

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



“Técnicas de Encapsulación aplicadas en la Industria de Alimentos”

Por:

**GABRIELA ELIZABETH MARTINEZ LOPEZ**

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

**Junio, 2022**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

“Técnicas de Encapsulación aplicadas en la Industria de Alimentos”

Por:

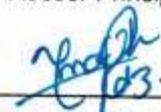
**GABRIELA ELIZABETH MARTINEZ LOPEZ**  
MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

El siguiente trabajo ha sido dirigido por el siguiente comité:

Asesor Principal



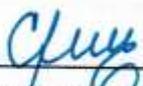
\_\_\_\_\_  
Dra. Ana Verónica Charles Rodríguez

Vocal



\_\_\_\_\_  
Dr. Armando Robledo Olivo

Vocal

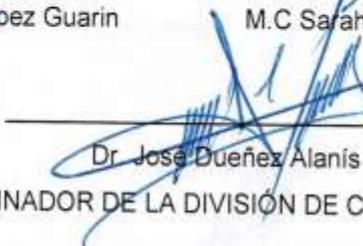


\_\_\_\_\_  
Dr. Gustavo Lopez Guarin

Vocal



\_\_\_\_\_  
M.C Sarahí del Carmen Rangel Ortega



\_\_\_\_\_  
Dr. José Dueñez Alanís

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2022



## MANIFIESTO DE HONESTIDAD ACADÉMICA

La suscrita **Gabriela Elizabeth Martínez López** alumna de la carrera Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos con matrícula 41110291 y autora de la siguiente monografía, manifiesta que:

- 1.- Reconozco que el plagio académico constituye un delito que está penado en nuestro país.
- 2.- Las ideas, opiniones, datos e información publicadas por los otros autores y utilizadas en la presente tesis han sido debidamente citadas reconociendo la autoría de la fuente original.
- 3.- Toda información consultada ha sido analizada e interpretada por el suscrito y redactada según su criterio y apreciación, de tal manera que no se ha incurrido en el "copiado y pegado" de dicha información.
- 4.- Reconozco la responsabilidad sobre los derechos del autor de los materiales bibliográficos consultados por cualquier vía y manifiesto no haber hecho mal uso de ninguno de ellos.
- 5.- Entiendo que la función y alcance de mi comité de asesoría está circunscrito a la orientación de guía respecto a la metodología de la investigación realizada para la presente monografía, así como del análisis e interpretación de mis resultados obtenidos, y por lo tanto eximo de toda responsabilidad relacionada al plagio académico a mi comité de asesoría y acepto que cualquier responsabilidad respecto es únicamente mía.

Atentamente



---

**Gabriela Elizabeth Martínez López**

Alumna

## DEDICATORIA

*“Pon en sus manos del señor todas tus obras, y tus proyectos se cumplirán”*

*Proverbios 16:3*

En primer lugar, a DIOS que me ha permitido superar cada prueba aprendiendo de cada una de ellas, por su misericordia para conmigo en cada proyecto de vida personal y espiritual.

A mi madre Sandra López por guiarme, forjarme con valores que me hacen ser la mujer que soy ahora, gracias por siempre confiar en mi te amo.

Mi padre José Martínez por sus consejos en la infancia. A mis hermanos Dania por ser espléndida, tenaz al motivarme en el proceso de los proyectos, Alexis por procurarme.

Para mi esposo Salvador que es la persona que, con su comprensión, cariño me ha acompañado en las etapas quebrantables, gracias por los actos de amor que has realizado para nuestra familia.

Mis niños Dylan y Nathan gracias por llegar a mi vida y enseñarme que cada día se vive diferente, son admirables a pesar de su corta edad han sido el impulso para salir adelante, los amo.

Aquellas personas maduras y sabias que me han acompañado a distancia con motivaciones mis abuelos Raúl, Angela.

En esta ocasión agradezco muy especialmente a la Dra. Charles por ser partícipe de uno de los logros más importantes en mi vida; su paciencia, comprensión, tenacidad, pero sobre todo por su confianza en mí. Gracias por este proyecto.

La vida son momentos, las personas se van, pero dejan marcado nuestro espíritu con su presencia en vida, amigo Valente Tapia siempre estarás en mi corazón va por ti hasta el cielo.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
ÍNDICE GENERAL.....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVO.....	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3.ENCAPSULADO.....	3
3.1.2 Composición de microcápsulas.....	5
3.1.3 Micropartículas.....	5
3.2 Composición de las micropartículas.....	6
3.3 Técnicas de Microencapsulación.....	6
3.3.1 Procesos mecánicos.....	7
3.3.2 Procesos químicos.....	13
3.4 Aplicaciones en la industria.....	19
IV. CONCLUSIÓN.....	22
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura morfológica de microcápsulas	4
Figura 2 Esquema de técnicas de microencapsulación	7
Figura 3 Diagrama esquemático del secado por pulverización	8
Figura 4. Equipo utilizado en secado por enfriamiento/congelamiento	9
Figura 5 Sistema de lecho fluidizado usando aire comprimido	11
Figura 6 Tipos de dispositivos extrusores	12
Figura 7. Coacervación simple	13
Figura 8. Mecanismos de gelificación iónica	16
Figura 9. Fases de la polimerización interfacial.	17
Figura 10. Método de preparación de liposomas tipo MLV, basados en el proceso de hidratación de películas de fosfolípidos	17
Figura 11. Complejo de inclusión en el interior de la CD	19

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Materiales empleados para formar la matriz de encapsulación	6
Cuadro 2. Funciones de los equipos empleados para secado por enfriamiento/congelamiento	10
Cuadro 3. Aplicaciones del método de co-cristalización	15
Cuadro 4. Aplicación de los principales aditivos en la industria alimentaria y su resultado.	20
Cuadro 5. Ejemplos de fármacos microencapsulados en microesferas o nanoesferas mediante secado por aspersion,	21
Cuadro 6. Muestra la tecnología de fertilizantes de liberación lenta y controlada	21

## I. INTRODUCCIÓN

Como sabemos la naturaleza biología de todo cuerpo es vivir, nacer, desarrollarse, degradarse y morir los alimentos no son la excepción a esta regla. (Góngora R, 2009). Debido a esta necesidad se desarrollaron procesos de encapsulación entre los años 30's y 40's por la National Cash Register que implemento gelatina como agente encapsulante mediante un proceso de coacervación (Yañez J, et al 2005); "su aplicación más importante fue dirigida a la encapsulación de colorantes para la elaboración de papel de calco (Parzanese M, 2013).

En este proyecto se hablara de los nuevos métodos de encapsulación: procesos químicos como: Inclusión molecular, gelificación iónica, atrapamiento de liposomas, co-cristalización, etc.; procesos mecánicos: secado por enfriamiento/congelamiento, extrusión, lecho fluidizado, (Leyva R, 2018), la selección del mismo estará en función del presupuesto, propiedades del material a encapsular, medida de micropartículas deseadas y del mecanismo de liberación; muchas de las industrias ya cuentan con una terminología específica de acuerdo a su aplicación.(Pedroza R, 2002).

Se define como encapsulado al proceso de empaquetamiento de diversas sustancias activas gases, líquidos o sólidos (Parzanese M, 2013), formando así una fase interna y al material con el que se cubren se le llama pared, estos regularmente no reaccionan con la fase interna (Pedroza R, 2002).

Esta técnica ha tomado importancia por su propósito de alargar la vida de anaquel, preservar olores, sabores y su liberación de manera específica; se ha utilizado en diversas industrias agropecuaria, alimentos, farmacéutica; esta última hace una distinción entre microcápsulas y micropartículas que varían en la distribución del material de la fase interna (Pedroza R, 2002).

