



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

**BACILLUS CEREUS Y SU RELACIÓN CON LAS INTOXICACIONES  
ALIMENTARIAS**

**DAYANA ROCÍO FURNIELES MARIOTTA**

**Facultad Ciencias De La Salud**

**Programa De Bacteriología**

**Universidad De Córdoba**

Trabajo de grado para obtener título de Bacterióloga

**Director(a)**

**LINDA MARIA CHAMS CHAMS M.Sc**

**MONTERÍA**

**2022**

## CONTENIDO

1. PRESENTACIÓN .....	5
2. RESUMEN .....	6
3. ABSTRACT .....	6
4. INTRODUCCIÓN.....	7
5. METODOLOGÍA.....	10
6. TEMÁTICA.....	11
Biología.....	11
Características de crecimiento y supervivencia .....	13
Tiempo de crecimiento.....	13
PH.....	13
Condiciones atmosféricas.....	14
Principales factores de virulencia.....	14
Toxina emética .....	14
Enterotoxinas.....	15
Enfermedades alimentarias .....	16
Mortalidad .....	17
Otras implicaciones .....	18
Alimentos susceptibles de contaminación.....	19
Fuentes de B. Cereus.....	21
Prevención.....	22
7. CONCLUSIÓN .....	24

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	26
-------------------------------------	----

## **AGRADECIMIENTOS**

Principalmente a Dios por permitirme culminar este proceso de manera satisfactoria, a sus infinitas bendiciones a lo largo del camino y por no dejarme desfallecer en las etapas más duras.

A mi madre Fanny, por su entrega, lucha y sacrificio.

A mi padre Martin, por sus oraciones cada día.

A mi novio por hacer parte de este proceso y brindarme su incansable apoyo.

A mis profesores por todas y cada una de sus enseñanzas, sin ustedes no hubiese sido esto posible.

A mis amigas Kelly, Cindy, Vanessa, Adriana por ser siempre tan especiales, ustedes hicieron parte de cada etapa, las quiero.

Por último pero no menos importante a la Dra. Linda Chams, por su paciencia a lo largo de este trabajo.

## 1. PRESENTACIÓN

La industria de alimentos, abarca consigo una gran responsabilidad, debido a que deben ofrecer productos de calidad y aptos para el consumo humano, es por ello que se debe tener un control microbiológico y fisicoquímico antes de ser enviados al mercado, se consideran muy variados aquellos microorganismos que poseen el poder de dañar y contaminar los alimentos y además de la producción de enfermedades cuyo medio de transmisión es la comida, también denominadas ETA, que derivan de las palabras enfermedades transmitidas por alimentos, todo esto conlleva una gran preocupación por ser un tema muy importante para la salud pública mundial.

*Bacillus cereus* es un microorganismo oportunista, se ha dado a conocer debido a su estrecho rol en la industria de alimentos, ya que este muchas veces es el agente causal de intoxicaciones debido a sus diferentes toxinas, el objetivo principal de esta revisión bibliográfica es abarcar las características de *Bacillus cereus*, mecanismo de transmisión de, contaminación a los alimentos, toxinas e intoxicaciones, metabolismo bioquímico, entre otros.

**Palabras claves:** *Bacillus cereus*, intoxicación alimentaria, toxina emética.

## 2. RESUMEN

Las industrias dedicadas a la producción de alimentos, se han fijado el objetivo de hacer que sus productos sean inocuos, el incumplimiento de este requisito podría provocar brotes de ETA en la población, lo cual conduce a graves problemas de salubridad publica; las ETA se asocian a menudo a *B. cereus*, ya que se propaga con frecuencia en el ambiente y debido a un almacenamiento inadecuado tiene el potencial necesario de contaminar rápidamente los productos por prácticas de conservación deficientes, lo que resulta a que se generen más condiciones más favorables para la proliferación del microorganismo y que trae consigo la presentación de las enfermedades transmitidas por alimentos al ser humano.

Existe una variedad de alimentos que tienden a ser contaminados por *B.cereus* debido a sus exigencias nutricionales en los que se incluyen, harinas de todo tipo, en especial la de trigo, las carnes rojas, leches, quesos, tubérculos, frutas y verduras, comida de mar, granos de arroces y sus derivados.

## 3. ABSTRACT

Industries engaged in food production have set themselves the goal of making their products safe, failure to meet this requirement could result in outbreaks of TSEs in the population, leading to serious public health problems; TSEs are often associated with *B. cereus* as it is frequently spread in the environment and due to improper storage has the necessary potential to rapidly contaminate products through poor storage practices, resulting in more favorable conditions for the growth of the microorganism and leading to the development of foodborne illnesses in humans.

There are a variety of foods that tend to be contaminated by *B. cereus* due to their nutritional requirements, including all types of flour, especially wheat flour, red meat, milk, cheese, tubers, fruits and vegetables, seafood, rice grains and their derivatives.

#### 4. INTRODUCCIÓN

Todas las industrias dedicadas a la producción de alimentos, se han fijado el objetivo de hacer que sus productos sean inocuos, el incumplimiento de este requisito podría provocar brotes de ETA en la población, lo cual conduce a graves problemas de salubridad pública; según la advertencia de los científicos y personal de la salud de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y Organización Panamericana de la Salud (OPS), los brotes y casos de ETA registrados representan una pequeña parte del problema en general, además de que la capacidad de las autoridades de salud para identificar y reportar un brote depende de la comunicación del consumidor, los informes de los médicos y las actividades de vigilancia de los secretarios de cada ciudad, departamentales y provinciales.(OMS, 2021).

Las enfermedades transmitidas por los alimentos poseen una relación muy cercana con aquellas poblaciones que se encuentran en estado de vulnerabilidad debido a los pocos recursos que poseen, en especial en aquellos países subdesarrollados que representan la mayor parte de afectaciones y que suponen un problema para la salubridad pública mundial. Como lo expresa claramente el Ministerio de Salud (2021) *“El crecimiento del comercio internacional y el aumento de la complejidad y de las distancias recorridas en las cadenas alimentarias incrementan el riesgo de transporte transfronterizo de alimentos.”* Cabe resaltar que la pobreza que se vive en los países en desarrollo es el principal factor de ETA, debido a que estos no cuentan con los servicios básicos y las personas se ven obligadas a consumir alimentos y agua contaminada, también presentan un mal servicio de salud lo que hace que los afectados no sean tratados a tiempo, como resultado de esto, la tasa de mortalidad está aumentando y en la mayoría de los casos los más afectados son los niños, debido a su sistema inmunológico y a las condiciones socioeconómicas a las que se enfrentan.

