

REVISIÓN DOCUMENTAL SOBRE BIOFORMULACIONES A BASE DE *Bacillus* sp. PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE *Botrytis cinerea*

Presentado por:
SARA NATALIA BOCANEGRA DURÁN

Asesor externo
PhD DANIEL URIBE VELEZ

Asesora interna
Mg. LIGIA CONSUELO SANCHEZ LEAL



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca
Facultad de Ciencias de la Salud
Bacteriología y Laboratorio Clínico
Mayo 19 de 2021



CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN
2. ANTECEDENTES
3. OBJETIVOS
4. DISEÑO METODOLÓGICO
5. MARCO REFERENCIAL
6. RESULTADOS
7. DISCUSIÓN
8. CONCLUSIONES

Agricultura

- Actividad determinante en el desarrollo económico, social y ambiental.
- Representa el 80% de la producción de alimentos.
- Entre el 20 y el 30% de la producción agrícola se ve afectada por plagas.
- Implementación del **Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades**

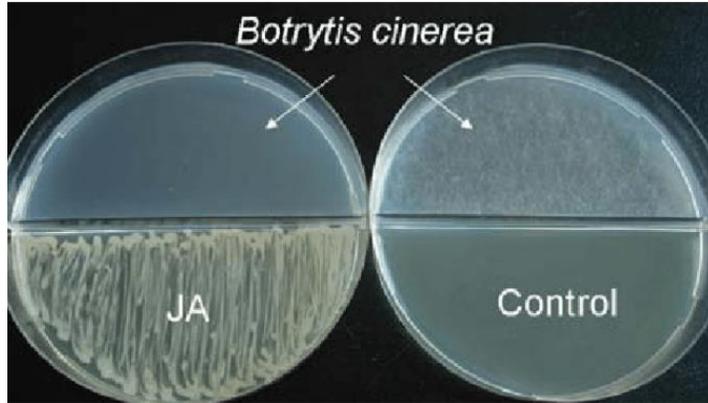


Enfermedad del moho gris avanzada en cultivo de fresa, tomada de: Koike y Bolda (2016).

Botrytis cinerea

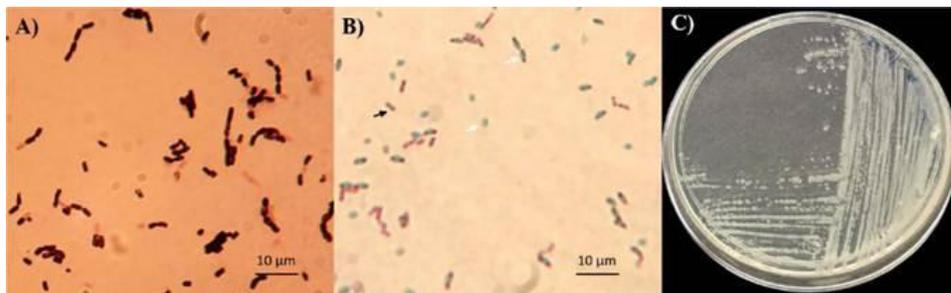
- Ocasiona importantes pérdidas económicas.
- Afecta más de 200 tipos de cultivos.
- Se transmite principalmente por el aire.
- Tiene comportamiento necrótico de amplio rango.
- Responsable de la pudrición de los productos post cosecha.

Control biológico



Efecto de los compuestos orgánicos volátiles (COV) de *Bacillus subtilis* (JA) sobre el crecimiento de *Botrytis cinerea*, tomada de: Chen, Xiao, Wang *et al.* (2008)

Bacillus sp.



Características morfológicas de *Bacillus* sp cepa TE3, tomada de: Villareal, *et al* (2018).

- Es considerada una opción ecológica, ambientalmente segura y no contaminante
- Es necesario conocer el comportamiento del antagonista, del patógeno y del cultivo.
- Contribuye a la utilización eficiente y racional de los recursos naturales.

- Potenciales agentes de control biológico de patógenos vegetales.
- Cuentan mecanismos de acción y producción de sustancias biológicamente activas gracias a su biodiversidad genética.

Gómez T (2013)

Caracterización de aislamientos de *B. cinerea* cultivos de rosa en la sabana de Bogotá.

Gu et al (2017)

Lipopéptidos de *B. marinus* demostraron inhibir significativamente *B. cinerea* 67,53%

Villarreal et al. (2018)

Actividad de las proteínas Cry y quitinasas producidas por *B. thuringiensis*.

