

EDUARDO ROJAS SÁNCHEZ, RODOLFO RAMOS-GONZÁLEZ, ARACELI LOREDO*

Universidad Autónoma de Coahuila. México.

Encapsular para proteger:

la tecnología invisible
que impulsa la industria
de **alimentos**



Protección de ingredientes sensibles
Más estabilidad,
más vida útil.



Liberación controlada
Eficiencia y funcionalidad
en cada aplicación.



Mejores propiedades sensoriales
Sabor, color y aroma
que se conservan.



Innovación que impulsa la industria
Soluciones inteligentes
para desafíos reales.



INTRODUCCIÓN

La encapsulación es una tecnología que casi nadie se imagina que se usa, sin embargo, se encuentra en muchos productos cotidianos. Encapsular consiste en atrapar una sustancia dentro de una matriz protectora para resguardarla del ambiente. Esto se ha convertido en una herramienta muy importante para la industria. Como en alimentos para mejorar el aroma de estos, en medicamentos para liberar su principio activo de forma controlada y formulaciones agrícolas con el objetivo de minimizar pérdidas (Xu et al., 2024; Zabot et al., 2022).

¿QUÉ SIGNIFICA ENCAPSULAR?

La encapsulación consiste en tener un material activo dentro con una cobertura de un material encapsulante (**Figura 1**). Este material puede ser natural o sintético y se selecciona con base en el objetivo con el que se utilizará el encapsulado. Entre los más reportados están el alginato de sodio, la maltodextrina, la goma arábiga, la pectina, el quitosano, el almidón modificado, proteínas lácteas y otros polímeros de origen natural. La elección de esto es crucial debido a que muchas moléculas son frágiles y se pueden degradar debido a la luz, la humedad, los cambios de temperatura, corrientes eléctricas o cambios de pH (Zabot et al., 2024).

Existen diversas técnicas para encapsular compuestos, siendo las más comunes el secado por aspersión, la liofilización, la extrusión y la coacervación, como se muestra en la **Figura 2**. La elección del método depende tanto del tipo de compuesto y su sensibilidad, como del tamaño que se pretende lograr para las capsulas y de la viabilidad económica en una escala industrial (Zabot et al., 2022; Xu et al., 2024).



Figura 1. Representación general del proceso de encapsulación. Fuente: Creación propia (Canva).



Figura 2. Principales métodos de encapsulación empleados en la industria. Fuente: creación propia (Canva).

UNA ALIADA SILENCIOSA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

En la industria alimentaria, la encapsulación ha ganado relevancia ya que permite proteger ingredientes funcionales que podrían perderse durante su procesamiento o almacenamiento. Un ejemplo son los aceites esenciales, antioxidantes naturales o probióticos presentes en yogures, bebidas fermentadas o suplementos alimenticios. Al momento de encapsularlos se conserva mejor su actividad, se reducen los sabores u olores no deseados y se facilita su incorporación en matrices alimentarias complejas.

Un ejemplo importante son los probióticos. Estos microorganismos tienen que sobrevivir al procesamiento, almacenamiento del producto y al

tracto gastrointestinal para que obtengamos un beneficio real, así que la encapsulación es una herramienta para alimentos funcionales y bebidas con valor agregado (Kambhampati Vivek et al.,2023).

La industria de alimentos también se beneficia del control de liberación. No siempre es bueno que un aroma, antioxidante o agente antimicrobiano actúe desde el principio. A veces interesa que se libere poco a poco o en ciertas condiciones específicas. Esta capacidad de “programar” la disponibilidad del compuesto hace que la encapsulación sea más que una barrera protectora (Xu et al., 2024).

MEDICAMENTOS MÁS PRECISOS Y FORMULACIONES MÁS INTELIGENTES

En el área de los medicamentos, la encapsulación es muy importante. Permite desarrollar sistemas que liberan los medicamentos de forma controlada. En lugar de dar forma a un medicamento que se degrade rápidamente o que no se absorba bien, la microencapsulación ayuda a protegerlo y a liberar la dosis de manera más sostenida. Esto ocurre, en formulaciones de liberación prolongada, donde el fármaco no se libera de una sola vez, sino poco a poco, con el fin de mantener su efecto durante un mayor tiempo y cause menos efectos secundarios, especialmente si el medicamento es inestable o irritante (Yan & Kim, 2024).

