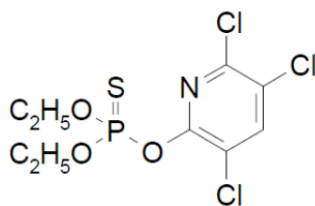
### FICHA TECNICA TIFON 2.5 PS

#### DATOS DE LA EMPRESA

Empresa Comercializadora : FARMAGRO S.A.  
Titular de Registro : FARMAGRO S.A.  
Número de Registro : 408-97-AG-SENASA

#### IDENTIDAD

Composición : Chlorpirifos  
Concentración : 25 g/Kg  
Formulación : Polvo seco  
Grupo Químico : Fosforados  
Clase de Uso : Insecticida  
Fórmula Empírica : C<sub>9</sub>H<sub>11</sub>Cl<sub>3</sub>NO<sub>3</sub>PS  
Peso Molecular (gmol) : 350.59  
Fórmula Estructural :



#### CARACTERISTICAS

**Tifon 2.5 PS** es un insecticida fosforado de amplio espectro de acción, actúa por contacto, ingestión y fumigante que puede matar por inhalación a los insectos. **Tifon 2.5 PS** tiene buen efecto translaminar, es medianamente persistente en el suelo y superficies de las plantas.

#### PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

•Densidad : No aplica  
•Estado Físico : Sólido  
•Color : Blanco  
•Olor : Característico  
•Explosividad : No explosivo  
•Corrosividad : No corrosivo  
•Estabilidad en Almacenamiento : Es estable bajo condiciones normales de manipulación y almacenamiento por 1 año.

### MODO DE ACCION

**Tifon 2.5 PS** es de efecto translaminar; actúa por contacto, ingestión e inhalación.

### MECANISMO DE ACCION

**Tifon 2.5 PS**, ocasiona disturbios en el sistema nervioso de los insectos, inhibiendo la acción de la enzima Acetil Colinesterasa y generando la muerte del mismo.

### RECOMENDACIONES DE USO

CULTIVO	PLAGA		DOSIS	PC (días)	LMR (ppm)
	Nombre Común	Nombre Científico			
Algodón	Gorgojo de la Chupadera	<i>Eutinobothrus gossypii</i>	2 kg/ quintal de semilla	7 días	n.d.
Maíz, Frijol, Espárrago	Gusanos de tierra, o Gusanos cortadores	<i>Agrotis ipsilon</i> <i>Feltia experta</i> <i>Prodenia eridanea</i>	25 kg/ha	7 días 7 días 21 días	0.05 0.05 0.05
Espárrago	Prodiplosis	<i>Prodiplosis longifila</i>	40 a 50 kg/ ha	21 días	0.05
Maíz	Cogollero	<i>Spodoptera frugiperda</i>	20 kg/ ha	7 días	0.05
Naranja, Yuca Café Cacao Plátano Pasto guinea Pasto yaragua	Hormiga coqui Hormiga indanera Hormiga barrendera	<i>Atta cephalotes</i> <i>Acromyrmex sp.</i> <i>Atta spp.</i>	Use de 1/2 a 1 kilo por nido insuflado	7 días	0.3 0.05 0.2 0.1 3 n.d. n.d.
Papa	Gorgojo de Los Andes Pulguilla saltona	<i>Premnotrypes spp.</i> <i>Epitrix spp.</i>	30 kg/ ha	7 días	0.05
Pimiento	Gusanos de tierra	<i>Agrotis ipsilon</i>	15 a 20 kg/ ha	7 días	0.5
Vid	Trips	<i>Thrips tabaci</i>	20 Kg/ ha	15 días	0.5

PC: Periodo de Carencia

LMR: Límite máximo de residuos

n.d.: No disponible

### CONDICIONES DE APLICACIÓN

**Tifon 2.5 PS** puede aplicarse antes, conjuntamente con la siembra al fondo del surco o antes del aporque a fin de que se quede tapado por la tierra; al pie de la planta en el caso de gusanos cortadores o de tierra; sobre el follaje usar una malla o bomba espolvoreadora a fin de realizar una aplicación uniforme.

### COMPATIBILIDAD

**Tifon 2.5 PS** es compatible con la mayoría de los plaguicidas de uso común exceptuando los de marcada reacción alcalina.

### REINGRESO A UN ÁREA TRATADA

No ingresar a las áreas tratadas hasta 6 horas después de la aplicación.

### FITOTOXICIDAD

**Tifon 2.5 PS**, no es fitotóxico siguiendo las recomendaciones de la etiqueta.

### CATEGORIA TOXICOLÓGICA

Ligeramente Peligroso

## ANEXO N°05. Hoja de seguridad de Tifon 2.5 PS

	<b>HOJA DE SEGURIDAD</b>	<b>Código Revisión Pagina</b>	<b>SGI/R/MDS 00 1/7</b>
<b>Advertencia:</b> Las Copias impresas de este documento son copias <b>NO CONTROLADAS</b> , la versión actual y original se encuentra en la intranet de FARMAGRO S.A. y es responsabilidad del usuario verificar la vigencia de este documento impreso, antes de su uso.			

### 1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA EMPRESA

<b>Producto</b>	: TIFON 2.5 PS
<b>N° de Registro</b>	: 408-97-AG- SENASA.
<b>Tipo de producto</b>	: Insecticida agrícola
<b>Formulado y distribuido por</b>	: FARMAGRO S.A.
<b>Dirección</b>	: Av. Principal 2 Mz. C5 Lote 3B Z.I. Huachipa Este (Lote 3B, 4 y 5) Lima- Huarochirí – San Antonio
<b>Teléfono</b>	: 6141500
<b>Correo</b>	: atencioncliente@farmagro.com.pe

### 2. COMPOSICIÓN/INFORMACION SOBRE LOS COMPONENTES

<b>Ingrediente Activo</b>	: Clorpirifos
<b>Nombre químico</b>	: O,O –dietil-O-(3,5,6-tricloro-2-piridinil) fosforotioato
<b>Nro. CAS</b>	: 2921 - 88 -2
<b>Concentración</b>	: 25 g / Kg.
<b>Compuestos relacionados</b>	: Diluyentes, acondicionadores y compuestos relacionados hasta completar 1 Kilogramo.

### 3. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

<b>Peligros para la salud</b>	: Evitar el contacto con los ojos, la piel y la ropa. Si hay contacto lavar con abundante agua y jabón.
<b>Peligros al medio ambiente</b>	: No permitir que llegue el producto a cursos de agua y canales de drenaje.

#### 4. MEDIDAS PARA PRIMEROS AUXILIOS

<b>Ojos</b>	: Lavar los ojos con abundante agua fresca al menos por 15 minutos hasta que la irritación disminuya. Si la irritación persiste, llame a un médico.
<b>Piel</b>	: Remover la ropa contaminada. Lavar cuidadosamente la piel con abundante agua y jabón. Si la irritación persiste, consiga atención médica.
<b>Inhalación</b>	: Si hay dificultad al respirar o irritación, traslade a la víctima a un lugar fresco. Si respira con dificultad o se presenta molestias y persiste, consiga atención médica.
<b>Ingestión</b>	: Lavarse la boca con abundante agua, no induzca al vómito ni suministre nada por vía oral a una persona inconsciente. Mantenga al paciente en descanso y busque atención médica.

#### 5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

<b>Agentes de extinción</b>	: En caso de incendio usar extinguidor de polvo seco (PQS) o dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ).
<b>Peligros de exposición especiales.</b>	: La descomposición térmica producirá Dióxido y monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, azufre y óxidos de fosforo y derivados de cloro.
<b>Equipo de protección</b>	: Utilizar equipos de protección personal contra incendios y equipos de respiración autónoma.