Wang et al. (2021)

B. halotolerans KLBC XJ-5 controla in vitro e in vivo a *B. cinerea* por medio de síntesis de antimicrobianos.

Bautista et al. (2016)

Prototipo de formulación que presentó viabilidad estable por 90 días a 25°C a nivel $1,90 \times 10^9$ células.mL⁻¹

Gao et al. (2017)

Taza de inhibición de COV producidos por *B. velezensis* ZSY-1 de 93,8% (*B. cinerea*)

Amalraj, et al. (2019)

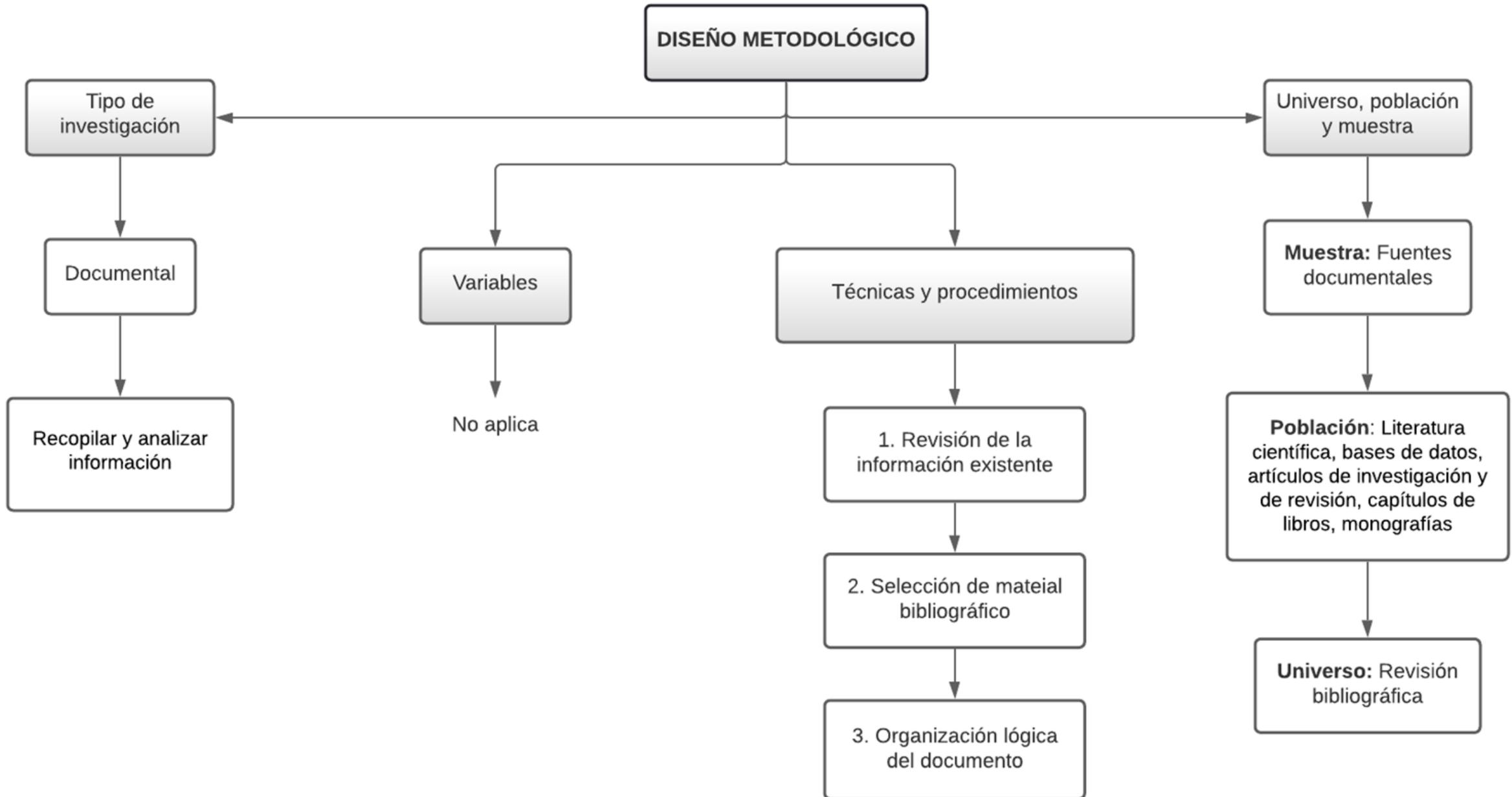
Evaluación de aditivos poliméricos, ayudantes y tensoactivos que garantizaron estabilidad.