## **II. OBJETIVO**

Recopilar información sobre los principales métodos para encapsular compuestos activos o aditivos en la industria de alimentos.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.ENCAPSULADO

Se le conoce así al proceso de empaquetamiento en el cual se rodea a una sustancia activa de sólidos, líquidos o materiales gaseosos (Parzanese M, 2013) al que se le llama núcleo, esto implica la formación de una capa protectora peculiarmente compuesta, (Arcia P & Ramirez A, 2016) de material polimérico suficientemente resistente y estable e inmiscible, aunque cohesivo con el núcleo, para formar capsulas de tamaño micrométrico a milimétrico, las cuales pueden medir de 50 nm a 2 mm. Cuando se alteran en medios determinados liberando su contenido activo juegan un papel importante durante su uso ya sea proporcionando medicamentos, aromas, alimentos con mejor consistencia y valor nutrimental (Yañez J, et al 2005).

Esta técnica tiene una orientación favorable porque se ha convertido en un proceso muy atractivo en las últimas décadas tanto para productos alimentarios, como para compuestos químicos, fármacos o cosméticos, manteniendo el propósito de incrementar la estabilidad y la vida media de anaquel (Avila, S, 2011)

La tecnología de encapsulación en el procedimiento de alimentos se basa en el recubrimiento de partículas diminutas como ingredientes (por ejemplo, acidulantes, grasas y sabores), así como ingredientes enteros (pasas, nueces y productos de confitería (Leyva R, 2018). En la industria farmaceutica se ha utilizado para la formacion de microgranulos de accion sostenida, para prevenir la evaporacion de sustancias volatiles,(aceites esenciales) para proteger de la luz y humedad sustancias sensibles a ellas, como las vitaminas A,K y C, ademas atenuar el olor y sabor desagradable de algunos medicamentos que combinan sustancias entre si, entre otros usos (Parzanese M, 2013).

### 3.1.1 Microcápsulas

Las microcápsulas presentan una diversidad de estructuras, en general resaltan dos componentes: el ingrediente encapsulado y el revestimiento. En su forma más sencilla tiene una forma esférica uniforme y su diámetro puede ser 0.2 a 5000 $\mu\text{m}$ , el núcleo puede ser de un material cristalino, una partícula absorbente, una emulsión o una suspensión; el material de revestimiento puede ser polímeros, alginato o lípidos (Leyva R, 2018).

Hay que tener en cuenta el tipo de tecnología de encapsulación a la cual será sometida, así como también el material que conformará el núcleo y la pared de la microcápsula. La figura 1 muestra las morfologías que pueden presentar las microcápsulas

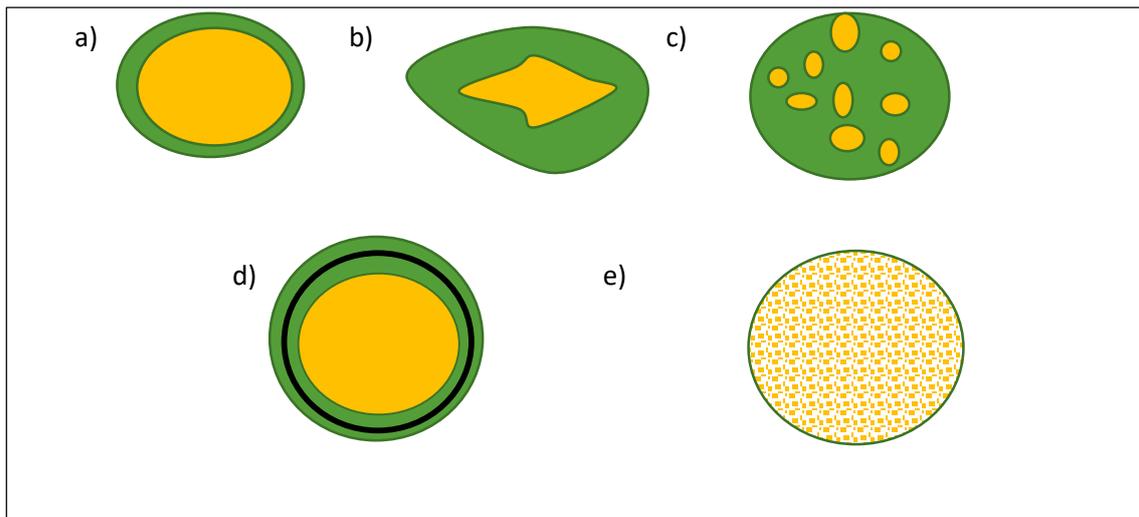


Figura 1. Estructura morfológica de microcápsulas

(a). Partícula simple: La que posee una forma esférica uniforme, (b). Estructura irregular: Posee una morfología irregular (c) Polinuclear: Núcleo dividido y disperso rodeado por una misma pared (d). Multipared: Depende del material a encapsular puede, (e). El núcleo se encuentra distribuido en todo el material. Creación propia tomando de referencia datos de (Leyva R, 2018)

### 3.1.2 Composición de microcápsulas

La palabra cápsula implica una estructura de núcleo y cubierta, el término microcápsulas admite no solo partículas o gotas encerradas en la membrana, sino también dispersión en la matriz sólida que carece de una fase de pared externa distintiva, así como de tipos intermedios. En términos de arquitectura, las capsulas se pueden dividir en dos grupos: aquellas en las que el núcleo está claramente concentrado en la región central, rodeado por una película definida y continua del material de pared, y aquellas en las que el núcleo es uniformemente dispersado en una matriz. El primer grupo puede ser clasificado como sistema del tipo reservorio, y caracteriza las verdaderas microcápsulas; el segundo clasificado como microesferas. La principal diferencia entre las microcápsulas y las microesferas está en el hecho de que, en las microesferas, una pequeña fracción del material encapsulado permanece expuesto en la superficie, lo que es evitado por la verdadera encapsulación (Leyva R, 2018).

Las propiedades de las microcápsulas dependen en su mayor parte a lo que se destinarán al finalizar el procedimiento, existen diferentes tamaños; si el tamaño es inferior a 1  $\mu\text{m}$ , se le denomina nanocápsula, de 1  $\mu\text{m}$  a 5000  $\mu\text{m}$  microcápsulas y mayores a 5000  $\mu\text{m}$  se consideran microcápsulas (Avila, S, 2011) pueden tener cubiertas porosas o impermeables que reaccionaran a diferentes estímulos externos como pH, temperatura, presión, concentración de electrolitos, etc. (Sanchez, M, 2015).

### 3.1.3 Micropartículas

Son partículas poliméricas esféricas con diámetros que oscilan entre 1 a 250  $\mu\text{m}$  e incluso menores a 125 $\mu\text{m}$ ; tienen un gran potencial en su aplicación para mantener y en algunas ocasiones aumentar la vida biológica de productos naturales como los aceites esenciales (citronela, lavanda, romero y sándalo, entre otros) (Armendariz B., et al 2016) enumera las siguientes ventajas:

- Protección de moléculas inestables y compuestos sensibles al medio en el que se aplican.

- Incremento de la solubilidad, dispersibilidad y fluidez de principios activos y aumento en la vida de anaquel
- Recubrimiento del olor y sabor que puedan presentar los productos naturales.
- Liberación controlada de los componentes activos

### 3.2 Composición de las micropartículas

La elección se hace en base a una amplia variedad de polímeros sintéticos y naturales, los cuales pueden mezclarse a fin de obtener propiedades de barrera y mecanismos de liberación específicos (Parzanese M, 2013).

Por ello que deben de cumplir con ciertas características como; baja viscosidad a altas concentraciones, baja higroscopicidad para facilitar la aglomeración, capacidad de emulsificar y estabilizar el núcleo (Pérez L., et al. 2013). En el cuadro 1 se presentan los diferentes tipos de materiales empleados como matrices para encapsular.

Cuadro 1. Materiales empleados para formar la matriz de encapsulación

Tipos de cobertura	Cobertura específica
Gomas	<b>Agar, alginato de sodio, carragenina, goma arábiga</b>
Carbohidratos	<b>Almidón, dextranos, sacarosa, jarabes de maíz</b>
Celulosas	<b>Etilcelulosa, metilcelulosa, acetilcelulosa, nitrocelulosa, carboximetil-celulosa</b>
Lípidos	<b>Ceras, parafinas, diglicéridos, monoglicéridos, aceites, grasas, ácidos esteáricos, trisetearina</b>
Proteínas	<b>Gluten, caseína, albúmina</b>
Materiales inorgánicos	<b>Sulfato de calcio, silicatos</b>

Fuente: (Nava E., et al 2015)

### 3.3 Técnicas de Microencapsulación

La selección del método que se aplicará para llevar adelante la microencapsulación está determinada por los costos, el tamaño y tipo de estructura que deberán tener las microcápsulas, el mecanismo de liberación del principio activo que se desee y las propiedades físicas y químicas del material de pared (Parzanese M, 2013).