Según datos establecidos por la organización panamericana de la salud (OPS), 5.000.000 niños menores de 5 años murieron de diarrea en 1960 y 1990; esto quiere decir que 3.000.000 de niños murieron por problemas digestivos en especial por crisis diarreicas gracias al consumo de muchos alimentos que tenían contaminación, especialistas mundiales en diarrea consideran que hasta el 70% de ellas son ocasionadas por alimentos contaminados. (Salud capital. 2021)

Es de vital importancia comparar las infecciones alimentarias de las muy comúnmente reconocidas intoxicaciones alimentarias:

**Infecciones alimentarias:** Son aquellas enfermedades por transmisión de alimentos que se derivan de la deglución de productos alimentarios o agua no potable, los cuales se encuentran en contacto directo con agentes infecciosos específicos tales como bacterias, virus, hongos y parásitos.

**Intoxicaciones alimentarias:** tal y como establece Salud capital (2021), las ETA se producen por el consumo de alimentos o agua contaminada con una cantidad suficiente de toxinas como consecuencia de la proliferación bacteriana o por la incorporación accidental en ellos de gases químicos (metales pesados y otros compuestos orgánicos. Por otro lado, es importante mencionar algunas de las causas de contaminación y multiplicación bacteriana en los alimentos, incluida la mala gestión de la cadena de frío de los alimentos, procesamiento con demasiada anticipación al consumo, mal almacenamiento del producto, dejar por fuera de refrigeración aquellos alimentos que necesitan frío, tratamientos térmicos o cocciones insuficientes, mala higiene personal, contaminación cruzada e incluso materia prima deficiente.

A menudo, las ETA se asocian con *Bacillus cereus*, porque es un microorganismo resistente a los procesos de cocción o pasteurización de los alimentos. Se propaga con frecuencia en el ambiente y debido a un almacenamiento inadecuado tiene el potencial

necesario de contaminar rápidamente los productos por prácticas de conservación deficientes, lo que resulta a que se generen más condiciones más favorables para la proliferación del microorganismo y que trae consigo la presentación de las enfermedades transmitidas por alimentos al ser humano. En palabras de Sanchez, Correa y Castañeda (2016):

*“Además de B. cereus, otras bacterias se han relacionado a las ETA, por ejemplo, Clostridium spp., Shigella spp., Salmonella spp., Listeria monocytogenes, Staphylococcus aureus y algunas especies de enterobacterias. Comparado con estos patógenos, para B. cereus existe un subregistro de casos, lo que se debe probablemente a que su cuadro clínico es muy corto y por lo general, las personas no acuden a los servicios de salud, ya que los síntomas pueden confundirse con intoxicaciones ocasionadas por otras bacterias como Clostridium perfringens o Staphylococcus aureus.”* (Sánchez, J., Correa, M., & Castañeda-Sandoval, L.,M. (2016).

Existe una gama de productos que tienden a ser contaminados por *B. cereus*, debido a sus exigencias nutricionales en los que se incluyen, harinas de todo tipo, en especial la de trigo, carnes rojas, leches, quesos, tubérculos, frutas y verduras, comida de mar, granos de arroz y sus derivados. *B. cereus* a menudo contamina alimentos con demasiado contenido de almidón, porque *B. cereus* produce enzimas de tipo amilasa que le facilitan la hidrólisis de dicho carbohidrato y de esta manera lo utiliza como fuente de carbono para su crecimiento. (Sánchez, J., Correa, M., & Castañeda-Sandoval, L.,M. (2016)

La demanda de los consumidores de alimentos refrigerados ha aumentado debido a la retención de cualidades nutricionales y sensoriales en los alimentos. El almacenamiento en frío puede proporcionar un entorno que sea favorable para la supervivencia bacteriana y el crecimiento de cepas de *B. cereus* psicrotolerantes. El grupo *B. cereus* no se considera tradicionalmente una especie psicrotrófica, pero las cepas del

grupo *B. cereus* psicotolerantes poseen una capacidad de crecimiento por debajo de 10 °C y se han colonizado con éxito a bajas temperaturas sin adaptación al frío. (Kyung-Min, P., Hyun-Jung, K., Min-Sun, K., & Koo, M. 2021).

## 5. METODOLOGÍA

El siguiente trabajo se realizó haciendo una revisión en la literatura, relacionada con *Bacillus cereus* en la industria de alimentos, en donde se abarcaron las características del microorganismo, mecanismos de transmisión, contaminación y los tipos de intoxicaciones producidas, esta información se buscó en bases de datos proQuest, Scielo, Scencedirect, que incluyeron tesis de doctorado, tesis de maestría y artículos científicos.

## 6. TEMÁTICA

### Biología

*Bacillus cereus* es un bacilo Gram positivo, anaerobio facultativo y de fácil movilidad debido a la presencia de flagelos peritricos, forma esporas resistentes a condiciones ambientales desfavorables, como el calor, deshidratación y radiación, produce diversas toxinas que, si brotan en las condiciones adecuadas, pueden contaminar gran variedad de alimentos. Crece en un amplio rango de temperaturas, de 4 °C a 48 °C, a pHs de 4,9 a 9,3 y soporta concentraciones de NaCl en el medio hasta del 7 %. Las esporas son resistentes a condiciones de baja humedad y a tratamiento térmico (como la pasteurización o la cocción de los alimentos), así como también al ácido clorhídrico que se encuentra en el estómago, lo que constituye un peligro potencial para la salud humana.

