

## Disolventes del futuro al servicio de la humanidad

**Selene Irisais Rivera Hernández**

Universidad Autónoma Metropolitana,  
Unidad Azcapotzalco  
[sirh@azc.uam.mx](mailto:sirh@azc.uam.mx)

**Jorge Iván Aldana González**

Universidad Autónoma Metropolitana,  
Unidad Azcapotzalco  
[jiag@azc.uam.mx](mailto:jiag@azc.uam.mx)

**Alan Aerthon Sampayo Garrido**

Universidad Autónoma Metropolitana,  
Unidad Azcapotzalco  
[alansamp1479@gmail.com](mailto:alansamp1479@gmail.com)

### Resumen

Los disolventes eutécticos profundos (DES, por sus siglas en inglés) son una mezcla de dos o más compuestos sólidos que, al mezclarse, forman un líquido a temperatura ambiente, resultado de las interacciones intermoleculares entre los componentes que constituyen el DES. Estos solventes resultan de interés al ser menos costosos, amigables con el ambiente, biodegradables y con una toxicidad menor en comparación con otras sustancias; además, presentan múltiples aplicaciones en electroquímica, catálisis, extracción, síntesis y biotecnología. Es decir, por las ventajas que ofrecen, son solventes al servicio de la humanidad, ya que pueden dar solución a problemas que en el medio acuoso son difíciles de abordar.

### Palabras clave

Disolventes, eutécticos, ventajas, aplicaciones.

### Abstract

Deep Eutectic Solvents (DES) are made by mixing two or more solid compounds that, when combined, turn into a liquid at room temperature because their melting point becomes lower than that of the individual components. These solvents are especially interesting since they are cheaper, eco-friendly, biodegradable, and less toxic than many traditional substances. On top of that, they can be used in areas like electrochemistry, catalysis, extraction, synthesis, and biotechnology. With all these advantages, they are emerging as solvents that truly work in favor of humanity.

### Keywords

Solvents, eutectic, advantages, applications.

APA: Rivera, S., Aldana, J. y Sampayo, A. (2026). Disolventes del futuro al servicio de la humanidad. *Azcatl*, 7, 26-30, DOI: [10.24275/AZC2026A005](https://doi.org/10.24275/AZC2026A005)

Fecha de recepción: 1 de octubre de 2025.

Fecha de aceptación para publicación: 10 de febrero de 2026.

## Introducción

Se ha establecido que el agua es el disolvente universal, sin embargo, no todas las reacciones o procesos pueden ser ejecutadas en este medio dadas las limitaciones del medio acuoso; para solucionar esta desventaja se han utilizado solventes orgánicos, líquidos iónicos y, recientemente, los denominados disolventes eutécticos profundos (DES), que pueden definirse como mezclas de compuestos binarios donde existe un aceptor de hidrógeno, el cual puede ser un componente iónico, y un donante, que suele ser una amina o alcohol. Los DES presentan una característica fundamental, al ser mezclados en una determinada concentración, el punto de fusión disminuye en comparación de sus componentes individuales (Abbott, 2022; Aldana *et al.*, 2024).

Estos solventes presentan ciertas ventajas, como ser biodegradables, de baja toxicidad y reutilizables, ya que pueden recuperarse mediante métodos sencillos. Asimismo, son relativamente económicos, se obtienen a través de una síntesis simple, presentan una amplia variabilidad de aplicaciones, permiten la extracción de compuestos

complejos y poseen una alta estabilidad química (Abbott, 2022). Debido a estas características se han usado en diferentes campos, como en la síntesis de nuevos materiales (polímeros conductores), en la recuperación y extracción de metales, en la electrodeposición de metales y, particularmente, en el ámbito ambiental, donde han ganado más terreno porque pueden emplearse para separar contaminantes de los suelos y el agua. Por otro lado, más recientemente, los des se han utilizado en las ciencias de los alimentos para la separación y extracción de algunos componentes, como los fenoles o los flavonoides (Chen *et al.*, 2019). Otra de las aplicaciones más explotadas de los des es en el área de la electroquímica, donde, por sus atributos, pueden ser aprovechados en la elaboración de sensores y, por sus características de compatibilidad y baja toxicidad (Lomba *et al.*, 2021), también se emplean como material para la construcción de biosensores (Figura 1) (Smith *et al.*, 2014). Para un adecuado uso de los DES es importante considerar su clasificación, ya que las particularidades de cada solvente implican mayores aplicaciones.