## 8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN PERSONAL

<b>Protección respiratoria</b>	: Respirador con cartuchos para vapores orgánicos P95 aprobado por NIOSH.
<b>Protección para las manos</b>	: Utilizar guantes de nitrilo o neopreno, resistente a químicos. Inspeccionarlos regularmente, para detectar agujeros.
<b>Protección para los ojos</b>	: Usar gafas o lentes de seguridad o careta facial.
<b>Higiene y protección personal</b>	: Debe haber agua limpia disponible para el lavado en caso de emergencia en caso de contaminación de los ojos o la piel. Lávese siempre antes de comer, beber o fumar. Báñese al final del día de trabajo. Use overol de trabajo, guantes para plaguicidas, botas de PVC y gafas o lentes de seguridad.

## 9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

<b>Apariencia</b>	: Polvo fino seco.
<b>Olor</b>	: Característico.
<b>Color</b>	: Blanco humo a gris.
<b>Inflamabilidad</b>	: No Inflamable.
<b>Corrosividad</b>	: No corrosivo.
<b>Explosividad</b>	: No es explosivo.
<b>Incompatibilidad</b>	: No mezclar con productos de reacción alcalina.

## 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

<b>Estabilidad</b>	: Es estable a condiciones normales de almacenamiento.
<b>Condiciones a evitar</b>	: Bases o agentes fuertemente oxidantes.
<b>Peligros de la combustión</b>	: La combustión de este producto desprenderá vapores de óxidos nitrosos, óxidos de fosforo, óxidos de azufre.

## 11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

<b>Toxicidad Oral</b>	: LD50 Rata > 2000 mg/kg.
<b>Toxicidad Dermal</b>	: LD50 Rata > 2000 mg/kg.
<b>Irritación Ocular</b>	: Leve irritación.
<b>Irritación Cutánea</b>	: No es sensibilizante.
<b>Sensibilización Cutánea</b>	: No es sensibilizante cutáneo.

## 12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

<b>Ecotoxicidad</b>	: No se tienen datos disponibles.
---------------------	-----------------------------------

## 10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

<b>Estabilidad</b>	: Es estable a condiciones normales de almacenamiento.
<b>Condiciones a evitar</b>	: Bases o agentes fuertemente oxidantes.
<b>Peligros de la combustión</b>	: La combustión de este producto desprenderá vapores de óxidos nitrosos, óxidos de fosforo, óxidos de azufre.

## 11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

<b>Toxicidad Oral</b>	: LD50 Rata > 2000 mg/kg.
<b>Toxicidad Dermal</b>	: LD50 Rata > 2000 mg/kg.
<b>Irritación Ocular</b>	: Leve irritación.
<b>Irritación Cutánea</b>	: No es sensibilizante.
<b>Sensibilización Cutánea</b>	: No es sensibilizante cutáneo.

## 12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

<b>Ecotoxicidad</b>	: No se tienen datos disponibles.
---------------------	-----------------------------------



#### 14. INFORMACIÓN DEL TRANSPORTE

**Número UN** : 3077.

**Clase UN** : 9

**Grupo de Embalaje** : III.

#### 15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

##### Frase S

**S1/2** : Conservar bajo llave y mantener fuera del alcance de los niños.

**S13** : mantener lejos de alimentos, bebidas y piensos.

**S20/21** : No comer, beber o fumar durante su utilización.

**S24/25** : Evitar el contacto con los ojos y la piel.

**S29/35** : No tirar los residuos por el desagüe. Eliminar los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles.

**S36/37/39** : Usar indumentaria y guantes adecuados y protección para los ojos y la cara.

#### 16. INFORMACIÓN ADICIONAL

Los datos consignados en esta Hoja de Seguridad fueron obtenidos de fuentes confiables. Sin embargo, se entregan sin garantía expresa o implícita respecto de su exactitud o corrección. Las opiniones expresadas en este formulario son las de profesionales capacitados. La información que se entrega en él es la conocida actualmente sobre la materia. Considerando que el uso de esta información y de los productos está fuera del control del proveedor, la empresa no asume responsabilidad alguna por este concepto. Determinar las condiciones de uso seguro del producto es obligatorio del usuario.



ANEXO N°06. Hoja de seguridad de Agua ultrapura

## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

### 1. Identificación de la sustancia peligrosa y del proveedor

Identificador del producto: Agua

Otros medios de identificación

Número del producto: 4212, 4216, 4218, 4219, 4220, 4221, 6180, 6260, 6906, 6795, 9823, 9831, H453, 11235

Uso recomendado del producto químico y restricciones

Uso recomendado: Uso en laboratorios, ensayos de investigación y procesos de producción.  
Restricciones recomendadas: No determinado.

Detalles del proveedor de la hoja de datos de seguridad

Nombre de la empresa:	Avantor Performance Materials, LLC
Dirección:	100 Matsonford Rd, Suite 200 Radnor, PA 19087
Teléfono:	Customer Service: 855-282-6867
Persona de contacto:	Product Information Compliance
Correo electrónico:	info@avantormaterials.com

Teléfono para casos de emergencia: CHEMTREC: 01-800-681-9531

### 2. Identificación de peligros

Clasificación del Riesgo  
No clasificado

Elementos de la Etiqueta

Símbolo de Peligro:	No hay símbolo
Palabra de advertencia:	No hay palabra de advertencia.
Indicación de peligro:	No aplicable
Consejos de prudencia	No aplicable

### 3. Composición/información sobre los componentes

Sustancias

Comentarios sobre la composición: Los componentes no son peligrosos o están por debajo de los límites de revelación exigidos.

### 4. Primeros auxilios

SDS\_MX - SDS000000813

1/9

**Información general:** Consultar a un médico si la persona se encuentra mal. Mostrar esta ficha de seguridad al doctor que esté.

**Inhalación:** Trasladar al aire libre. Buscar atención médica en caso de síntomas.

**Contacto con la cutánea:** Lavar la piel a fondo con jabón y agua. Consultar a un médico si la irritación persiste después de lavarse.

**Contacto con los ocular:** Enjuagar a fondo con agua. Si se presenta irritación, consúltese a un médico.

**Ingestión:** Enjuagarse la boca. Llamar a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico si la persona se encuentra mal.

#### Síntomas/efectos más importantes, agudos o retardados

**Síntomas:** No hay datos disponibles.

**Peligros:** No hay datos disponibles.

#### Indicación de la necesidad de recibir atención médica inmediata y, en su caso, de tratamiento especial

**Tratamiento:** Tratamiento sintomático.

### 5. Medidas de lucha contra incendios

**Riesgos generales de incendio:** Trasladar los recipientes del área del incendio, si puede hacerse sin riesgo.

#### Medios de extinción adecuados (y no adecuados)

**Medios de extinción apropiados:** Este material no es combustible. Usar el medio de extinción adecuado de acuerdo a los demás materiales del entorno.

**Medios no adecuados de extinción:** Ninguno conocido/Ninguna conocida.

**Peligros específicos del producto químico:** Ninguno conocido/Ninguna conocida.

#### Equipo especial de protección y medias de precaución para los bomberos

**Medidas especiales de lucha contra incendios:** No se indica ningún riesgo excepcional de incendio o explosión.

**Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios:** Los bomberos deben utilizar equipo de protección estándar, incluyendo chaqueta ignífuga, casco con pantalla, guantes, botas de goma y, en caso de espacios cerrados, equipo autónomo de respiración.

### 6. Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental

**Precauciones personales, equipo protector y procedimiento de emergencia:** No se requieren medidas especiales de precaución para la salud si se usa el producto de acuerdo con las condiciones de uso previstas. Consultar la sección 8 de la HDS sobre los equipos de protección personal.

<b>Métodos y materiales para la contención y limpieza:</b>	No existen precauciones específicas. Absorber con arena u otro absorbente inerte. Hacer diques muy por delante de los vertidos para la eliminación posterior.
<b>Precauciones relativas al medio ambiente:</b>	Evitar nuevas fugas o vertidos si puede hacerse sin riesgos.
<b>Procedimientos de notificación:</b>	No existen precauciones específicas.