Como se publicó en la revista Foodborne (2008) “*Bacillus cereus sensu stricto* (s.s.) pertenece al grupo 1A del género *Bacillus* o grupo *Bacillus cereus*. Este grupo incluye además *Bacillus anthracis*, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus mycoides*, *Bacillus pseudomycoides* y *Bacillus weihenstephanensis*. Cuando alguno de los miembros del grupo es aislado, pero no es plenamente identificado, se le denomina *B. cereus sensu lato* (s.l.). Sin embargo, ellos pueden diferenciarse por pruebas fenotípicas como la actividad hemolítica, movilidad, formación de cápsula y reducción de nitratos” (Foodborne, 2008)

Un estudio de Kotiranta, (2000) describió una cepa termotolerante y altamente citotóxica, para la cual es genéticamente distinta de *B. cereus* s.s., conocido como *Bacillus cytotoxicus*, pero no incluido formalmente en este grupo. Además, debido a su estrecha relación filogenética, la detección de genes específicos de especie se ha utilizado para distinguir miembros del grupo *Bacillus cereus*. Su ADN genómico es muy similar y la mayoría de los genes que codifican para factores de virulencia son comunes (Martínez, 2008). En su trabajo Okstad, (2011) afirma que se han reportado diferencias en los

plásmidos de *B. cereus*, *B. thuringiensis* y *B. anthracis*. En *B. thuringiensis*, los plásmidos con varios tamaños contienen genes CRV que codifican para las endotoxinas delta que son activas contra larvas de insectos. *Bacillus anthracis* porta lleva dos plasmidos grandes que codifican las unidades de proteína que forman la toxina del anthrax y la cubierta de ácido poli- $\gamma$ -D-glutámica, correspondiente. Además, *B. anthracis* se diferencia por una mutación en el gen del regulador pleiotrópico transcripcional (PlcR), que regula la expresión de los genes para las enterotoxinas en *B. cereus* y *B. thuringiensis*. El plásmido presente en algunas cepas de *B. cereus* s.s. contiene los genes para sintetizar la toxina emética; mientras que otros factores virales importantes son producidos por los cromosomas como las enterotoxinas hemolíticas (HBL), no hemolítica (NHE), citotoxina K (CytK), la enterotoxina FM (EntFM) y la enterotoxina T (BceT), que también están presentes en el cromosoma de *B. thuringiensis*.

En este grupo, *B. cereus* es la especie que se encuentra registrada a brotes alimenticios (Pirhonen, 2005). *B. cereus* es indistinguible de *B. thuringiensis*, excepto por la presencia de plásmidos y los genes CRV; porque ambos crean enterotoxinas similares, este último está implicado en las intoxicaciones alimentarias (Jackson, 1995) donde el vehículo más frecuente para la intoxicación son frutas y vegetales, se ha especulado que el uso intensivo de *B. thuringiensis* como plaguicida es una de las causas del incremento de las enfermedades causadas por esta especie (Andersen, 2001). *B. cereus* es un bacilo Gram positivo, esporulado, lo que les confiere resistencia a condiciones ambientales extremas, tales como altas temperaturas, congelación, secado y radiación; algunas cepas de *B. cereus* poseen flagelos peritricos, lo cual permite que este pueda moverse, también se han estudiado cepas que no poseen esta condición (Bottone, 2010). Este microorganismo se considera beneficioso, porque algunas cepas se utilizan como probióticos (Gil-Turnes, 1999) y como promotores de crecimiento de las plantas (Halverson, 1991).

## **Características de crecimiento y sobrevivencia**

La temperatura ideal para el crecimiento de *B. Cereus* oscila entre 30 a 40°C, es decir es un microorganismo mesófilo, pero, pueden encontrarse diferencias entre algunas cepas que pueden crecer a temperaturas de 55°C. Según Finlay & Logan, la temperatura mínima de crecimiento de las cepas que provocan el síndrome emético es de 15°C. La variable dada para producción de la toxina va de 14-40°C, dado que las cepas productoras de la toxina emética no germinan a temperaturas menores de 15°C. Se conoce que las cepas que producen diarrea en los seres humanos son genéticamente diferentes y traen cepas mesófilas y psicotolerantes, mientras que las cepas productoras de toxina emética son mesófilas. En palabras de Pielaat et al, (2005) la mayoría de las cepas diarreicas, en general el 72% tienen como temperatura mínima de crecimiento 7°C.

## **Tiempo de crecimiento**

“Se ha reportado un tiempo de generación en leche a 7°C de 8hs, en caldo de verduras a 4°C no creció, pero a 6.5°C el tiempo de generación fue de 7 h”. (Choma et al, 2000), es importante conocer el tiempo de crecimiento del microorganismo porque de esta forma se puede evitar el desarrollo de este en los alimentos, teniendo un control con respecto a la refrigeración o cocción de los alimentos en un tiempo determinado y así evitar la contaminación y posibles intoxicaciones.

## **PH**

El intervalo de pH para el crecimiento de *B. cereus* es de 4,5 a 9,5 con un pH óptimo de 6 a 7(15, 20). Se ha demostrado que *B. cereus* es más resistente a las condiciones de estrés como pH ácido, sales biliares y altas temperaturas en condiciones

aeróbicas (Lake B, Hudson A, et al. 2009). Esta resistencia se debe a que es un microorganismo esporulado y es capaz de sobrevivir a las condiciones adversas del ambiente.

### **Condiciones atmosféricas**

Lake (2009) en sus publicaciones establece que *B. cereus* es un microorganismo anaerobio facultativo, es decir, que tiene la capacidad de desarrollarse en presencia o ausencia de oxígeno, por otra parte, el microorganismo necesita oxígeno para producir la toxina emética, la cual se desarrolla mejor en condiciones de aerobiosis. Un estudio reciente demostró que la tasa de crecimiento se redujo en condiciones hipóxicas y microaerófilas.

### **Principales factores de virulencia**

*Bacillus cereus* es capaz de producir una variedad de toxinas que afectan la salud humana cuando se consumen alimentos contaminados con microorganismos a una dosis de 10<sup>5</sup> a 10<sup>8</sup> unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo de alimento (Finlay & Logan, 2002). Kotiranta y Lounatmaa (2000) afirman en sus ensayos que las toxinas producidas dependen de las cepas de *B. cereus*, la toxina emética, que induce el vómito, y las enterotoxinas como la hemolítica, la no hemolítica y la citotoxina K, inducen la permeabilidad vascular a través de la formación de poros en el intestino delgado y por lo tanto provocan diarrea. (Kotiranta A, Lounatmaa K. 2000).

