

# 31

Fecha de presentación: noviembre, 2022

Fecha de aceptación: enero, 2023

Fecha de publicación: marzo, 2023

## TOXICIDAD

DE AGUAS RESIDUALES TEXTILES EN AMBATO: EVALUACIÓN DEL CONOCIMIENTO DE DECISORES

### **TOXICITY ASSESSMENT OF TEXTILE WASTEWATER IN AMBATO: ASSESSMENT OF THE KNOWLEDGE OF DECISION-MAKERS**

María Soledad Núñez Moreno<sup>1</sup>

Email: [soledad.nunez@epoch.edu.ec](mailto:soledad.nunez@epoch.edu.ec)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7526-9870>

María del Carmen Moreno Albuja<sup>1</sup>

Email: [carmen.moreno@epoch.edu.ec](mailto:carmen.moreno@epoch.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5018-6243>

Nathaly Kassandra Moscoso Moreno<sup>2</sup>

Email: [nathaly.moscoso@unach.edu.ec](mailto:nathaly.moscoso@unach.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7128-5320>

Efraín Velasteguí López<sup>3</sup>

Email: [evelasteguil@utb.edu.ec](mailto:evelasteguil@utb.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7353-5853>

<sup>1</sup> Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador.

<sup>3</sup> Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador.

#### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Núñez Moreno, M. S., Moreno Albuja, M. C., Moscoso Moreno, N. K. & Velasteguí López, E. (2023). Toxicidad de aguas residuales textiles en Ambato: evaluación del conocimiento de decisores. *Revista Universidad y Sociedad*, 15(2), 306-315.

#### RESUMEN

La industria textil es la responsable del 20% del agua contaminada del mundo. Las aguas residuales que se generan como resultado de los procesos de producción textil tienen altos niveles de toxicidad dada la utilización de colorantes y aditivos textiles no biodegradables. El objetivo de la investigación desplegada consistió en evaluar el conocimiento que poseen los trabajadores que desempeñan cargos con responsabilidades en Ambato, respecto al control de la implementación de la política ambiental vigente en Ecuador. La metodología aplicada en el estudio es mixta al integrar procedimientos de los paradigmas cuantitativo y cualitativo. Se empleó, además, el procedimiento de la estadística descriptiva que permitió categorizar las escalas ordinales asociadas a escalas de intervalos. Como resultado se obtuvo que la muestra seleccionada posee un conocimiento medio de la temática en cuestión, por lo que se recomienda la capacitación de los trabajadores que desempeñan cargos decisivos.

**Palabras clave:** evaluación del conocimiento, toxicidad, aguas residuales textiles, ecosistemas acuáticos

#### ABSTRACT

The textile industry is the responsible for 20% of the polluted water of the world. The residual waters that are generated as a result of the processes of textile production has high level of given toxicity the use of coloring and textile preservatives not biodegradable. The objective of the deployed investigation consisted on evaluating the knowledge that you/they possess the workers that carry out positions with responsibilities in Ambato, regarding the control of the effective environmental politics' implementation in Ecuador. The methodology applied in the study is mixed when integrating procedures of the quantitative and qualitative paradigms. It was used, also, the procedure of the descriptive statistic that allowed to categorize the ordinal scales associated to scales of intervals. As a result it was obtained that the selected sample possesses half knowledge of the thematic one in question, for what the training of the workers is recommended that you/they carry out decisive positions.

**Keywords:** evaluation of the knowledge, toxicity, textile wastewater, aquatic ecosystems, aquatic ecosystems

## INTRODUCCIÓN

Ambato, también conocida como San Juan Bautista de Ambato, es la capital de la Provincia de Tungurahua. Se localiza al centro de la Región interandina del Ecuador, en la hoya del río Patate, atravesada por el río Ambato, a una altitud de 2580 m s. n. m. y con un clima templado andino de 15,7 °C en promedio.

Esta ciudad ecuatoriana es uno de los centros administrativos, económicos, financieros y comerciales más importantes del Ecuador. Las actividades principales de la ciudad son el comercio, la industria y la agricultura. El desarrollo de la industria, en general, se basa en las destrezas manuales de sus habitantes. De ahí que, de las 272 textiles registradas en el país, Tungurahua ocupa el segundo lugar con el 19%.

La industria textil en el Ecuador ha tenido un importante crecimiento en los últimos años. Esta industria representa más de 174 000 puestos de trabajo; es decir el 21% de los puestos de trabajo de la industria manufacturera del país (Castro, 2020). Según datos de la Asociación de Confeccionistas Textiles, 2019 (Acontex), de toda la ropa que se compra en Ecuador, el 36% sale de la industria de Tungurahua, entre pequeñas, medianas, grandes empresas, artesanos y microempresas. Tungurahua es el mayor exponente de prendas textiles a nivel nacional, asegura que solo el 5% de su producción se distribuye localmente, y que el 95% se va al resto del país (Sotomayor, 2019).

Las cifras de la Cámara de Industrias de Tungurahua en el año 2019 revelaron que esta manufactura es la tercera de la provincia en generación de empleo con 448 personas ocupadas, además, la cuarta en sueldos y salarios pagados con un millón de dólares, la quinta en generación de impuestos con 1,3 millones de dólares, la sexta industria de la provincia en producción bruta para la venta con 9,8 millones de dólares, y la octava en consumo de materias primas con 5,3 millones de dólares (Sotomayor, 2019). Estos datos demuestran la importancia de la elaboración de textiles y tejidos para el Ecuador; sin embargo, dichos beneficios no pueden obviar el posible impacto negativo que estas generan en los ecosistemas acuáticos.