## 7. Manipulación y almacenamiento

<b>Precauciones para la manipulación segura:</b>	No existen precauciones específicas. Mantener buenas prácticas de higiene industrial.
<b>Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas cualesquiera incompatibilidades:</b>	Evitar la congelación. Mantener el recipiente cerrado cuando no esté en uso.

## 8. Controles de exposición/protección personal

### Parámetros de control

#### Límite(s) de exposición ocupacional

Ninguno de los componentes tiene asignados límites de exposición.

#### Controles técnicos apropiados

No hay datos disponibles.

### Medidas de protección individual, como equipos de protección personal recomendados

#### Información general:

Seguir siempre buenas medidas de higiene personal, como lavarse después de manipular el material y antes de comer, beber y/o fumar. Lave rutinariamente la ropa de trabajo para eliminar los contaminantes. Deseche el calzado contaminado que no se pueda limpiar.

#### Protección para los ojos/la cara:

No existen precauciones específicas. Es una buena práctica industrial reducir al mínimo el contacto con los ojos.

#### Protección de la piel Protección para las manos:

No se necesita normalmente

#### Otros:

Ninguna medida en particular. Es una buena práctica de higiene industrial reducir al mínimo el contacto con la piel.

#### Protección respiratoria:

No hay recomendaciones específicas.

#### Medidas de higiene:

Seguir siempre buenas medidas de higiene personal, como lavarse después de manipular el material y antes de comer, beber y/o fumar. Lave rutinariamente la ropa de trabajo para eliminar los contaminantes. Deseche el calzado contaminado que no se pueda limpiar.

## 9. Propiedades físicas y químicas

**Apariencia**

Estado físico:	Líquido
Forma:	Líquido
Color:	Incoloro
Olor:	Inodoro
Umbral olfativo:	No hay datos disponibles.
pH:	7.0 (20 °C)
Punto de fusión/punto de congelación:	0 °C
Punto inicial e intervalo de ebullición:	100 °C
Punto de inflamación:	No aplicable
Tasa de evaporación:	No hay datos disponibles.
Inflamabilidad (sólido, gas):	No hay datos disponibles.
<b>Límite inferior/superior de inflamabilidad o límites de explosividad</b>	
Límite superior de inflamabilidad (%):	No hay datos disponibles.
Límite inferior de inflamabilidad (%):	No hay datos disponibles.
Límite superior de explosividad (%):	No hay datos disponibles.
Límite inferior de explosividad (%):	No hay datos disponibles.
Presión de vapor:	3.17 kPa (25 °C)
Densidad de vapor:	No hay datos disponibles.
Densidad:	1.00 g/ml (20 °C)
Densidad relativa:	1.00 (20 °C)
<b>Solubilidad(es)</b>	
Solubilidad en agua:	Totalmente soluble
Solubilidad (otros):	No hay datos disponibles.
Coefficiente de reparto: n-octanol/agua:	No hay datos disponibles.
Temperatura de auto-inflamación:	No hay datos disponibles.
Temperatura de descomposición:	No hay datos disponibles.
Viscosidad:	No hay datos disponibles.

**Otras informaciones**

Peso molecular: 18.02 g/mol (H<sub>2</sub>O)

**10. Estabilidad y reactividad**

Reactividad:	No se conoce reacciones peligrosas bajo condiciones de uso normal.
Estabilidad química:	El material es estable bajo condiciones normales.
Posibilidad de reacciones peligrosas:	La polimerización peligrosa no ocurre.
Condiciones que deben evitarse:	Ninguno conocido/Ninguna conocida.
Materiales incompatibles:	Ácidos. Agentes reductores fuertes.
Productos de descomposición peligrosos:	Ninguno conocido/Ninguna conocida.

## 11. Información toxicológica

### Información sobre las posibles vías de exposición

<b>Inhalación:</b>	No se conocen ni esperan bajo un uso normal.
<b>Contacto con la cutánea:</b>	No se conocen ni esperan bajo un uso normal.
<b>Contacto con los ocular:</b>	No se conocen ni esperan bajo un uso normal.
<b>Ingestión:</b>	No se esperan efectos adversos debido a la ingestión.

### Información sobre los efectos toxicológicos

#### Toxicidad aguda (lista de todas las vías de posible exposición)

<b>Oral</b>	
<b>Producto:</b>	LD 50 (Rata): 90,000 mg/kg
<b>Dérmico</b>	
<b>Producto:</b>	LD 50 (Conejo): > 5,000 mg/kg
<b>Inhalación</b>	
<b>Producto:</b>	Vapor: LC 50 (Rata, 4 h): > 50 mg/l

#### Toxicidad a Dosis Repetidas

**Producto:** No se conocen peligros agudos o crónicos para la salud.

#### Corrosión/irritación cutáneas

**Producto:** El contacto prolongado con la piel puede causar irritación temporal.

#### Lesiones oculares graves/irritación ocular

**Producto:** Ninguno/a.

#### Sensibilidad respiratoria o cutánea

**Producto:** No es una piel ni un sensibilizador respiratorio.

#### Carcinogenicidad

**Producto:** No hay evidencia de que esta sustancia tenga propiedades carcinógenas.

#### Monografías de IARC sobre la evaluación de los riesgos carcinogénicos para los humanos:

No se han identificado componentes carcinogénicos

#### Mutagenicidad en células germinales

**In vitro**

**Producto:** No se han identificado componentes mutagénicos

**In vivo**

**Producto:** No se han identificado componentes mutagénicos

#### Toxicidad para la reproducción

**Producto:** No hay componentes tóxicos para la reproducción

#### Toxicidad sistémica específica de órganos diana - Exposición única

**Producto:** Ninguno conocido/Ninguna conocida.

#### Toxicidad sistémica específica de órganos diana - Exposiciones repetidas

SDS\_MX - SDS000000813

5/9

<b>Producto:</b>	Ninguno conocido/Ninguna conocida.
<b>Peligro por aspiración Producto:</b>	No clasificado
<b>Otros Efectos:</b>	Ninguno conocido/Ninguna conocida.

## 12. Información ecotoxicológica

### Ecotoxicidad:

#### Peligros agudos para el medio ambiente acuático:

**Pez**  
**Producto:** No se espera que sea nocivo para los organismos acuáticos.

**Invertebrados Acuáticos**  
**Producto:** No se espera que sea nocivo para los organismos acuáticos.

#### Peligros crónicos para el medio ambiente acuático:

**Pez**  
**Producto:** No se considera tóxico para los peces.

**Invertebrados Acuáticos**  
**Producto:** No se espera que sea nocivo para los organismos acuáticos.

**Toxicidad para las plantas acuáticas**  
**Producto:** No se espera que sea nocivo para los organismos acuáticos.

### Persistencia y degradabilidad

**Biodegradación**  
**Producto:** El producto es fácilmente biodegradable.

**Relación Entre DBO/DQO**  
**Producto:** No hay datos disponibles.

### Potencial de bioacumulación

**Factor de Bioconcentración (FBC)**  
**Producto:** El producto no es bioacumulativo.

### Coefficiente de reparto n-octanol/agua (log Kow)

**Producto:** No hay datos disponibles.

**Movilidad en el suelo:** El producto es hidrosoluble y puede dispersarse en sistemas acuáticos.

**Otros efectos adversos:** No se considera peligroso para el medio ambiente. No se espera que sea nocivo para los organismos acuáticos.

## 13. Información relativa a la eliminación de los productos

**Instrucciones para la eliminación:** Las actividades de descarga, tratamiento o eliminación pueden estar sujetas a leyes nacionales, estatales o locales.  
SDS\_MX - SDS000000813

6/9

**Envases contaminados:** Los recipientes vacíos pueden contener restos del producto, es preciso seguir las advertencias de la etiqueta incluso después de vaciarse el recipiente.