### **Toxina emética**

La toxina emética es producida bajo condiciones aeróbicas o microaerofílicas. Es sintetizada por un enzima péptido sintetasa no ribosomal (non ribosomal peptidesynthetase, NRPS), codificada por un operón situado en un plásmido de 208Kb y

conformado por siete genes, *cesH*, *cesP*, *cesT*, *cesA*, *cesB*, *cesC* y *cesD* (Clavel et al. 2004). La toxina emética se expresa al iniciar la fase estacionaria de *B. cereus*; incluye un polipéptido cíclico que actúa como un ionóforo de potasio, afectando el gradiente de concentración de iones transmembrana necesarios para la función celular normal; se caracteriza por una alta hidrofobicidad y estabilidad térmica, solo se inactiva a 121°C por 90 minutos y se activa en un rango de pH entre 2 y 11. (Thomassin et al. 2006)

La toxina emética es resistente a la digestión por enzimas proteolíticas en el intestino y a los ácidos presentes en el estómago humano (Pielaat et al. 2005); que después de la ingestión del alimento, se une al receptor 5-HT<sub>3</sub> en el estómago induciendo el vómito. Esta toxina puede causar insuficiencia hepática debido porque interfiere en la fosforilación oxidativa que tiene lugar en las mitocondrias de los hepatocitos (Kotiranta et al. 2000). Se ha sugerido que el potencial emético de los alimentos refrigerados es bajo, porque las cepas reproductivas se cultivan a temperaturas superiores a 15 °C, por lo que se supone, que los alimentos refrigerados estarían libres de la toxina mientras se conserve la cadena de frío (Granum, 2007). Sin embargo, se ha encontrado que algunas cepas de *B. weihenstephanensis*, microorganismo psicrófilo, producen esta toxina a bajas temperaturas, posiblemente debido a la transferencia cruzada del plásmido entre diferentes cepas.

### **Enterotoxinas**

Las enterotoxinas se producen después de que *B. cereus* coloniza el intestino delgado. Forman agujeros en las membranas de las células epiteliales, lo que resulta en un defecto osmótico que causa diarrea en humanos. (Kotiranta et al. 2000). Los genes que codifican para las diferentes enterotoxinas se encuentran en el cromosoma bacteriano y su expresión es regulada por una proteína pleotrópica (PlcR) de 34 kDa, la cual está presente en los miembros del grupo *Bacillus cereus* (Gonzalez et al 1996) Entre las enterotoxinas

más relevantes producidas por *B. cereus* se encuentran la toxina hemolítica, la toxina no hemolítica y la citotoxina K.

### **Enfermedades alimentarias**

Las ETA se clasifican como: (a) infecciones transmitidas por los alimentos causadas por la ingestión de alimentos que contienen microorganismos patógenos que invaden, se multiplican y alteran los tejidos del huésped, como lo son la salmonelosis y listeriosis, (b) intoxicación alimentaria causada por metales o toxinas (micotoxinas, toxinas marinas, estafilococos) y c) toxiinfecciones en las que los alimentos contaminados con microorganismos patógenos no invasivos, al ser consumidos, se producen o liberan toxinas durante el desarrollo del microorganismo en el sistema gastrointestinal, ejemplos de ellos son *Bacillus cereus*, *Yersinia enterocolitica* y *Vibrio Cholerae* (Muñoz, 2014).

El género *Bacillus* pertenece a la familia *Bacillaceae*, de la cual se han descrito más de 50 especies; la mayoría de estos microorganismos son saprofitos y son comunes en ambientes como en el suelo, agua dulce y salada, alimentos, materia vegetal y tracto gastrointestinal de los animales, lo que lo convierte en un microorganismo ubicuo. Desde el punto de vista clínico, dentro del género *Bacillus* existen dos especies con mayor importancia para el hombre se encuentran *B. anthracis* agente causal de carbunco y *B. cereus* causa intoxicaciones e infecciones clínicas como sepsis, infecciones del sistema nervioso central, infecciones del tracto respiratorio, meningitis, endocarditis, pericarditis, abscesos, infecciones oculares, etc. Además, las enfermedades causadas por otras especies no son una excepción. ya que *B. subtilis*, *B. megaterium*, *B. macerans*, entre otros, pueden actuar como patógenos oportunistas.

Diferentes especies pueden ser útiles para los humanos porque se utilizan como indicadores desinfectantes; de igual forma, tienen el potencial de producir antibióticos, vitaminas y enzimas, interferir con la solubilización de fosfatos, la fijación biológica de

nitrógeno, o pueden producir tensioactivos anfóteros biológicos que exhiben propiedades fisicoquímicas y biológicas de interés en diversas industrias como la farmacéutica, alimentaria y ambiental. (Kim et al., 2010; GharaeiFathabad, 2011; Jacques, 2011).

**Intoxicación con síntomas eméticos**, causada por la ingestión de la toxina que estas cepas pueden producir, toxina Cereulide. Como se ha mencionado, es una toxina peptídica termogénica producida por *B.cereus*. Después de la ingestión, el periodo de incubación varía de 30 minutos a 6 horas, ocasionando náuseas, vómitos, calambres intestinales y malestar general. Los síntomas suelen durar menos de 24 horas y no es contagiosa (porque son causados por una toxina). Esta toxina afecta a muchos tipos de células humanas y en algunos casos puede provocar complicaciones graves, como insuficiencia hepática reversible.

**Toxinfeción con síntomas diarreicos**, causada por la ingestión de *B. cereus* y la posterior producción de la toxina Cereulide en el intestino de las personas afectadas. En este caso los síntomas son diarrea, dolor intestinal, que suelen durar alrededor de 24 horas, tampoco es contagioso y las complicaciones son muy raras.