La industria textil es una de las industrias con mayor consumo y contaminación de agua. Para enfatizar en el consumo de agua se hará referencia a un estudio realizado por la Universidad Politécnica de Madrid y la Fundación Botín, donde se determinó que para la producción de un pantalón vaquero son necesarios entre 2.000 y 3.000 litros de agua. Por tanto, si una persona debe beber entre 3 y 4 litros de agua diarios, entonces un vaquero consume el agua que debe beber una persona durante más de dos años.

Para enfatizar en la contaminación del agua basta con mencionar los datos de la ONU en el año 2021, que determinan que la industria textil es la responsable del 20% del agua contaminada del mundo. Ello se debe, a las aguas residuales que se generan en los procesos de producción por la utilización de muchos colorantes y aditivos textiles que son tóxicos y no biodegradables.

Son muchas las investigaciones que se han desarrollado sobre este tema y variados los resultados satisfactorios que hoy se muestran. Dos ejemplos que merecen ser reconocidos por las estrategias seguidas en aras de preservar los ecosistemas acuáticos son Levi's y H&M, dos marcas textiles reconocidas a nivel mundial.

Levi's, en 2011, introdujo una nueva tecnología que ha conseguido reutilizar y reciclar el agua, con lo que ha ahorrado, desde entonces, 4200 millones de litros de agua. Además, ha cambiado sus proveedores de algodón, y utiliza ahora un 65% de algodón procedente de fuentes más sostenibles. Para el futuro tiene dos grandes metas, se propone para el 2025, que el 100% del algodón utilizado sea de origen sostenible; y para el 2030, reducir el 50% del consumo de agua en fábricas situadas en zonas de escasez.

H&M se ha asociado con organizaciones como WWF y Solidaridad con el objetivo de reducir el consumo de agua e invierte en proyectos de innovación centrados en la sustitución de materias primas como el algodón virgen, por otras recicladas o producidas a partir de desechos. En el 2021, lanzó una colección de moda en colaboración con Colorifix, una empresa que sigue un proceso de teñido basado en bacterias. El consumo de agua en este proceso es un 68% menor a las prácticas convencionales de teñido y los tintes se producen de forma 100% natural sin contener productos tóxicos que puedan contaminar el agua.

De lo antes expuesto se infiere que son muchos los proyectos dirigidos hacia la sostenibilidad del medio ambiente, pero aún son insuficientes las acciones realizadas en este sentido, pues alrededor del 50% de colorantes y tintes terminan siendo descargados directamente por los efluentes, debido a la baja fijación y adherencia en las fibras y telas. En El Ecuador, específicamente, en Ambato, al ser una región de muchas industrias textiles, es necesario emplear metodologías de análisis y control, para determinar el impacto que causa la toxicidad de aguas residuales en los ecosistemas acuáticos y su cumplimiento legal. Por esta razón, se constituye en el objetivo del presente artículo científico: evaluar el conocimiento que poseen los trabajadores que desempeñan cargos con responsabilidades en Ambato, respecto al

control de la implementación de la política ambiental vigente en Ecuador.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se desarrolla un estudio descriptivo basado en el análisis de datos obtenidos mediante la aplicación de encuesta y entrevista y su posterior triangulación metodológica. La metodología aplicada al estudio es mixta, pues integra lo cuantitativo y lo cualitativo. Se emplearon métodos teóricos, empíricos y estadísticos. Entre ellos se pueden mencionar la encuesta y la entrevista como métodos opináticos que permitieron evaluar el conocimiento de los sujetos que constituyeron la muestra seleccionada.

Se empleó, además, el procedimiento de la estadística descriptiva que permite categorizar el conocimiento sobre la temática en cuestión que posee la muestra seleccionada en intervalos establecidos en las escalas ordinales asociadas a escalas de intervalos. Se emplearon estas escalas ordinales, ya que son las adecuadas para variables cualitativas como el conocimiento.

El estudio se llevó a cabo en las empresas textiles de la ciudad de Ambato en el Ecuador. Se realizó un muestreo estratificado multinivel, por lo cual la muestra seleccionada estuvo conformada por 42 trabajadores de 7 empresas textiles; o sea, 6 de cada una. Las empresas seleccionadas cuentan con los principales procesos en la fabricación textil: tejeduría, tintorería y acabados textiles, tienen, además, plantas de tratamiento y análisis acreditados de sus vertimientos.

Los trabajadores, debido a la función que desempeñan en sus respectivas empresas, tienen responsabilidades directas en el cumplimiento de la política ambiental. Los cargos seleccionados fueron jefe de corte, jefe de confección, jefe de planchado, jefe de mantenimiento, jefe de acabado y jefe de producción.

