

# Hot Science



# Microorganismos: aliados invisibles para un agua limpia libre de pesticidas

¿Cómo microorganismos encontrados en suelo agrícola de Guanajuato pueden ser clave para eliminar un peligroso pesticida del agua?

*Microorganisms: invisible allies for clean, pesticide-free water*

*How can microorganisms found in an agricultural field in Guanajuato be key to eliminating a dangerous pesticide from water?*

Mariana Acosta Lopez\*

École de Technologie Supérieure, Université du Québec, Canada.

\*Autor para la correspondencia:  
mariana.acosta-lopez.1@ens.etsmtl.ca

## Resumen

Los microorganismos juegan un papel clave en la degradación de contaminantes al descomponerlos en compuestos menos dañinos para el ambiente. Los pesticidas son considerados contaminantes ambientales, ya que pueden desplazarse lejos del área de aplicación, afectando negativamente el agua, el ambiente y la salud humana. De particular preocupación son los riesgos que representan los insecticidas para los organismos polinizadores como las abejas. Este artículo presenta los resultados de la identificación y aislamiento de una comunidad microbiana proveniente de suelo agrícola en Guanajuato, con la capacidad de eliminar de manera eficiente el insecticida carbaril del agua.

**Palabras clave:** *pesticidas, microorganismos, contaminantes emergentes.*

## Summary

Microorganisms play a key role in the degradation of pollutants by breaking them down into less harmful compounds for the environment. Pesticides are considered environmental pollutants, as they can travel far from the area of application, contaminating water and negatively impacting human health and the environment. Of particular concern are the risks that insecticides pose to pollinators such as bees. This article presents the results of the identification and isolation of a microbial community from agricultural soil in Guanajuato, with the ability to efficiently remove the insecticide carbaryl from water.

**Keywords:** *pesticides, microorganisms, emerging contaminants.*

Los pesticidas son sustancias empleadas para prevenir y combatir plagas en los cultivos ya que tienen la capacidad de eliminar hongos, insectos o hierbas que interfieren con la producción, almacenamiento, transporte y comercialización de alimentos y productos agrícolas. El uso de sustancias naturales para combatir las plagas se remonta a más de cuatro mil años atrás; sin embargo, en las últimas décadas, se han empleado numerosos compuestos sintéticos con este propósito.

Al aplicarse en campos agrícolas, la mayor parte de los pesticidas no permanece en los cultivos, sino que se dispersan en el medio ambiente a través de diversos mecanismos, como la filtración a través del suelo, la volatilización y la evaporación (Figura 1). Lo anterior, sumado al uso excesivo de estas sustancias a nivel mundial, ha provocado la contaminación de aguas, suelos y aire, generando una serie de problemas que afectan tanto al medio ambiente como a la salud humana [1].

Actualmente, es posible encontrar residuos de pesticidas en frutas, verduras, aguas y suelos; ¡incluso se han detectado en glaciares de los polos! Esto, como consecuencia de su utilización descontrolada en actividades agrí-

