



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i3>

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

***Degradación de la clorofila presente en «*Spirogyra spp.*» como bioindicador de la presencia de insecticidas***

***Degradation of the chlorophyll present in «*Spirogyra spp.*» as a bioindicator of the presence of insecticides***

***Degradação da clorofila presente em «*Spirogyra spp.*» como bioindicador da presença de inseticidas***

Juan Carlos González-García<sup>I</sup>  
[juan.gonzalez@epoch.edu.ec](mailto:juan.gonzalez@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-9066-1600>

J. A. Chilibuquina-Villacis<sup>II</sup>  
[juan.chilibuquina@epoch.edu.ec](mailto:juan.chilibuquina@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-5961-3635>

Lourdes Cumandá Carrera-Beltrán<sup>III</sup>  
[luordes.carrera@epoch.edu.ec](mailto:luordes.carrera@epoch.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-0266-4893>

**Correspondencia:** [juan.gonzalez@epoch.edu.ec](mailto:juan.gonzalez@epoch.edu.ec)

**\*Recibido:** 29 de mayo del 2022 **\*Aceptado:** 02 de junio de 2022 **\* Publicado:** 29 de julio de 2022

- I. Doctor en Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) Lima, Perú, Profesor a Tiempo Completo de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- II. Ingeniero en Biotecnología Ambiental de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Investigador particular, Riobamba, Ecuador.
- III. Magíster en Protección Ambiental de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Profesora a Tiempo Completo de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

## Resumen

Se analizó en laboratorio la sensibilidad del alga común, *Spirogyra spp.*, como bioindicador de la presencia de los insecticidas: Flecha (Diazinón), Ninja (Lambda Cyhalotrina) y Tracer (Spinosad), después de acondicionar unidades experimentales con cultivos algales se procedió a adicionar dosis en tres niveles de concentración (alta-media-baja) y verificar los cambios en las características físicas de las algas de manera especial el comportamiento de la clorofila presente en los cloroplastos estructurales del organismo en contraste con cultivos utilizados como testigos en ensayos extendidos durante 72 horas, se observaron los cambios físicos y se analizó cambios en el color, forma, tamaño y consistencia algal. Como resultados en *Spirogyra spp.*, se observó cambios en la morfología, forma y tamaño de la especie posteriores al adición de los insecticidas, así como modificaciones en el color evidenciándose la degradación física y química de la pigmentación verde característica de la clorofila en diferentes niveles, los insecticidas Ninja y Tracer son los que más afectan las estructuras funcionales de la clorofila presente en las algas verificándose por la desaparición de picos representativos del espectro de las muestras contaminadas al comparar con el de la muestra utilizada como blanco. Se concluye que, *Spirogyra spp.*, puede ser utilizada como bioindicador de la presencia de las sustancias ensayadas ya que su sensibilidad aumenta progresivamente en función de la concentración de insecticidas y tiempo de exposición a los mismos. Se recomienda realizar ensayos del alga como bioindicador en reservorios en campo para verificar el trabajo en laboratorio.

**Palabras clave:** *Spirogyra spp.*; Flecha-Diazinón; Ninja-Lambda Cyhalotrina; Tracer-Spinosad; Degradación de Clorofila; Bioindicador.

## Abstract

The sensitivity of the common algae, *Spirogyra spp.*, as a bioindicator of the presence of insecticides: Flecha (Diazinón), Ninja (Lambda Cyhalotrina) and Tracer (Spinosad) was analyzed in the laboratory. After conditioning experimental units with algal cultures, we proceeded to add doses at three concentration levels (high-medium-low) and verify the changes in the physical characteristics of the algae, especially the behavior of the chlorophyll present in the structural chloroplasts of the organism in contrast to cultures used as controls in extended tests for 72 hours, physical changes were observed and changes in color, shape, size and algal consistency were analyzed. As results in

Degradación de la clorofila presente en «*Spirogyra* spp.» como bioindicador de la presencia de insecticidas

---

*Spirogyra* spp., changes were observed in the morphology, shape and size of the species after the addition of insecticides, as well as changes in color, evidencing the physical and chemical degradation of the characteristic green pigmentation of chlorophyll at different levels. , the Ninja and Tracer insecticides are the ones that most affect the functional structures of the chlorophyll present in the algae, verified by the disappearance of representative peaks of the spectrum of the contaminated samples when compared with that of the sample used as blank. It is concluded that *Spirogyra* spp., can be used as a bioindicator of the presence of the substances tested, since its sensitivity increases progressively depending on the concentration of insecticides and the time of exposure to them. It is recommended to carry out trials of the algae as a bioindicator in reservoirs in the field to verify the work in the laboratory.