OBJETIVO GENERAL

Realizar una revisión documental sobre las bioformulaciones a base de *Bacillus* sp. para el control biológico de *Botrytis cinerea*.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Examinar las ventajas y desventajas de las formas de presentación y los auxiliares utilizados para la formulación de microorganismos actualmente.
- Identificar los mecanismos de acción que ejercen las especies del género *Bacillus* sobre *Botrytis cinerea* para su control.
- Resumir la importancia del control biológico en la actualidad y sus aproximaciones en el futuro.



Botrytis cinerea

Taxonomía

Reino	Fungi
Filo	Ascomycota
Subfilo	Pezizomycotina
Clase	Leotiomycetes
Orden	Leotiales
Familia	Sclerotiniaceae
Genero	<i>Botryotinia</i> (sexual) <i>Botrytis</i> (asexual)
Especie	<i>Botrytis cinerea</i>

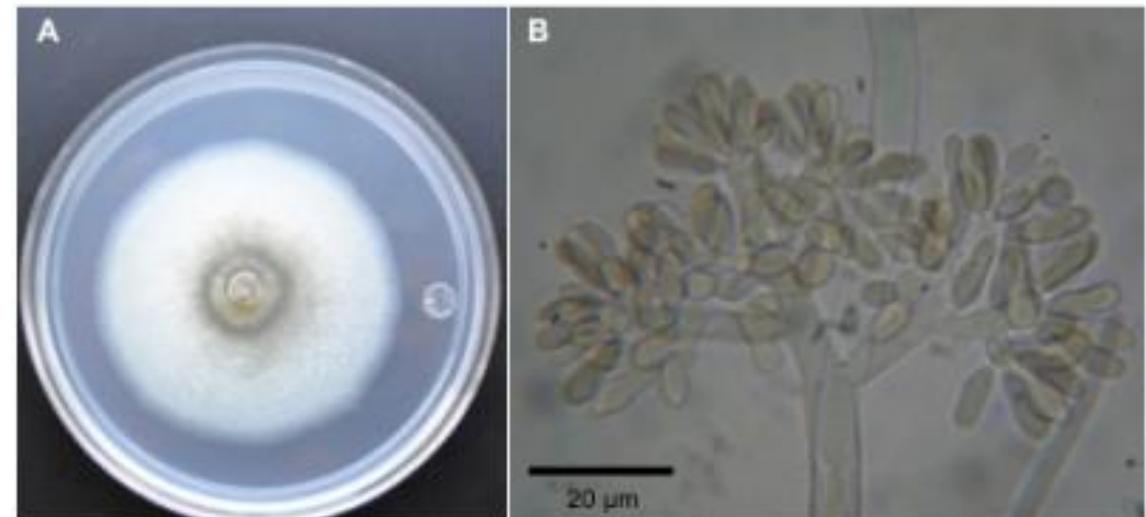
Características

- Colonias de crecimiento moderado (micelial o esclerocial)
- Reproducción sexual y asexual
- Hifas septadas, hialinas, dematiáceas, micelio hialino, septado

Síntomas



Koike y Bolda (2016).



Núñez *et al.* (2013)

Botrytis cinerea

Patogenicidad

ENZIMAS

- **Cutinasa** □ Penetración
- **Poligalacturonasas, pectinmetilesterasas, pectinasas** □
Degradación de la pared celular
- Producción de toxinas

Benito *et al* (2000)

ESPECIES REACTIVAS DE OXÍGENO

- Subproductos de procesos metabólicos
- Moléculas altamente reactivas □
Oxidación de lípidos y proteínas

Hua *et al* (2018)

Control

EL PROBLEMA

- Variedad de modos de ataque
- Diversas fuentes de inóculo
- Capacidad de sobrevivir prolongados periodos de tiempo

LA SOLUCIÓN

Fungicidas químicos

- **Anilinopirimidinas**
- **Dicarboximidias**
- **Benzimidazoles**
- **N-fenil carbamatos**

Ji *et al* (2018) y Lian *et al* (2017)