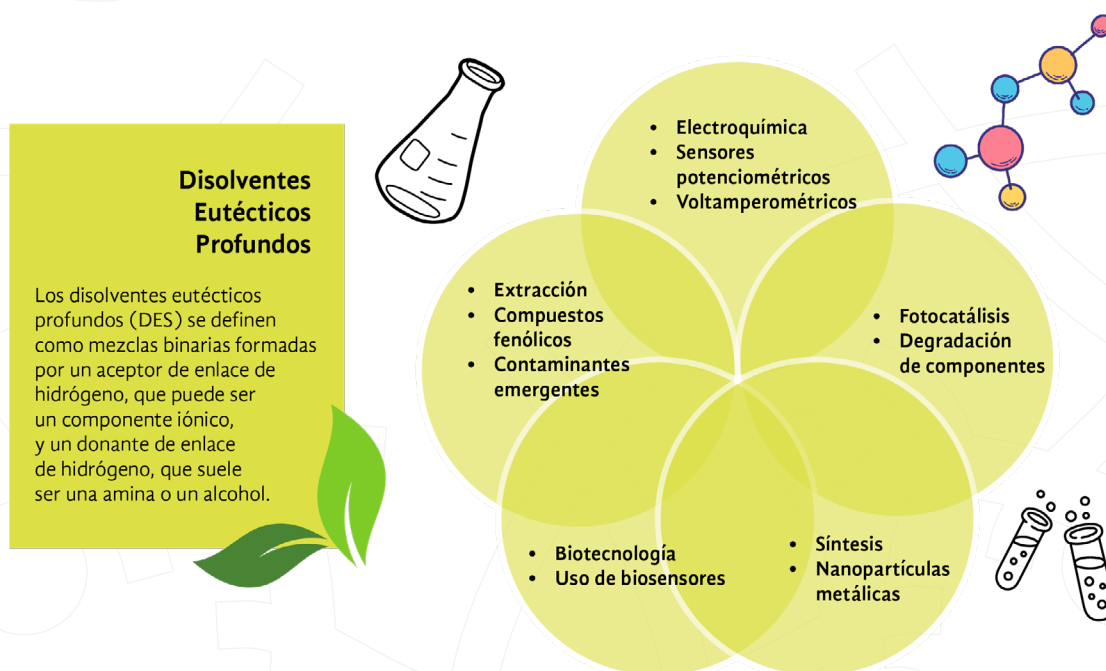


Figura 1. Aplicaciones de los DES.

## Tipos de DES

Los DES suelen clasificarse en cinco categorías, las cuales se muestran en la Tabla I (Abranches y Coutinho, 2022).

Aprovechando los diferentes tipos de DES, sus características y versatilidad, la ciencia básica y la aplicada se unen en el Área de Ingeniería de Materiales (AIM) para brindar soluciones a las problemáticas de la vida actual.

Tabla I. Clasificación de los DES.

Tipo	Mezcla
Tipo I	Sal de amonio cuaternaria y cloruro metálico no hidratado.
Tipo II	Sal de amonio cuaternaria y cloruro metálico hidratado.
Tipo III	Sal de amonio cuaternaria como aceptor de hidrógeno y donador de hidrógeno.
Tipo IV	Un cloruro metálico y un donador de hidrógeno orgánico.
Tipo V	Disolvente eutéctico profundo hidrófobo compuesto de componentes no iónicos.

## Aplicaciones de los DES en el AIM

### De la obsolescencia programada a la recuperación de metales

Los metales desempeñan un papel fundamental en la vida moderna, ya que su uso abarca desde elementos decorativos, utensilios de uso diario y joyería hasta dispositivos tecnológicos indispensables, como teléfonos celulares y computadoras. A pesar de su enorme utilidad, obtenerlos no es un proceso sencillo, ya que requiere métodos complejos, largos, costosos y, en muchos casos, altamente contaminantes (Aldana *et al.*, 2024).

El costo ambiental asociado con la obtención y uso de los metales es considerable. Estos materiales forman parte esencial de dispositivos como celulares, baterías, computadoras, impresoras y microondas, entre muchos otros. Sin embargo, la mayoría de estos aparatos tienen una vida útil corta debido a la obsolescencia programada, una práctica en la que los fabricantes diseñan deliberadamente los productos para que dejen de funcionar

o resulten obsoletos en un periodo determinado, lo que incrementa la generación de desechos y la demanda de nuevos metales.

Dado que los metales son un recurso muy valioso, en el AIM se han utilizado los DES para la recuperación de diversos metales, como Co, Ni y Ag, a partir de desechos electrónicos, principalmente baterías, ya que estos disolventes han funcionado como agentes lixiviantes y medios electrolíticos para su deposición. En cuanto a la recuperación de estos metales, se realiza con el cátodo de las baterías, después se pasan por una molienda y los polvos obtenidos son colocados en el DES; siendo así como, al controlar la temperatura, agitación y tiempo de lixiviado, se extraen los metales.