Los instrumentos utilizados en este estudio fueron configurados sobre la base de los indicadores siguientes: Nivel de conocimiento sobre la definición operacional de la categoría toxicidad; Nivel de conocimiento sobre la definición operacional de la categoría residuo o desecho tóxico; Nivel de conocimiento sobre la definición operacional de la categoría toxicología acuática; Nivel de conocimiento sobre los efectos de la toxicidad en los organismos; Nivel de conocimiento sobre el empleo de las pruebas de toxicidad; y Nivel de conocimiento sobre técnicas de evaluación de toxicidad.

La versión revisada fue administrada en el periodo noviembre-diciembre de 2021. Tras los análisis de fiabilidad y validez efectuados, fueron eliminados tres ítems. Se obtuvo el consentimiento informado de los decisores

incluidos en la muestra. La participación fue voluntaria, anónima y confidencial. Los cálculos fueron realizados mediante el SPSS versión 24 y AMOS versión 23

## RESULTADOS

Se realizó una entrevista de carácter individual con el objetivo de determinar el conocimiento de los jefes sobre la implementación la política ambiental en sus empresas. La encuesta tuvo como objetivo conocer los protocolos válidos para evaluar toxicidad acuática en las empresas. A continuación, se presentan ambos instrumentos con los resultados alcanzados y los datos estadísticos obtenidos.

Las preguntas de ambos instrumentos fueron abiertas, por cuanto para poder tabular las respuestas fue necesario crear una escala valorativa con tres rangos, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Matriz para el conocimiento

Tabulador	Rango
No posee conocimiento	1= bajo
Posee un conocimiento estándar	2= medio
Posee un conocimiento completo	3= alto

Fuente: elaboración propia

En la valoración del indicador; definición operacional de la categoría toxicidad, se obtienen datos cuantitativos que se exponen en la figura 1.

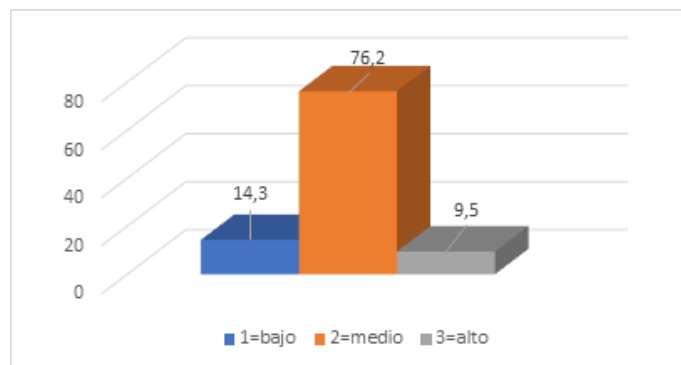


Figura 1. Resultados del indicador Nivel de conocimiento sobre la definición operacional de la categoría toxicidad

Fuente: elaboración propia

De un total de 42 integrantes de la muestra, 6 no poseen conocimiento, lo que representa 14.3 %; 32 poseen un conocimiento estándar, lo que representa un 76.2 %; y solo 4 poseen un conocimiento completo, lo que representa un 9.5 %. La valoración máxima estandarizada a partir de la cual se considera acertada y completa para esta pregunta es la siguiente.

La toxicidad es una propiedad relativa al potencial químico de una sustancia, que tiene un efecto perjudicial en un organismo vivo. Esta es función de la concentración, la composición, las propiedades del químico al cual el organismo es expuesto y de la duración de la exposición (Mayorga & Mayorga, 2017; Ortiz & Saavedra, 2022)

Otro de los indicadores incluidos en la indagación se corresponde con la definición operacional de la categoría Nivel de conocimiento sobre la categoría residuo o desecho tóxico. Los resultados obtenidos al efecto se ilustran en el gráfico de la figura 2.

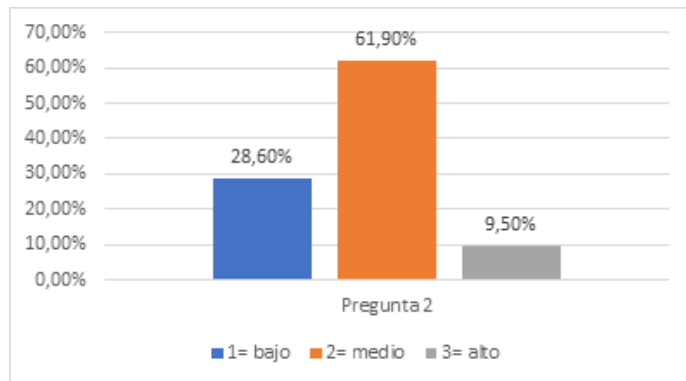


Figura 2. Resultados del indicador Nivel de conocimiento sobre la definición operacional de la categoría residuo o desecho tóxico

Fuente: elaboración propia

De un total de 42 encuestados, 12 poseen un bajo nivel de conocimiento, lo que representa 28.6 %; 26 poseen un conocimiento estándar, lo que representa un 61.9 %; y solo 4 poseen un conocimiento completo, lo que representa un 9.5 %. La valoración máxima estandarizada a partir de la cual se considera acertada y completa para esta pregunta es la siguiente.

Se considera residuo o desecho tóxico aquel que en virtud de su capacidad de provocar efectos biológicos indeseables o adversos puede causar daño a la salud humana o al ambiente. Para este efecto se consideran tóxicos los residuos o desechos que se clasifican de acuerdo con los criterios de toxicidad agudos, crónicos y ecotóxicos (Arias & Ávila, 2015; Carreño et al., 2018).