Resistencia
por su uso
desmedido y
persistente

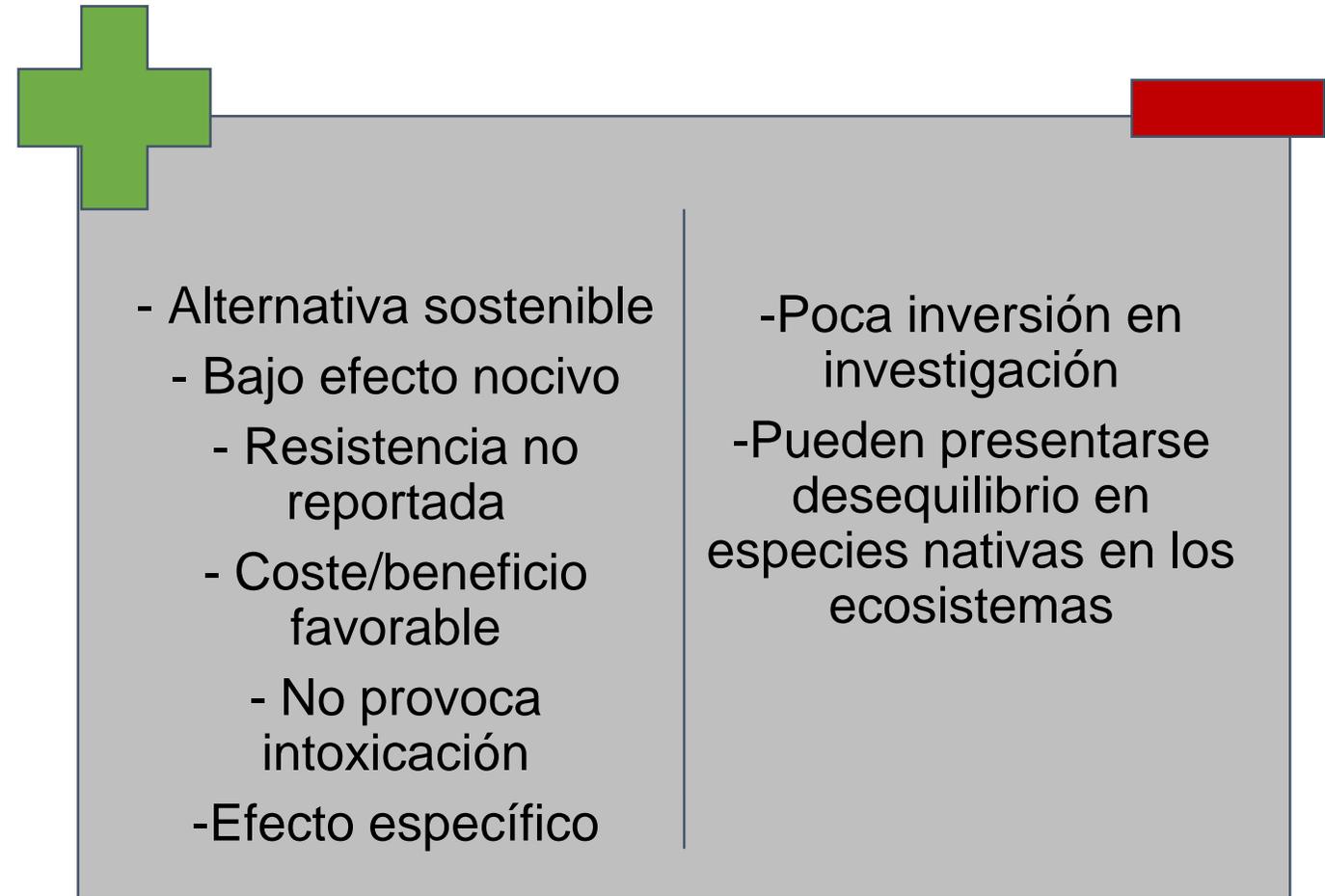
Control biológico: ventajas y desventajas

Uso de organismos, sus compuestos o extractos solos o combinados que disminuyen los efectos causados por un patógeno.

Pal et al (2006)

- **Objetivo** □ Limitar la aplicación de agroquímicos, y disminuir la presencia del patógeno.

Vinchira et al (2019)



Guedez et al (2009)

Fransis et al (1991)

Género *Bacillus*

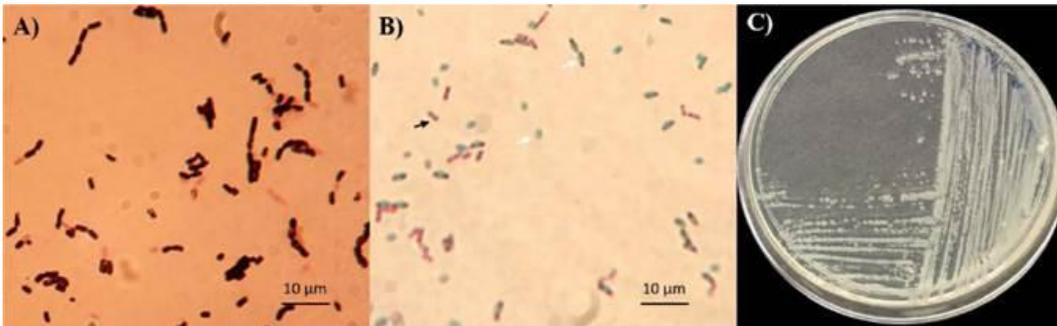
Taxonomía

Dominio	Bacteria
Filo	Firmicutes
Clase	Bacilli
Orden	Bacillales
Familia	Bacillaceae
Genero	<i>Bacillus</i>

