

Recibido: 09.01.2023 • Aceptado: 22.10.2024

Palabras clave: desinfectantes, sales cuaternarias de amonio, biodegradabilidad, SarsCoV-2, salud ambiental.

Estudio comparativo de la biodegradabilidad de desinfectantes comerciales y desinfectantes biodegradables

KARLA XIMENA VARGAS BERRONES
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE RIOVERDE

karla.vargas@uaslp.mx

LUIS ARMANDO BERNAL JÁCOME

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ, UASLP

luis.bernal@uaslp.mx

JUAN MANUEL IZAR LANDETA

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE RIOVERDE

jmizar@uaslp.mx

La pandemia por el SarsCoV-2 contribuyó al consumo y disposición excesiva de desinfectantes a base de sales cuaternarias de amonio; compuestos recomendados por las autoridades para la desinfección de áreas en general debido a su rápida y alta actividad antimicrobiana y antiviral. Como consecuencia incrementó de forma importante su presencia en descargas de agua y eventualmente en el ambiente, ya que las plantas tratadoras de agua convencionales no están diseñadas para la remoción de estos contaminantes. Su baja biodegradabilidad y toxicidad se ha asociado con efectos negativos a la salud humana y ambiental, por lo tanto, ha sido restringida y/o prohibida por algunos países, sin embargo, países en vías de desarrollo como México no cuentan con regulaciones al respecto. La presente investigación muestra una alternativa biodegradable para la desinfección de superficies como una estrategia para minimizar los problemas de salud y ambientales asociados. Es importante enfatizar la necesidad urgente de crear e implementar un marco regulatorio estricto y apropiado para prevenir el uso excesivo de estos compuestos. Así mismo la búsqueda de nuevas tecnologías para la sustitución de estos compuestos es imperativa.

La desinfección de áreas y superficies para la prevención de enfermedades infecciosas siempre ha existido; sin embargo, la pandemia por el SARS-CoV-2 llevó a hacer un uso desmedido de soluciones desinfectantes. Los desinfectantes generalmente contienen sales cuaternarias de amonio por su alta disponibilidad y versatilidad, los cuales tienen diversos usos como agentes desinfectantes, antimicrobianos y limpiadores de superficies. Debido a dichas propiedades de amplio espectro contra bacterias, hongos y virus, las sales cuaternarias de amonio se aplican en el hogar y la industria para controlar la propagación de patógenos de transmisión ambiental, entre ellos el SARS-CoV-2 y la influenza estacional (Hora *et al.*, 2020). Los residuos generados por actividades de desinfección dentro de la industria y el hogar pueden llegar a las plantas tratadoras de agua, las cuales están diseñadas para eliminar compuestos orgánicos degradables fácilmente. Sin embargo, las plantas tratadoras de agua

tradicionales no están diseñadas para eliminar contaminantes que se encuentran en concentraciones muy bajas (de hasta partes por billón) por lo que se liberan al medio ambiente, generando potenciales riesgos y daños a los cuerpos de agua. Alrededor del 75 % de las sales cuaternarias de amonio utilizados anualmente se liberan en los sistemas de tratamiento de aguas residuales, mientras que el resto se descarga directamente al medio ambiente (Tezel y Pavlostathis, 2015).

La situación de contingencia vivida por el coronavirus SARS-CoV-2 trajo consigo importantes cambios en la vida diaria de las personas, así como en las medidas de higiene y desinfección implementadas para prevenir su transmisión. En este contexto, el uso de desinfectantes en la comunidad ha aumentado y, si bien, es una medida que ha ayudado con el control de la pandemia, es pertinente analizar las posibles consecuencias que traerán a corto y largo plazo. Por ejemplo, se podría esperar una desensibilización de los microorganismos a estas sustancias y, por mecanismos cruzados, generar una mayor resistencia a los antibióticos (Rubén Darío Meza Gutiérrez, 2020). Si bien, no es posible eliminar por completo el uso de desinfectantes, ya que quedaríamos expuestos a contraer muchas enfermedades, es posible realizar acciones para minimizar los efectos potenciales a la salud humana y ambiental, por ejemplo, utilizar desinfectantes biodegradables. La biodegradabilidad se define como la capacidad de un compuesto de transformarse en uno menos tóxico por acción de microorganismos. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) establece que para que un producto sea considerado como biodegradable debe degradarse en un 70 % al término de 28 días (OECD, 1992). Para este estudio, se determinó la biodegradabilidad de dos desinfectantes: uno de marca comercial de color amarillo y Germiklin 400, de la marca Alinsa (empresa Potosina). La información obtenida

permitirá a los consumidores elegir productos desinfectantes que permitan minimizar la generación de residuos tóxicos y la exposición de compuestos xenobióticos que pueden generar impactos adversos a la salud humana y ambiental.