En la indagación realizada, otro de los indicadores considerados consistió en el Nivel de conocimiento sobre la definición operacional de la categoría toxicología acuática. Los resultados al respecto se presentan en la figura 3.

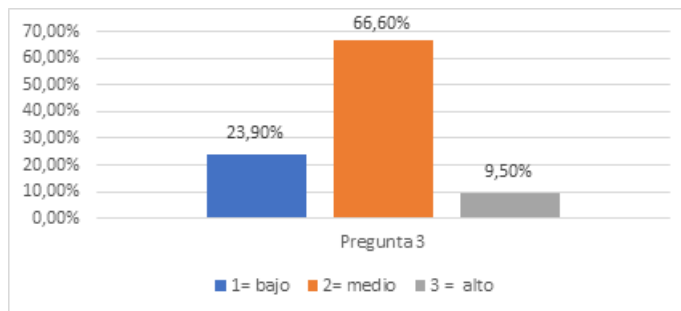


Figura 3. Resultados del indicador Nivel de conocimiento sobre la definición operacional de la categoría toxicología acuática

Fuente: elaboración propia

De un total de 42 encuestados, 10 poseen un bajo nivel de conocimiento, lo que representa 23.9 %; 28 poseen un conocimiento estándar, lo que representa un 66.7 %; y solo 4 poseen un conocimiento completo, lo que representa un 9.5 %. La valoración máxima estandarizada a partir de la cual se considera acertada y completa para esta pregunta es la siguiente.

La toxicología acuática es el estudio cualitativo y cuantitativo de los efectos adversos o tóxicos de las sustancias químicas u otros materiales antropogénicos y xenobióticos en los organismos acuáticos a varios niveles de organización, desde subcelular, pasando por organismos individuales, hasta comunidades y ecosistemas (García, 2020; Tejada, 2022).

El indicador Nivel de conocimiento sobre los efectos de la toxicidad en los organismos fue valorado en la investigación realizada, en el que se alcanzaron los resultados que se exponen en la figura 3.

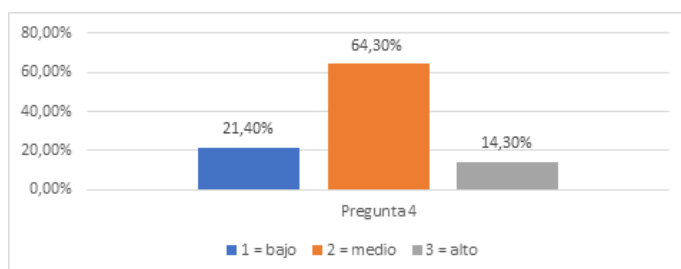


Figura 4. Resultados del indicador Nivel de conocimiento sobre los efectos de la toxicidad en los organismos

Fuente: elaboración propia

De un total de 42 encuestados, 9 poseen un bajo nivel de conocimiento, lo que representa 21.4 %; 27 poseen un conocimiento estándar, lo que representa un 64.3 %; y solo 6 poseen un conocimiento completo, lo que representa

un 14.3 %. La valoración máxima estandarizada a partir de la cual se considera acertada y completa para esta pregunta es la siguiente.

La toxicidad en los organismos incluye efectos letales tanto a largo como a corto plazo, y efectos subletales, como cambios en el crecimiento, el desarrollo, la reproducción y el comportamiento (Ramos et al., 2018).

Otro de los indicadores incluidos en la pesquisa realizada constituyó el nivel de conocimiento sobre el empleo de las pruebas de toxicidad; los resultados obtenidos de su medición se presentan en la figura 4.

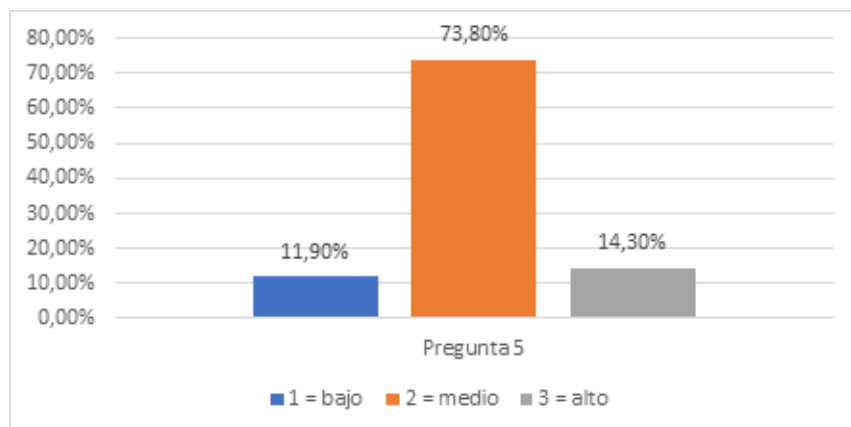


Figura 5. Resultados del indicador Nivel de conocimiento sobre el empleo de las pruebas de toxicidad

Fuente: elaboración propia

De un total de 42 encuestados, 5 poseen un bajo nivel de conocimiento, lo que representa 11.9 %; 31 poseen un conocimiento estándar, lo que representa un 73.8 %; y solo 6 poseen un conocimiento completo, lo que representa un 14.3 %. La valoración máxima estandarizada a partir de la cual se considera acertada y completa para esta pregunta es la siguiente.