Además del potencial de contaminación que puede venir con las materias primas, también puede ocurrir durante el procesamiento en las instalaciones de fabricación, ya que estas esporas persisten en las superficies de las instalaciones y los equipos, pero además *B. cereus* tiene la capacidad de formar biopelículas, lo que lo hace especialmente persistente ya que es resistente a los procesos de limpieza y desinfección.

### **Mortalidad**

La tasa de mortalidad que presenta esta bacteria es relativamente baja, pues en toda la literatura solo se han encontrado dos casos extraños de muerte que se pueden asociar al síndrome emético y fueron aquellos donde la toxina fue excesiva y donde se habían desarrollado previamente daños hepáticos. (Dierick, Coillie et al. 2005).

## Otras implicaciones

Además del potencial de intoxicación alimentaria, *B. cereus* se asocia clínicamente con infecciones locales y sistémicas, particularmente en pacientes inmunocomprometidos, recién nacidos, drogodependientes y pacientes que han sido sometidos a cirugía, traumatismo o cateterismo. Las cepas aisladas de dicha infección muestran una capacidad similar para sintetizar exotoxinas necróticas como hemolisina y fosfolipasa.. (Turnbull, Jorgensen, Kramer, et al. 1979)

Las infecciones de heridas postoperatorias o postraumáticas causadas por *B. cereus* están asociadas con la producción de un factor de permeabilidad vascular dermonecrótico, HBL. Las infecciones graves por esta bacteria son raras. En la mayoría de los casos es temporal e inofensiva, pero a veces puede causar infecciones graves.

Se ha demostrado que las cepas de *B. cereus* aisladas de infecciones son sensibles al cloranfenicol, clindamicina, vancomicina, gentamicina, estreptomina, eritromicina y a menudo son resistentes a los B-lactámicos incluidas las cefalosporinas de 3ra. generación. La explicación es que esta bacteria produce tres tipos diferentes de B-lactamasas, la B-lactamasa I o clase A, es una penicilinasas extracelular con una serina en el sitio activo. B-lactamasa II o clase C, que se activa con la unión de los iones cinc y cobalto y la III, que se unen a las membranas de lipoproteína de clase A, también tienen una forma secretora. (Madgwick, et al. 1987) (Nielsen & Lampen. 1983)

Se cree que las fosfolipasas C producidas, pueden provocar daño tisular e inducir la desgranulación de los neutrófilos humanos. (Wasny, Mumaw & Styr. 1990) *B. cereus* produce tres tipos de fosfolipasa C, cada una con un mecanismo diferente: fosfatidilinositol hidrolasa (descompone el fosfatidilinositol y sus derivados glicosilados que anclan las proteínas de membrana celular), fosfatidilcolina hidrolasa (hidroliza fosfatidilcolina, fosfatidiletanolamina y fosfatidilserina) y esfingomielinasa hemolítica (hidroliza la

esfingomielina y destruye glóbulos rojos). Se sabe que este amplio espectro induce la producción específica de metaloproteinasa de la matriz (MMP-9 específica) en las células epiteliales, lo que indica sus efectos sobre destrucción del epitelio de los tejidos infectados y el incremento de la destrucción de la matriz subepitelial.

### **Alimentos susceptibles de contaminación**

*Bacillus cereus* puede exhibir diferentes grados de virulencia dependiendo de la cepa. (Van asselt & Zwietering. 2005) Los alimentos con mayor probabilidad de ser contaminados por cepas de *B. cereus* incluyen varios tipos de harinas, en especial la de trigo, carnes rojas, leches, quesos, frutas y verduras, comida de mar, arroces y sus derivados.

Se ha informado que ciertos alimentos están asociados con determinados tipos de toxinas; por ejemplo, el síndrome emético causado por la toxina emética, asociado principalmente con el arroz frito y cocido (Lopez & Alippi. 2007), mientras los síndromes diarreicos causados por diversas enterotoxinas están asociados con carnes, verduras y productos lácteos. (Pirhonen et al. 2005) la razón de esta asociación parece ser el tipo de dieta comúnmente adoptada por diferentes países, pues en el hemisferio oriental, con el alto consumo de arroz y sus derivados, se desarrolla con mayor frecuencia el síndrome emético; se ha demostrado que las cepas de *B. cereus* aisladas del arroz producido en Corea causan diarrea; por lo que es importante realizar más estudios para evaluar la relación entre los alimentos y las cepas toxigénicas de *B. cereus* en diferentes regiones.

La industria alimentaria tiene como deber cuidar la higiene de los alimentos, para que no se superen los niveles establecidos de microorganismos patógenos, para así asegurarse de no afectar la salubridad pública y la salud en general de los consumidores; sin embargo, el control de *B. cereus* es complicado porque es un microorganismo formador de esporas que tiene con una alta capacidad para sobrevivir en una variedad de condiciones

y presiones ambientales. (Gil-Turnes et al. 1999). *B. cereus* puede ser un problema grave en la industria láctea porque tanto la leche líquida como la leche en polvo con ricas en grasas, que promueven la adhesión de las esporas, lo que las hace difíciles de eliminar y también se pueden formar biopelículas en las tuberías de ordeño y equipos debido a los ácidos grasos formados durante la lipólisis de la leche. (Klavenes et al. 2002) Además, dependiendo del tipo de industria alimentaria se pueden establecer diferentes “nichos de calor” para *B. cereus*, por lo cual en plantas donde se trabajan con procesos térmicos como la deshidratación y pasteurización se pueden encontrar cepas termoresistentes y en plantas donde emplean cadenas de frío, predominan las cepas psicrófilas, lo que dificulta su eliminación (De la Torre et al. 2001)

El arroz puede ser un excelente medio de cultivo para las bacterias por su contenido en nutrientes (proteínas, grasas y carbohidratos), sin embargo, por su bajo contenido de agua no les permite multiplicarse y en el caso de las esporas de *B. cereus* estas pueden contaminar el arroz y germinar después de la cocción. (Gilbert & Stringer. 1974). Aunque *B. cereus* no es un fuerte competidor frente a otros microorganismos, crece muy bien en el arroz después de ser sometido a cocción al reducirse los otros microorganismos (Granum E. 2007).