#### 14. Información relativa al transporte

**SCT**

No regulado.

**IATA**

No regulado.

**IMDG**

No regulado.

Transporte a granel con arreglo al anexo II de MARPOL y al Código IBC: No aplicable

#### 15. Información sobre la reglamentación

Disposiciones específicas sobre seguridad, salud y medio ambiente para el producto de que se trate

**México. ACUERDO por el que se determina el listado de sustancias sujetas a reporte de competencia federal para el registro de emisiones y transferencia de contaminantes**

No se aplica

**México. DECRETO por el que se expide la Ley Federal para el Control de Sustancias Químicas Susceptibles de Desvío para la Fabricación de Armas Químicas, Apéndice 1: Listado nacional sustancias químicas**

No se aplica

**México. Norma oficial mexicana NOM-001-ECOL-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales**

Ninguno/a

**México. Sustancias peligrosas (NOM-028-STPS-2012, Sistema para la administración del trabajo-Seguridad en los procesos y equipos críticos que manejen sustancias químicas peligrosas, Apéndice A, Tabla A.I)**

No se aplica

**México. Lista de Estupefacientes (Ley General de Salud, del 7 de Febrero de 1984, Artículos 234 y 239)**

No se aplica

**México. Drogas Psicotrópicas (Ley General de Salud, del 7 de Febrero de 1984, Artículos 245 y 254 Bis)**

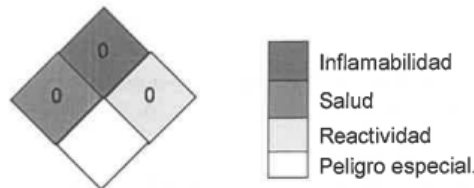
No se aplica

**Situación en el inventario:**

AICS:	De conformidad con el inventario
DSL:	De conformidad con el inventario
EU INV:	De conformidad con el inventario
ENCS (JP):	De conformidad con el inventario
IECSC:	De conformidad con el inventario
KECI (KR):	De conformidad con el inventario
PICCS (PH):	De conformidad con el inventario
TSCA:	De conformidad con el inventario
NZIOC:	De conformidad con el inventario
INSQ:	De conformidad con el inventario
TCSI:	De conformidad con el inventario
ISHL (JP):	No está en conformidad con el inventario.

**16. Otras informaciones, incluida información sobre la fecha de preparación o última revisión de la HDS**

**Clasificación del grado de riesgo según NFPA**



Clase de peligro: 0 – Mínimo; 1 - Leve; 2 - Moderado; 3 - Serio; 4 – Grave; RNP - Sin clasificación posible

<b>La fecha de emisión:</b>	06-27-2019
<b>Información sobre la revisión:</b>	No hay datos disponibles.
<b>Versión #:</b>	1.5
<b>Fuente de información:</b>	Para la preparación de esta ficha de datos de seguridad se emplearon una o más de las siguientes fuentes de información: resultados de estudios toxicológicos propios o realizados por proveedores, información de la Red de Datos de Toxicología (Toxicology Data Network, TOXNET), expedientes de sustancias de la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA), monografías del CIIC, datos del Programa Toxicológico Nacional de los Estados Unidos, la Agencia de Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades, fichas de datos de seguridad de otros fabricantes y demás fuentes relevantes.
<b>Información adicional:</b>	No hay datos disponibles.

SDS\_MX - SDS000000813

8/9



**Cláusula de exención de responsabilidad:**

La información proporcionada en esta Ficha de Datos de Seguridad (FDS) ha sido preparada en función de los datos considerados precisos a la fecha de emisión de esta FDS. EN LA MAYOR MEDIDA PERMITIDA POR LA LEY, AVANTOR PERFORMANCE MATERIALS ("AVANTOR") EXPRESAMENTE RENUNCIA A CUALQUIERA Y TODAS REPRESENTACIONES Y GARANTÍAS RELATIVAS A LA INFORMACIÓN AQUÍ CONTENIDA, INCLUYENDO, SIN LIMITACIÓN, SU VERACIDAD, COMPLETITUD, ADECUACIÓN PARA UN PROPÓSITO O USO, MERCANTIBILIDAD, INVOLABILIDAD, RENDIMIENTO, SEGURIDAD, APTITUD Y ESTABILIDAD. Presente FDS ha sido concebido como una guía para un personal apropiadamente entrenado para facilitar el uso, manejo, almacenamiento y deshecho del producto al que se refiere, y no intenta ser un documento exhaustivo. Se les aconseja a los usuarios de los productos de Avantor que realicen sus propias pruebas y que se guíen por su propio juicio para determinar la seguridad, adecuación y el uso, manejo, almacenamiento y deshecho apropiado de cualquier producto y combinación de productos de acuerdo a sus objetivos y usos. EN LA MAYOR MEDIDA PERMITIDA POR LA LEY, AVANTOR RENUNCIA A CUALQUIER RESPONSABILIDAD POR, Y EL COMPRADOR USANDO LOS PRODUCTOS DE AVANTOR CONFIRMA QUE BAJO NINGUNAS CIRCUNSTANCIAS AVANTOR SERÁ RESPONSABLE POR, LOS DAÑOS ESPECIALES, INDIRECTOS, FORTUITOS, PUNITIVOS O DERIVADOS DE CUALQUIER TIPO, INCLUYENDO SIN LIMITACIÓN, LA PÉRDIDA DE BENEFICIOS, DAÑOS A LA REPUTACIÓN, RETIRADAS DEL PRODUCTO O INTERRUPTIÓN EN EL FUNCIONAMIENTO DEL NEGOCIO.

## ANEXO N°07. Hoja de seguridad de Acetonitrilo

# HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

### 1. Identificación de la sustancia peligrosa y del proveedor

Identificador del producto: Acetonitrilo

Otros medios de identificación

Número del producto: 0043, 2855, 2856, 6683, 9011, 9012, 9017, 9018, 9019, 9035, 9150, 9152, 9411, 9255, 9829, 9853, H076, H338, H454, 10114

Uso recomendado del producto químico y restricciones

Uso recomendado: Uso en laboratorios, ensayos de investigación y procesos de producción.  
Restricciones recomendadas: No determinado.

Detalles del proveedor de la hoja de datos de seguridad

Nombre de la empresa: Avantor Performance Materials, LLC  
Dirección: 100 Matsonford Rd, Suite 200  
Radnor, PA 19087  
Teléfono: Customer Service: 855-282-6867  
Persona de contacto: Product Information Compliance  
Correo electrónico: info@avantormaterials.com

Teléfono para casos de emergencia: CHEMTREC: 01-800-681-9531

### 2. Identificación de peligros

Clasificación del Riesgo

**Peligros físicos**

Líquidos inflamables Categoría 2

**Peligros para la salud**

Toxicidad aguda (Oral) Categoría 4

Toxicidad aguda (Dérmico) Categoría 5

Toxicidad aguda (Inhalación - gases) Categoría 4

Corrosión/irritación cutáneas Categoría 3

Lesiones oculares graves/irritación ocular Categoría 2A

Elementos de la Etiqueta

Símbolo de Peligro:



Palabra de advertencia: Peligro

- Indicación de peligro:** H225: Líquido y vapores muy inflamables.  
H302: Nocivo en caso de ingestión.  
H332: Nocivo si se inhala.  
H313: Puede ser nocivo en contacto con la piel.  
H316: Provoca una leve irritación cutánea.  
H319: Provoca irritación ocular grave.
- Consejos de prudencia**
- Prevención:** P210: Mantener lejos de calor, chispas, llamas al descubierto, superficies calientes. No fumar.  
P233: Mantener el recipiente herméticamente cerrado.  
P240: Toma de tierra/enlace equipotencial del recipiente y del equipo receptor.  
P241: Utilizar un material eléctrico/de ventilación/iluminación a prueba de explosión.  
P242: No utilizar herramientas que produzcan chispas.  
P243: Tomar medidas de precaución contra las descargas electrostáticas.  
P280: Usar guantes/ropa de protección/equipo de protección para los ojos/la cara.  
P271: Usar solo al aire libre o en un lugar bien ventilado.  
P264: Lavarse cuidadosamente después de la manipulación.  
P270: No comer, beber o fumar mientras se manipula este producto.  
P261: Evitar respirar polvos/humos/gases/nieblas/vapores/aerosoles.
- Respuesta:** En caso de incendio: Utilizar agua pulverizada, espuma, polvo seco o dióxido de carbono para la extinción.  
P304+P340: EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la víctima al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración.  
P312: Llamar a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico si la persona se encuentra mal.  
P303+P361+P353: EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente la ropa contaminada. Enjuagar la piel con agua/ducharse.  
P363: Lavar la ropa contaminada antes de volverla a usar.  
P332+P313: En caso de irritación cutánea: Consultar a un médico.  
P305+P351+P338: En caso de contacto con los ojos: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.  
P337+P313: Si la irritación ocular persiste, consultar a un médico.  
P301+P312: EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA o a un médico si la persona se encuentra mal.  
P330: Enjuagarse la boca.
- Almacenamiento:** P403+P235: Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener fresco.
- Eliminación:** P501: Eliminar el contenido/recipiente en una planta apropiada de tratamiento y eliminación conforme a las leyes/reglamentaciones aplicables y las características del producto en el momento de la eliminación.

### 3. Composición/información sobre los componentes

#### Sustancias

Identidad química	Número CAS	Concentración en porcentaje (%)*
Acetonitrilo	75-05-8	99 - 100%

SDS\_MX - SDSMIX000978

2/12

Acilonitrilo	107-13-1	<0.1%
--------------	----------	-------

\* Todas las concentraciones están indicadas en porcentaje en peso a menos que el ingrediente sea un gas. Las concentraciones de los gases se indican en por ciento en volumen.

#### 4. Primeros auxilios

**Información general:** Consultar a un médico si la persona se encuentra mal. Si se necesita consultar a un médico, tener a mano el recipiente o la etiqueta del producto. Mostrar esta ficha de seguridad al doctor que esté.

**Inhalación:** Trasladar al aire libre. Si los síntomas persisten, acúdase al médico.

**Contacto con la cutánea:** Lavar la piel a fondo con jabón y agua. Consultar a un médico si la irritación persiste después de lavarse. Lavar la ropa contaminada antes de volverla a usar. Eliminar o limpiar a fondo los zapatos contaminados.

**Contacto con los ocular:** Enjuagar inmediatamente los ojos con abundante agua durante por los menos 15 minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Consultar a un médico.

**Ingestión:** Enjuagarse la boca. Llamar a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico si la persona se encuentra mal.

#### Síntomas/efectos más importantes, agudos o retardados

**Síntomas:** Irritante ocular, cutáneo y de las vías respiratorias.

**Peligros:** No hay datos disponibles.

#### Indicación de la necesidad de recibir atención médica inmediata y, en su caso, de tratamiento especial

**Tratamiento:** La exposición debe ser entendido como un envenenamiento por cianuro. Los síntomas pueden ser retardados.

#### 5. Medidas de lucha contra incendios

**Riesgos generales de incendio:** Trasladar los recipientes del área del incendio, si puede hacerse sin riesgo. Usar agua pulverizada para mantener frescos los recipientes expuestos al fuego. Enfriar los recipientes expuestos al fuego con agua hasta mucho después de que el fuego haya cesado.

#### Medios de extinción adecuados (y no adecuados)

**Medios de extinción apropiados:** Agua pulverizada, niebla, CO<sub>2</sub>, polvos químicos secos o espuma resistente al alcohol.

**Medios no adecuados de extinción:** Evitar el chorro directo de agua con la manguera, ya que se puede dispersar y extender el incendio.

**Peligros específicos del producto químico:** Puede inflamarse fácilmente y quema vigorosamente. Los vapores del disolvente pueden acumularse en el espacio de cabeza del recipiente y resultar en peligro de inflamabilidad. Los vapores son inflamables y más pesados que el aire y pueden desplazarse por el suelo y alcanzar fuentes de ignición remotas causando peligro de incendio por retroceso de la llama.

#### Equipo especial de protección y medias de precaución para los bomberos

SDS\_MX - SDSMIX000978

3/12



<b>Medidas especiales de lucha contra incendios:</b>	Líquido y vapores muy inflamables.
<b>Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios:</b>	Los bomberos deben utilizar equipo de protección estándar, incluyendo chaqueta ignífuga, casco con pantalla, guantes, botas de goma y, en caso de espacios cerrados, equipo autónomo de respiración.

**6. Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental**

<b>Precauciones personales, equipo protector y procedimiento de emergencia:</b>	Usar un equipo de protección personal. Consultar la sección 8 de la HDS sobre los equipos de protección personal. Mantener alejado al personal no autorizado. Mantenerse en la posición en contra el viento. Ventilar los espacios cerrados antes de entrar en ellos. No tocar los recipientes dañados o el material vertido a menos que se lleve ropa protectora adecuada. Contactar a las autoridades locales en caso de vertido al desagüe o al medio ambiente acuático.
<b>Métodos y materiales para la contención y limpieza:</b>	Eliminar todas las fuentes de ignición si puede hacerse sin riesgo. Hacer diques muy por delante de los vertidos para su recuperación y eliminación posterior. Absorber el vertido con vermiculita u otro material inerte y depositar luego en un recipiente para residuos químicos. Limpiar la superficie exhaustivamente para eliminar la contaminación residual.
<b>Precauciones relativas al medio ambiente:</b>	No contaminar las fuentes de agua o el alcantarillado. Evitar nuevas fugas o vertidos si puede hacerse sin riesgos. No descargar al desagüe, ni a cursos de agua o al suelo.
<b>Procedimientos de notificación:</b>	Contener el material con diques para su eliminación posterior. Evitar que penetre en las vías acuáticas, alcantarillado, sótanos o áreas confinadas. Detener el flujo de material si esto no entraña riesgos. Informar a las autoridades si hay cantidades grandes involucradas.

**7. Manipulación y almacenamiento**

<b>Precauciones para la manipulación segura:</b>	Lavarse las manos cuidadosamente después de la manipulación. No manipular antes de haber leído y comprendido todas las precauciones de seguridad. Procurarse las instrucciones antes del uso. Utilizar un equipo de protección individual, según corresponda. Evitar el calor, chispas, llamas al descubierto y otras fuentes de ignición. Tomar medidas de precaución contra las descargas electrostáticas. Evítese el contacto con los ojos, la piel y la ropa. Evitar respirar nieblas o vapores. Úsese solamente con la ventilación adecuada.
<b>Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas cualesquiera incompatibilidades:</b>	Mantener el recipiente herméticamente cerrado. Almacenar en un lugar bien ventilado. Mantener alejado de fuentes de calor y llamas, evitar el contacto con la luz solar directa. Mantener alejado de alimentos, bebidas y piensos. Cumplir las normas aplicables a los líquidos inflamables. Establecer una conexión a tierra/enlace equipotencial del recipiente y del equipo receptor para eliminar las chispas electrostáticas.