**Keywords:** *Spirogyra* spp; Flecha-Diazinón; Ninja-Lambda Cyhalotrina; Tracer-Spinosad; Chlorophyll Degradation; Bioindicator.

### Resumo

A sensibilidade das algas comuns, *Spirogyra* spp., como bioindicador da presença de inseticidas: Flecha (Diazinón), Ninja (Lambda Cyhalotrina) e Tracer (Spinosad) foi analisada em laboratório. procedeu-se a adicionar doses em três níveis de concentração (alto-médio-baixo) e verificar as mudanças nas características físicas das algas, principalmente o comportamento da clorofila presente nos cloroplastos estruturais do organismo em contraste com culturas usadas como controle em durante 72 horas, foram observadas alterações físicas e analisadas as alterações de cor, forma, tamanho e consistência das algas. Como resultados em *Spirogyra* spp., foram observadas alterações na morfologia, forma e tamanho das espécies após a adição de inseticidas, bem como alterações na coloração, evidenciando a degradação física e química da pigmentação verde característica da clorofila em diferentes níveis. , os inseticidas Ninja e Tracer são os que mais afetam as estruturas funcionais da clorofila presente nas algas, verificado pelo desaparecimento de picos representativos do espectro das amostras contaminadas quando comparado com o da amostra utilizada como branco. Conclui-se que *Spirogyra* spp., pode ser utilizado como bioindicador da presença das substâncias testadas, pois sua sensibilidade aumenta progressivamente dependendo da concentração dos inseticidas e do tempo de exposição a eles. Recomenda-se a realização de ensaios da alga como bioindicador em reservatórios em campo para verificar o trabalho em laboratório.

Degradación de la clorofila presente en «*Spirogyra spp.*» como bioindicador de la presencia de insecticidas

---

**Palavras chave:** *Spirogyra spp.*; Flecha-Diazinón; Ninja-Lambda Cyhalotrina; Tracer-Spinosad; Degradação de Clorofila; Bioindicador.

## Introducción

En países con intensa actividad agrícola, los productores hacen uso de agroquímicos en sus cultivos; entre estos los plaguicidas que se utilizan para prevenir, destruir, mitigar o repeler plagas. (Stáble, 2018, p.1)

A pesar de que existen normativas que regulan y controlan dichos químicos, son utilizados por los agricultores sin un criterio técnico; Bravo (2020, p.1) señala que existe un exceso de aplicaciones en los cultivos.

Estudios señalan que, el abuso de agroquímicos para mantener o conservar los cultivos degradan de forma directa el ambiente y pérdida de biodiversidad (Zabala et al., 2020: p.1). Según Ávila y Granda (2018: p. 41) los pesticidas son bioacumulados y, a largo plazo producen enfermedades cancerígenas debido al aumento de su concentración.

El bio monitoreo y los bioensayos son técnicas que estudian los efectos de sustancias en organismo vivos o aislados. Por ello, para controlar la contaminación acuática los bioindicadores han sido ensayados con éxito, entre los más efectivos se encuentran el uso de crustáceos como: mejillones, ostiones, almejas entre otros; además de las especies algales (Silva, 2017, p.3).

Las algas son organismos (micro o macroscópicos) acuáticos, capaces manifestar la calidad del agua debido a su sensibilidad o los cambios de su hábitat, por esto, se convierten son referente del estado ecológico de los sistemas acuáticos (Luján, 2000, p.1).