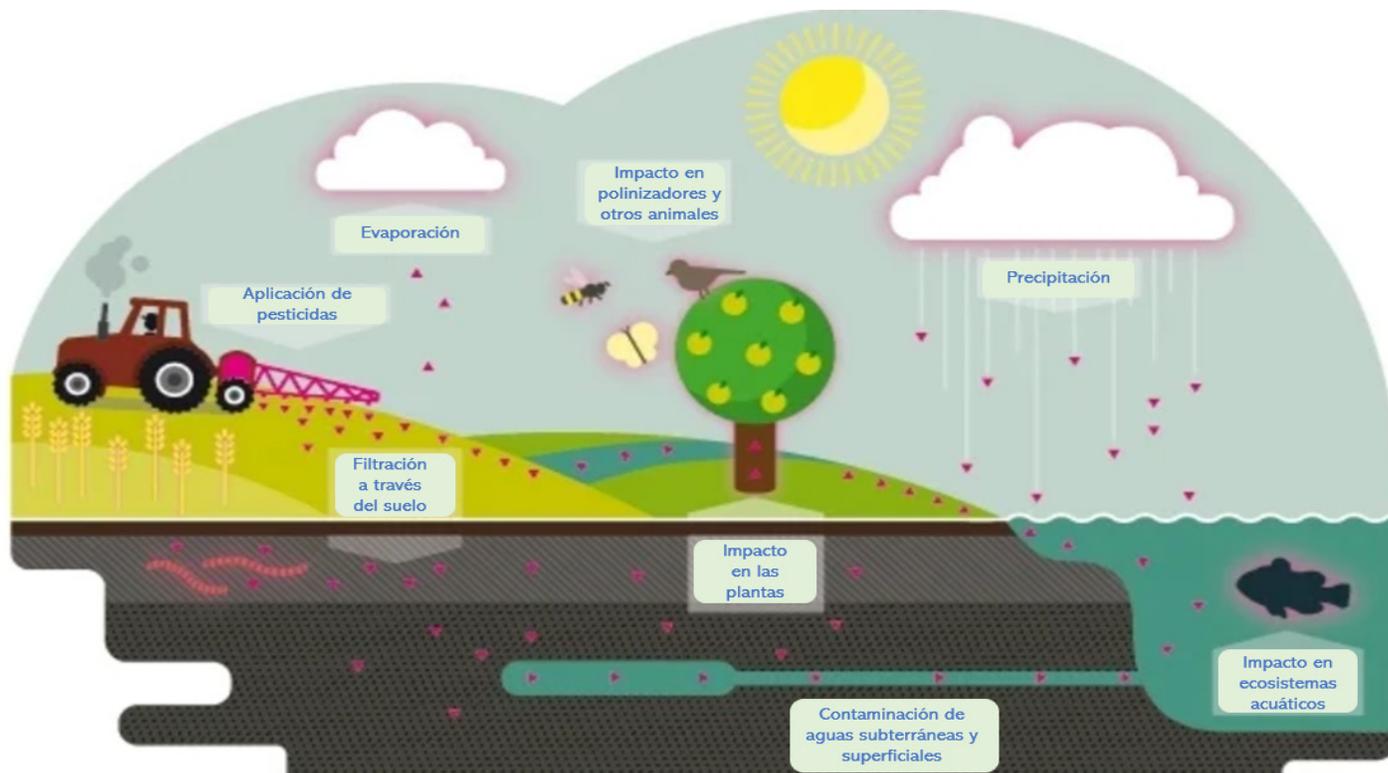


Figura 1. Desplazamiento de los pesticidas en el ambiente.

colas, industriales y domésticas.

Aunque el uso de pesticidas ha aportado numerosos beneficios a la industria agroalimentaria, estos compuestos se consideran contaminantes emergentes debido a que son tóxicos y son difíciles de eliminar de los ecosistemas. Por lo tanto, se acumulan y contaminan principalmente el agua, generando daños en los seres vivos, en el ambiente y en la salud humana. Por consiguiente, en la actualidad es de vital importancia la investigación científica en el desarrollo de tecnologías eficaces y sostenibles para la eliminación de estos contaminantes del agua con el objetivo de proteger la salud pública y preservar el medio ambiente.

Algunos microorganismos tienen la capacidad de degradar ciertos contaminantes, utilizándolos como fuente de alimento y descomponiéndolos en sustancias más simples y menos dañinas. Este proceso no solo contribuye a la recuperación de los ecosistemas, sino que también ofrece soluciones sostenibles para el tratamiento de aguas, como la biorremediación. Este método aprovecha la extraordinaria capacidad de los microorganismos para adaptarse a su entorno y los utiliza para limpiar el medio ambiente de contaminantes.

### **Efectos de los insecticidas en los polinizadores y en la salud humana**

Una clase de pesticidas de particular interés en la comunidad científica son los insecticidas. Aunque estos son de utilidad para eliminar insectos nocivos en la agricultura, también afectan a especies clave como las abejas, mariposas y escarabajos, que desempeñan un papel crucial en la ecología debido a su función como polinizadores esenciales. Los polinizadores desempeñan una función crucial en la reproducción de las plantas, al transferir el polen entre las partes masculinas y femeninas de las flores, facilitando así la fertilización. Este proceso asegura una alta diversidad genética vegetal y permite la producción de alimentos esenciales para las personas, como el aguacate, el chile, el frijol, la calabaza, el jitomate y el agave, entre otros.