Las diferentes técnicas de microencapsulación se han dividido en 2 grandes grupos los cuales se representan en la figura 2

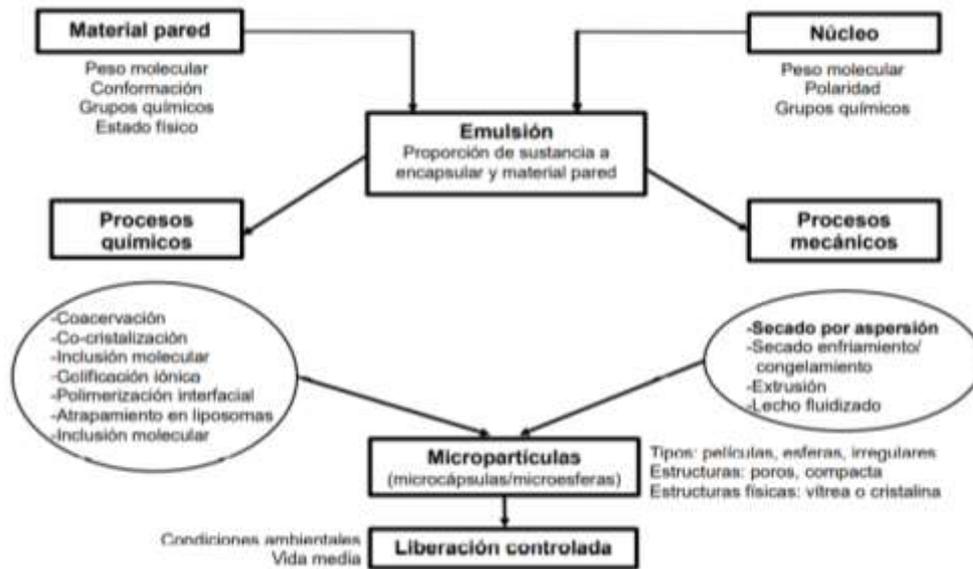


Figura 2 Esquema de técnicas de microencapsulación (Leyva R, 2018).

### 3.3.1 Procesos mecánicos

**3.3.1.1 Secado por aspersión:** Es una operación unitaria mediante la cual un producto líquido ya sea como solución, emulsión o como suspensión es atomizado en una corriente de gas caliente (aire) a una mayor temperatura para obtener un polvo instantáneamente resultado de una rápida evaporación del solvente. Involucra tres etapas: a) preparación de la dispersión o emulsión, b) homogenización y c) atomización (figura 3).

Dependiendo del material inicial alimentado y de las condiciones de operación esta técnica produce un polvo muy fino (Leyva R, 2018).

Las características de los polvos secados están relacionadas con los factores de procesamiento del secado por aspersión, incluyendo la temperatura de secado, la tasa de flujo de aire de secado, la tasa de flujo de alimentación, la velocidad del atomizador, el tipo de agente portador y la concentración del agente portador, (Ozkana G. et al 2019).

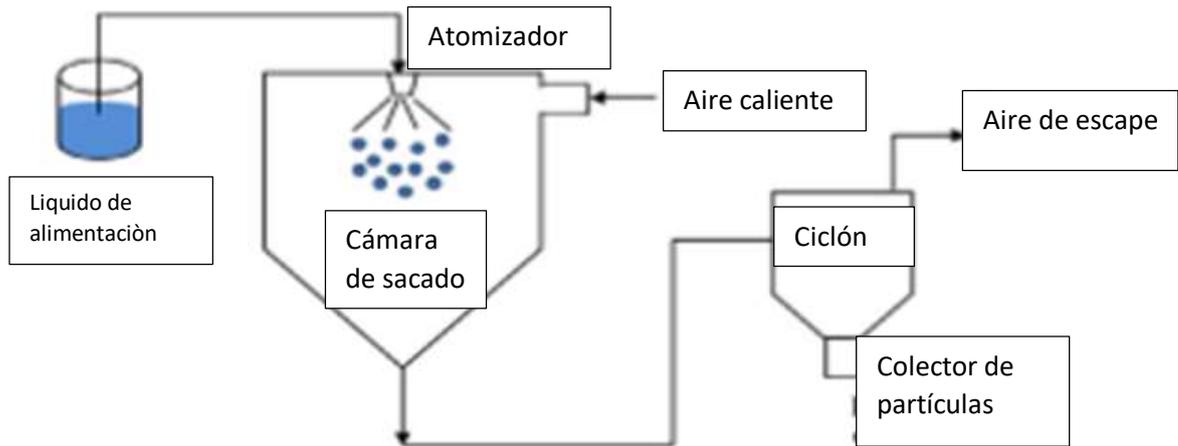


Figura 3. Diagrama esquemático del secado por pulverización (Ozkana 2019).

Se considera una microencapsulación eficiente mediante secado por aspersión cuando se alcanza una máxima cantidad de material de núcleo dentro de las partículas de polvo, una buena estabilidad de las microcapsulas, prevención de pérdida de compuestos volátiles una extensión de la vida útil del producto. La conveniencia de usar esta técnica radica en los tiempos cortos de producción y la factibilidad económica, lo cual es un parámetro crucial para aquellos productos sensibles al calor, debido a que promueve una alta retención de sabor, olor y nutrientes (Leyva R, 2018).

**3.3.1.2 Secado enfriamiento/congelamiento.:** También se le conoce como liofilización; es una variante del método de secado por aspersión, usualmente es utilizado para el secado de materiales biológicos y alimentos sensibles (Huertas, 2011). Así mismo las aplicaciones más comunes de la aspersión por congelación incluyen el secado de sopas y de alimentos con alto contenido de grasa (Parzanese M, 2013).

Estos materiales son sometidos a una dispersión que se realiza a través de inyectores con calefacción dentro de una cámara a temperatura ambiente o a temperatura de refrigeración; si la cámara está a temperatura ambiente el material de encapsulación tendrá un punto de fusión entre 45- 122°C y si la cámara está fría los materiales se fundirán a 32-42°C pudiendo ser utilizados (Parra Huertas, 2011) con la reducción de temperatura se produce una

solidificación del líquido que actúa como pared y el atrapamiento de la sustancia activa en el centro de la cápsula (Parzanese M, 2013) .

Las microcápsulas obtenidas protegen al centro activo de la humedad, ya que son insolubles en agua debido a su cobertura de lípidos, por lo que se encapsulan materiales solubles como enzimas, vitaminas solubles en agua y acidulantes. La liberación del principio activo se lleva a cabo a la temperatura de fusión del recubrimiento (Parzanese, 2013).

El material de cubierta es derretido y atomizado a través de unas boquillas de neumático en un vaso, generalmente este contiene un baño de hielo de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), (temperatura -50°C) en una cámara fluidizada derretida. Así, las gotas se adhieren sobre las partículas y forman una película de cubierta solidificada. Estos procesos son adecuados para protección de algunos materiales hidrosolubles, que pueden de manera diferente ser volatilizados o dañados durante el procesamiento térmico (Parzanese M, 2013) (figura 4). En el cuadro 2 se describe el funcionamiento de manera general del equipo empleado para el proceso de secado por enfriamiento/congelamiento.