Bojorge y Cantoral (2016: p.1) mencionan que las algas tienen alta sensibilidad-respuesta a la eutrofización de aguas, por la incorporación de sustancias derivadas de actividades antropogénicas (agricultura, industria y desechos sólidos)

*Spirogyra spp.*, presenta la capacidad de captar compuestos químicos presentes en los plaguicidas, Silva (2017, p.88) determinó que es un potente bioindicador de la presencia de plaguicidas organofosforados.

Especies algales unicelulares como *Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus subspicatus*, a los cuales se les adicionó diversos plaguicidas (Riva et al., 1998: p.11); mostraron que, el plaguicida menos tóxico es el Metamidofos para *Scenedesmus* y para *Chlorella*.

Degradación de la clorofila presente en «*Spirogyra spp.*» como bioindicador de la presencia de insecticidas

---

Silva (2017, p.4), experimentó con (Curacrón, Malathión, Acefato) a diferentes concentraciones; los cultivos de *Spirogyra spp.*, y determinó la tolerancia está directamente relacionada al tiempo de exposición y las concentraciones, observándose cambios de color, cohesión y aglutinamiento

El uso de bioindicadores es una alternativa económica para evaluar bioacumulación de plaguicidas en organismos, de igual manera manifiesta de manera temprana la presencia de plaguicidas en el agua al suponer que las alteraciones físicas en *Spirogyra spp.*, sean de fácil observación.

## Materiales y métodos

### Recolección algal

Para la recolección y conservación de algas se aplicó la técnica propuesta utilizada por Silva en 2017 a su vez propuesto por Guevara, del Herbario de la Universidad de Panamá (Silva, 2017, p.26), recolección a mano en recipientes adecuados.

### Identificación algal

Para identificar morfológicamente las muestras, se utilizó 10g la especie algal en un recipiente de vidrio con tapa, se consideró la Guía de campo para la identificación de algas, Agricultura y Agroalimentación de Canadá (Silva, 2017, p.26), (Serediak y Huynh, 2006: pp.12-15), utilizado un microscopio AmScope con aumento de 40 x.

### Diseño del experimento

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar-DCA bifactorial (insecticidas-dosis) combinadas con el alga en 30 unidades experimentales resultantes más los testigos experimentales o blancos y sus respectivas repeticiones, cada una con 10 litros de agua potable y 30 gramos de alga, se adicionó suplementos nutricionales para garantizar la adaptación al medio experimental.

**Figura 1:** Combinaciones experimentales ensayadas

<b>Combinaciones experimentales</b>		
Fb <sub>1</sub>	Nb <sub>1</sub>	Tb <sub>1</sub>
Fb <sub>2</sub>	Nb <sub>2</sub>	Tb <sub>2</sub>
Fb <sub>3</sub>	Nb <sub>3</sub>	Tb <sub>3</sub>

Degradación de la clorofila presente en «*Spirogyra spp.*» como bioindicador de la presencia de insecticidas

Fm <sub>1</sub>	Nm <sub>1</sub>	Tm <sub>1</sub>
Fm <sub>2</sub>	Nm <sub>2</sub>	Tm <sub>2</sub>
Fm <sub>3</sub>	Nm <sub>3</sub>	Tm <sub>3</sub>
Fa <sub>1</sub>	Na <sub>1</sub>	Ta <sub>1</sub>
Fa <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub>	Ta <sub>2</sub>
Fa <sub>3</sub>	Na <sub>3</sub>	Ta <sub>3</sub>

**Insecticidas:** F= Flecha; N= Ninja; T=Tracer  
**Dosis:** Flecha/Ninja b=baja; m=media, a=alta; Tracer b=baja; m=media, a=alta  
**Repeticiones:** 1, 2, 3

### Ensayos de sensibilidad a insecticidas

Después del período de adaptación y crecimiento de las algas se procedió a los ensayos de sensibilidad de *Spirogyra* añadiendo los insecticidas en tres dosis (alta-media-baja) en función de las recomendaciones de las casas fabricantes y controlando condiciones ambientales y cambios físicos durante 72 horas.