Para comprobar la eficiencia de extracción y darles una aplicación se utilizan técnicas electroquímicas como la voltamperometría cíclica y la cronoamperometría, en las cuales se emplea una celda típica de tres electrodos que se conecta a un equipo llamado potencióstato-galvanostato. Con estas técnicas y el uso de los DES, se ha logrado recuperar Co y Ni de las pilas en porcentajes mayores al 80 %, ¡un gran logro!, ya que esto confirma la eficiencia de estos solventes. (Landa *et al.*, 2020).

Por otro lado, la plata ha sido recuperada de las denominadas baterías de óxido de plata tipo botón (Sánchez *et al.*, 2021); el recuperar este metal por técnicas sencillas y metodologías mucho menos costosas a las tradicionales es un avance significativo, ya que se le puede dar una segunda vida, por ejemplo, en la síntesis de nanopartículas y en la aplicación en catálisis o en la modificación de superficies de los diferentes electrodos de trabajo.

No se trata sólo de extraer o reciclar metales, sino de darles una segunda oportunidad. Al transformarlos y reutilizarlos, estos materiales vuelven a ser parte de la tecnología, la industria y la vida cotidiana, brindando nuevamente su potencial al servicio de la humanidad.

### Contaminantes emergentes: cuantificación, remoción y degradación

En otro contexto, uno de los desechos mayoritarios de los seres vivos es la urea, la cual se excreta vía orina y pasa por el ciclo del nitrógeno, que en cantidades pe-

queñas requieren las plantas para su ciclo vital, pero en concentraciones elevadas causa la eutrofización de ríos y lagos (Saeed *et al.*, 2025); es por ello que es tan importante plantear estrategias que permitan la degradación de este compuesto. Para aprovechar la recuperación de Ni y Co por medio de técnicas electroquímicas, en el AIM se han sintetizado electroquímicamente nanopartículas de estos metales empleando los DES como medio electrolítico, ya que en un medio acuoso la formación de estos nanomateriales es muy difícil de realizar (Doneux *et al.*, 2024). Con las nanopartículas obtenidas se procede a oxidar vía electroquímica la urea (Basilio *et al.*, 2023). Al transformar este compuesto en amoníaco, nitritos y nitratos y cianatos es mucho más sencillo poder eliminarlo de los efluentes y así reducir el riesgo que presenta como contaminante.

La urea no es la única sustancia que puede causar daños al ambiente. Muchos medicamentos que consumimos a diario también pueden volverse tóxicos cuando llegan al agua o al suelo. Por eso es importante medir su presencia desde el control de calidad de los principios activos hasta su detección en el medio ambiente. Una herramienta prometedora para hacerlo son los sensores electroquímicos, que permiten detectar pequeñas cantidades de estos compuestos de forma rápida y precisa. Además, pueden mejorarse fácilmente modificando su superficie con distintos materiales como nanopartículas metálicas. En el proyecto del AIM, por ejemplo, se utilizan nanopartículas obtenidas con una estrategia sostenible para desarrollar sensores capaces de identificar antiinflamatorios no esteroideos (AINE) y antidepresivos de tipo ISRS, dos grupos de medicamentos considerados contaminantes emergentes por su creciente presencia en el ambiente.

Sin embargo, no basta con identificar cuántos de estos contaminantes existen en el ambiente, también es necesario encontrar formas efectivas de eliminarlos del agua antes de que causen más daño. Entre las alternativas más prometedoras se encuentra la fotocatalisis, un proceso que utiliza la luz y nanopartículas de seleniuro de cadmio (CdSe) para descomponer los compuestos tóxicos. Otra opción innovadora es el uso de DES tipo V, ya que éstos permiten extraer y separar dichos compues-

tos de manera más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

## Conclusiones

En los últimos años, los DES han cobrado gran relevancia por su versatilidad y su potencial para hacer más sostenibles diversos procesos industriales. Particularmente, los DES tipo V, por ejemplo, se están utilizando para la remoción de metales pesados en efluentes, ofreciendo una alternativa ecológica para limpiar aguas contaminadas. Por otro lado, los DES tradicionales se han propuesto como medios lixiviantes capaces de extraer metales sin recurrir a los métodos altamente contaminantes y costosos que emplea la industria metalúrgica convencional.

Gracias a estas propiedades, los DES se han convertido en una herramienta clave para enfrentar los problemas ambientales derivados de nuestra propia demanda constante de productos, desde aparatos electrónicos y medicamentos hasta materiales de uso cotidiano. En este sentido, su desarrollo representa un paso firme hacia una química más verde, capaz de recuperar, reutilizar y transformar sin destruir.