El carbaril, en particular, es un insecticida de uso común en México a pesar de que ha sido prohibido desde hace varios años en Europa, Canadá, Estados Unidos y otros países debido a sus efectos nocivos sobre la naturaleza y la salud humana [2]. Este compuesto puede ingresar al organismo de insectos, animales y

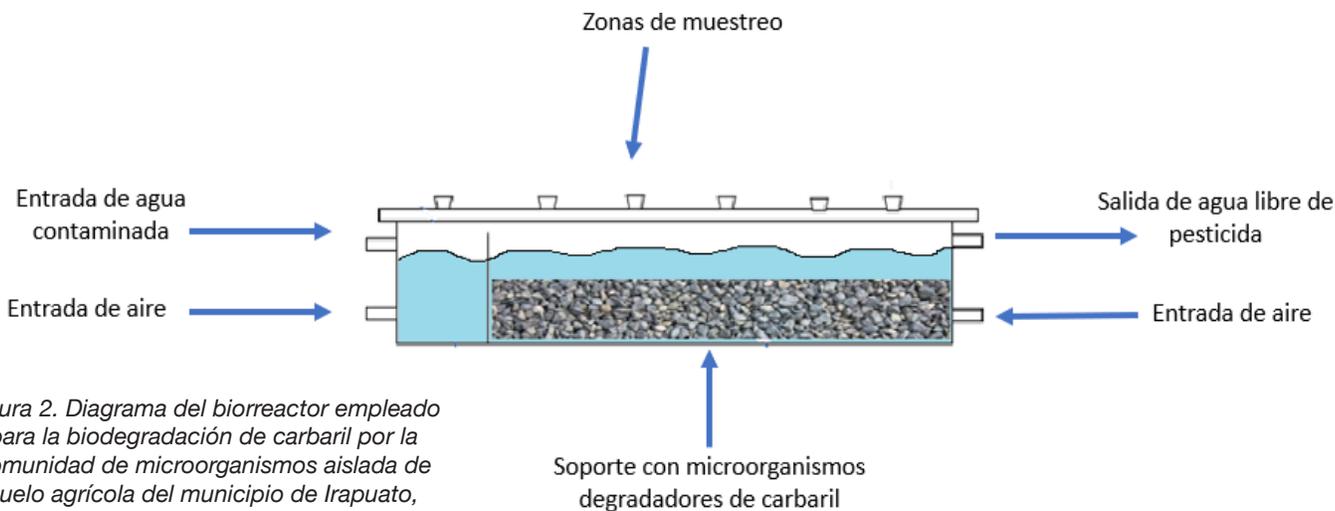


Figura 2. Diagrama del biorreactor empleado para la biodegradación de carbaril por la comunidad de microorganismos aislada de suelo agrícola del municipio de Irapuato, Guanajuato.

humanos por vía cutánea, respiratoria o digestiva, causando toxicidad al alterar el funcionamiento normal de las fibras nerviosas. Además, se asocia con mutaciones genéticas, cáncer, disfunción endócrina, alteraciones reproductivas e incluso la muerte [3]. El principal medio de exposición a este tóxico es el consumo de agua contaminada [4].

### Carbaril en el estado de Guanajuato

Debido a su alta persistencia, el carbaril es detectado frecuentemente en diversos cuerpos de agua alrededor del mundo. En México, se han encontrado cantidades importantes de este pesticida en el agua de la cuenca Lerma-Chapala-Pacífico, la segunda región hidrológica más contaminada del país. Guanajuato, ubicado dentro de esta región hidrológica, destina el 59% de su territorio a actividades agropecuarias, donde el carbaril es ampliamente utilizado como pesticida.

Recientemente se llevó a cabo una investigación en la que se tomaron muestras de suelo agrícola en el municipio de Irapuato, Guanajuato, en donde se practican rotaciones de cultivo de fresa, maíz y cebada, y se utilizan varios pesticidas, incluido el carbaril. Las muestras de suelo se trasladaron a un laboratorio de bioingeniería, donde se aplicaron diversas técnicas para aislar una comunidad de microorganismos capaces de degradar este contaminante [5].