Materiales y Métodos

Se recolectaron muestras de un litro de los dos desinfectantes: a) desinfectante comercial de color amarillo y b) Germiklin 400, de la marca potosina Alinsa. Se utilizaron botellas de plástico nuevas, sin previo

lavado para evitar fuentes de contaminación. Para determinar la biodegradabilidad, se siguió lo establecido en el método 301D Botella cerrada y la para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Las mediciones del oxígeno disuelto se realizaron utilizando un medidor de oxígeno *Thermo scientific ORION 3 STAR benchtop*. Como inóculo se utilizó agua residual del Tanque Tenorio ubicado al este de los silos diecisiete de San Luis Potosí, latitud de 22° 7' 43.8" norte, longitud 100° 52' 20.5" oeste y altitud 1838 metros, siguiendo la Norma Mexicana NMX-AA-3-1980 Aguas residuales - muestreo" (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 1980). Todas las determinaciones fueron realizadas por triplicado para asegurar reproducibilidad en los resultados.

Resultados y Discusión

En la tabla 1 se muestran las lecturas promedio de Oxígeno Disuelto (OD) para las muestras preparadas a los 0, 5, 7, 14, 21 y 28 días de análisis como establecido por la OECD.

Día	Oxígeno disuelto (mg/L)	
	Desinfectante comercial amarillo	Germiklin 400®
0	4.5	4.4
5	3.4	3.0
7	2.4	2.2
14	1.5	2.0
21	1.5	0.8
28	1.5	0.8
Inóculo	4.35	4.35

Tabla 1. Concentración de oxígeno disuelto en las muestras con desinfectante comercial y Germikin 400.

El cálculo de la biodegradabilidad se realizó siguiendo la siguiente fórmula:

$$\frac{OD \text{ del inóculo} - OD \text{ cada muestra}}{OD \text{ del inóculo}} \times 100$$

Donde:

OD del inóculo: es el valor de las lecturas de oxígeno de la muestra de lodos residuales en el frasco Winkler correspondiente al día 0, 7, 14, 21 y 28 de incubación.

OD de la muestra: es el valor de las lecturas de oxígeno de cada una de las muestras contenidas en el frasco Winkler correspondiente al día 0, 7, 14, 21 y 28 de incubación.

Los resultados de biodegradabilidad se muestran en la tabla 2 y en la figura 1. La OECD dictamina que para que un compuesto se considere biodegradable, deberá

Día	Oxígeno disuelto (mg/L)	
	Desinfectante comercial amarillo	Germiklin 400®
0	0	0
5	22	31
7	45	49
14	66	54
21	66	82
28	66	82

Tabla 2. Porcentaje de Biodegradabilidad del desinfectante comercial y el problema.