**Figura 2:** Dosis experimentales ensayadas

Nombre	Principio activo	Dosis media ml/l	Dosis baja ml/l	Dosis alta ml/l
Flecha	Diazinón	10	5	20
Ninja	Lambda cyhalotrina	10	5	20
Tracer	spinosad	1	0.5	2

### Registro de manifestaciones de sensibilidad

Durante el período experimental, se observó detalladamente todo cambio físico como: color, forma, consistencia de la masa algal, para evidenciar cualquier reacción de sensibilidad a los insecticidas utilizados en *Spirogyra*. Para evidenciar los cambios en la pigmentación de las algas se definió una

Degradación de la clorofila presente en «*Spirogyra spp.*» como bioindicador de la presencia de insecticidas

escala de colores para comparar con el comportamiento de las unidades experimentales usadas como testigos, de igual manera se levantó un registro fotográfico de las manifestaciones físicas observadas.

Fuente: Silva, 2017

5	VERDE
4	VERDE AMARILLENTO
3	CAFÉ CLARO
2	CAFÉ OSCURO
1	BLANCO

Figura 3: Escala de color

### Degradación de clorofila

Por medio de cromatografía de gases (CG) con detector NPD se analizó las muestras de algas tanto de las unidades experimentales utilizadas como testigos y las expuestas a la acción de los insecticidas para la determinación de sus espectros. Se analizó la clorofila, inicialmente en muestras sin contaminar y posteriormente muestras contaminadas con los insecticidas.

### Análisis estadístico

Para el análisis estadístico fue necesario transformar datos cualitativos determinados en una escala de color a una escala numérica de acuerdo a lo realizado por Silva (2017, p.), los datos se trasladaron al programa estadístico SPSS versión 25.0 para la obtención de tablas y gráficos estadísticos, análisis de varianza y prueba de Tukey.

### Resultados y Discusión

#### Resultados muestreo

Se recolectó muestras de *Spirogyra spp.* de un reservorio de agua de riego de una zona producción agrícola seleccionando especímenes con forma consistente e intensa coloración verde, se trató de un muestreo no probabilístico.



**Figura 4:** Recolección de muestras

### Resultados de identificación de especie

Gracias a la amplificación del microscopio se fotografió el alga y se identificó morfológicamente por contrastación de imágenes de la guía de campo y consulta con expertos microbiólogos.

**Figura 5:** Identificación morfológica de especie

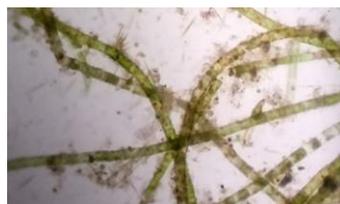
---

**Imagen guía de campo**

**Imagen muestra (40X)**

*Spirogyra* spp

---



---

De acuerdo a las imágenes amplificadas se evidencio la coincidencia con lo manifestado por (Guillén, 2013, p.24). *Spirogyra* es un alga de color verde que se caracteriza por poseer cloroplastos en forma de cinta enrollada en espiral, de ahí su nombre, pegados a la pared de las células cilíndricas y alargadas que los contienen, los tallos crecen en longitud sin ramificaciones. Tiene entre 10-100  $\mu\text{m}$  de ancho y puede medir varios centímetros de longitud.

Degradación de la clorofila presente en «Spirogyra spp.» como bioindicador de la presencia de insecticidas

## Unidades experimentales

Las unidades experimentales se colocaron en laboratorio de acuerdo a la Figura 3 incluyendo tres unidades testigos o blancos (Bf-Bn-Bt) donde no se añadió insecticidas.