Si bien algunos microorganismos aislados de ambientes naturales pueden degradar contaminantes y contribuir a la remediación

natural, la velocidad con la que se eliminan estas sustancias suele ser muy inferior a la velocidad con la que se vierten en el ambiente, lo que resulta en su acumulación. Una alternativa para la eliminación de pesticidas del agua es el desarrollo de sistemas de remoción dirigida, como los **biorreactores**, que proporcionan las condiciones óptimas para el crecimiento y la concentración adecuada de estos microorganismos, permitiendo así una degradación de contaminantes mucho más eficiente.

### Microorganismos devoradores de carbaril

La comunidad de microorganismos aislados de suelo agrícola del estado de Guanajuato, con capacidad para degradar carbaril, fue inoculada en un biorreactor tubular horizontal de lecho empacado, como se muestra en la Figura 2. Esto significa que se proporcionaron las condiciones adecuadas para la supervivencia y multiplicación de estos microorganismos, permitiendo así la colonización y adherencia a un material de soporte constituido por fragmentos de roca volcánica conocida como tezontle. El tezontle proporciona a la comunidad microbiana un medio protector para la formación de un micro ecosistema que facilita la supervivencia de los microorganismos en un ambiente hostil. Además, este medio presenta canales y poros por donde circulan los nutrientes mientras los microorganismos permanecen inmóviles [6].

Durante la operación del biorreactor, se realizaron varios experimentos en los que se variaron las condiciones de funcionamiento, incluyendo los flujos de aireación y de alimenta-