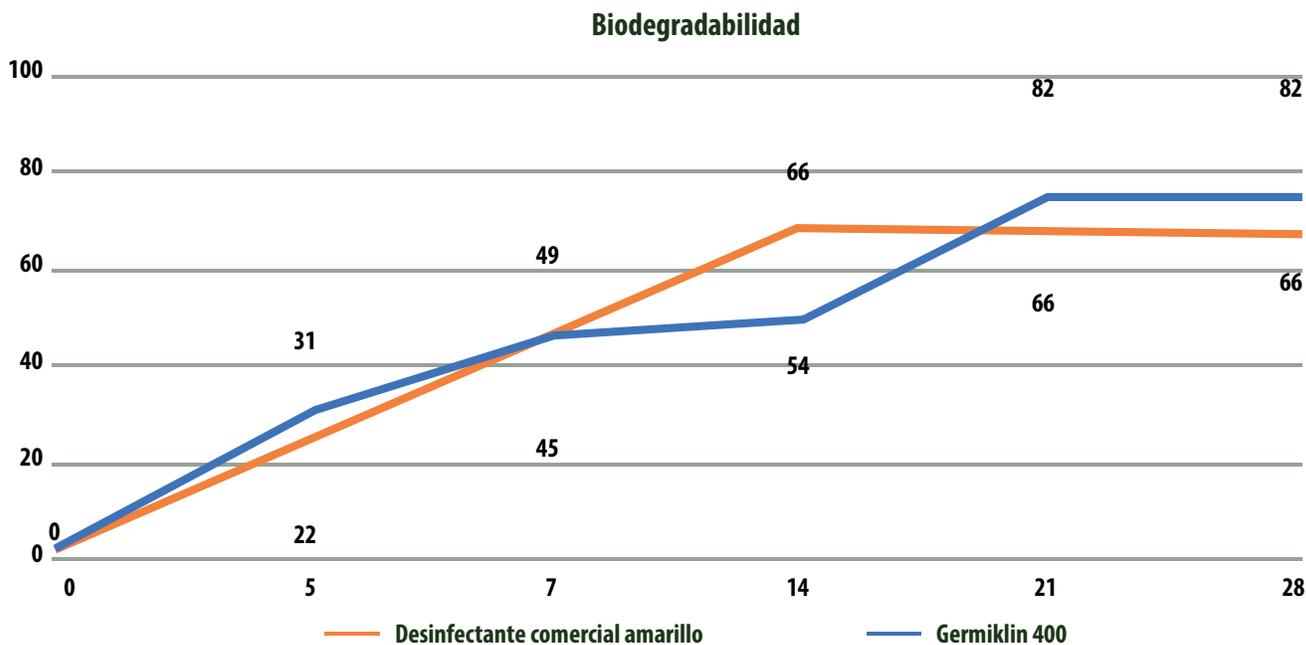


Figura 1. Porcentaje de biodegradabilidad de los desinfectantes analizados.

obtener un porcentaje de biodegradación de 70 % o más para el día 28. Como se puede observar en la figura 1, el desinfectante comercial amarillo se biodegrada hasta el 66 %, es decir, no cumple con lo establecido por la OECD, por lo tanto, es

un producto no biodegradable. Por el contrario, el Germiklin 400 se biodegrada hasta un 82 %, por lo que se puede considerar a este producto como biodegradable. Se podría extender el experimento para determinar el número de días que logra en biodegradarse el Germiklin 400 al 100 %, mientras que para el desinfectante comercial amarillo se podría esperar que no se siga biodegradando ya que se observa que desde el día 14 se mantiene en el 66 % sugiriendo que ya se ha biodegradado en su totalidad.



• KARLA XIMENA VARGAS BERRONES

• Es licenciada en Química por la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, con maestría en Planeación
• Estratégica e Innovación y doctora en Ciencias Ambientales. Actualmente es profesora asignatura
• en la Facultad de Ciencias Químicas, realizando estancia postdoctoral en el Instituto Tecnológico
• Superior de Rioverde se encuentra trabajando en el proyecto “Ocurrencia de sales cuaternarias
• de amonio y sus subproductos de purificación en muestras de agua. Un desarrollo tecnológico
• sostenible para su sustitución en desinfectantes”.

Conclusiones

Ante la persistencia y extensión del SARS-CoV-2 en todo el mundo, la aparición de nuevas variantes, el incremento del número de casos confirmados y muertes, así como la desigualdad de la vacunación hace que la contención de la pandemia se siga manteniendo a través de las medidas básicas ya establecidas, como el uso de cubrebocas, distanciamiento social y desinfección de superficies

contaminadas. Esto último implica un mayor consumo de desinfectantes, dando lugar a una generación importante de residuos que terminan en las plantas tratadoras de agua. Actualmente, en San Luis Potosí, las aguas residuales se concentran en la Planta del Tanque Tenorio, Planta Norte y el Parque Tangamanga I, además de que operan 48 plantas de agua residual privadas entre el sector industrial, fraccionamiento y clubes sociales. El presente trabajo demostró que los microorganismos de la Planta del Tanque Tenorio son capaces de biodegradar parcial o totalmente desinfectantes que terminan en dicha planta. Sin embargo, la gran cantidad de residuos generados y el bajo porcentaje de biodegradabilidad del desinfectante comercial amarillo maximizan los riesgos potenciales a la salud humana y ambiental. Adicionalmente, en la actualidad, no existen regulaciones para el uso y disposición de desinfectantes, a excepción de un marco regulatorio para los plaguicidas por parte de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). El escaso marco regulatorio y la falta de información sobre el uso, manejo y disposición de desinfectantes contribuyen al uso inapropiado y excesivo de estos. La presente investigación ofrece una alternativa para mantener las medidas sanitarias de desinfección minimizando los riesgos de exposición y la contaminación ambiental. ^{UP}

Agradecimientos

Beca para las Mujeres en la Ciencia L'Oréal-UNESCO-AMC, 2024.

Referencias bibliográficas:

- Hora PI, Pati SG, McNamara PJ, Arnold WA (2020): Increased Use of Quaternary Ammonium Compounds during the SARS-CoV-2 Pandemic and Beyond: Consideration of *Environmental Implications*. *Environmental Science & Technology Letters* 7, 622-631
- Secretaría de comercio y fomento industrial. (1980). NMX-AA-3-1980: Aguas residuales – muestreo. Mexico, D.F.
- OECD (1992): OECD 301. Línea guía para pruebas de productos químicos. In: *OECD* (Hrsg.)
- Rubén Darío Meza-Gutiérrez RAA-G, Alejandro Rosas-Paredes (2020): La nueva era COVID-19 y el uso de desinfectantes: posibles retos de un futuro. *Enfermedades infecciosas pediátricas* 33, 1816-19
- Tezel U, Pavlostathis SG (2015): Quaternary ammonium disinfectants: microbial adaptation, degradation and ecology. *Current Opinion in Biotechnology* 33, 296-304