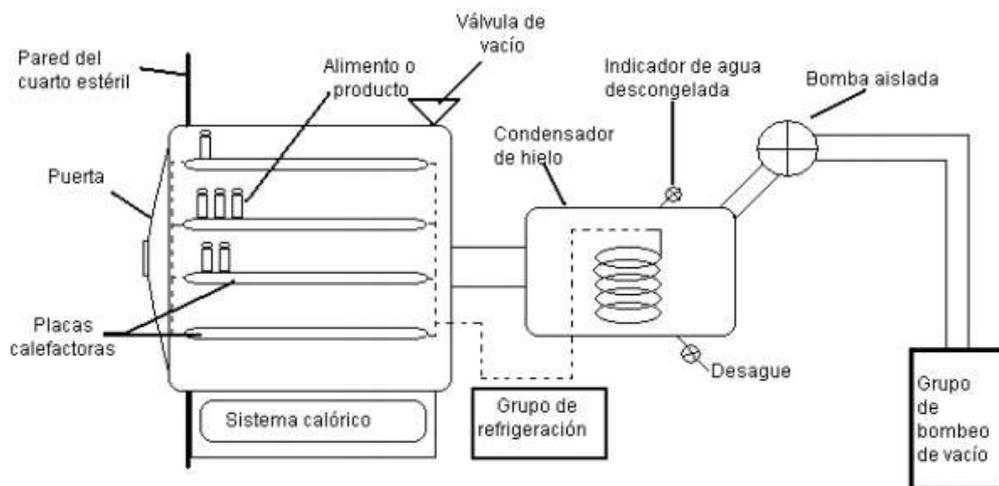


Figura 4. Equipo utilizado en secado por enfriamiento/congelamiento

(Dominguez L, 2012)

Cuadro 2. Funciones de los equipos empleados para secado por enfriamiento/congelamiento

DESCRIPCIÓN GENERAL	
EQUIPOS	FUNCIONES
<b>CAMARA DE SECADO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Provee al proceso de un ambiente limpio y estéril.</li> <li>• Da las condiciones de presión y temperaturas exigidas para la congelación y posterior secado del producto.</li> </ul>
<b>CONDENSADOR</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recoge el vapor de agua producto de la sublimación, y lo desublima.</li> </ul>
<b>SISTEMA DE VACIO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Está conectado a la cámara del condensador.</li> <li>• Proporciona las condiciones de presión indicadas para las etapas de desecado primarias y secundarias.</li> </ul>
<b>INSTRUMENTACIÓN (medidor de temperatura de producto-estante, controlador de calefacción de estante, medidor de vacío cámara-condensador)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son de vital importancia para el control del proceso, de manera que el resultado del mismo siempre sea el mejor posible.</li> </ul>

Fuente: Dominguez L, 2012

Algunas ventajas y/o desventajas del empleo de esta técnica según (Dominguez L, 2012) son:

- La desventaja de este proceso , es el elevado costo de los equipos como lo menciona
- Condensador (desublimador) y sistema de refrigeración.
- Energía requerida para completar las etapas de sublimación del agua en la cámara de secado, y desublimación y fundición en el condensador.
- Mantenimiento de las bombas mecánicas del equipo de vacío.

**3.3.1.3 Lecho fluidizado.** Es una operación por la cuál sólidos finamente divididos se comportan con las características de un estado fluido por medio del contacto con un gas o un líquido en movimiento ascendente (Góngora R, 2009). El proceso consiste en situar a las partículas sólidas suspendidas en un fluido (líquido o gas) que atraviesa el mismo en dirección vertical ascendente, este debe presentar una velocidad suficiente para que la fuerza de la caída de presión en el lecho por el área de corte transversal donde pasa el fluido sea igual o relativamente mayor a la fuerza gravitatoria sobre la masa de las partículas (Góngora R, 2009) esto permite que diferentes tipos de materiales de pared, tanto

aquellos que se funden fácilmente (aceites vegetales hidrogenados, estearinas, ácidos grasos, ceras) como polisacáridos (almidones, gomas y maltodextrinas) (Parzanese M, 2013). La fluidización permite el movimiento de las partículas del lecho expandiéndose y logrando una mayor altura por el área de corte transversal (Góngora R, 2009). La cantidad de partículas cubiertas depende de la longitud de la cámara y del tiempo de residencia dentro de ésta.

Es un proceso muy complejo de transferencia de calor y masa que involucra diferentes microprocesos, como la producción y la dispersión de gotas, la evaporación del solvente, la transferencia de calor y el comportamiento de las partículas en el lecho fluidizado. Para llevar a cabo este proceso es necesario determinar previamente las condiciones de operación a escala laboratorio para luego aplicarlas en producciones a gran escala. Está destinado ampliamente para la producción de microcápsulas a la industria farmacéutica (Parzanese M.) En la figura 5 se representa el sistema de lecho fluidizado utilizando aire comprimido (química)

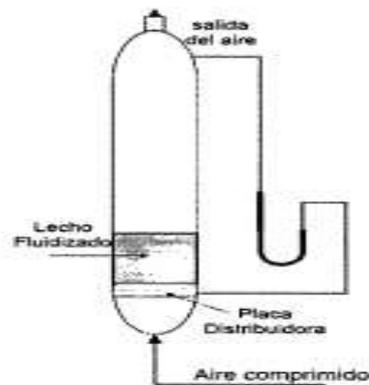


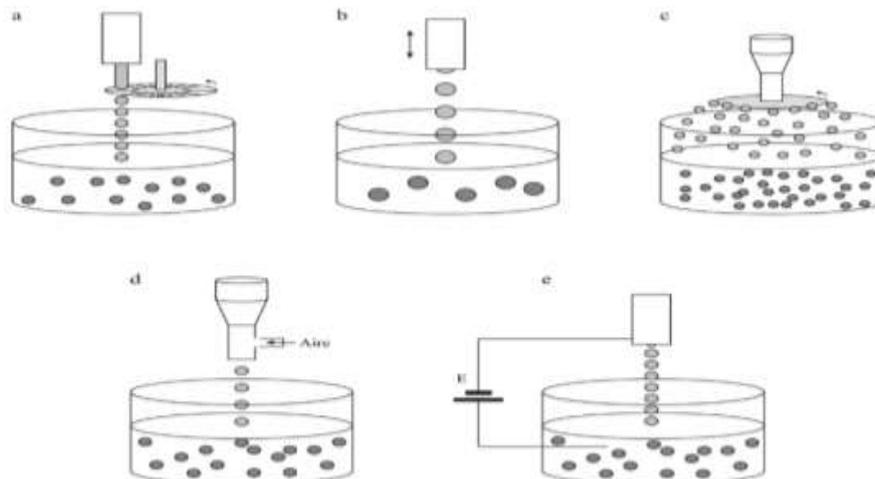
Figura 5 Sistema de lecho fluidizado usando aire comprimido (Góngora R, 2009)

**3.3.1.4 Extrusión.** La microencapsulación por extrusión involucra el paso de una emulsión del material activo y el material de pared a través de un dado a alta presión. La extrusión constituye el segundo proceso más utilizado, después del secado por aspersión, para la encapsulación de sabores. Un proceso típico

involucra la mezcla de sabores con jarabe de maíz o almidón modificado caliente, extruyendo la mezcla en forma de esferitas (pellets) dentro de un baño con un disolvente frío como isopropanol. El disolvente frío solidifica el jarabe en un sólido amorfo, bañando los sabores. (Parra R, 2011). La principal limitación que presenta es el tamaño de las microcápsulas, lo cual depende del diámetro de la boquilla del dispositivo extrusor; entre otras desventajas, la dificultad de producción a gran escala se debe a que la formación de las microcápsulas se logra una a una lo cual trae como consecuencia, largos tiempos de gelificación; a pesar de ello, esta técnica ha sido empleada tradicionalmente para permitir la producción de microcápsulas con tamaños uniformes (Lupo B, et al 2012)

Recientes estudios, demuestran que la aplicación de esta técnica mejora notablemente al incorporar dispositivos extrusores como boquillas múltiples y discos aspersores, inyectoros con impulsos vibratorios e incluso con flujo de aire incorporado, todos los modelos son diseñados con el objetivo de producir microcápsulas de forma masiva. (Lupo B, et al 2012). En la figura 6 se muestran diferentes tipos de dispositivos extrusores para la preparación de microcápsulas.

Figura 6 Tipos de dispositivos extrusores (Lupo B,et al 2012)



a: Atomizador con corte sistemático del chorro. b: Boquilla vibratoria. c: Disco atomizador. d: Flujo de aire coaxial. e: Potencial electrostático.