**8. Controles de exposición/protección personal**

Parámetros de control

Límite(s) de exposición ocupacional

Identidad química	Tipo	Valores Límites de Exposición	Fuente

SDS\_MX - SDSMIX000978

4/12

Acetonitrilo	CPT	20 ppm	México. Valores límite de exposición. (NOM-010-STPS-2014-Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral-Reconocimiento, evaluación y control) (04 2014)
Acilonitrilo	CPT	2 ppm	México. Valores límite de exposición. (NOM-010-STPS-2014-Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral-Reconocimiento, evaluación y control) (04 2014)

**Controles técnicos apropiados** No hay datos disponibles.

**Medidas de protección individual, como equipos de protección personal recomendados**

- Información general:** Debe haber una ventilación general adecuada (típicamente 10 renovaciones del aire por hora). La frecuencia de la renovación del aire debe corresponder a las condiciones. De ser posible, use campanas extractoras, ventilación aspirada local u otras medidas técnicas para mantener los niveles de exposición por debajo de los límites de exposición recomendados. Si no se han establecido ningunos límites de exposición, el nivel de contaminantes suspendidos en el aire ha de mantenerse a un nivel aceptable. Debe haber un lavajoy y una ducha de seguridad disponibles en el área de trabajo inmediata.
- Protección para los ojos/la cara:** Usar gafas de seguridad con protectores laterales (o goggles). Utilizar máscara facial si existe riesgo de salpicaduras.
- Protección de la piel**  
**Protección para las manos:** Guantes resistente a productos químicos
- Otros:** Úsese ropa protectora adecuada.
- Protección respiratoria:** En caso de ventilación inadecuada, llevar un respirador adecuado. Respirador químico con cartucho para vapores orgánicos y máscara facial completa.
- Medidas de higiene:** Proveer estación lavajoy y ducha de emergencia. Seguir siempre buenas medidas de higiene personal, como lavarse después de manipular el material y antes de comer, beber y/o fumar. Lave rutinariamente la ropa de trabajo para eliminar los contaminantes. Deseche el calzado contaminado que no se pueda limpiar.

**9. Propiedades físicas y químicas**

- Apariencia**
- Estado físico:** Líquido
  - Forma:** Líquido
  - Color:** Incoloro
  - Olor:** Olor etéreo
  - Umbral olfativo:** No hay datos disponibles.
  - pH:** No hay datos disponibles.
  - Punto de fusión/punto de congelación:** -46 °C
  - Punto inicial e intervalo de ebullición:** 81 °C
  - Punto de inflamación:** 2 °C (Copa cerrada de Pensky-Martens)
  - Tasa de evaporación:** 5.79 (n-butyl acetato = 1)

SDS\_MX - SDSMIX000978

5/12

<b>Inflamabilidad (sólido, gas):</b>	No hay datos disponibles.
<b>Límite inferior/superior de inflamabilidad o límites de explosividad</b>	
<b>Límite superior de inflamabilidad (%):</b>	16 %(V)
<b>Límite inferior de inflamabilidad (%):</b>	4.4 %(V)
<b>Límite superior de explosividad (%):</b>	No hay datos disponibles.
<b>Límite inferior de explosividad (%):</b>	No hay datos disponibles.
<b>Presión de vapor:</b>	9.73 kPa (20 °C)
<b>Densidad de vapor:</b>	1.42
<b>Densidad:</b>	0.79 g/ml (20 °C)
<b>Densidad relativa:</b>	0.79 (20 °C)
<b>Solubilidad(es)</b>	
<b>Solubilidad en agua:</b>	Miscible
<b>Solubilidad (otros):</b>	No hay datos disponibles.
<b>Coefficiente de reparto: n-octanol/agua:</b>	No hay datos disponibles.
<b>Temperatura de auto-inflamación:</b>	524 °C
<b>Temperatura de descomposición:</b>	No hay datos disponibles.
<b>Viscosidad:</b>	No hay datos disponibles.

#### Otras informaciones

<b>Conductividad del líquido:</b>	0.7 µS/cm
<b>Peso molecular:</b>	41.05 g/mol

### 10. Estabilidad y reactividad

<b>Reactividad:</b>	No se conoce reacciones peligrosas bajo condiciones de uso normal.
<b>Estabilidad química:</b>	El material es estable bajo condiciones normales.
<b>Posibilidad de reacciones peligrosas:</b>	La polimerización peligrosa no ocurre.
<b>Condiciones que deben evitarse:</b>	Calor, chispas, llamas.
<b>Materiales incompatibles:</b>	Agentes oxidantes fuertes. Ácidos fuertes. Nitratos.
<b>Productos de descomposición peligrosos:</b>	En caso de incendio, pueden formarse gases tóxicos (COx, NOx). Cianuros.

### 11. Información toxicológica

<b>Información general:</b>	La cianosis puede ser consecuencia de la sobreexposición al vapor o exposición de la piel
-----------------------------	---

#### Información sobre las posibles vías de exposición

<b>Inhalación:</b>	Nocivo si se inhala. Los aerosoles irritan el sistema respiratorio y provocan tos y dificultades respiratorias.
--------------------	---

- Contacto con la cutánea:** El contacto prolongado o repetido con la piel puede causar sequedad, formación de grietas o irritación. Puede ser nocivo en contacto con la piel. Provoca una leve irritación cutánea.
- Contacto con los ocular:** Provoca irritación ocular grave.
- Ingestión:** Nocivo en caso de ingestión. Irritante. Puede causar náuseas, dolor de estómago y vómito.

#### Información sobre los efectos toxicológicos

##### Toxicidad aguda (lista de todas las vías de posible exposición)

###### Oral

**Producto:** LD 50 (Rata): 1,320 mg/kg

###### Dérmico

**Producto:** LD 50 (Conejo): > 2,000 mg/kg

###### Inhalación

**Producto:** Estimado de la toxicidad aguda de la mezcla (ATEmix) (Rata, 4 h): 3 mg/l Vapor

##### Toxicidad a Dosis Repetidas

**Producto:** No hay datos disponibles.

##### Corrosión/irritación cutáneas

**Producto:** Provoca una leve irritación cutánea.

##### Lesiones oculares graves/irritación ocular

**Producto:** Provoca irritación ocular grave.

##### Sensibilidad respiratoria o cutánea

**Producto:** No es una piel ni un sensibilizador respiratorio.

##### Carcinogenicidad

**Producto:** No hay evidencia de que esta sustancia tenga propiedades carcinógenas.

##### Monografías de IARC sobre la evaluación de los riesgos carcinogénicos para los humanos:

No se han identificado componentes carcinogénicos

##### Mutagenicidad en células germinales

###### In vitro

**Producto:** No se han identificado componentes mutagénicos

###### In vivo

**Producto:** No se han identificado componentes mutagénicos

##### Toxicidad para la reproducción

**Producto:** No hay componentes tóxicos para la reproducción

##### Toxicidad sistémica específica de órganos diana - Exposición única

**Producto:** No se conocen.

##### Toxicidad sistémica específica de órganos diana - Exposiciones repetidas

**Producto:** Ninguno conocido/Ninguna conocida.



**Peligro por aspiración**

**Producto:** No clasificado

**Otros Efectos:** Ninguno conocido/Ninguna conocida.

**12. Información ecotoxicológica**

**Ecotoxicidad:**

**Peligros agudos para el medio ambiente acuático:**

**Pez**

**Producto:** No hay datos disponibles.

**Sustancia(s) específica(s):**

Acetonitrilo LC 50 (Fathead minnow (*Pimephales promelas*), 96 h): 1,000 - 1,690 mg/l  
 LC 50 (Guppy (*Poecilia reticulata*), 96 h): 1,650 mg/l  
 LC 50 (Bluegill (*Lepomis macrochirus*), 96 h): 1,850 mg/l

Acrilonitrilo LC 50 (Fathead minnow (*Pimephales promelas*), 96 h): 10.1 mg/l  
 LC 50 (Bluegill (*Lepomis macrochirus*), 96 h): 11.8 mg/l  
 LC 50 (Carp (*Cyprinus carpio*), 96 h): 18.07 mg/l  
 LC 50 (*Cyprinodon variegatus*, 96 h): 8.6 mg/l  
 NOAEL (*Cyprinodon variegatus*, 96 h): 5.4 mg/l

