



## Investigadores del C3 destacan el papel de los países en desarrollo en Ecotecnologías

*El grupo llevó a cabo un análisis bibliométrico con Inteligencia Artificial para identificar los países más fuertes en ecotecnologías.*

Por Elena Sánchez Ascencio  
24 de octubre de 2024

Aunque muchos países desarrollados son significativamente exitosos en la investigación en ecotecnologías, irónicamente no dedican recursos para producirlas a nivel nacional. En contraste, otros países en vías de desarrollo, como México, aún con pocos recursos, están teniendo un impacto importante en la producción de estas tecnologías que se aplican en una gran diversidad de usos, desde las energías renovables hasta la captación de agua de lluvia.

Es la conclusión a la que llega un grupo de investigadores del Centro de Ciencias de la Complejidad (C3) de la UNAM, en un [estudio](#) publicado en septiembre de 2024 en la revista Environmental Science and Ecotechnology.

En el estudio, los investigadores Ricardo Ruiz, Ricardo Arencibia Jorge, Julia Tagüeña, José Luis Jiménez Andrade y Humberto Carrillo utilizaron un enfoque bibliométrico para analizar la investigación y la producción de ecotecnologías en el mundo.



La Ecotecnología (ECT) tiene que ver con dispositivos y métodos que pueden generar cambios concretos en la forma en la que el ser humano se relaciona con el ambiente.

Por ejemplo, una ecotecnología puede ser un panel fotovoltaico o un purificador de agua; o también técnicas de forestación como la regeneración natural y los enfoques de restauración asistida a los ecosistemas.

“Las ecotecnologías implican desarrollar estrategias que minimicen los efectos negativos en el ambiente como la transición a energías renovables, por



Unidad de Comunicación  
y Diseño

T. (+52) 55 5622 6730 Ext. 2017 y 2018  
E. comunicacion@c3.unam.mx  
diseño@c3.unam.mx

Centro de Ciencias de la  
Complejidad (C3)

Circuito Centro Cultural s/n /frente  
a Universum), Cd. Universitaria,  
Coyoacán 04510, Ciudad de México

[www.c3.unam.mx](http://www.c3.unam.mx)

[@C3UNAM](https://twitter.com/C3UNAM)

[Centro de Ciencias de la Complejidad C3](https://facebook.com/C3UNAM)



ejemplo, para el desarrollo de una industria se pueden utilizar paneles solares buscando maximizar su eficiencia”, mencionó Julia Tagüeña.

Para los autores, las ecotecnologías representan una solución de bajo costo, sostenible y ecológica a los desafíos actuales porque pueden ayudar a construir resiliencia y mitigar los efectos del cambio climático así como contribuir a la restauración de los ecosistemas degradados, mantener la biodiversidad y proporcionar servicios ecosistémicos esenciales que sustentan el bienestar humano.

Pero más allá de analizar el campo en su conjunto, el grupo de autores decidió estudiar las ECT desde un punto de vista bibliométrico.

“Nos vimos en la necesidad de analizar la Ecotecnología de manera general desde un punto de vista bibliométrico a nivel mundial ya que hay pocos trabajos sobre el tema y los que hay son muy especializados”, mencionó Ruiz.

Ricardo Ruiz, quien es físico, maestro en Energías Renovables por la Universidad Politécnica de Chiapas, y doctor en Ingeniería por la Universidad Nacional Autónoma de México, en Morelos, realizó este estudio durante su estancia postdoctoral del Centro de Ciencias de la Complejidad (C3).

La idea de analizar la producción científica sobre ecotecnologías con base en herramientas bibliométricas y de inteligencia artificial (IA) surgió de una colaboración con otros investigadores del C3, como Ricardo Arencibia, especialista en análisis cuantitativos.

“Utilizamos técnicas [desde la bibliometría y la cuantificación] para caracterizar de manera general la investigación sobre Ecotecnologías así como determinar los países con más impacto en el área, describir los principales frentes de investigación y los objetivos de desarrollo sostenible a los que tributan las investigaciones”, afirmó Arencibia.

Para Ricardo Ruiz, la ECT también es un objeto de estudio para las ciencias de la complejidad. **“La producción y la investigación de ECT son parte de un sistema complejo porque involucra problemas ambientales, sociales, políticos y académicos”.**

El estudio revela que el funcionamiento de la ECT no sólo depende de cuestiones técnicas y científicas, sino también que sus estrategias de intervención e implementación consideren aspectos específicos del lugar donde se desarrollan.



**Ruiz- Sánchez R, Arencibia- Jorge R, Tagüeña J, Jimenez Andrade, JL, Carrillo- Calvet, H.**

Exploring research on ecotechnology through artificial intelligence and bibliometric maps.

Environmental science and technology [2024] Jan4; 21(1): 100386. <https://doi.org/10.1016/j.ese.2023.100386>

## Análisis bibliométrico + IA

El primer paso fue identificar los artículos publicados en revistas revisadas por pares que trataran el tema de ecotecnologías. Para ello, los autores utilizaron las bases de datos Web of Science (WoS) e InCites Benchmarking & Analysis, de las cuales se obtuvieron 652 artículos de investigación sobre ECT de 1993 a 2022.



Ricardo Ruiz desarrolló este estudio en colaboración con otros investigadores del C3.

Para analizarlos, el grupo del C3 combinó las técnicas de redes neuronales artificiales, redes de acoplamiento (herramientas de IA para distinguir patrones complejos en datos) y bibliometría. “Se utilizaron redes neuronales con ciertos perfiles de desempeño para descubrir las asociaciones entre países”, dijo Ricardo Ruiz.