### 3.3.2 Procesos químicos

**3.3.2.1 Coacervación.** Consiste en un soluto polimérico separado en forma de pequeñas gotas líquidas, que constituye el coacervado. La deposición de este coacervado alrededor de las partículas insolubles dispersas en un líquido forma capsulas incipientes, que por una gelificación apropiada da las capsulas finales. Es un fenómeno que se presenta en soluciones coloidales y se considera como el método original de encapsulación.

Las estrategias para inducir la coacervación dependen principalmente de las características fisicoquímicas del polímero y del centro a recubrir. Durante la coacervación, la separación de fases es inducida por la adición lenta de un “no-solvente” sobre una solución del polímero formador de cubierta, conteniendo el material que va a encapsularse. Se entiende por “no-solvente” aquel disolvente que es miscible con el disolvente del polímero y en el cual el polímero es insoluble. A medida que se adiciona el no-disolvente se provoca una insolubilización del polímero, el cual, a su vez se va depositando alrededor de las partículas presentes en una suspensión (sales, cambio de pH o temperatura) (Brignone S, et al 2020). Al final del proceso, se añade un volumen elevado del no-solvente con la finalidad de endurecer las microcápsulas. (Parra R, 2011). En la figura 7 se observa el resultado de una coacervación simple

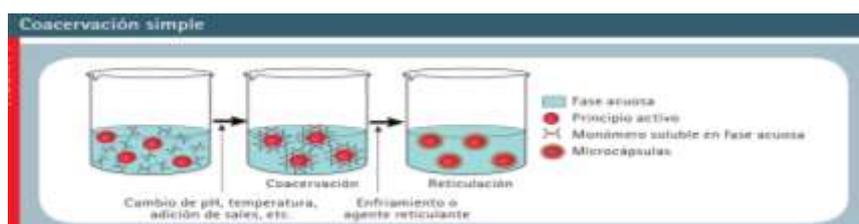


Figura 7. Coacervación simple (Brignone S, et al 2020)

**3.3.2.2 Co-cristalización.** Es un proceso de microencapsulación donde dos ingredientes son incorporados en un conglomerado poroso de microcristales de sacarosa formados por una cristalización espontánea. Los procesos son llevados a cabo por concentración de jarabes de sacarosa hasta supersaturación. Lo anterior se logra con agitación constante del material a encapsular, esto permite una nucleación y aglomeración del producto (Parra R, 2011).

La cocrystalización es una alternativa flexible y económica, debido a que es un procedimiento sencillo; muchos productos pueden ser encapsulados, por medio de esta técnica, tales como jugos o pulpas de frutas, aceites esenciales, saborizantes, aromatizantes entre otros. La estructura del cristal de sacarosa puede ser modificada para formar agregados de cristales muy pequeños que incorporan los sabores, un ejemplo puede ser la cristalización espontánea del jarabe de sacarosa lograda a altas temperaturas (cerca de 120°C). Durante el proceso, el líquido saborizado es transformado a granulos secos y algunos compuestos termosensitivos puede ser degradados; algunos productos que se pueden encapsular con la co-cristalización con sacarosa, como jugos, aceites esenciales, chocolate, matequilla de mani, etc Dando como resultado el mejoramiento de la solubilidad, humectabilidad, dispersabilidad, hidratación, la estabilidad y la capacidad de flujo de los materiales encapsulados. (Arcia P & Ramirez A, 2016). (Cuadro 3).

#### **3.3.2.4 Gelificación iónica.**

Existen dos técnicas de gelificación:

**3.3.2.5 Gelificación externa:** La sal de calcio soluble es agregada a una emulsión A/O. El tamaño de partícula no puede ser bien controlado y las partículas tienden a coagular en grandes masas antes de adquirir la consistencia apropiada. Además, el tamaño de partícula que se obtiene es grande entre 400µm y 1mm (Parra R, 2011)

**3.3.2.6 Gelificación externa:** Es un proceso que se desarrolló para inmovilizar células, donde se utiliza principalmente alginato como componente de la membrana y la combinación con iones divalentes como el calcio, para inducir la gelificación. (Parra R, 2011)

Cuadro 3. Aplicaciones del metodo de co-cristalización (Arcia P & Ramirez A, 2016).

<b>Aplicación</b>	<b>Proceso</b>	<b>Producto final</b>
<b>Aceite de cáscara de naranja</b>	Se requiere la adición de antioxidantes debido a la presencia de aceite no encapsulado debido a la presencia de aceite no encapsulado resultante del exceso de material activo en relación con el agente de encapsulación	Buena fluidez
<b>Extracto de flores de hibisco</b>	Existe un efecto importante en el pH del extracto sobre las propiedades finales	Buena dispersibilidad, solubilidad, homogeneidad y fluidez, además de retener el aroma, sabor y color característico.

“Al entrar en contacto con los iones calcio, el alginato forma un gel instantáneamente. Los iones se siguen difundiendo en el alginato, logrando que el gel se vaya endureciendo con el tiempo. Cabe mencionar que es posible manipular la dureza del gel formado modificando las condiciones de elaboración (pH, concentración de iones, concentración de alginato, etc. (Pedroza R, 2002). Esta técnica permite obtener partículas de 50µm (Parra R, 2011).

La principal diferencia entre el mecanismo de gelificación externa e interna es la cinética del proceso. Si lo que se pretende es el control de la transición solución-gelificación; en el proceso de gelificación externa los factores a manipular son la concentración de calcio y composición del polímero. Mientras que, para el proceso de gelificación interna se deben considerar la solubilidad y concentración de la sal de calcio, concentración del agente secuestrante y del ácido orgánico empleado (Figura 8) (Lupo B, et al 2012).

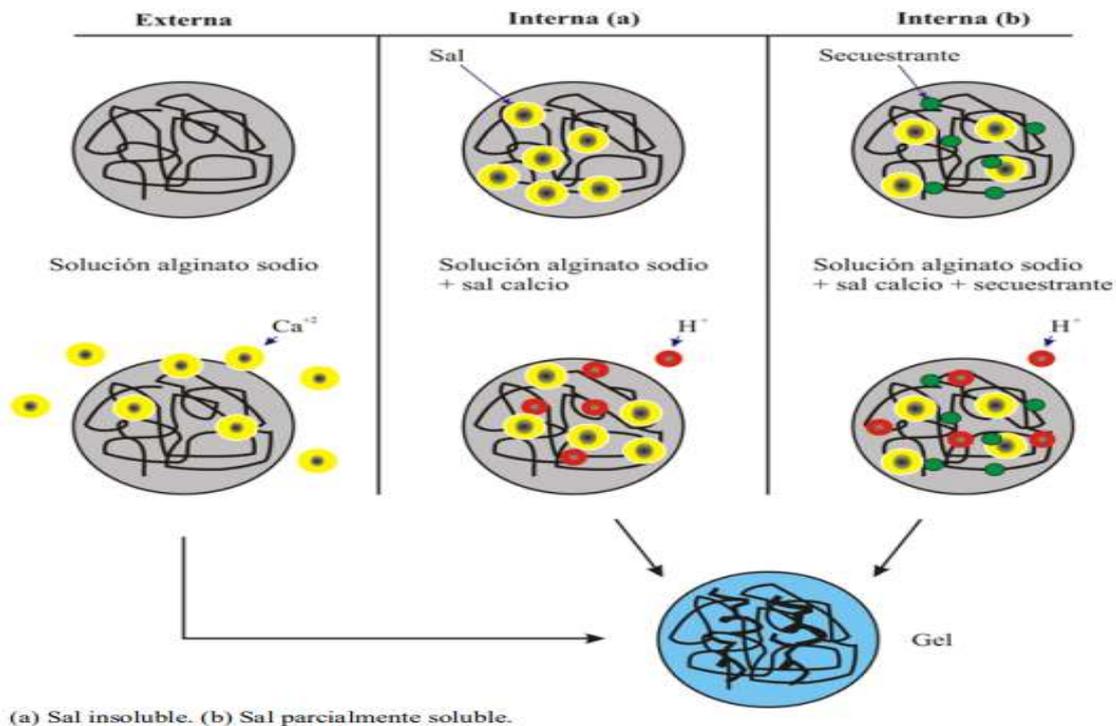


Figura 8. Mecanismos de gelificación iónica (Lupo B, 2012)

**3.3.2.7 Polimerización interfacial:** Se disuelve un monómero hidrofóbico con capacidad de formar polímeros en un material activo hidrofóbico, lo que provoca que la mezcla se disperse en una fase polar mientras un catalizador genera la polimerización del monómero, hace insoluble al polímero en la sustancia activa hidrofóbica y se deposita como sustancia activa. Algunos polímeros utilizados como material de recubrimiento son las poliamidas, poliuretanos y nylon; los cuales son ampliamente utilizados para preparar microcápsulas de proteínas, farmacéuticos, entre otros. Existen reportes sobre la obtención de microesferas de ácidos carboxílicos por polimerización interfacial con cubierta estructurada dura de  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{PS-PAA}$  (figura 9). Dichas microcápsulas exhiben superparamagnetismo y magnetización de alta saturación, lo que las convierte en candidatas promisorias de su aplicación para bioseparación, liberación de fármacos y biocatálisis (Nava E, et al 2015).