Las pruebas de toxicidad son usadas para evaluar los efectos adversos de un químico en organismos vivos bajo condiciones estandarizadas y reproducibles que permiten la comparación con otros químicos o especies evaluadas (Rodríguez, 2020).

El nivel de conocimiento sobre técnicas de evaluación de toxicidad fue otro de los indicadores sometidos a valoración por parte de los integrantes de la muestra. Los resultados de la medición de este indicador se exponen en la figura 5.

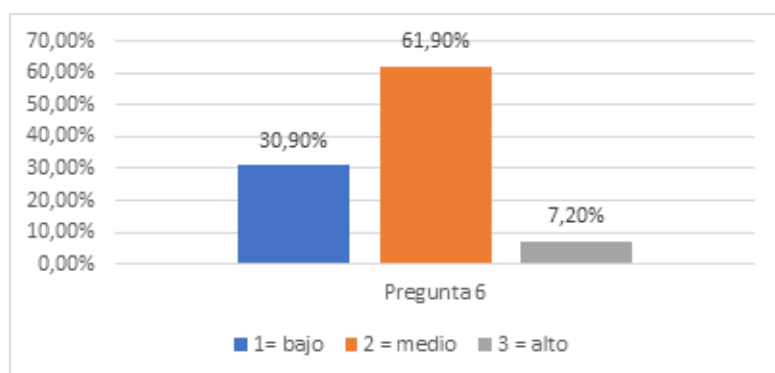


Figura 6. Resultados del indicador Nivel de conocimiento sobre técnicas de evaluación de toxicidad

Fuente: elaboración propia

De un total de 42 encuestados, 13 poseen un bajo nivel de conocimiento, lo que representa 30.9 %; 26 poseen un conocimiento estándar, lo que representa un 61.9 %; y solo 3 poseen un conocimiento completo, lo que representa un

7.1 %. La valoración máxima estandarizada a partir de la cual se considera acertada y completa para esta pregunta es la siguiente.

Existen varias técnicas de evaluación de toxicidad que utilizan organismos de diferentes niveles tróficos que van desde bacterias, protozoos, crustáceos, hasta animales mayores como ranas, peces, ratas, ratones, células de humanos, entre otros (Ordóñez, 2007; Tejada, 2022).

Una vez analizados los datos derivados de la aplicación de la encuesta, se integraron para su comparación y contrastación en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados cuantitativos de la encuesta

Escaleta	P1	%	P2	%	P3	%	P4	%	P5	%	P6	%
Alto = 3	4	9.5	4	9.5	4	9.5	6	14.3	6	14.3	3	7.2
Medio = 2	32	76.2	26	61.9	28	66.6	27	64.3	31	73.8	26	61.9
Bajo = 1	6	14.3	12	28.6	10	23.9	9	21.4	5	11.9	13	30.9
<b>Total</b>	<b>42</b>	<b>100</b>	<b>42</b>	<b>100</b>	<b>42</b>	<b>100</b>	<b>42</b>	<b>100</b>	<b>42</b>	<b>100</b>	<b>42</b>	<b>100</b>
Evaluación	2		2		2		2		2		2	
Categoría	Medio											

Fuente: elaboración propia

Los resultados obtenidos en la aplicación de la encuesta corroboraron que el conocimiento de la muestra seleccionada sobre la temática abordada de se encuentra en un nivel medio. Los datos estadísticos procesados se muestran en la tabla anterior.

Una vez analizados los datos derivados de la aplicación de la encuesta y valorada la información resultante, se aplicó una entrevista a profundidad a los decisores incluidos en la muestra. Como primer aspecto se preguntó sobre los protocolos válidos para evaluar la toxicidad acuática, según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:2013 para calidad de agua. Los resultados se presentan en la figura 6.

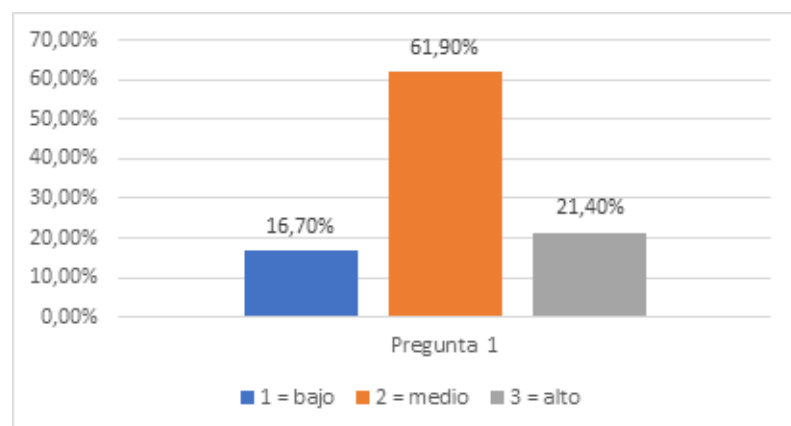


Figura 7. Protocolos válidos para evaluar la toxicidad acuática

Fuente: elaboración propia



De un total de 42 encuestados, 7 poseen un bajo nivel de conocimiento, lo que representa 16.7 %; 26 poseen un conocimiento estándar, lo que representa un 61.9 %; y solo 9 poseen un conocimiento completo, lo que representa un 21.4. La distribución de las respuestas en este ítem se presenta en la figura 7.