Generalidades

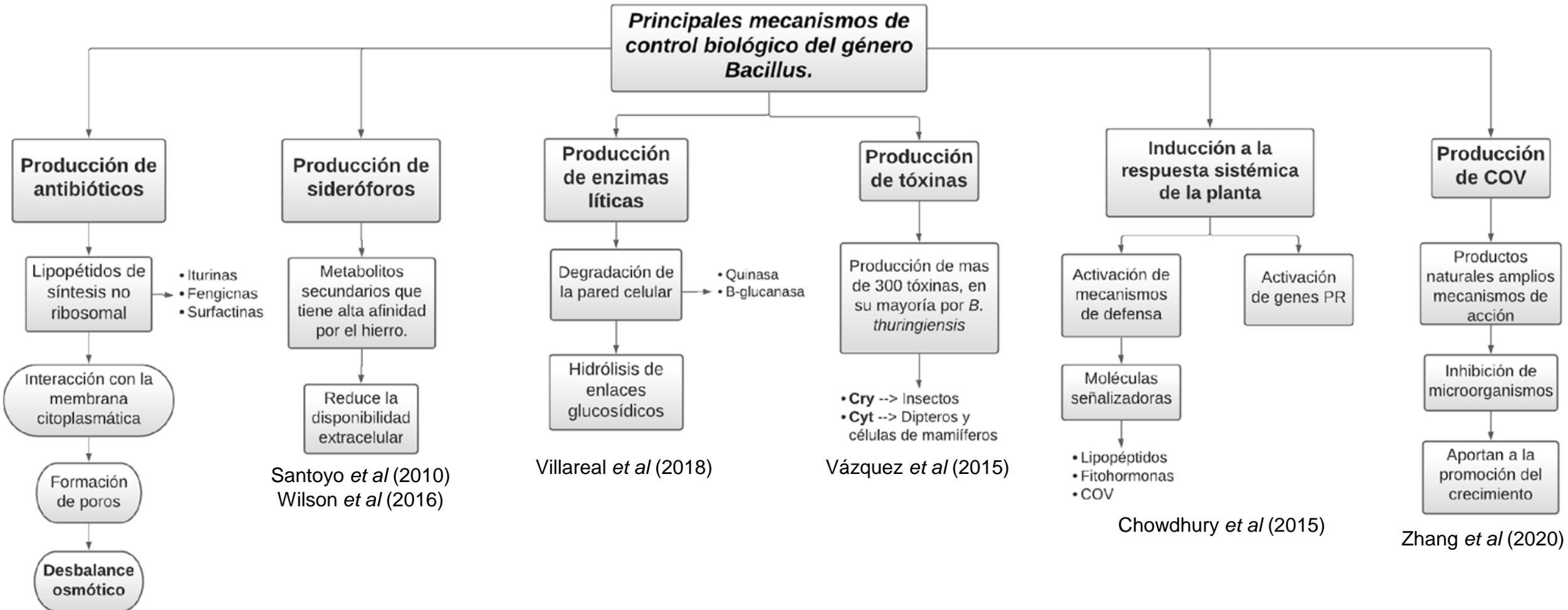
- Bacteria productora de endosporas resistentes al calor □ Diseminación y prevalencia
- Se reportan alrededor de 336 especies
- Crecimiento aerobio, pH neutro, mesófilas
- Gram positivas con morfología bacilar
- Tamaño 0,5 – 1 μm
- Diversidad metabólica

Características



Características morfológicas de *Bacillus* sp cepa TE3, tomada de: Villareal, *et al* (2018).

Género *Bacillus* como alternativa de control



Khem *et al* (2015)

Santoyo *et al* (2010)
Wilson *et al* (2016)

Villareal *et al* (2018)

Vázquez *et al* (2015)

Chowdhury *et al* (2015)

Zhang *et al* (2020)

Bioformulaciones



Bioformulaciones líquidas



Bioformulaciones sólidas

Soluciones acuosas o polvos humectables.
Adición de protectores: polímeros naturales o sintéticos.