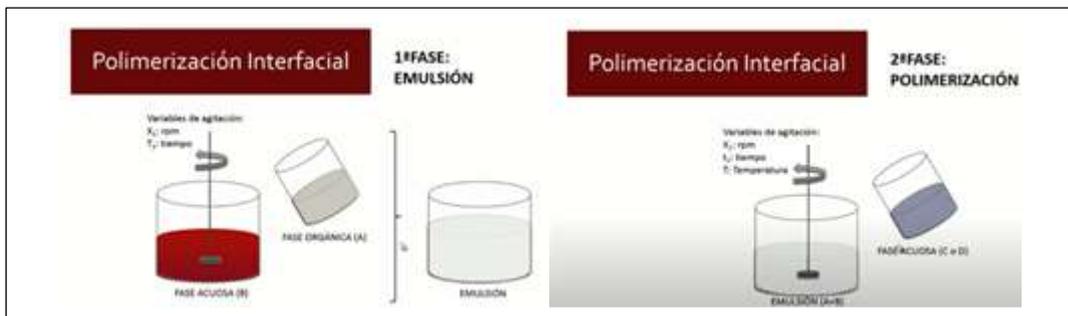


Figura 9. Fases de la polimerización interfacial. (Universitat Politècnica de València-UPV, 2016)

**3.3.2.8 Atrapamiento en liposomas:** Para la aplicación en sistemas alimenticios líquidos, la mejor forma para proteger ingredientes hidrosolubles es por encapsulación en liposomas. Son única o multicapa de fosfolípidos conteniendo cualquier componente lipofílico. Este método puede describirse como vesículas que se forman cuando películas de fosfolípidos son dispersadas en un medio acuoso, son selectivamente permeables a iones y se pueden formar cuando una solución acuosa de sustancia activa, es mezclada con la película del lípido (Parras R, 2011). En la figura 10 se observa el método de preparación basado en la hidratación de la película de fosfolípidos.

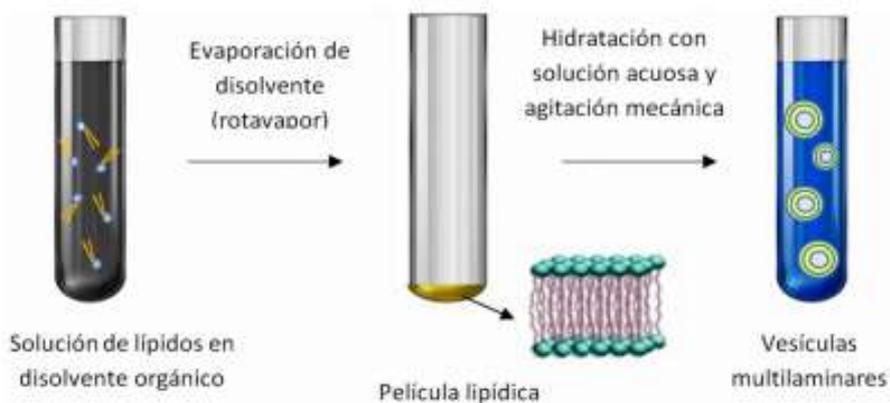


Figura 10. Método de preparación de liposomas tipo MLV, basados en el proceso de hidratación de películas de fosfolípidos (Villa M, 2015).

La liberación del principio activo se realiza por difusión a través de la bicapa, por destrucción de la vesícula, por medio de una concentración crítica de iones de calcio o por un cambio de pH. El colesterol y los tocoferoles pueden ser incorporados para reducir la permeabilidad de la membrana e incrementar la estabilidad de los lípidos en la bicapa. Las sustancias activas solubles en agua presentan una mejor eficiencia de encapsulamiento. Los liposomas son usados

con éxito en la encapsulación de sistemas enzimáticos. Sin embargo, el uso de disolventes orgánicos limita su uso en aplicaciones en alimentos (saborizantes como especias, aceites, sazónadores y edulcorantes) (Yañez J, et al 2005)

**3.3.2.9 Inclusión molecular:** Esta técnica es definida como el resultado de interacciones entre componentes en los cuales una pequeña molécula se ajusta dentro de otra y rodeada por la forma circular de la otra molécula que es el agente encapsulante, (Parra R, 2011), utilizando enlaces de hidrogeno o fuerza de van de Waals en este caso es la ciclodextrina uno de los materiales encapsulantes más utilizados, (Nava E, et al, 2015).

“Las ciclodextrinas (CD) forman compuestos por inclusión o por huésped anfitrión. El principal mecanismo de las CD involucra la formación de complejos por inclusión de analitos, las cuales permiten un equilibrio dinámico en el cual agua u otro compuesto, son reemplazados en la cavidad de la molécula de CD. La estabilidad de estos complejos depende de la estructura, hidrofobicidad de la molécula, pH, disolvente orgánico, temperatura y concentración de la CD. (Yañez J, et al., 2005)

“La preparación de complejos se realiza por dos métodos: en el primero la molécula huésped y la CD son cristalizadas, un disolvente menos hidrofóbico que la molécula huésped, se mezcla con los componentes dando un complejo de la molécula huésped hacia el centro de la ciclodextrina, las ciclodextrinas y la molécula huésped son mezcladas en agua durante un tiempo hasta conseguir el equilibrio (figura 11) El segundo método involucra la formación gaseosa de la molécula huésped en solución de CD. Los complejos de inclusión obtenidos son sólidos cristalinos y pueden adicionarse a alimentos secos en un mínimo de degradación o pérdida del compuesto huésped durante el almacenamiento” (Yañez J, et al 2005).

Las aplicaciones de esta técnica se orientan hacia la protección de sabores y otros ingredientes sensibles al calor adicionados en alimentos extruidos, aceite de ajo, cebolla vitaminas A, E y K (Guevara B;Jimenez T, 2008)

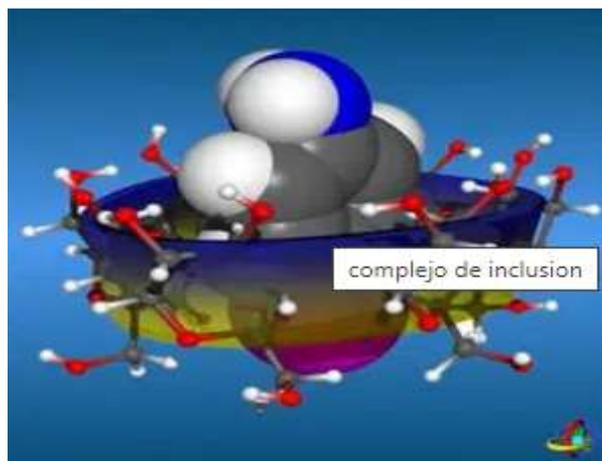


Figura 11. Complejo de inclusión en el interior de la CD. Imagen tomada de Lopez J, 2011.