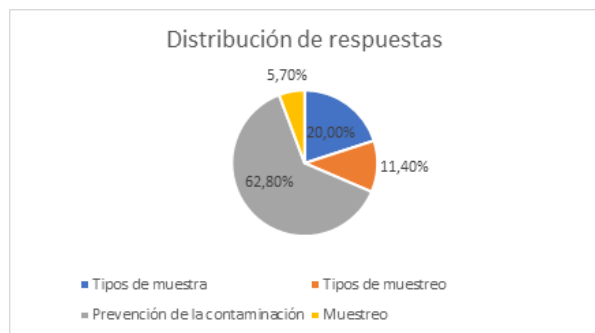


Figura 8. Distribución de las respuestas sobre protocolos válidos

Fuente: elaboración propia

En la figura 8 se observa que de los 35 encuestados que respondieron la pregunta 1, hicieron alusión a la prevención de la contaminación 22, lo que representa 62,80 %; o sea más de la mitad de la muestra seleccionada. Por otro lado, es válido señalar que ninguno se refirió al rotulado que constituye un elemento de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:2013 para calidad de agua.

El siguiente ítem estuvo relacionado con las técnicas para determinar toxicidad en aguas residuales industriales contaminadas con colorantes y pigmentos. En el gráfico de la figura 9 se exponen los resultados en este ítem.

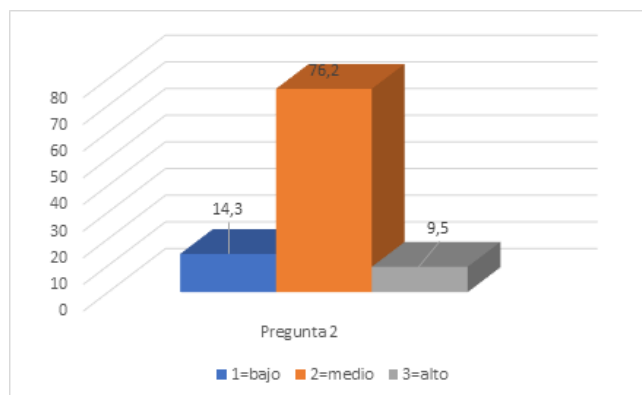


Figura 9. Técnicas para determinar toxicidad en aguas residuales industriales contaminadas con colorantes y pigmentos

Fuente: elaboración propia

De un total de 42 encuestados, 6 poseen un bajo nivel de conocimiento, lo que representa 14.3 %; 32 poseen un conocimiento estándar (pues solo mencionaron 5 o menos de las técnicas reconocidas), lo que representa un 76.2 %; y solo 4 poseen un conocimiento completo, lo que representa un 9.5 %. En la tabla 3 se presentan los resultados cuantitativos según las respuestas obtenidas.

Tabla 3. Resultados del ítem referido a las técnicas para determinar toxicidad en aguas residuales industriales

Técnica para determinar toxicidad en aguas residuales industriales contaminadas con colorantes y pigmentos	Cantidad de encuestados que la mencionan	%
Toxicidad aguda para Daphnia	36	100
Bioluminiscencia bacterial	21	58.3
Inhibición de crecimiento de algas	30	83.3

Medición de toxicidad con <i>Allium cepa</i>	27	75.0
Medición de toxicidad con <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	6	16.7
Medición de toxicidad con <i>Drosophila melanogaster</i>	7	19.4
Medición de toxicidad con <i>Xenopus laevis</i>	17	47.2
Pruebas de toxicidad con peces	36	100

Fuente: elaboración propia

En la tabla 3 se observa que de los 36 encuestados que respondieron la pregunta 2, el 100 % hizo alusión a la toxicidad aguda para *Daphnia* y a las pruebas de toxicidad con peces. Por otro lado, es válido señalar que menos de la mitad de quienes respondieron la pregunta mencionaron la medición de toxicidad con *Saccharomyces cerevisiae* y la medición de toxicidad con *Drosophila melanogaster*.

El último ítem considerado en la entrevista se correspondió con las alternativas de solución para el tratamiento de efluentes textiles cuyos resultados se exponen en el gráfico de la figura 9.

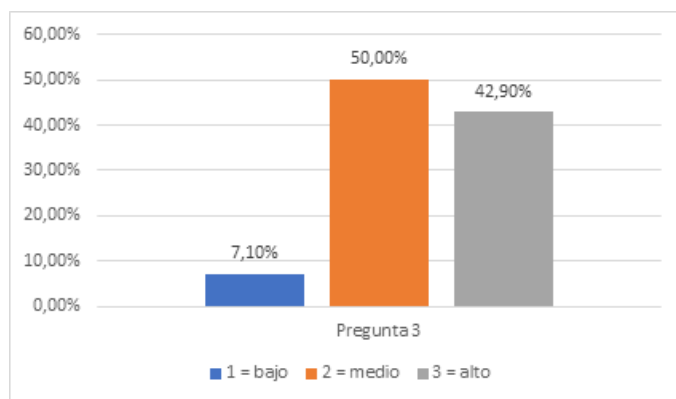


Figura 9. Alternativas de solución para el tratamiento de efluentes textiles

Fuente: elaboración propia

De un total de 42 encuestados, 3 poseen un bajo nivel de conocimiento, lo que representa 7.10 %; 21 poseen un conocimiento estándar (pues solo mencionaron 2 alternativas), lo que representa un 50 %; y 18 poseen un conocimiento completo, lo que representa un 42.9 %. En la actualidad existen diferentes alternativas de solución para el tratamiento de efluentes textiles como: oxidación con reactivo de fenton, tratamiento con ozono, degradación fotoquímica, degradación electroquímica, entre otros. Los resultados obtenidos en la aplicación de la entrevista corroboraron que el conocimiento de la muestra seleccionada sobre la temática abordada de se encuentra en un nivel medio.