Como lo indica el título de este artículo, la ciencia debe estar al servicio de la humanidad y los DES son un claro ejemplo de ello. Si bien no son la solución definitiva a todos los desafíos que hemos generado con nuestra huella antropogénica, sí nos muestran un camino posible: el de la innovación responsable, donde el conocimiento y la tecnología trabajan no sólo para nuestro progreso, sino también para el rescate y bienestar del planeta y de todos los que lo habitamos.

## Agradecimientos

SIRH thanks Conahcyt for the postdoctoral grant (509512). JIAG, SCA, MRR, MPP, MTRS like to thank to the project: «Cuerpos de agua en el Estado de México: monitoreo de contaminantes y una propuesta para su eliminación basada en tratamientos biológicos y de oxidación avanzada» granted within the interinstitutional (UAMEX-IPN-UAM) collaboration framework and to the National System of Researchers (SNI) for the distinction of their membership and the stipend granted.

## Referencias

- Abbott, A. P. (2022). Deep eutectic solvents and their application in electrochemistry. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 36. <https://doi.org/10.1016/J.COAGSC.2022.100649>
- Abranches, D. O. y Coutinho, J. A. P. (2022). Type V deep eutectic solvents: design and applications. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry* 35. <https://doi.org/10.1016/J.COAGSC.2022.100612>
- Aldana, J., Castro, M. L., Pérez, D. H., Teodocio, B. M., Ortiz, W. S., de Oca, M. G. M., Romero, M. y Estrada, E. M. A. (2024). Electronucleation and growth of metals from aqueous and non-aqueous solvents. *Nucleation and Growth in Applied Materials*, 65-100. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99537-5.00013-1>
- Basilio, A., Landa, M., Sánchez, W., Rivera, S., Romero, M., Arce, E., Aldana, J. y Palomar, M. (2023). One-step Ni-Co alloy nanoparticles electrodeposition from leach liquor of spent Ni-MH batteries using a deep eutectic solvent and its use towards urea electrooxidation. *Electrocatalysis*, 14(6), 869-874. <https://doi.org/10.1007/S12678-023-00842-X>
- Chen, J., Li, Y., Wang, X. y Liu, W. (2019). Application of deep eutectic solvents in food analysis: a review. *Molecules*, 24. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES24244594>
- Doneux, T., Sorgho, A., Soma, F., Rayée, Q. y Bougouma, M. (2024). Electrodeposition in deep eutectic solvents: the «obvious», the «unexpected» and the «wonders». *Molecules*, 29(14). <https://doi.org/10.3390/MOLECULES29143439>
- Landa, M., Aldana, J., Montes de Oca, M. G., Romero, M., Arce, E. M. y Palomar, M. (2020). Ni-Co alloy electrodeposition from the cathode powder of Ni-MH spent batteries leached with a deep eutectic solvent (reline). *Journal of Alloys and Compounds*, 830. <https://doi.org/10.1016/J.JALLCOM.2020.154650>
- Lomba, L., Ribate, M. P., Zaragoza, E., Concha, J., Garra-laga, M. P., Errazquin, D., García, C. B. y Giner, B. (2021). Deep eutectic solvents: are they safe? *Applied Sciences*, 11(21). <https://doi.org/10.3390/APP112110061>
- Saeed, Z., Habib, H., Noor, A., Gohar, A., Waqar, M. y Urooj. (2025). Urea fertilizer: a journey from an essential nutrients to an emerging pollutant. *Pakistan Journal of Chemistry*, 15(1/2), 23-30. <https://doi.org/10.15228/2025.V15.I1-2.P04>
- Sánchez, W., Aldana, J., Le Manh, T., Romero, M., Mejía, I., Ramírez, M. T., Arce, E. M., Mugica, V. y Palomar, M. (2021). A deep eutectic solvent as leaching agent and electrolytic bath for silver recovery from spent silver oxide batteries. *Journal of The Electrochemical Society*, 168(1). <https://doi.org/10.1149/1945-7111/ABDB01>
- Smith, E. L., Abbott, A. P. y Ryder, K. S. (2014). Deep eutectic solvents (DES) and their applications. *Chemical Reviews*, 114(21), 11060-11082. [https://doi.org/10.1021/CR300162P/ASSET/IMAGES/LARGE/CR-2012-00162P\\_0004.JPEG](https://doi.org/10.1021/CR300162P/ASSET/IMAGES/LARGE/CR-2012-00162P_0004.JPEG)