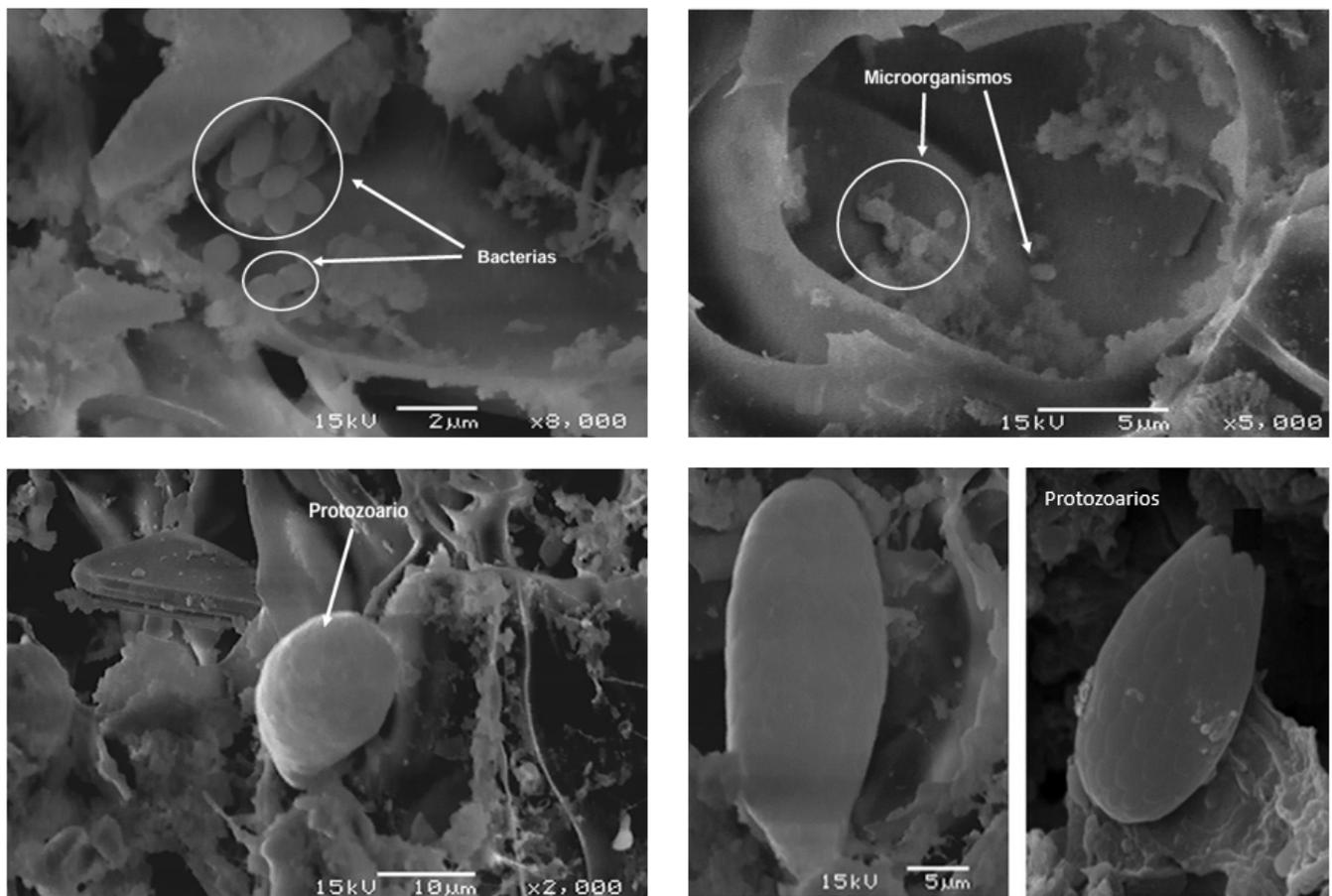


Figura 3. Micrografías de la comunidad microbiana degradadora de carbaril.

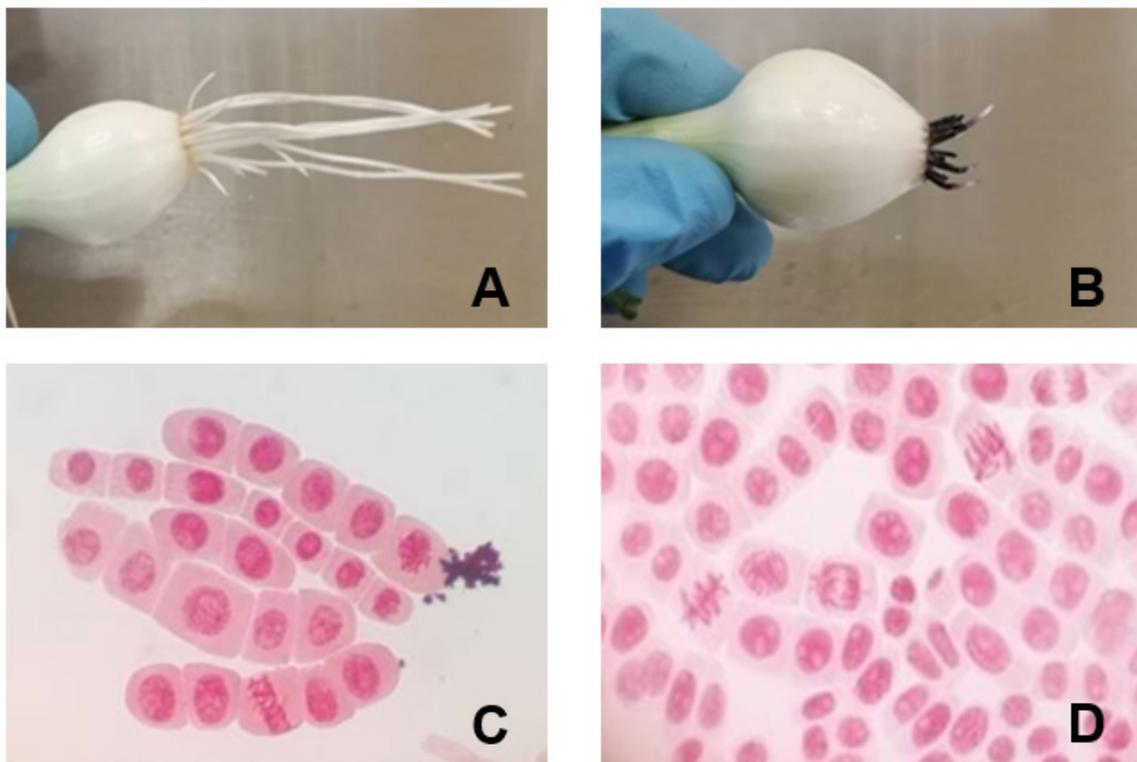


Figura 4. A) Crecimiento de raíces de cebolla expuestas al agua tratada en el biorreactor, B) Raíces de cebolla expuestas al agua contaminada con carbaryl. C) y D) Material genético de células de cebolla en diferentes fases del ciclo celular.

ción de agua contaminada con carbaril. El biorreactor fue monitoreado durante varios meses, y se determinó que la eficiencia de remoción de carbaril fue superior al 99 %. Esta eficiencia se midió utilizando diferentes técnicas, como la espectrofotometría UV-visible, la cromatografía líquida de alta resolución y la demanda química de oxígeno, entre otras.