## DISCUSIÓN

El agua contribuye a la estabilidad del funcionamiento del entorno y de los seres y organismos que en él habitan, siendo un elemento indispensable para ellos. Este líquido interviene en la mayor parte de los procesos metabólicos que se realizan en los seres vivos; además interviene de manera fundamental en el proceso de fotosíntesis de las plantas y es el hábitat de una gran variedad especies (Larramendi et al., 2021).

Por esa razón, la contaminación del agua es uno de los mayores problemas ambientales. Se considera que la fragilidad de los ecosistemas acuáticos impacta destructivamente a la biodiversidad, cuya biota local concentra comunidades ecológicas únicas (Cusiche & Miranda, 2019).

Los cuerpos de agua se están viendo afectados por los vertimientos contaminantes de las industrias que utilizan colorantes y pigmentos, ya que es una alteración a los sistemas acuáticos por la interferencia del paso de la luz y las partículas potencialmente tóxicas que tienen efectos, no solo sobre los organismos acuáticos, sino también posibles efectos indirectos en la salud humana (Agudelo et al., 2018).

En la actualidad, la contaminación de los hábitats acuáticos es un fenómeno universal, el cual es particularmente más serio en los países en desarrollo, debido a la descarga de las aguas residuales industriales sin tratar o parcialmente tratadas dentro de ellos. La relativamente alta toxicidad de las aguas residuales industriales sobre los organismos vivos, especialmente las plantas, es de mayor preocupación; ya que estas limpian los sistemas acuáticos (Sharma, 2014).

Con el objetivo de controlar la referida contaminación, las empresas textiles aplican diversas estrategias que, en su mayoría, logran minimizar el impacto negativo que los desechos generan en los ecosistemas acuáticos. Un ejemplo es el uso de los métodos de diagnóstico por bioindicadores, utilizan ensayos crónicos y agudos, que permiten evaluar la ecotoxicidad de los efluentes a analizar.

La relación entre la concentración de los contaminantes en el ambiente y las respuestas de los organismos



expuestos a estos contaminantes en condiciones de laboratorio permite obtener un valor ecotoxicológico de referencia. Dicha relación es relevante para los estudios de riesgo medioambiental, ya que, es un indicativo de alarma para los organismos en su hábitat (Díaz et al., 2022).

Los bioindicadores permiten demostrar el efecto o el impacto de factores externos en un ecosistema y su desarrollo, en períodos de tiempo cortos como largos. Son importantes debido a que, por medio de estos organismos vivos, se puede determinar alteraciones y variaciones provocadas por procesos naturales o por la actividad antropogénica, de una manera efectiva y más rápida a la hora de actuar en pro de la conservación de los recursos naturales. La versatilidad que muestran estos organismos es importante, debido a que se pueden manipular las condiciones a las que son sometidas, y determinar la respuesta en función de la adaptación o la muerte de estos organismos, que posteriormente marcará el efecto a futuro, en el funcionamiento del ecosistema (Ocampo & Botero, 2010).

El ensayo con *Daphnia magna* es un método adecuado para la evaluación de la toxicidad acuática de tintes y colorantes que contienen los efluentes industriales ya que la toxicidad para las *Daphnias* indica la posibilidad de daños a los ecosistemas receptores. Hay que tener en cuenta que el tamaño de los pigmentos suspendidos en la muestra de agua puede obstruir el tracto respiratorio de estos crustáceos y que, en un medio con tensoactivos, la formación de espuma también puede generar su mortalidad, lo cual puede referir a una especie de toxicidad física (Agudelo et al., 2018).

Desde otra perspectiva, por interés de la propia industria textil, entre las obras a ejecutar en un período a corto plazo, se encuentra el uso de plantas de tratamiento que minimice las concentraciones de los contaminantes presentes en el agua residual, según lo establecido el plan de acción medioambiental, con un posible reúso del recurso en otras actividades (Romero et al., 2016).

En este sentido, es importante señalar que las máquinas con las que se realizan los procesos productivos y que originan el vertimiento son las mismas usadas para diferentes tipos de productos, por lo cual, es difícil hacer una separación de los drenajes con el fin de dosificar los químicos dependiendo del tipo de colorante usado. Por esta razón, es recomendable dirigir el uso de los colorantes y productos por tipo en días específicos o tandas de colores y de esta manera disminuir la variabilidad del afluente, haciendo más fácil la dosificación química (Espejo, 2019; Leiva, 2020).