Una característica importante de esta bacteria es la capacidad de la spora en sobrevivir al proceso de ebullición durante la cocción del arroz y durante su enfriamiento, lo que provoca la germinación y la producción de la toxina. Se ha logrado establecer que *B. cereus* puede producir la toxina en el arroz a 15o C y es detectable después de 48 horas a esta temperatura (Finlay & Logan. 2002). Otro estudio de Harmon and Kautter, mostro que *B. cereus* puede alcanzar poblaciones de  $10^7$  m.o/g en un periodo de incubación de 24 horas a 26°C y de 10° a 32°C. (Harmon & Kautter. 1991)

Cuando el arroz se cocina con agua, leche, huevos u otros ingredientes, crea el entorno adecuado para que germinen las esporas, se desarrolle la bacteria y la síntesis de la toxina. Calentar el arroz antes de su consumo puede reducir el número de células viables, pero no inactiva la toxina emética (Haque & Russel. 2005)

### **Fuentes de *B. Cereus***

El hombre puede albergar a *B. cereus* en el intestino, pero no se considera un reservorio importante (Bottone. 2010).

Puede encontrarse en el tracto de animales invertebrados y recientemente encontrado en animales de sangre caliente; sin embargo, no se consideran reservorios primarios.

Los vegetales sin procesar son la mayor fuente de *B. cereus*. Se ha aislado de alimentos, incluidos vegetales frescos y mínimamente procesados, granos y productos derivados (principalmente arroz), especias, leche cruda y pasteurizada, productos lácteos, carnes (crudas y derivados) y alimentos como miel, entre otros (Haque & Russel. 2005) (Fangio M, Roura S & Fritz R. 2010). Se caracteriza por la capacidad de crecer en alimentos ricos en almidón, lo que está relacionado con la presencia de enzima amilasa que degrada este carbohidrato. Debido a la capacidad de resistencia de su endoespora este microorganismo puede soportar a diversas condiciones de estrés durante la producción de alimentos, tales como: la deshidratación y los tratamientos térmicos (Rosenquist H, et al. 2005), por lo que en alimentos procesados no industrializados puede multiplicarse cuando las condiciones de temperatura favorecen su crecimiento.

La supervivencia de *B. cereus* se presenta en alimentos principalmente secos, aunque con  $a_w$  entre 0,97 y 0,99 como es el arroz cocido, se favorecen las condiciones para su crecimiento encontrándolo en fase estacionaria (Finlay & Logan. 2002). No se tiene correlación entre la producción de la toxina emética y el  $a_w$ . Las formas vegetativas

de *B. cereus* no proliferan en el arroz almacenado bajo condiciones normales con una humedad entre el 12 al 14%, aunque las esporas sobreviven a estas condiciones como a procedimientos de cocciones normales, por lo que se pudo encontrar entre el 46 a 100% de las muestras analizadas *B. cereus* en arroz cocido. El 95% de los brotes de intoxicación a causa de la toxina emética están relacionados con el consumo de arroz, especialmente con preparaciones orientales (Lake, et al. 2009).

En la industria de alimentos se ha observado que este microorganismo puede adherirse a las superficies (teniendo afinidad por las superficies hidrófobas) incluso el acero inoxidable (Jullien, et al. 2002) lo que favorece su permanencia dentro de las plantas de alimentos. Las esporas son hidrofóbicas y pueden adherirse a superficies ocasionando problemas en especial en la industria de los lácteos y en materiales de empaque.

La amplia distribución del microorganismo, permite que sobreviva en alimentos listos para consumo, especialmente en alimentos que contienen cereales y leche (Bank G, et al. 2007) dentro de las razones que permiten este crecimiento está la eliminación de los microorganismos competidores y abuso en el tiempo y temperatura de enfriamiento de estos productos (Mensah P, et al. 2002). El hecho de que esta bacteria tenga la habilidad de sobrevivir en diferentes ambientes y en condiciones de estrés, hace muy difícil para la industria excluir a *B. cereus* de sus alimentos.

### **Prevención**

Los alimentos son un medio de transmisión de enfermedades generadas por agentes biológicos, debido a que se puede contaminar con el aire, agua, suelo, animales, utensilios, el hombre, durante la producción primaria, elaboración, transporte, almacenamiento, y distribución. El control de *B. cereus* es complicado por su capacidad de generar esporas y sobrevivir a diferentes condiciones adversas, además de su habilidad de generar biopelículas en sistemas y equipos hidráulicos. La contaminación de los alimentos por *B.*

*cereus* y toxinas involucra temperaturas de cocción inadecuadas, equipos contaminados, higiene deficiente en el sitio de elaboración y conservación de alimentos antes de su consumo (Sánchez et al., 2016; Manzo et al., 2005), por lo que es necesario implementar acciones de control y prevención en toda la cadena alimentaria basadas en buenas prácticas agrícolas, buenas prácticas de higiene en la manipulación, elaboración y conservación de alimentos, así como sistemas de control, análisis de peligros y puntos críticos de control (Elika, 2015; OMS, 2007)

La bioconservación es una alternativa biotecnológica de conservación y prevención de enfermedades alimentarias por *B. cereus* y otros microorganismos que han adquirido relevancia en los últimos años y se define como el uso de microorganismos o de sus metabolitos generados (ácido láctico, ácido acético, etanol, diacetilo, peróxido de hidrogeno, 2-3 butanodiol, péptidos, bacteriocinas entre otros) para inhibir o destruir microorganismos indeseables en alimentos, siendo incluso algunos de estos metabolitos de origen proteico considerados como alternativa para combatir el fenómeno de resistencia a los antimicrobianos, debido al uso indiscriminado en el área clínica y agropecuaria (Ramírez et al., 2011; Rojas y Vargas, 2008; Tonarelli y Simonetta, 2013).

Las bacteriocinas constituyen un conjunto diverso de péptidos ribosomales elongados o globulares generados por microorganismos como las BAL (bacterias ácido lácticas) y que son comúnmente reconocidos como seguros; han tomado relevancia en los últimos años como relevo de diversas sustancias utilizadas en el proceso de conservación de alimentos, ya que al ser purificadas, semi purificadas o bien incorporar la cepa productora (fermentación) al producto puede reducir o eliminar diferentes microorganismos que van desde los responsables del deterioro hasta diversos patógenos (Rojas y Vargas, 2008).