**Invertebrados Acuáticos**

**Producto:** No hay datos disponibles.

**Sustancia(s) específica(s):**

Acetonitrilo LC 50 (Brine shrimp (*Artemia salina*), 24 h): 328 - 486.9 mg/l  
 LC 50 (Water flea (*Daphnia magna*), 48 h): 3,600 mg/l  
 EC 50 (Water flea (*Daphnia magna*), 48 h): > 1,000 mg/l

Acrilonitrilo EC 50 (Water flea (*Daphnia magna*), 48 h): 7.38 - 12.56 mg/l  
 EC 50 (Brine shrimp (*Artemia salina*), 48 h): 12.58 - 14.12 mg/l  
 LC 50 (Water flea (*Daphnia magna*), 48 h): 6.2 - 10 mg/l

**Peligros crónicos para el medio ambiente acuático:**

**Pez**

**Producto:** No hay datos disponibles.

**Sustancia(s) específica(s):**

Acetonitrilo NOAEL (*Oryzias latipes*, 21 d): 102 mg/l  
 LOAEL (*Oryzias latipes*, 21 d): > 102 mg/l  
 LC 50 (*Oryzias latipes*, 7 d): > 102 mg/l  
 LC 50 (*Oryzias latipes*, 21 d): > 102 mg/l  
 LC 50 (*Oryzias latipes*, 14 d): > 102 mg/l

Acrilonitrilo LOAEL (*Pimephales promelas*, 30 d): 0.34 mg/l  
 NOAEL (*Pimephales promelas*, 30 d): 0.17 mg/l

**Invertebrados Acuáticos**

**Producto:** No hay datos disponibles.

**Sustancia(s) específica(s):**

Acetonitrilo	NOAEL (Daphnia magna, 21 d): 160 mg/l EC 50 (Daphnia magna, 21 d): > 960 mg/l LOAEL (Daphnia magna, 21 d): 320 mg/l
Acrilonitrilo	LOAEL (Daphnia magna, 21 d): > 4 mg/l LOAEL (Daphnia magna, 14 d): > 4 mg/l NOAEL (Daphnia magna, 21 d): 0.5 mg/l NOAEL (Daphnia magna, 14 d): 2 mg/l

**Toxicidad para las plantas acuáticas**

**Producto:** No hay datos disponibles.

**Persistencia y degradabilidad**

**Biodegradación**

**Producto:** No existen datos sobre la degradabilidad del producto.

**Relación Entre DBO/DQO**

**Producto:** No hay datos disponibles.

**Potencial de bioacumulación**

**Factor de Bioconcentración (FBC)**

**Producto:** No hay datos disponibles sobre la bioacumulación.

**Coefficiente de reparto n-octanol/agua (log Kow)**

**Producto:** No hay datos disponibles.

**Sustancia(s) específica(s):**

Acetonitrilo	Log Kow: -0.34
Acrilonitrilo	Log Kow: 0.25

**Movilidad en el suelo:**

El producto es parcialmente soluble en agua. Puede dispersarse en el medio ambiente acuático.

**Otros efectos adversos:**

Los componentes del producto no están clasificados como peligrosos para el medio ambiente. Sin embargo, esto no impide la posibilidad de que los vertidos grandes o frecuentes puedan tener un efecto nocivo o perjudicial en el medio ambiente.

**13. Información relativa a la eliminación de los productos**

**Instrucciones para la eliminación:**

Las actividades de descarga, tratamiento o eliminación pueden estar sujetas a leyes nacionales, estatales o locales.

**Envases contaminados:**

Los recipientes vacíos pueden contener restos del producto, es preciso seguir las advertencias de la etiqueta incluso después de vaciarse el recipiente. Los vapores residuales pueden explotar en caso de ignición; no cortar, taladrar, triturar o soldar sobre este recipiente o cerca del mismo.

**14. Información relativa al transporte**

**SCT**

Número ONU:	UN 1648
Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:	ACETONITRILLO
Clase(s) relativas al transporte	
Clase:	3
Etiqueta(s):	3
Grupo de embalaje/envase, cuando aplique:	II
Peligros para el medio ambiente:	No
Precauciones especiales para el usuario:	No determinado.

**IATA**

Número ONU:	UN 1648
Designación oficial de transporte:	Acetonitrilo
Clase(s) relativas al transporte:	
Clase:	3
Etiqueta(s):	3
Grupo de embalaje/envase, cuando aplique:	II
Peligros para el medio ambiente:	No
Precauciones especiales para el usuario:	No determinado.

**IMDG**

Número ONU:	UN 1648
Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:	ACETONITRILE
Clase(s) relativas al transporte	
Clase:	3
Etiqueta(s):	3
EmS No.:	F-E, S-D
Grupo de embalaje/envase, cuando aplique:	II
Peligros para el medio ambiente:	No
Precauciones especiales para el usuario:	No determinado.

Transporte a granel con arreglo al anexo II de MARPOL y al Código IBC: No aplicable

**15. Información sobre la reglamentación**

Disposiciones específicas sobre seguridad, salud y medio ambiente para el producto de que se trate

**México. ACUERDO** por el que se determina el listado de sustancias sujetas a reporte de competencia federal para el registro de emisiones y transferencia de contaminantes

Identidad química	Umbral de reporte de fabricación, proceso o uso (kg/año)	Umbral de reporte de emisión (Kg/año)
Acilonitrilo	2500 kg.	100 kg.

**México. DECRETO** por el que se expide la Ley Federal para el Control de Sustancias Químicas Susceptibles de Desvío para la Fabricación de Armas Químicas, Apéndice 1: Listado nacional sustancias químicas

No se aplica

México. Norma oficial mexicana NOM-001-ECOL-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales  
Ninguno/a

México. Sustancias peligrosas (NOM-028-STPS-2012, Sistema para la administración del trabajo-Seguridad en los procesos y equipos críticos que manejen sustancias químicas peligrosas, Apéndice A, Tabla A.I)  
Acronitrilo Valor umbral: 4600. kg

México. Lista de Estupefacientes (Ley General de Salud, del 7 de Febrero de 1984, Artículos 234 y 239)  
No se aplica

México. Drogas Psicotrópicas (Ley General de Salud, del 7 de Febrero de 1984, Artículos 245 y 254 Bis)  
No se aplica

**Situación en el inventario:**

AICS:	De conformidad con el inventario
DSL:	De conformidad con el inventario
EU INV:	De conformidad con el inventario
ENCS (JP):	De conformidad con el inventario
IECSC:	De conformidad con el inventario
KECI (KR):	De conformidad con el inventario
PICCS (PH):	De conformidad con el inventario
TSCA:	De conformidad con el inventario
NZIOC:	De conformidad con el inventario
ISHL (JP):	De conformidad con el inventario
INSQ:	De conformidad con el inventario
TCSI:	De conformidad con el inventario

**16. Otras informaciones, incluida información sobre la fecha de preparación o última revisión de la HDS**

**Clasificación del grado de riesgo según NFPA**



Clase de peligro: 0 – Mínimo; 1 - Leve; 2 - Moderado; 3 - Serio; 4 – Grave; RNP - Sin clasificación posible

La fecha de emisión: 07-17-2019  
 Información sobre la revisión: No hay datos disponibles.