**Figura 6:** Conformación unidades experimentales

Unidad experimental	Conformación de unidades																																				
	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Fb1</td> <td>Fb2</td> <td>Fb3</td> </tr> <tr> <td>Bf</td> <td>Fm1</td> <td>Fm2</td> <td>Fm3</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Fa1</td> <td>Fa2</td> <td>Fa3</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Nb1</td> <td>Nb2</td> <td>Nb3</td> </tr> <tr> <td>Bn</td> <td>Nm1</td> <td>Nm2</td> <td>Nm3</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Na1</td> <td>Na2</td> <td>Na3</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Tb1</td> <td>Tb2</td> <td>Tb3</td> </tr> <tr> <td>Bt</td> <td>Tm1</td> <td>Tm2</td> <td>Tm3</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Ta1</td> <td>Ta2</td> <td>Ta3</td> </tr> </table>		Fb1	Fb2	Fb3	Bf	Fm1	Fm2	Fm3		Fa1	Fa2	Fa3		Nb1	Nb2	Nb3	Bn	Nm1	Nm2	Nm3		Na1	Na2	Na3		Tb1	Tb2	Tb3	Bt	Tm1	Tm2	Tm3		Ta1	Ta2	Ta3
		Fb1	Fb2	Fb3																																	
	Bf	Fm1	Fm2	Fm3																																	
		Fa1	Fa2	Fa3																																	
		Nb1	Nb2	Nb3																																	
	Bn	Nm1	Nm2	Nm3																																	
		Na1	Na2	Na3																																	
		Tb1	Tb2	Tb3																																	
	Bt	Tm1	Tm2	Tm3																																	
		Ta1	Ta2	Ta3																																	

## Resultados ensayos de sensibilidad

Los ensayos de exposición a los insecticidas se aplicaron simultáneamente con una duración máxima de 72 horas, la Tablas 3, 4 y 5 muestran los principales resultados de la observación y los cambios detectados como manifestación de sensibilidad a las sustancias expuestas.

**Figura 7:** Cambios físicos registrados-exposición insecticida Flecha

### Flecha (24 horas de exposición)

Testigo-sin insecticida



Dosis baja

Dosis media

Dosis alta

Degradación de la clorofila presente en «Spirogyra spp.» como bioindicador de la presencia de insecticidas



**Insecticida Flecha (48 horas de exposición)**

Dosis baja

Dosis media

Dosis alta



**Insecticida Flecha (72 horas de exposición)**

Dosis baja

Dosis media

Dosis alta



En la Tabla 3, se evidencia enturbiamiento del agua la degradación del color verde original del alga al comparar con la muestra testigo, las coloraciones varían hasta llegar a tonalidades verde oscuras hasta coloraciones de cafés en relación directa con los tiempos de exposición y la concentración.

**Figura 8:** Cambios físicos registrados-exposición insecticida Ninja

**Ninja (24 horas de exposición)**

Testigo-sin insecticida

Degradación de la clorofila presente en «Spirogyra spp.» como bioindicador de la presencia de insecticidas

---



Dosis baja

Dosis media

Dosis alta



---

**Insecticida Ninja (48 horas de exposición)**

Dosis baja

Dosis media

Dosis alta



---

**Insecticida Ninja (72 horas de exposición)**

Dosis baja

Dosis media

Dosis alta



En la Tabla 4, se evidencia la degradación continua del color verde original del alga al comparar con la muestra testigo, las coloraciones varían hasta llegar a tonalidades verde amarillentas en relación directa con los tiempos de exposición y la concentración.