## 7. CONCLUSIÓN

Después de haber realizado una lectura exhaustiva y haber indagado en varias fuentes se puede establecer que *B. cereus* es un microorganismo que por su origen, sus características ubicuas y la presencia de esporas puede contaminar muchos alimentos de consumo cotidiano y que son de la canasta básica familiar incluidos las leches, carnes rojas, verduras, arroz y demás cereales; cabe resaltar que el desarrollo de la toxina emética se ve favorecida por alimentos que tengan una buena carga de glucosa y que además cuenten con la presencia de proteínas. El suelo es considerado como la fuente principal y mejor vía de contaminación de

los productos con esporas de *B. cereus*, y como si fuera poco, la contaminación durante el procesamiento puede llevarse a cabo porque las esporas contienen factores que favorecen la adhesión, formando de esta manera biopelículas y persistir en la superficie de equipos de procesamiento.

El verdadero problema de los países desarrollados y con un buen conocimiento en inocuidad de alimentos, está en la forma de producción y consumo de aquellos alimentos que se consideran de carácter rápido. Mientras que en los países desarrollados los alimentos considerados rápidos se fabrican en grandes industrias en las que se sigue un protocolo para la manipulación y enfriamiento de los mismos, en los países de bajos recursos abundan los alimentos que se preparan en la calle, los cuales tienen mucha más probabilidad de ser contaminados por *B. cereus* y muchos microorganismos más.

Para la prevención y control de *B. cereus* se han desarrollado e implementado diferentes acciones que involucran las buenas prácticas de manufactura, manipulación e higiene, sistemas de análisis de riesgos y control de puntos críticos a lo largo de la cadena de alimentaria, así como criterios microbiológicos de aceptación en alimentos. Además, se han desarrollado varias modificaciones a la manipulación de los alimentos que conllevan

nuevas formas biotecnológicas, como por ejemplo los compuestos obtenidos de microorganismos (bacterias, hongos y levaduras), tales como los biosurfactantes y/o bacteriocinas, para la conservación del alimento y la prevención de enfermedades derivadas de su consumo, a fin de salvaguardar la salud de la población.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alimentarius C. (1995) Norma del Codex para el arroz. Codex Standard 198-1995..
- Andersen G, Skeie M, Sorhaug T, Langsrud T, Granum P. (2001). Growth and toxin profiles of *Bacillus cereus* isolated from different food sources. *International Journal of Food Microbiology*.
- Bank G, Tood E, Hong Ch, Oh D, Ha S. (2007) Exposure assessment for *Bacillus cereus* in ready-to-eat Kimbab Seling at stores. *Food Control*.;18:682.
- Bhunja A. (2008). *Bacillus cereus* and *Bacillus anthracis*. *Foodborne Microbial Pathogens: Mechanisms and Pathogenesis*. p. 135-48.
- Bottone E. (2010) *Bacillus cereus*, a volatile human pathogen. *Clinical microbiology reviews*.;23:382.
- Choma C, Guinebretiere M.H, Carlin E, Schmitt P, Velge P, Granum P, et al. (2000) Prevalence, Characterization and growth of *Bacillus cereus* in commercial cooked chilled foods containing vegetables. *Journal of Applied Environmental*.; 88: 617.
- Coto R., Chaves C., Gamboa M. del M., Arias M.L. (2012). Calidad bacteriológica y detección de *Bacillus cereus* toxigénicos en arroz blanco cocido expandido en el área metropolitana de la provincia de San José, Costa Rica. *Archivos latinoamericanos de nutrición* 62:283-289.
- Dierick K, Van Coillie E, Swiecicka I, Meyfroidt G, Devlieger H, Muelemans A, et al. (2005) Family fatal outbreak of *Bacillus cereus*-associated food poisoning. *Journal of Clinical Microbiology*.;43:4277-9.
- ELIKA. (2015). Fundación vasca para la seguridad alimentaria. *Bacillus cereus*. [http://www.elika.eus/datos/pdfs\\_agrupados/ Documento151/8Bacillus\\_act2015.pdf](http://www.elika.eus/datos/pdfs_agrupados/ Documento151/8Bacillus_act2015.pdf)
- Fangio M, Roura S, Fritz R. (2010) Isolation and Identification of *Bacillus* spp. and Related Genera from different Starchy Foods. *Journal of Food Science*.;75:M218.

FAO. El arroz en el mundo. (2004) [cited febrero 10 de 2011  
<http://www.fao.org/rice2004/es/p3.htm>]

FEFEARROZ (2017). Áreas, producción y rendimientos. [cited 2011 febrero 18].

Finlay W, Logan N, D SA. (2002) Bacillus cereus emetic toxin production in cooked rice. Food Microbiology.;19:431.

Frederiksen K, Rosenquist H, Jorgensen K, Wilcks A. (1991) Occurrence of natural Bacillus thuringiensis contaminants and residues of Bacillus thuringiensis-based insecticides on fresh fruits and vegetables. Applied and Environmental Microbiology.;57:2767-70.

Gilbert RT, Stringer MF, TC P. (1974) The survival and growth of Bacillus cereus in boiled and fried in relation to outbreaks of food poisoning. Journal of Hygiene.;73:433-44.

Gil-Turnes C, Freitas dos Santos A, Weykamp da Cruz F, A VM. (1999) Properties of the Bacillus cereus strain used in probiotic CenBiot. Revista de Microbiología.;30:11-4.

Gonzalez I, López M, Mazas M, Bernardo A, Martín R. (1996) Effect of pH of the recovery on the apparent heat resistance of three strains of Bacillus cereus. International Journal of Food Microbiology.. 31: 341-7.

Granum E. (2007) Bacillus cereus. In: L DMB, editor. Food Microbiology Fundamentals and Frontiers: ASM Press;. P. 445-56.