Con las redes neuronales artificiales, los investigadores obtuvieron una comparación multidimensional entre 75 países basada en seis indicadores: participación nacional en la investigación de ECT, impacto de citas normalizado por categoría (CNCI), porcentaje de colaboraciones internacionales, PIB per cápita, gasto en investigación y desarrollo (I+D) y porcentaje de consumo de energía renovable.

Con base en esos indicadores, se obtuvieron 11 conjuntos de países con perfiles semejantes en producción científica sobre ECT. Los conjuntos se representan en un mapa que indica que entre más cercanos, más similares. También se incluyen seis gráficos de calor que muestran los resultados para cada uno de los seis indicadores.

Del total de 75 países analizados, 50 fueron los más productivos en desarrollo e investigación de ECT. China resultó ser líder con la producción de 81 (12.4%) artículos de investigación sobre ECT, seguido por Estados Unidos (62 artículos, 9.5%), India (44 artículos, 6.7%), Alemania (40 artículos, 6.1%) y Japón (29 artículos, 4.4%).

La producción de artículos sobre ECT es mayor en estos países, sin embargo, los autores consideran que países en desarrollo como Latvia, Ghana, Estonia, Marruecos, Bulgaria, Nigeria, México y Vietnam son “más especializados” porque dedican una mayor proporción de su producción nacional total a la ECT.

Esto quiere decir que no producen investigación científica sobre ECT como los países desarrollados, sin embargo producen más ETC a nivel nacional.

“Los desafíos socioeconómicos que enfrentan los países en desarrollo, como el acceso limitado a energía, la falta de infraestructura tecnológica y su mayor vulnerabilidad a **los efectos del cambio climático (...), constituyen retos muy importantes que obliga a estas naciones a fomentar la innovación local, y utilizar ecotecnologías adaptadas a su contexto promoviendo un desarrollo endógeno y sostenible**”, mencionó Arencibia.

Los investigadores del C3 también usaron una red de acoplamiento bibliográfico para clasificar a los artículos por los frentes más frecuentes de investigación en ECT. “Esta IA identifica, relaciona, y acopla los artículos de acuerdo a los títulos, palabras claves y resumen”, mencionó Ricardo Ruiz.

De todas las áreas temáticas, los autores encontraron que hay 18 frentes de investigación de ecotecnologías principales, entre los que destacan los relacionados al tratamiento de aguas residuales y preservación de los ecosistemas.



Paneles solares, ejemplo de ecotecnología

Los investigadores mencionan que en los últimos 30 años la producción científica en el campo de la ECT se ha observado un crecimiento sostenido. “Esto quiere decir que hay una preocupación general de generar este conocimiento para mitigar el cambio climático”, dijo Ricardo Ruíz.

Los investigadores también exploraron los frentes de investigación más relevantes en ECT mediante redes de acoplamiento y la relación de estos con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la [Agenda 2030](#) de las Naciones Unidas.

Julia Tagüeña explicó que sí observaron una relación entre los artículos de ECT y algunos ODS, específicamente el ODS 6 sobre agua limpia y saneamiento; el ODS 7, que plantea el uso de energías renovables, y ODS 13, sobre combate al cambio climático.

### Las ecotecnologías en México

México, junto con Bulgaria y Rumania, conforman un grupo de países que exhiben valores relativamente bajos en PIB per cápita, inversión insuficiente en investigación y desarrollo, y poca investigación de ECT con colaboración internacional. Sin embargo, la correlación entre el alto consumo de energías renovables y la especialización en ECT es la principal característica del grupo.

De acuerdo con el análisis, México se ha mantenido con una producción de ECT estable desde 1990. Y esta producción se caracteriza por considerar técnicas de ECT tradicional, por ejemplo las técnicas de secado de alimentos con energía solar o los huertos con manejo orgánico de plagas.

“Mientras los países desarrollados tienen más producción per cápita, y aún así menor producción en cuanto a ecotecnologías, los países en desarrollo están incentivando generar ecotecnologías. Es decir que **los países menos desarrollados estamos más preocupados por el futuro**”, mencionó Ricardo Ruíz.

Los autores resaltan que para estudios futuros es importante tomar en cuenta los factores sociales como la educación ambiental para el uso continuo de la ECT y así evaluar el desempeño del país en el área de la ECT.

Otros [autores](#) ya han mencionado que para implementar ecotecnologías se necesita un proceso social de negociación multinivel entre el conocimiento técnico y tradicional, ya que **el éxito de una ecotecnología no sólo depende de cuestiones técnicas y de estrategias de intervención, sino también de aspectos sociales, culturales y políticos.**

Por ello, la implementación de ECT debe incluir un proceso participativo en el que los usuarios de la tecnología sean considerados actores activos en los procesos de transferencia, y sea posible fusionar el discurso propio del lugar con los factores técnicos.

En ese sentido, los investigadores del C3 concluyen que su estudio “puede ser importante para los responsables de las políticas y la sociedad en general (...) pues ofrecen una perspectiva reflexiva sobre la importancia de la investigación en ECT y su impacto potencial en la solución de los desafíos globales”.



Planta de tratamiento de agua, ejemplo de ecotecnología

#### LIGAS DE INTERÉS

Explorando la investigación en ecotecnología a través de inteligencia artificial y mapas bibliométricos:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666498423001515?via%3Dihub#bib12>

Diferencias socioterritoriales en el conocimiento y uso de dispositivos ecológicos para la vivienda en la Ciudad de México:

[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-72102021000200563&script=sci\\_abstract&tlng=en](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-72102021000200563&script=sci_abstract&tlng=en)

Transferencia de ecotecnología en regiones desfavorecidas de México, hacia el desarrollo sustentable:

[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-70560-6\\_9](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-70560-6_9)