Posteriormente se procedió a identificar las especies de microorganismos que conforman la comunidad degradadora de carbaril mediante el análisis de su ADN. Lo anterior, permitió la identificación de las bacterias *Stenotrophomonas nitritireducens*, *Delftia acidovorans*, *Achromobacter denitrificans*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Achromobacter xyloxidans*, *Variovorax* sp. y *Microbacterium azadirachtae*.

Para confirmar visualmente la conformación de la comunidad microbiana en el biorreactor, se obtuvieron micrografías de fragmentos del soporte mediante microscopía electrónica de barrido. En la figura 3 se observan bacterias y protozoarios del género *Euglypha*. Se ha reportado que este género de protozoarios se encuentra comúnmente en plantas de tratamiento de agua.

Finalmente, para verificar la eficacia del proceso de biorremediación, se evaluó la toxicidad del agua antes y después de su tratamiento en el biorreactor. Para ello, se realizó un ensayo de toxicidad, en el que se expusieron las raíces de cebollas al influente contaminado con carbaril y al efluente tratado, midiendo su crecimiento y los posibles daños en el material genético de sus células (Figura 4).

La evaluación del crecimiento de las raíces y las alteraciones cromosómicas en las células de cebolla mostró diferencias significativas entre los tratamientos, confirmando que el carbaril induce efectos tóxicos en las plantas de cebolla. Además, el tratamiento del agua contaminada con carbaril en el biorreactor demostró una alta eficiencia en la reducción de la toxicidad.

## Conclusiones

En este artículo se aborda la capacidad de ciertos microorganismos para eliminar pesticidas del agua. Este tema es de gran relevancia, ya que estos pequeños seres pueden contribuir a la limpieza de cuerpos de agua contaminados por actividades humanas. A través de la investigación científica, se identificó una comunidad microbiana capaz de degradar eficientemente el pesticida carbaril, a partir de muestras de suelo agrícola del municipio de Irapuato, Guanajuato.

Es fundamental continuar investigando para comprender mejor el papel de los microorganismos en el cuidado y la recuperación del medio ambiente, así como para desarrollar métodos que aprovechen sus capacidades en la eliminación de otros contaminantes peligrosos. Esto permitirá proteger la salud humana y los ecosistemas, además de mejorar la calidad de vida de las personas. **iBIO**

## Referencias

- [1] Rani, L., Thapa, K., Kanojia, N., Sharma, N., Singh, S., Grewal, A., Srivastav, A., Kaushal, J. (2021). An extensive review on the consequences of chemical pesticides on human health and environment. *Journal of Cleaner Production*, 283. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124657>
- [2] Koshlukova, S., Reed, N.R. (2014) Carbaryl. *Encyclopedia of Toxicology*. Elsevier 668-672.
- [3] Jorsaraei, A., Maliji, G., Azadmehr, A., Moghadamnia, A., Faraji, A. (2014). Immunotoxicity effects of carbaryl *in vivo* and *in vitro*. *Environ Toxicol Chem* 38(3):838-844. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2014.09.004>
- [4] Pérez, H., Aguilar, A., González, L., Bernal, M., González, C., Santos, A., Zavala, J., Durán, A. (2012). *Agricultura y contaminación del agua*. Primera edición. UNAM, Instituto de Investigaciones Económicas 288 p.
- [5] Acosta-Lopez, M. (2019). *Efecto de la tensión de oxígeno en la biodegradación del insecticida carbaril en una biobarrera permeable*. Tesis de Maestría en Ciencias Químico-biológicas, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13469.12000>
- [6] Chen C, Wu T, Wang H, Wu S, Tien S (2015). The ability of immobilized bacterial consortia and strains from river biofilms to degrade the carbamate pesticide methomyl. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 12:2857-2866. <https://doi.org/10.1007/s13762-014-0675-z>