- Base oleosa
- Base acuosa

Gránulos o polvos.
Se elimina el agua para ralentizar el metabolismo celular. Utilización de vehículos orgánicos o inorgánicos

- Absorción el turba
- Encapsulación
- Matriz de polisacáridos
- Liofilización

VENTAJAS

- ✓ Alto recuento celular
- ✓ Contaminación casi nula
- ✓ Vida útil prolongada
- ✓ Procesamiento menos complejo

Gopi *et al* (2020)

DESVENTAJAS

- x Células expuestas a estrés abiótico
- x Agotamiento de nutrientes
- x Viabilidad depende de temperatura

Meng *et al* (2015)

VENTAJAS

- ✓ Se evita la desnaturalización de proteínas y la acumulación de toxinas
- ✓ Menos exigente con temperatura de almacenamiento

Rodrigues *et al* (2017)

DESVENTAJAS

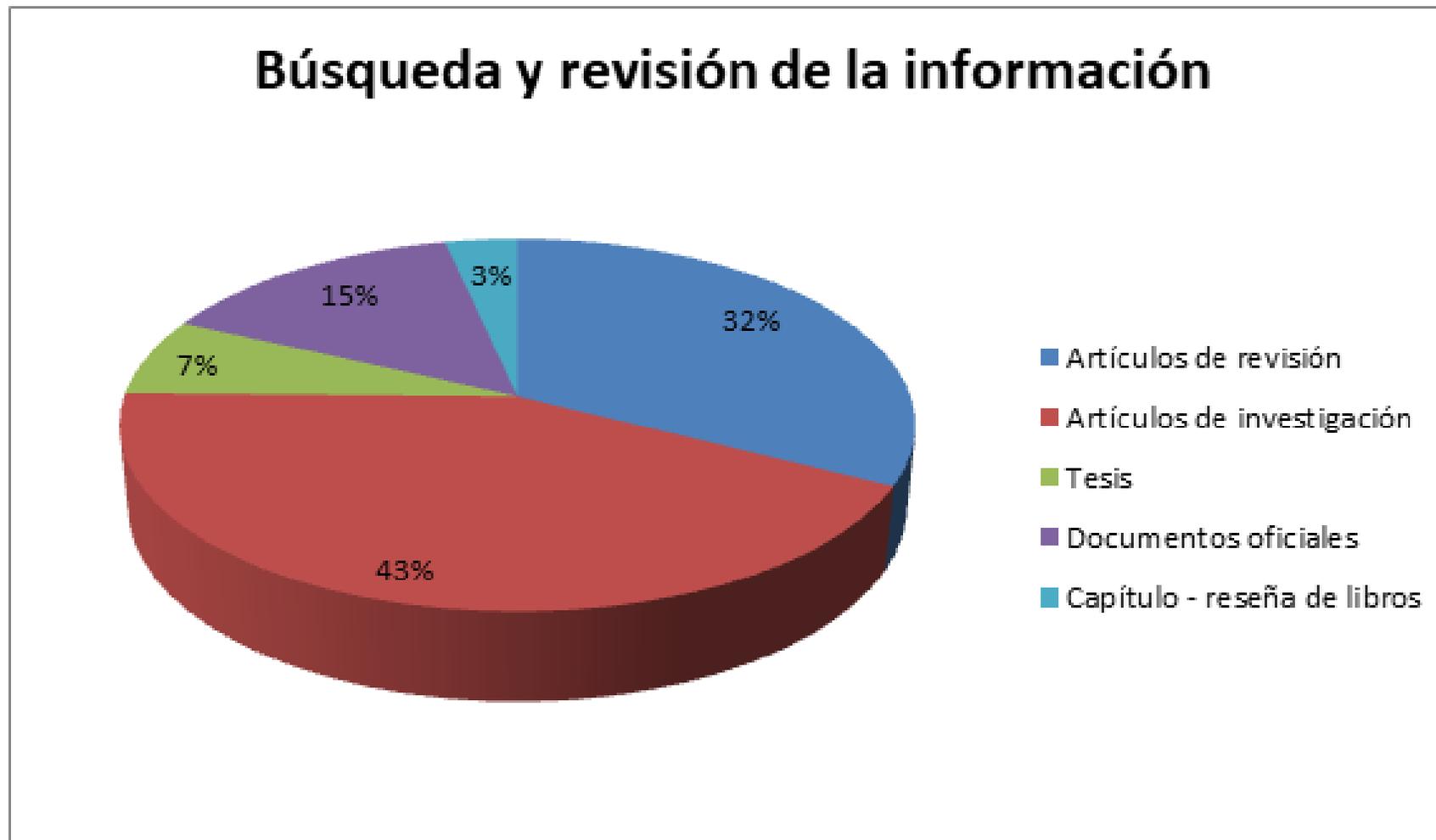
- x Menor viabilidad
- x Esterilidad reducida
- x Complicaciones en la aplicación y la dispersión del producto.