### **3.4 Aplicaciones en la industria**

#### **3.4.1 Alimentaria**

La encapsulación es una técnica que sirve para proteger los aditivos utilizados en la industria de alimentos. El cuadro 4 muestra algunos ejemplos de aplicaciones en la industria alimentaria.

#### **3.4.2 Farmacéutica**

La microencapsulación en fármacos se sustenta como lo menciona, (Hernandez C, 2014):

Protegen al fármaco de los agentes externos que podrían degradarlo. Como es el caso de las vitaminas A y K que son susceptibles a la degradación.

Enmascaran características organolépticas no deseables de ciertos principios activos como las tetraciclinas, cisteína y ampicilina.

Permite la liberación del principio activo de manera controlada, logrando así reducir el efecto irritante que causan algunos medicamentos; un ejemplo es el ácido acetilsalicílico de liberación controlada provoca menos daño (cuadro 5).

En la actualidad su función principal es conseguir la liberación controlada del principio activo.

### 3.4.3 Agropecuaria

La microencapsulación por su propósito de liberación controlada de los principios activos se ha implementado en fertilizantes, debido a la contaminación de fertilizantes convencionales. Se busca disminuir el impacto ambiental en suelos (García E, 2017).

La liberación controlada de nutrientes (fertilizantes) a una velocidad cercana a la que requiere la demanda de nutrientes del objetivo (planta) para incrementar su eficiencia, mejorando su crecimiento, reduciendo el estrés y la toxicidad (cuadro 6) (García E, 2017).

Cuadro 4. Aplicación de los principales aditivos en la industria alimentaria y su resultado. Creación propia tomando datos de (Sandoval A. et al 2004)

Aditivo	Aplicación	Resultado
Ácidos	Transformar los sabores líquidos a polvos (menor oxidación y volatilidad).	Limita la oxidación, disminuye la higroscopicidad, permite la mayor adición de ácido al producto.
Vitaminas y minerales	Reducen sabores desagradables, permiten la liberación controlada de nutrientes.	Aumenta la estabilidad en condiciones extremas de temperatura, humedad y disminuye reacciones con otros ingredientes.
Grasas	Facilita su manipulación y la interacción con otros ingredientes no grasos brindando estabilidad en el almacenamiento y transporte	Los lípidos son altamente susceptibles a la oxidación en estado líquido durante el procesamiento. La encapsulación previene este inconveniente
Enzimas	Se usan en la fabricación de queso acelerando la maduración	Se utiliza la encapsulación por lecho fluidizado para cubrir con grasa al microorganismo protegiéndola de la humedad y acidez; y así el probiótico no es destruido por los jugos gástricos y se libera en el intestino
Edulcorantes	Se aplica en productos de panadería por ser más estables al calor	Mejora la fluidez y prolonga la percepción del dulce

Cuadro 5. Ejemplos de fármacos microencapsulados en microesferas o nanoesferas mediante secado por aspersión, (López D & Gómez M, 2008)

<b>Fármaco</b>	
17 $\beta$ estradiol hemihidratado	Piroxicam
Albumina	Proteínas y péptidos
Bromocriptina mesilato	Rojo de metilo
Carbamazepina	Salbutamol sulfato
Cidofovir	Sodio diclofenaco
Diclofenaco	Tartrato de butorfanol
Enzimas	Terbutalina sulfato
Eritropeyetina humana recombinante	Tetraciclina HCl
Fisoestigmina	Vacunas
Ibuprofeno	Vancomicina
Insulina	Vitamina C
Itraconazol	Vitamina D <sub>2</sub>
Pantoprazol	Paracetamol

Cuadro 6. Muestra la tecnología de fertilizantes de liberación lenta y controlada (Fontanilla J. et al 2012)

<b>Característica</b>	<b>Urea recubierta de azufre (SCU)</b>	<b>Metilen-urea,Urea formaldehido</b>	<b>Inhibidores de la nitrificación</b>	<b>Cubierta de polímero</b>
<b>Tecnología</b>	Fertilizante recubierto de azufre	Producto de reacción urea	Inhibidores	Fertilizante recubierto de polímero
<b>Mecanismo de liberación</b>	Ruptura de la cubierta	Degradación microbiana	Retardo de la oxidación del amonio	Difusión
<b>Longevidad</b>	2-2.5 meses	MU: 3 meses UF: 12 meses	-	2-12 meses según formula
<b>Factores que afectan a la liberación</b>	Actividad microbiana, pH y materia orgánica	Actividad microbiana, pH, humedad y materia orgánica	Tipo de suelo	Temperatura
<b>% de N de liberación controlada</b>	40-50%	MU: 50% UF: 20%	-	100%
<b>Otros nutrientes</b>	-	-	-	N-P-K- en función de la formula

#### **IV. CONCLUSIÓN**

La técnica de encapsulación se ha vuelto notable a través del tiempo, ya que su evolución ha dado lugar a nuevos métodos para su aplicación en distintas industrias.

Su propósito específico es mantener el principio activo de las microcápsulas o micropartículas según sea el caso de acuerdo a la tecnología implementada, para ser liberado de una manera controlada; aportando mejoras como: alargar la vida de anaquel, resistencia a condiciones extremas que puedan alterar el núcleo, etc.; permitiéndole así un gran número de aplicaciones en la industria de alimentos, farmacéutica, agrícola, etc.

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arcia, P., & Ramirez, A. (26 de noviembre de 2016). *Determinación de las condiciones óptimas de encapsulamiento por co-cristalización de pulpa de guayaba (psidium guajava L.)*. Universidad de Córdoba Facultad de Ingenierías. Obtenido de Universidad de Córdoba Facultad de Ingenierías Programa de Ingeniería de Alimentos Berastegui-Córdoba:  
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/13/tesis%20determinacion%20de%20las%20condiciones%20optimas%20de%20encapsulamiento.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Armendariz, B., Alvarez, R., & Galindo, A. (2016). *Investigación en plantas de importancia médica*. (M. Rivas, A. Oranday, & M. Verde, Edits.) Barcelona, España: OmniaScience. Obtenido de [https://books.google.com.mx/books?id=8kgcDQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=investigacion+en+plantas+de+importancia+medica+catalina+rivas+morales&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=8kgcDQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=investigacion+en+plantas+de+importancia+medica+catalina+rivas+morales&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- Avila, S, S. (Diciembre de 2011). *EFFECTO DEL AGENTE ENCAPSULANTE EN LA VIABILIDAD DE UN MICROORGANISMO PROBIÓTICO (Lactobacillus rhamnosus B442)*. Obtenido de INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL: <https://docplayer.es/70133351-Instituto-politecnico-nacional.html>
- Brignone, S., Ravetti, S., & Palma, S. (2020). Microencapsulación/recubrimiento de sistemas particulados de uso farmacéutico. *Pharmaceutical Technology*(165). Obtenido de [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/143385/CONICET\\_Digital\\_Nro.37fee469-d7f5-4a56-8806-c64a1524d42d\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/143385/CONICET_Digital_Nro.37fee469-d7f5-4a56-8806-c64a1524d42d_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Bryshila Lupo Pasin, C. G. (enero- junio de 2012). *Microencapsulación con alginato en alimentos. Técnicas y aplicaciones*. Obtenido de Revista venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos: <http://oaji.net/articles/2017/4924-1495374245.pdf>