**Figura 9:** Cambios físicos registrados-exposición insecticida Tracer

---

**Insecticida Tracer (24 horas de exposición)**

---

Testigo-sin insecticida



Dosis baja



Dosis media



Dosis alta



---

**Insecticida Tracer (48 horas de exposición)**

---

Dosis baja



Dosis media



Dosis alta



---

**Insecticida Tracer (72 horas de exposición)**

---

Dosis baja



Dosis media



Dosis alta



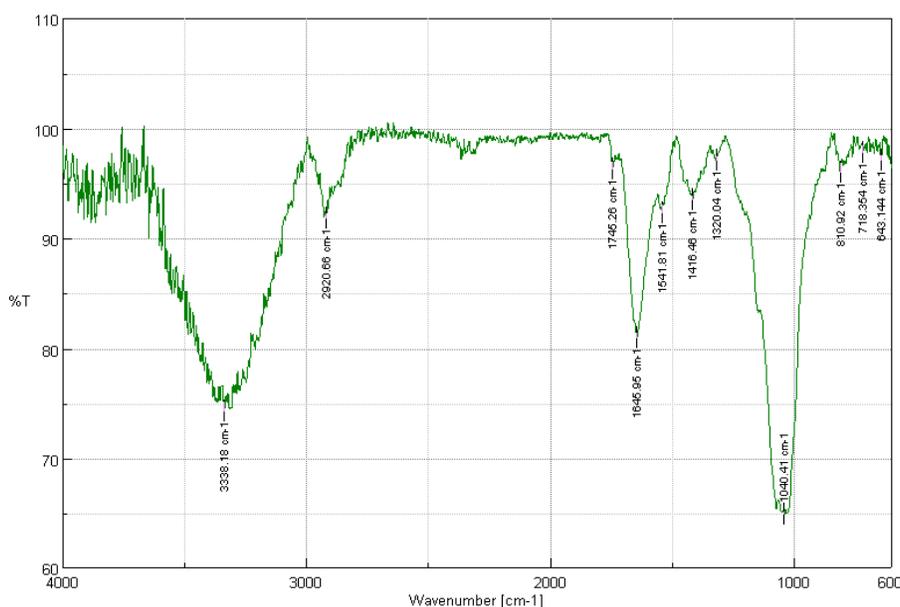
## Degradación de la clorofila presente en «*Spirogyra* spp.» como bioindicador de la presencia de insecticidas

En la Tabla 5, se evidencia la degradación del color verde original del alga al comparar con la muestra testigo, las coloraciones varían hasta llegar a tonalidades verde oscuras y café claro en relación directa con los tiempos de exposición y la concentración.

### Resultados de degradación de clorofila

#### Espectro de muestra sin insecticidas (testigo)

La Figura 4 muestra el espectro producido por el análisis de una muestra utilizada como testigo donde se evidencian los picos de los componentes presentes en la pigmentación de *Spirogyra*.



**Figura 10:** Espectro de muestra algal con sus pigmentaciones originales

Se observa los picos representativos de los grupos funcionales presentes en la estructura química de la clorofila presente en algas representadas por regiones cíclicas ( $643\text{ cm}^{-1}$ ), las cuales contienen nitrógeno. Los ciclos presentan tanto enlaces simples y dobles C-C como C-N. Los átomos de N se encuentran enlazados a átomos H. La clorofila adicionalmente contiene cadenas alifáticas con grupos funcionales  $-\text{CH}_3$  y  $-\text{CH}_2-$ , enlaces C=C, grupos C=O en ésteres y grupos funcionales de éteres ( $-\text{O}-$ ).

### Espectro de muestra expuesta a insecticida Flecha (Diazinón)

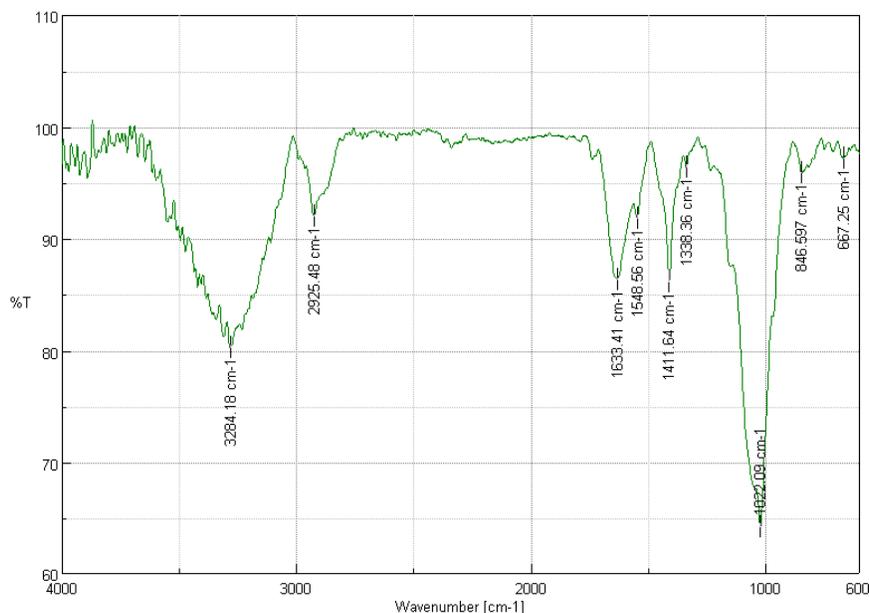


Figura 11: Espectro de muestra algal expuesta al insecticida Flecha

Se puede verificar que la estructura química base de la clorofila no ha sido modificada en gran medida, por tanto, no hubo una degradación importante. El diazinón pudo haber tomado dos rutas: una de ellas consiste en la bioacumulación en organelos celulares distintos a los cloroplastos; y la otra consiste en la reacción o asimilación completa del mismo dentro del citoplasma celular.