SDS\_MX - SDSMIX000978

11/12

<b>Versión #:</b>	1.3
<b>Fuente de información:</b>	Para la preparación de esta ficha de datos de seguridad se emplearon una o más de las siguientes fuentes de información: resultados de estudios toxicológicos propios o realizados por proveedores, información de la Red de Datos de Toxicología (Toxicology Data Network, TOXNET), expedientes de sustancias de la Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas (ECHA), monografías del CIIC, datos del Programa Toxicológico Nacional de los Estados Unidos, la Agencia de Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades, fichas de datos de seguridad de otros fabricantes y demás fuentes relevantes.
<b>Información adicional:</b>	No hay datos disponibles.
<b>Cláusula de exención de responsabilidad:</b>	La información proporcionada en esta Ficha de Datos de Seguridad (FDS) ha sido preparada en función de los datos considerados precisos a la fecha de emisión de esta FDS. EN LA MAYOR MEDIDA PERMITIDA POR LA LEY, AVANTOR PERFORMANCE MATERIALS ("AVANTOR") EXPRESAMENTE RENUNCIA A CUALQUIERA Y TODAS REPRESENTACIONES Y GARANTÍAS RELATIVAS A LA INFORMACIÓN AQUÍ CONTENIDA, INCLUYENDO, SIN LIMITACIÓN, SU VERACIDAD, COMPLETITUD, ADECUACIÓN PARA UN PROPÓSITO O USO, MERCANTIBILIDAD, INVOLABILIDAD, RENDIMIENTO, SEGURIDAD, APTITUD Y ESTABILIDAD. Presente FDS ha sido concebido como una guía para un personal apropiadamente entrenado para facilitar el uso, manejo, almacenamiento y deshecho del producto al que se refiere, y no intenta ser un documento exhaustivo. Se les aconseja a los usuarios de los productos de Avantor que realicen sus propias pruebas y que se guíen por su propio juicio para determinar la seguridad, adecuación y el uso, manejo, almacenamiento y deshecho apropiado de cualquier producto y combinación de productos de acuerdo a sus objetivos y usos. EN LA MAYOR MEDIDA PERMITIDA POR LA LEY, AVANTOR RENUNCIA A CUALQUIER RESPONSABILIDAD POR, Y EL COMPRADOR USANDO LOS PRODUCTOS DE AVANTOR CONFIRMA QUE BAJO NINGUNAS CIRCUNSTANCIAS AVANTOR SERÁ RESPONSABLE POR, LOS DAÑOS ESPECIALES, INDIRECTOS, FORTUITOS, PUNITIVOS O DERIVADOS DE CUALQUIER TIPO, INCLUYENDO SIN LIMITACIÓN, LA PÉRDIDA DE BENEFICIOS, DAÑOS A LA REPUTACIÓN, RETIRADAS DEL PRODUCTO O INTERRUPTIÓN EN EL FUNCIONAMIENTO DEL NEGOCIO.

<b><u>MATRIZ DE CONSISTENCIA</u></b>						
<b><u>TITULO: “Evaluación de tratamiento fotocatalítico con dióxido de titanio tipo rutilo para la degradación de clorpirifos en una solución modelo”</u></b>						
<b><u>PROBLEMA</u></b>	<b><u>OBJETIVO</u></b>	<b><u>HIPOTESIS</u></b>	<b><u>VARIABLES E INDICADORES</u></b>			
			<b>VARIABLE</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ITEMS / NIVELES Y RANGOS</b>
<b><u>Pregunta General</u></b> ¿Permitirá el tratamiento fotocatalítico con dióxido de titanio tipo rutilo degradar el Clorpirifos de una solución modelo?	<b><u>Objetivo General</u></b> Evaluar la degradación de Clorpirifos de una solución modelo mediante el tratamiento fotocatalítico con dióxido de titanio tipo rutilo.	<b><u>Hipótesis General</u></b> El tratamiento fotocatalítico con dióxido de titanio tipo rutilo permite degradar significativamente el Clorpirifos de una solución modelo.	Fotocatálisis con TiO <sub>2</sub>	Condiciones de tratamiento	Tiempo de tratamiento Concentración de TiO <sub>2</sub>	minutos mg/L
<b><u>Preguntas Específicas</u></b> ¿Cuál será el diseño del reactor fotocatalítico utilizando dióxido de titanio tipo rutilo para	<b><u>Objetivos Específicos</u></b> Diseñar el reactor fotocatalítico utilizando dióxido de titanio tipo rutilo para la degradación del	<b><u>Hipótesis específicas</u></b> El diseño de un reactor fotocatalítico utilizando dióxido de titanio tipo rutilo permite degradar significativamente el	Degradación de Clorpirifos	Concentración	Porcentaje de degradación de Clorpirifos	%

<p>la degradación del Clorpirifos en una solución modelo?</p> <p>¿Cuál será la concentración óptima de dióxido de titanio tipo rutilo en el tratamiento fotocatalítico para la degradación del Clorpirifos en una solución modelo?</p> <p>¿Cuál será el tiempo óptimo de degradación de Clorpirifos mediante el tratamiento fotocatalítico utilizando dióxido de titanio tipo rutilo?</p> <p>¿Cuál será el tiempo óptimo de degradación de Clorpirifos mediante fotólisis?</p>	<p>Clorpirifos en una solución modelo.</p> <p>Determinar la concentración óptima de dióxido de titanio tipo rutilo en el tratamiento fotocatalítico para la degradación de Clorpirifos en una solución modelo.</p> <p>Determinar el tiempo óptimo de degradación de Clorpirifos en una solución modelo mediante el tratamiento fotocatalítico con dióxido de titanio tipo rutilo.</p> <p>Determinar el tiempo óptimo de degradación de Clorpirifos mediante fotólisis.</p>	<p>Clorpirifos de una solución modelo.</p> <p>La concentración óptima de dióxido de titanio tipo rutilo en el tratamiento fotocatalítico es de 500 mg/L, el cual permite reducir significativamente el Clorpirifos de una solución modelo.</p> <p>El tiempo óptimo de degradación de Clorpirifos utilizando el tratamiento fotocatalítico con dióxido de titanio tipo rutilo se reduce significativamente a los 90 minutos.</p> <p>El tiempo óptimo de degradación de Clorpirifos mediante fotólisis es de 90 minutos.</p>				
--	--	--	--	--	--	--

<p>¿Cuál será la eficiencia entre la fotólisis y fotocatalisis con dióxido de titanio tipo rutilo para la degradación de Clorpirifos en una solución modelo?</p>	<p>Comparar la eficiencia de la fotólisis y el tratamiento fotocatalítico con dióxido de titanio tipo rutilo para la degradación de Clorpirifos.</p>	<p>El tratamiento fotocatalítico utilizando dióxido de titanio tipo rutilo permite significativamente ser más eficiente que la fotólisis para la degradación de Clorpirifos en una solución modelo.</p>				
<p><b><u>METODOLOGIA</u></b></p>						
<p><b><u>Tipo de investigación:</u></b> Experimental – Pre Experimental</p>	<p><b><u>Diseño de la Investigación:</u></b> Diseño de Pre Prueba / Post Prueba con un solo grupo <b>G</b> → <b>O<sub>1</sub></b> → <b>X</b> → <b>O<sub>2</sub></b> <b>Grupo</b> = Grupo de sujetos o casos <b>X</b> = Tratamiento o estímulo (aplicación de la fotocatalisis con dióxido de titanio) <b>O</b> = Medición de los sujetos de un grupo <b>O<sub>1</sub></b>= <b>Pre-Test</b> (muestra inicial de la solución modelo) <b>O<sub>2</sub></b>= <b>Post-Test</b> (muestra final de la solución modelo)</p>			<p><b><u>Población</u></b> La población de la presente investigación es de 4 L de solución con una concentración de 50 gr/L de Clorpirifos para un total de 36 repeticiones de fotólisis y tratamiento</p>	<p><b><u>Muestra</u></b> 4 muestras tomadas de 50 ml cada 30 minutos durante 90 minutos para cada ensayo de fotólisis, fotocatalisis con dióxido de titanio tipo rutilo en dos concentraciones de 300 mg/L y 500 mg/L respectivamente.</p>	





		fotocatalítico en concentraciones de 300 mg/L y 500 mg/L de dióxido de titanio tipo rutilo.	
--	--	---	--