- Cardona, D., Patiño, L., & Ormaza, A. (2021). Aspectos tecnológicos de la microencapsulación de compuestos bioactivos en alimentos mediante secado por aspersion. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. Obtenido de <http://revistacta.agrosavia.co/html/1899/>
- Dominguez, L. (2012). Tecnologías para la industria alimentaria Liofilizacion de alimentos N3. *Alimentos Argentinos "una eleccion natural"*, 1-12. Obtenido de Alimentos Argentinos: [http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha\\_03\\_Liofilizados.pdf](http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_03_Liofilizados.pdf)
- Fontanilla, J., Outeiriño, A., & Nolasco, J. (2012). Principales tipologías de fertilizantes utilizados en la agricultura. *Interempresas*. Obtenido de <https://www.interempresas.net/Agricola/Articulos/61021-Principales-tipologias-de-fertilizantes-utilizados-en-la-agricultura.html>
- Garcia, E. (2017). *Ceras de polímeros naturales-surfactantes derivados de sacáridos:matrices encapsulantes biomimeticas para la liberación lenta de fertilizantes*. Centro de investigación en química aplicada, Saltillo. Obtenido de <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/431/1/Tesis%20MTP%20Edgar%20Miguel%20Garc%C3%ADa%20Carrillo%20Dic%2018%202017.pdf>
- Garnica, M., & Alcantar, M. (2021). Microencapsulación de sabores y aromas. *Divulgación de la Universidad michoacana de San Nicolas de Hidalgo*. Obtenido de <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/259-numero-30/468-microencapsulacion-de-sabores-y-aromas.html>
- Góngora, R. (22 de julio de 2009). *Estado del arte para el uso de lechos fluidizados en la conservación de alimentos*. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Perú. Obtenido de Universidad Nacional de la Amazonia Peruana Facultad de industrias alimentarias: <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/1936>
- Guevara, B., & Jimenez, T. (2008). *Encapsulación: tecnicas y aplicaciones en la industria alimentaria*. Obtenido de Temas selectos de ingeniería en

alimentos 2: <https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No2-Vol-1/TSIA-2%281%29-Guevara-Breton-et-al-2008b.pdf>

Hernandez, D. (2014). *Elaboración y caracterización de microcápsulas mediante gelificación iónica externa, de la fracción alcaloidea de liex guayusa con alhinato sódico, y su utilización en la formulación de una forma de dosificación sólida*. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo Facultad de Ciencias, Riobamba, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3697/1/56T00470%20UDCTFC.pdf>

Leyva R, R. L. (2018). *Caracterización Físicoquímica y morfológica del almidón de maíz modificado enzimáticamente y su efecto protector y de bioaccesibilidad de ácido ascórbico*. Obtenido de Base de datos de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo: <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/2428/Caracterizaci%C3%B3n%20físicoqu%C3%ADmica%20y%20morfol%C3%B3gica%20del%20almid%C3%B3n%20de%20ma%C3%ADz%20modificado%20enzim%C3%A1ticamente..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

López, D., & Gómez, M. (2008). Preparación de microesferas mediante secado por aspersión. *Revista cubana de Farmacia*. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-75152008000300010](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75152008000300010)

Lopez, J. M. (12 de mayo de 2011). *La reina de la encapsulación molecular*. Obtenido de [Entrada de blog]: <https://scientiablog.com/2011/05/12/la-reina-de-la-encapsulacion-molecular/>

Lupo, B., Gonzalez, C., & Maestro, A. (Enero-Junio de 2012). Microencapsulación con alginato en alimentos. Técnicas y aplicaciones. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3(1), 130-151. Obtenido de Revista Venezolana de ciencia y tecnología de alimentos: <https://drive.google.com/file/d/1cTDpWtQpN1alpOsg-FqrisIDIVh-iSTS/view>

- Massounga, A., Shaojie, M., & Xiaodong, L. L. (2018). Application of microencapsulation for the safe delivery of green tea polyphenols in food systems: Review and recent advances. *El Sevier*, 241-249.
- Nava, E., Álvarez, G., Iliná, A., & Martínez, J. (Septiembre-Diciembre de 2015). Tipo de microencapsulados. *Investigación y Ciencia*, 23(66), 64-70. Obtenido de {Imagen}:  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67446014009>
- Ozkana, G., Paola, F., Lolanda, D. M., Jianbo, X., & Esra, C. (2019). A review of microencapsulation methods for food antioxidants: Principles, advantages, drawbacks and applications. *Food Chemistry*, 272, 494-506. Obtenido de A review of microencapsulation methods for food antioxidants: Principles, advantages, drawbacks and applications
- Parra Huertas, R. (9 de febrero de 2011). Revision: Microencapsulacion en alimentos. *Facultad Nacional de Agronomia Medellín*. Obtenido de Food Microencapsulation: A Review:  
[https://www.researchgate.net/publication/262428165\\_FOOD\\_MICROENCAPSULATION\\_A\\_REVIEW](https://www.researchgate.net/publication/262428165_FOOD_MICROENCAPSULATION_A_REVIEW)
- Parzanese, M. (2013). Tecnologías para la industria alimentaria Microencapsulación. *Alimentos Argentinos una elección natural*, 1-12. Obtenido de Alimentos Argentinos:  
[http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha\\_20\\_Microencapsulacion.pdf](http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_20_Microencapsulacion.pdf)
- Pedroza Islas, R. (3-6 de septiembre de 2002). *Alimentos microencapsulados: Particularidades de los procesos para la Microencapsulación de alimentos para larvas de especies acuícolas*. Obtenido de Universidad Iberoamericana. Departamento de Ingenierías (tecnología de alimentos):  
[http://ri.ibero.mx/bitstream/handle/ibero/2035/RPI\\_Art\\_10.pdf?sequence=1](http://ri.ibero.mx/bitstream/handle/ibero/2035/RPI_Art_10.pdf?sequence=1)
- Pérez Leonard, H., Garcia, B., Brizuela Herrada, M. A., Tortolò Cabañas, K., & Gaston Peña, C. (A bril de 2013). *Microencapsulación: una vía de protección paara microorganismos probióticos*. Obtenido de ICIDCA.

Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar:

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223126409003>

Química, Universidad tecnológica nacional facultad regional Rosario Depto. de ingeniería. (s.f.). *Craqueo Catalítico*. Obtenido de Catedra de procesos industriales:

[https://www.modeloingenieria.edu.ar/images/procesos2/material\\_de\\_apoyo/CRAQUEOCATALITICO.pdf](https://www.modeloingenieria.edu.ar/images/procesos2/material_de_apoyo/CRAQUEOCATALITICO.pdf)

Sanchez, M, M. (2 de Diciembre de 2015). Microencapsulación de sustancias activas para su incorporación en calzado. (*Tesis Doctoral*). Universidad Alicante, España. Obtenido de Universidad de Alicante:

[file:///C:/Users/Eduardo/Downloads/tesis\\_maria\\_magdalena\\_sanchez\\_navarro.pdf](file:///C:/Users/Eduardo/Downloads/tesis_maria_magdalena_sanchez_navarro.pdf)

Sandoval, A., Rodriguez, E., & Ayala, A. (2004). Encapsulación de aditivos para la industria de alimentos. *Continua*. Obtenido de

[https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria\\_y\\_competitividad/article/view/2298/3048](https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/article/view/2298/3048)

Seth, D., Mishra, H., & Chandra, D. (2017). Effect of Microencapsulación using Extrusion Technique on Viability of Bacterial Cells During Spray Drying of Sweetened Yoghurt. *International Journal Of Biological Macromolecules*.

Universitat Politècnica de València-UPV. (26 de 7 de 2016). Polimerización interfacial [video]. Youtube. Obtenido de youtube:

<https://www.youtube.com/watch?v=JVakkQrhIQo>

Villa, M., Eduardo, S. M., & Ruth, P. I. (2015). *Liposomas como nanotransportadores de antioxidantes y estudio de tasa de liberación* (Vol. 5). (R. O. Eugenia, Ed.) Barcelona, España: OmniaScience.

Obtenido de OmniaScience:

<https://www.omniascience.com/books/index.php/monographs/catalog/download/88/362/709-1?inline=1>

Yañez, J., J.A, S., Chaires, L., Jimenez, J., & E.G, R. (Marzo- Abril de 2005).

Aplicaciones biotecnológicas de la microencapsulación. *Mundo Alimentario*, 24-30. Obtenido de ResearchGate:

[https://www.researchgate.net/publication/271836989\\_Aplicaciones\\_bioteconologicas\\_de\\_la\\_microencapsulacion](https://www.researchgate.net/publication/271836989_Aplicaciones_bioteconologicas_de_la_microencapsulacion)

Zarate, E., Hernandez, R., & José, P. (2021). Microcapsulas y microesferas: Una visión a la caracterización integral y aplicación para la liberación de medicamentos biotecnológicos. *Scielo*, 15(2). Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-78582021000100021](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78582021000100021)