La idea detrás de estas formulaciones es muy simple: no se trata sólo de llevar un medicamento al cuerpo, sino de darlo de la mejor manera posible. Por eso la encapsulación es una parte importante de la medicina moderna, sobre todo cuando se busca crear sistemas que respondan a ciertas condiciones del cuerpo, como el pH o la humedad (Mu et al.,2021).

AGRICULTURA: MENOS PÉRDIDA, MÁS EFICIENCIA

En agricultura, la encapsulación también está cobrando fuerza por su capacidad para mejorar la estabilidad y el desempeño de compuestos activos. Revisiones recientes destacan su valor en la formulación de biofungicidas, bioherbicidas, biopesticidas y biofertilizantes, ya que puede reducir pérdidas por volatilización, prolongar el tiempo de acción y aumentar la estabilidad de los ingredientes. En otras palabras, encapsular puede ayudar a usar mejor lo que se aplica al campo como sería la formulación de herbicidas o biofertilizantes, aprovechando una liberación más gradual (Zabot et al.,2022).

Esto es especialmente relevante en el caso de herbicidas y otras formulaciones de liberación controlada. La literatura señala que estos sistemas pueden favorecer una dosificación más eficiente y una menor dispersión no deseada en el ambiente. No significa que la encapsulación resuelva por sí sola los retos de la agricultura sostenible, pero sí representa una ruta prometedora para reducir desperdicios y hacer más precisas ciertas aplicaciones (Rodríguez-Mejías et al., 2023).

Estas aplicaciones muestran que la encapsulación es importante en diferentes sectores. En la industria alimentaria, ayuda a proteger los compuestos funcionales y a incorporarlos mejor en matrices complejas. En la farmacéutica, permite sistemas de liberación controlada y formulaciones más precisas. En la agricultura, contribuye a una aplicación más eficiente y estable de los compuestos activos. Todo esto se puede ver en la **Figura 3**.

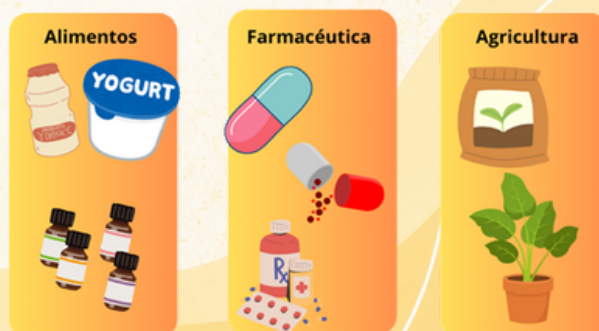


Figura 3. Aplicaciones de la encapsulación de alimentos, farmacéutica y agricultura. Fuente: Creación propia (Canva).

DEL EMPAQUE AL MOVIMIENTO: ENCAPSULACIÓN Y BIOBOTS

La encapsulación se asocia generalmente con polvos, gotas o microcápsulas. Sin embargo, también se relaciona con campos más novedosos, como los biobots que es la combinación de células, tejidos o microorganismos con una estructura artificial que al combinarse da la capacidad de movimiento y con los sistemas biohíbridos que son una película polimérica con células o enzimas que detectan un compuesto o liberan una sustancia, pero sin tener movimiento (Webster-Wood et al., 2022; Garmroudi et al., 2025; Wang et al., 2022).

En este campo, la encapsulación puede ser muy útil para proteger, soportar y controlar la liberación de células, biomoléculas o agentes funcionales. Esto es especialmente importante para los biobots que necesitan operar en entornos acuosos o mantener la viabilidad de componentes biológicos (Figura 4).

La encapsulación puede ser más que una técnica industrial. Puede ser una herramienta de diseño que utiliza materiales como hidrogeles o matrices poliméricas. Estos materiales no solo contienen, sino que también crean microambientes que protegen y organizan elementos vivos. La encapsulación no se trata solo de guardar algo, sino de crear condiciones para que funcione mejor (Xu et al., 2024; Webster-Wood et al., 2022).

La encapsulación llega a ser un puente entre la industria actual y la bioingeniería del futuro, eso debido a que la frontera entre lo material y un sistema vivo se vuelve cada vez más delgada. Ya no sólo se trata de explicar cómo se protege un aroma o un fármaco. La encapsulación es una herramienta para combinar lo vivo y lo artificial (Xu et al., 2024).