### Espectro de muestra expuesta a insecticida Ninja (Lambda Cyhalotrina)

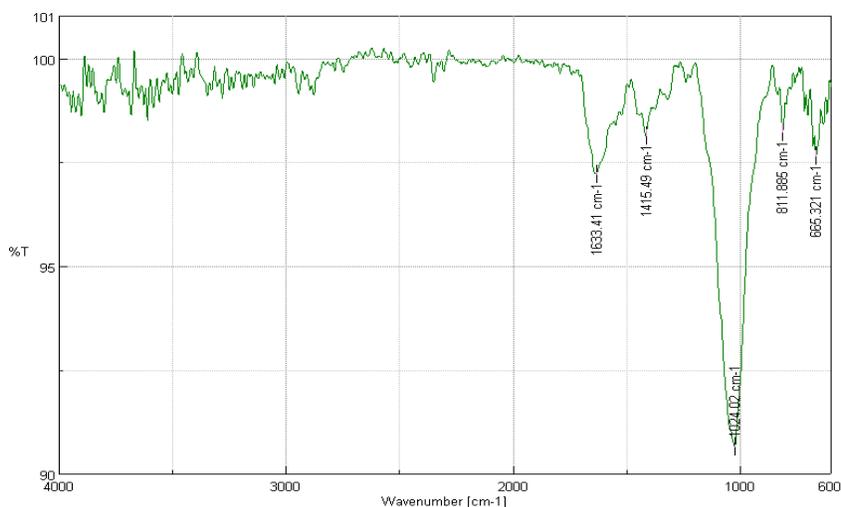
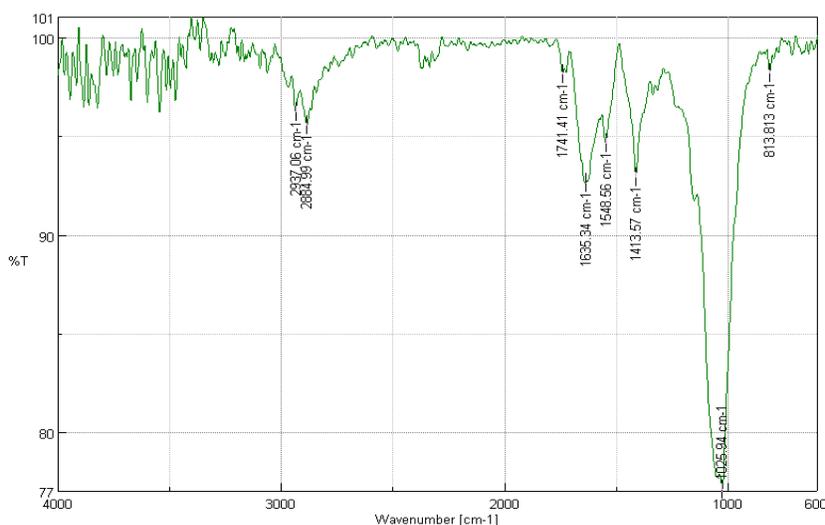


Figura 12: Espectro de muestra algal expuesta al insecticida Ninja

## Degradación de la clorofila presente en «*Spirogyra spp.*» como bioindicador de la presencia de insecticidas

Como se puede observar en la imagen, los picos superiores a  $1635\text{ cm}^{-1}$  desaparecieron, así como algunos picos por debajo de los  $1000\text{ cm}^{-1}$  en comparación a los picos correspondientes en el espectro de la clorofila testigo. Significa que la cyhalotrina se introdujo en las células del organismo algal, afectando la estructura molecular de la clorofila.