Meng *et al* (2015)

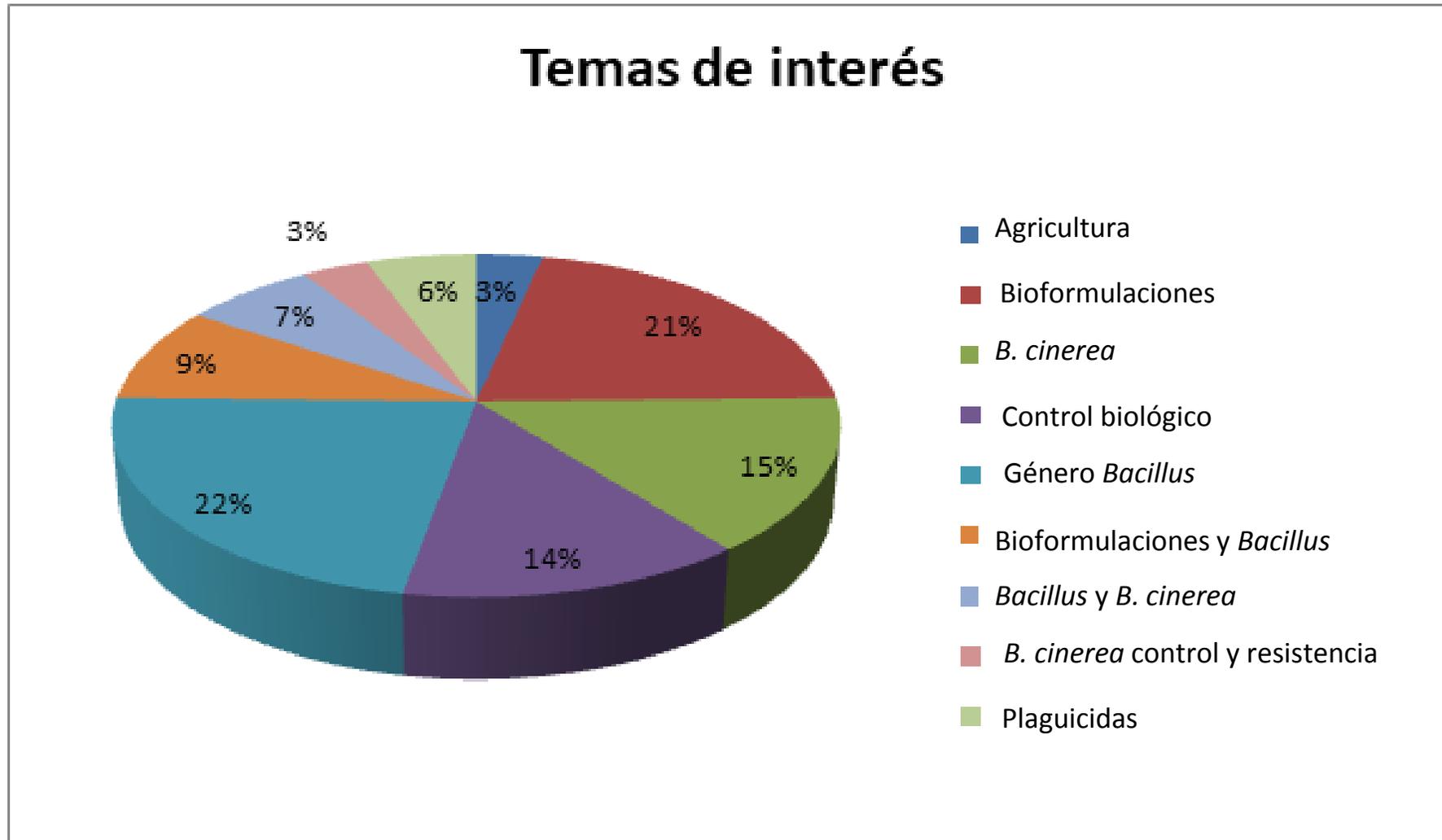
Bioformulaciones comerciales a base de *Bacillus* sp para el control de *B. cinerea*.