RETOS QUE TODAVÍA DEBEN RESOLVERSE

A pesar de sus ventajas, la encapsulación no es una solución universal. La selección del material encapsulante, la compatibilidad con el compuesto activo, la eficiencia de encapsulación, la estabilidad durante almacenamiento, la cinética de liberación y el costo del proceso siguen siendo factores críticos. Un sistema útil en laboratorio no siempre funciona igual de bien a escala industrial. Por eso, gran parte de la investigación actual busca no solo nuevas cápsulas, sino tecnologías que sean reproducibles, económicamente viables y sostenibles (Zabot et al., 2022).

También existe un reto de comunicación. Muchas veces el público consume productos “mejorados” sin saber qué tecnología los hace posibles. Explicar la encapsulación de forma clara ayuda a comprender que detrás de un alimento funcional, un medicamento de acción prolongada o una formulación agrícola más estable no hay magia, sino diseño científico. Ese tipo de divulgación es importante porque acerca la innovación a la vida cotidiana (Xu et al., 2024).



Figura 4. Relación entre encapsulación, materiales biohíbridos y biobots. Fuente: Creación propia (Canva).

CONCLUSIÓN

Encapsular es, en esencia, proteger para que algo llegue mejor a su destino. Esa lógica ha permitido avances importantes en alimentos, farmacia y agricultura, y hoy dialoga con áreas emergentes como los biobots y la robótica biohíbrida. Más que una técnica aislada, la encapsulación es una estrategia transversal que une la química, materiales, biología e ingeniería. Tal vez una de sus mayores ventajas sea su versatilidad, ya que puede aplicarse en alimentos, medicamentos y agricultura con objetivos distintos como ya se mencionó. Su importancia seguirá creciendo a medida que la industria exija soluciones más estables, más precisos y eficientes.

REFERENCIAS

- Xu, Y., Yan, X., Zheng, H., Li, J., Wu, X., Xu, J., Zhen, Z., & Du, C. (2024). The application of encapsulation technology in the food industry: Classifications, recent advances, and perspectives. *Food Chemistry X*, 21, 101240. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101240>
- Zabot, G. L., Rodrigues, F. S., Ody, L. P., Tres, M. V., Herrera, E., Palacin, H., Córdova-Ramos, J. S., & Olivera-Montenegro, L. (2022). Encapsulation of bioactive compounds for food and agricultural applications. *Polymers*, 14(19), 4194. <https://doi.org/10.3390/polym14194194>
- Kambhampati Vivek, Mishra, S., Pradhan, R. C., Nagarajan, M., Kumar, P. K., Singh, S. S., Manvi, D., & Gowda, N. N. (2023). A comprehensive review on microencapsulation of probiotics: Technology, carriers and current trends. *Applied Food Research*, 3(3), 100248. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100248>
- Yan, C., & Kim, S.-R. (2024). Microencapsulation for Pharmaceutical Applications: A Review. *ACS Applied Bio Materials*, 7(2), 692–710. <https://doi.org/10.1021/acsabm.3c00776>
- Mu, Y., Gong, L., Peng, T., Yao, J., & Lin, Z. (2021). Advances in pH-responsive drug delivery systems. *OpenNano*, 5, 100031. <https://doi.org/10.1016/j.onano.2021.100031>
- Rodríguez-Mejías, F. J., Scavo, A., Chinchilla, N., Molinillo, J. M. G., Schwaiger, S., Mauromicale, G., & Macías, F. A. (2023). Perspectives and advances in organic formulations for agriculture: Encapsulation of herbicides for weed control. *Agronomy*, 13(7), 1898. <https://doi.org/10.3390/agronomy13071898>
- Webster-Wood, V. A., Guix, M., Xu, N. W., Behkam, B., Sato, H., Sarkar, D., Sanchez, S., Shimizu, M., & Parker, K. K. (2022). Biohybrid robots: Recent progress, challenges, and perspectives. *Bioinspiration & Biomimetics*, 18(1). <https://doi.org/10.1088/1748-3190/ac9c3b>
- Garmroudi, A., Tushar, M. A. K., Liu, C., & Li, Z. (2025). Biohybrid living robotics: A comprehensive review of recent advances, technological innovation, and future prospects. *npj Robotics*, 3(1), Article 43. <https://doi.org/10.1038/s44182-025-00056-x>
- Wang, C., Zhang, Z., Wang, J., Wang, Q., & Shang, L. (2022). Biohybrid materials: Structure design and biomedical applications. *Materials Today Bio*, 16, 100352. <https://doi.org/10.1016/j.mtbio.2022.100352>