## CONCLUSIONES

La toxicidad de aguas residuales textiles ocasiona daño a diferentes organismos vivos presentes en los ecosistemas. Los efectos tóxicos agudos se presentan frente a una exposición a corto plazo, siendo severos o mortales. Algunos de estos efectos son cambios en el crecimiento, el desarrollo, la reproducción y el comportamiento de los organismos acuáticos.

El estudio descriptivo realizado con el objetivo de evaluar el conocimiento que poseen los trabajadores que desempeñan cargos con responsabilidades en Ambato, respecto al control de la implementación de la política ambiental vigente en Ecuador muestran que aún existen insuficiencias en el conocimiento de los directivos de las empresas textiles sobre la implementación del marco legal ambiental, lo que determina que no se toman todas las medidas para disminuir la toxicidad de aguas residuales generadas a partir del uso de pigmentos y colorantes en la producción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agudelo, E. A. et al. (2018). Técnicas para determinar toxicidad en aguas residuales industriales contaminadas con colorantes y pigmentos. *Revista DYNA*, 85(207), pp. 316-327.
- Arias, J. A. y Ávila, A. G. (2015). *Propuestas de políticas e indicadores de gestión ambiental aplicado a las empresas de sector textil, prendas de vestir y cuero FHASION LANA CÍA. LTDA*. [trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera en Contabilidad y Contaduría, Universidad Politécnica Salesiana] Repositorio Institucional: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7980>
- Carreño, C. et al. (2018). Evaluación de la toxicidad de los sedimentos del curso alto del río Lerma, México. *Revista Internacional Contaminación Ambiental* 34 (1), pp 117-126.
- Castro, J. J. (2020). *Evaluación de distintos métodos de reducción de sólidos totales en la planta de tratamiento de aguas residuales de la industria Textil San Pedro*. [tesis de maestría, Universidad San Francisco de Quito USFQ]. Repositorio Institucional: <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/9234>
- Cusiche, L. F. y Miranda, G. A. (2019). Contaminación por aguas residuales e indicadores de calidad en la reserva nacional 'Lago Junín', Perú. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(6).

- Díaz, Y. et al. (2022). Evaluación de la toxicidad y biodegradabilidad de un fluido base agua para su disposición final. *Revista Ingeniería Hidráulica Y Ambiental*, 43(1), pp. 38-47.
- Espejo Rincón, J. (2019). *Evaluación de la calidad del agua de la Planta de Tratamiento de Agua Residual Industrial de la Tintorería Asitex S.A.* Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- García, C. A. (2020). *Gestión ambiental empresarial en el sector textil* [tesis de Especialización en Alta Gerencia, Universidad Militar Nueva Granada] Repositorio Institucional: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/36017/GarciaGilCarlosAlberto2020.pdf?sequence=1>
- INEN. (2013). *Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo.* <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2176-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-T%C3%89CNICAS-DE-MUESTREO.pdf?x42051>
- Larramendi, E. M. et al. (2021). Escasez y contaminación del agua, realidades del siglo XXI. *Revista ECIMED*, 60 (259).
- Leiva Cabrera, F. A. (2020). Educación Ambiental para el poblador del distrito de Casa Grande en el manejo de residuos sólidos urbanos entre julio a diciembre del año 2019. *Arnaldoa*, 27(1), 323-334.
- Mayorga, M. M. y Mayorga, W. D. (2017). *El Emprendimiento Asociativo del sector textil y su impacto en el Desarrollo Local de la provincia de Tungurahua.* [trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Ingenieros de Empresas, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25766>
- Ocampo, L., & Botero, M. (2010). Growth culture evaluation of *Daphnia magna* feed with *Saccharomyces cerevisiae* enrichment with oat soy. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 23(1), pp 78-85.
- Ordóñez, V. (2007). Contaminación del agua. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, 1, 14-17.
- Ortiz, P. M. y Saavedra, E. M. (2022). *Evaluación del uso de bioindicadores, Daphnia magna, en la determinación de la toxicidad de efluentes provenientes de una industria serigráfica textil, ubicada en la ciudad de Cuenca.* [trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental, UCUENCA]. Repositorio Institucional: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/39471>
- Ramos, K. et al. (2018). Evaluación y diseño de un sistema de tratamiento de agua residual para la fábrica textil Hilario. *Revista Perfiles*, 1(19), pp 4-13.
- Rodríguez, D. L. (2020). *Evaluación de la toxicidad residual en el tratamiento de contaminantes emergentes presentes en aguas residuales y su posible impacto en los ecosistemas.* [trabajo de grado Microbiología Industrial, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/52063>
- Romero, M. J. et al. (2016). Caracterización de las aguas residuales generadas en una industria textil cubana. *Revista Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 37(3).
- Sharma, K. (2014). Comparative study on characterization of textile wastewaters (untreated and treated) toxicity by chemical and biological tests. *Chemosphere*, 69(1), pp 48-54.
- Sotomayor, I. (2019). Tungurahua, industria textil de las más grandes del país. *La Hora*. <https://www.lahora.com.ec/noticias/tungurahua-industria-textil-de-las-mas-grandes-del-pais/>
- Tejada, K. (2022). *Ecotoxicidad aguda y riesgo ambiental del agua residual del proceso completo de curtido de pieles empleando bioindicadores acuáticos* [tesis de maestría, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/14387?show=full>