Halverson L, Handelsman J. (1991) Enhancement of Soybean Nodulation by Bacillus cereus in the Field and in a Growth Chamber. Applied and Environmental Microbiology.;57:2767-70.

Haque A, Russell N. (2005) Phenotypic and genotypic characterisation of Bacillus cereus isolates from Bangladeschi rice. Internationa Journal of Food Microbiology.;98:23.

Harmon SM, Kautter DA. (1991) Prevalence and characterization of *Bacillus cereus* in ready-to-serve foods. *Journal of Food Protection.*;54:372-4.

Jackson S, Goodbrand R, Ahmed R, Kasatiya S. (1995) *Bacillus cereus* and *Bacillus thuringiensis* isolated in a gastroenteritis outbreak investigation. *Letters in Applied Microbiology.*;21:103-5.

Jullien C, Benezech T, Carpertier B, Lebret V, Faille C. (2002) Identification of surface characteristics relevant to the hygienic status of stainless steel for the food industry. *Journal of Food Engineering.* 56:77-87.

Kotiranta A, Lounatmaa K, Haapasalo M. (2000) Epidemiology and pathogenesis of *Bacillus cereus* infections. *Microbes Infect.*;2(2):189-98. Epub 2000/04/01.

Kyung-Min, P., Hyun-Jung, K., Min-Sun, K., & Koo, M. (2021). Morphological features and cold-response gene expression in mesophilic *Bacillus cereus* group and psychrotolerant *Bacillus cereus* group under low temperature. *Microorganisms*, 9(6), 1255.

Lake B, Hudson A, Cressey P. Risk Profile: *Bacillus* spp in rice. Christchurch. Mols M, Pier I, Zwietering M, Abee T. (2009) The impact of oxygen availability on stress survival and radical formation of *Bacillus cereus*. *International Journal of Food Microbiology.*;135:303-11.

Manzo S.A., Natividad R.D.L., Quiñónez R.E. I., Vázquez S.C. (2005). *Bacillus cereus*: peligro bajo el tenedor. *Revista Digital Universitaria.* 6:4.

Martínez J. (2008) Desarrollo de métodos rápidos para el control del *Bacillus cereus* en alimentos. Tesis Doctoral. España. Universidad de Valencia.

Mensah P, Yeboah-Manu D, Owusu-Darko K, Ablordey A. (2002) Street foods in Accra; Ghana: how safe are they?. *Bulletin of the world health organization.*;54:6:54.

Minsalud.gov.co. 2021. [en línea] Disponible en: <<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ET/abece-eta-final.pdf>> [Consultado el 14 de octubre de 2021 ].

Nielsen JBK, Lampen JO. (1983) B-lactamasa III of *Bacillus cereus* 569: Membrane lipoprotein and secreted protein. *Biochemistry*;22:4652-6.

OMS (2007). Organización mundial de la salud. Manual sobre las cinco claves para la inocuidad de los alimentos. ISBN 978 92 4 359463 7 [http://www.who.int/foodsafety/publications/consumer/manual\\_keys\\_es.pdf](http://www.who.int/foodsafety/publications/consumer/manual_keys_es.pdf)

Paho.org. 2021. *Enfermedades transmitidas por alimentos - OPS / OMS / Organización Panamericana de la Salud*. [en línea] Disponible en:<<https://www.paho.org/es/temas/enfermedades-transmitidas-por-alimentos>> [Consultado el 12 de octubre de 2021].

Pérez Portuondo I. (2012). *Bacillus cereus* and food poisoning. *Revista Cubana de Salud Pública* 38: 98-108.

Pielaat A, Fricker M, Nauta MJ, van Leusden F.M. (2005) Biodiversity in *Bacillus cereus*. Bilthoven, The Netherlands: RIVM2005 Contract No.: Report 250912004/2005.

Ramírez J., Ulloa P.R., Velázquez M.Y., González J.A.U., Romero F.A. (2011) Bacterias lácticas: Importancia en alimentos y sus efectos en la salud. *Revista Fuente* 2(7).

Rojas C., Vargas P. (2008). Bacteriocinas: sustituto de preservantes tradicionales en la industria alimentaria. *Tecnología en Marcha* 21-2: 9-16.

Rosenquist H, Smidt L, Andersen S, Jensen G, Wilcks A. (2005) Occurrence and significance of *Bacillus cereus* and *Bacillus thuringiensis* in ready to eat food. *FEMS Microbiology Letters*.;2005:129-36.

Saludcapital.gov.co. (2021) [online] Available at: <<http://www.saludcapital.gov.co/sitios/VigilanciaSaludPublica/Protocolos%20de%20Vigil>

ancia%20en%20Salud%20Publica/Enfermedades%20Transmitidas%20por%20Alimentos.pdf> [Accessed 21 October 2021].

Sánchez J., Correa M., Castañeda-Sandoval L.M. (2016) *Bacillus cereus* an important pathogen the microbiological control of food. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública* 34(2): 230-242.

Tejeda-Trujillo F., Villagrán-Padilla C.L., León-Tello G., Tejeda-Hernández M.A. (2013). Investigación de *Bacillus cereus* y calidad sanitaria de muestras de arroz cocido recolectadas en diferentes establecimientos de la ciudad de Puebla. *CienciaUAT* 8: 48-51.

Tonarelli G., Simonetta A. (2013). Péptidos antimicrobianos de organismos procariotas y eucariotas como agentes terapéuticos y conservantes de alimentos. *Revista FABICIB* 17: 137-177.

Turnbull PCB, Jørgensen K, Kramer JM, GilbertRJ, Parry JM. (1979) Several clinical conditions associated with *Bacillus cereus* and apparent involvement of exotoxins. *J Clin Pathol.*;32:89-293.

Wasny TK, Mummaw N, Styrt B. (1990) Desgranulation of human neutrophils after exposure to bacterial phospholipase C. *Eur J Clin Infect Dis*;9:830-2.

Wijnands L.M., Pielat A., Dufrenne J.B., Zwietering M.H., van Leusden F.M. (2009). Modelling the number of viable vegetative cells of *Bacillus cereus* passing through the stomach. *Journal of Applied Microbiology* 106: 258-267.