### Espectro de muestra expuesta a insecticida Tracer (Spinosad)



**Figura 13:** Espectro de muestra algal expuesta al insecticida Tracer

En la Figura 7 se puede observar que la estructura química base de la clorofila no ha sido modificada significativamente, a excepción del enlace N-H que está ausente, indicando una posible interacción o reacción entre el insecticida y la clorofila.

### Conclusiones

*Spirogyra spp.*, evidenció alta sensibilidad durante los ensayos de exposición a tres insecticidas en diferentes concentraciones, los cambios físicos especialmente en el color, apariencia y consistencia se relacionan de manera directa al tiempo de exposición ya que a las 72 horas del ensayo se apreció los mayores cambios, de igual manera, los niveles más altos de concentración degradan de manera agresiva la pigmentación verde de las algas. Los cambios de color más representativos y fácilmente perceptibles son: de verde a verde amarillento, verde a café claro, verde a café oscuro y de verde a café.

Degradación de la clorofila presente en «*Spirogyra spp.*» como bioindicador de la presencia de insecticidas

---

El insecticida Flecha cuyo principio activo es el Diazinón afecta de manera especial a la consistencia y apariencia al alga sin destruir en los tiempos experimentales las estructuras de la clorofila que de acuerdo a los espectros obtenidos no manifiestan cambio en los grupos funcionales representativos.

Ninja cuyo principio activo es la Lambda Cyhalotrina destruye la estructura funcional de la clorofila presente en los organelos celulares del alga evidenciándose en los espectros producidos en los análisis, picos de grupos funcionales pertenecientes a números de onda entre (1635 y 1000)  $\text{cm}^{-1}$  desaparecieron,

Tracer afecta parcialmente las estructuras funcionales de la clorofila presente en las algas, de acuerdo al análisis de los picos del espectro los grupos funcionales que desaparecieron fueron los de enlaces N-H.

Se concluye que, *Spirogyra spp.*, puede ser utilizada como bioindicador de la presencia de las sustancias ensayadas ya que su sensibilidad aumenta progresivamente en función de la concentración de insecticidas y tiempo de exposición a los mismos

## Referencias

1. **ÁVILA, E. y GRANDA, V.** Contaminación química y microbiológica en la represa poza honda, Santa Ana, Manabí, Ecuador 2018. 2018. Tesis Doctoral.
2. **BOJORGE, M y CANTORAL, E.** La importancia ecológica de las algas en los ríos. Hidrobiológica [online]. 2016, vol.26, n.1, pp.1-8. ISSN 0188-8897.
3. **BRAVO, R et al.** Diagnóstico de uso e impactos de plaguicidas en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) en la parroquia Riochico, cantón Portoviejo, provincia de Manabí, Ecuador. The Biologist (Lima), 2020, vol. 18, no 1.
4. **GUILLÉN, A.** Spirogyra. s.l. : Biodiversidad Virtual, 2013.
5. **LUJAN, A.** Las algas, indicadores de la calidad del agua. 2000. [en línea]. Fac. de Ciencias Exactas, Dpto. de Ciencias Naturales, UNRC. . [consulta: julio del 2021]. Disponible en: [https://www.produccion-animal.com.ar/agua\\_cono\\_sur\\_de\\_america/20-algas.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/agua_cono_sur_de_america/20-algas.pdf).
6. **RIVA, C et.al.** Toxicidad de plaguicidas organofosforados en microalgas acuáticas. 1998. [en línea]. [consulta: julio de 2021]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/6440/Article03.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Degradación de la clorofila presente en «Spirogyra spp.» como bioindicador de la presencia de insecticidas

---

7. **SILVA, N.** “Evaluación en el laboratorio de la sensibilidad de spirogyra spp. como bioindicador de los plaguicidas: Diazinon, Lambda Cyhalotrina y Spinosad”. Riobamba : ESPOCH, 2017.
8. **STÁBILE, F.** Estructura de la red trófica y presencia de plaguicidas en el sistema Laguna del Sauce: bases para el desarrollo de estrategias de biomonitoreo. 2018.
9. **ZABALA, A y al, et.** Evaluación del impacto ambiental del cultivo de la pitahaya. Cantón Palora, Ecuador : TecnoLógicas, 2020. Vol. vol. 23, no 49, págs. p. 92-107

©2022 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).