NOMBRE COMERCIAL	INGREDIENTE ACTIVO	TIPO	BLANCO BIOLÓGICO/PATÓGENO	CULTIVOS
Bactox WP	<i>Bacillus subtilis</i>	Polvo mojable	<i>Botrytis cinerea</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Alternaria solani</i> , <i>Ramularia areola</i>	Rosa, arroz, tomate, algodón
BACTOFIT®	Bacillus subtilis	Polvo mojable	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
RHAPSODY® SC1,34	<i>Bacillus subtilis</i> QST713 SC	Suspensión concentrada	<i>Botrytis sp.</i> , <i>Alternaria solani</i> , <i>Peronospora sp.</i> , <i>Phytophthora infestans</i> , <i>Rhizoctonia</i>	Aguacate, arroz, banano, café, caña de azúcar, flores, tomate
RIZOBACILLUS S®	<i>Bacillus subtilis</i>	Suspensión acuosa	<i>Rhizoctonia sp.</i> , <i>Pythium sp.</i> , <i>Botrytis sp.</i> , <i>Ralstonia sp.</i> , <i>Phytophthora sp.</i> , <i>Fusarium sp.</i> , <i>Oidium sp.</i> ,	Papa, hortalizas, flores, aguacate, café, banano, tomate, mora, cítricos.
Fungisei®	<i>Bacillus subtilis</i> (Cepa IAB/BS03)	Concentrado soluble	<i>Botrytis cinérea</i> , <i>Leveillula taurica</i> , <i>Erysiphe necator</i> , , <i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Pimiento, vid, aguacate, arándano
SUBTICROP	<i>Bacillus subtilis</i>	Suspensión concentrada	<i>Botrytis sp.</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>Phytophthora palmivora</i> , <i>Capnodium citri</i> , <i>Venturia sp.</i> , <i>Alternaria sp.</i> , <i>Pythium sp.</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Oidium</i> , <i>Puccinia sp.</i> , <i>Antracnosis</i>	Arroz, flores, palma, cítricos, aromática, frutales, banano
SERENADE MAX	<i>Bacillus subtilis</i> str QST 713	Polvo mojable	<i>Botrytis cinérea</i> , <i>Pseudomonas syringae</i> , <i>Sclerotinia spp.</i> , <i>Venturia spp.</i> , <i>Antracnosis</i> , <i>Oídio</i> .	Tomate, fresa, lechuga, manzano, mango, aguacate.
Serenade ASO® / SERENADE® 1.34 SC	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> QST 713	Suspensión concentrada	<i>Botrytis cinerea</i> , <i>Peronospora destructor</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Aspergillus sp.</i> <i>Penicillium sp.</i> <i>Rhizopus sp.</i>	Mango, cebolla, paprika, alcachofa fresa, tomate, arándano café, arroz, papa, lechuga

Selección de la información para el desarrollo del documento



Temas a tratar en la revisión documental



Material seleccionado para revisión bibliográfica: Temas principales

TEMA	DOCUMENTOS REVISADOS	AÑOS DE PUBLICACIÓN
Bioformulaciones	19	1996 - 2021
Género <i>Bacillus</i>	18	2003 - 2020
Control biológico	12	1991 - 2019
<i>Botrytis cinerea</i>	12	2000 - 2020

AUXILIARES DE FORMULACIÓN

PVP (polivinilpirrolidona) y **CMC** (carboximetilcelulosa) muestran los mejores resultados en lo relacionado con la viabilidad celular.

PRESENTACIÓN DE LA FORMULACIÓN

Líquidas mejores resultados en cuanto:

- Viabilidad
- Esterilidad
- Costos de producción
- Menos estrés abiótico a las células

INTERACCIÓN *BACILLUS* SP Y *B. CINEREA*

- *Bacillus subtilis* □ Más estudiada
- *Bacillus velezensis* □ COV (pirazina y benzotiazol)
- *Bacillus siamensis* □ COV
- *Bacillus marinus* □ Lipopéptidos
- *Bacillus halotolerans* □ Enzimas

MECANISMOS DE ACCIÓN DE FORMULACIONES COMERCIALES

- Competencia de espacio y nutrientes
- Activación de mecanismos de defensa de la planta
- Producción de lipopéptidos, antibióticos y enzimas

- Las bioformulaciones en presentación líquida son las que presentan mayores ventajas en comparación con las bioformulaciones sólidas, con respecto a la viabilidad celular, aplicación en campo, relación coste beneficio y esterilidad.
- El género *Bacillus* es considerado como uno de los más importantes en el control biológico, las especies pertenecientes a este género cuentan con múltiples mecanismos de acción que actúan de forma eficiente contra *B. cinerea*.
- El control biológico encierra un número considerable de beneficios, que lo hacen ser una alternativa al control químico, ya que se ha demostrado que se disminuyen los efectos causados por un patógeno en específico, y que además puede contribuir positivamente al crecimiento y la productividad del cultivo, es considerada como una alternativa sostenible y compatible ambientalmente.