

Perfil de riesgo

Bacillus cereus en alimentos listos para consumo no industrializados



Libertad y Orden
Ministerio de la Protección Social
República de Colombia

Prosperidad
para todos



INSTITUTO
NACIONAL DE
SALUD

República de Colombia
Ministerio de la Protección Social
Instituto Nacional de Salud
UERIA

Perfil de riesgo
***Bacillus cereus* en alimentos listos**
para consumo no industrializados

2011

Perfil de riesgo *Bacillus cereus* en alimentos listos para consumo no industrializados

Ministerio de la Protección Social

Unidad de Evaluación de Riesgos para la Inocuidad de los Alimentos UERIA

Instituto Nacional de Salud INS

2011

Bogotá D. C., 2011

Impresión: Imprenta Nacional de Colombia

© Queda prohibida la reproducción parcial o total de este documento, por cualquier medio escrito o visual, sin previa autorización del Instituto Nacional de Salud.

Interventoría:

Sandra Liliana Fuentes Rueda - Ernesto Moreno Naranjo

Supervisores Contrato interadministrativo 081-2010 MPS -INS

ISBN: 978-958-13-0149-2



MAURICIO SANTA MARÍA SALAMANCA
Ministro de la Protección Social

JAVIER HUMBERTO GAMBOA BENAVIDES
Viceministro Técnico

BEATRIZ LONDOÑO SOTO
Viceministra de Salud y Bienestar

RICARDO ANDRÉS ECHEVERRI LÓPEZ
Viceministro de Relaciones Laborales

GERARDO LUBÍN BURGOS BERNAL
Secretario General

LENIS ENRIQUE URQUIJO VELÁSQUEZ
Director General de Salud Pública

OFICINA ASESORA DE COMUNICACIONES

JUAN GONZALO LÓPEZ CASAS
Director General

EDITH OLIVERA MARTÍNEZ
Secretaría General

LUIS ALBERTO GÓMEZ GROSSO
Subdirector de Investigación

DIANA XIMENA CORREA LIZARAZO
Coordinadora Unidad de Evaluación de
Riesgos para la Inocuidad de los Alimentos

OFICINA DE COMUNICACIONES INS



ACLARACIONES

Este documento fue preparado para la Unidad de Evaluación de Riesgos para la Inocuidad de los Alimentos, (JERIA) solamente para el beneficio de este grupo técnico científico en inocuidad de alimentos de Colombia, a través del convenio especial de cooperación para el adelanto de actividades científicas y tecnológicas No. 019 de 2010, suscrito entre el Instituto Nacional de Salud y la Pontificia Universidad Javeriana. Este documento fue producido/elaborado en conjunto con la Pontificia Universidad Javeriana/Subcentro de Seguridad Social y Riesgos Profesionales y el grupo conformado por: Deyci Rodríguez, Ana Karina Carrascal - Grupo de Biotecnología Ambiental e Industrial (GBAI)

En este documento no se discutirán los peligros asociados a *B. cereus* en la cadena láctea, por no ser objeto del perfil de riesgo.

AGRADECIMIENTOS

Jaime Díaz de la Oficina de Grupo Factores de Riesgos Ambiental, por su apoyo para la obtención de los datos de brotes producidos por el consumo de pollo reportados al SIVIGILA.

Andrea Aguirre por la organización de la base de datos de los brotes, GBAI.
Marcera Mercado por el análisis estadístico de los brotes, del grupo de Enfermedades Infecciosas de la Pontificia Universidad Javeriana.

Andrea Gamboa por la búsqueda de artículos para esta revisión y en la elaboración de los mapas, GBAI.

María Pilar Montoya por el apoyo en la organización del material bibliográfico, del Subcentro de Seguridad Social y Riesgos Profesionales de la Pontificia Universidad Javeriana.

ABREVIATURAS UTILIZADAS EN EL DOCUMENTO

ACOSEMILLAS	Asociación Colombiana de Productores de Semillas
a_w	Actividad de agua
ALCA	Área de Libre Comercio de las Américas
BPM	Buenas Prácticas de Manufactura
CAN	Comunidad Andina
CDC	Center Diseases Control
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
ETA	Enfermedad transmitida por alimentos
KDa	Kilodaltons
FEDEARROZ	Federación Nacional de Arroceros
FSIS	Food Safety and Inspection Service
FAO	Food and Agriculture Organization
G	Gramo
Ha.	Hectáreas
INDUARROZ	Federación de Industriales del Arroz
LPC	Alimentos listos para el consumo
OMS	Organización Mundial de la Salud
m.o./ml	Microorganismo/mililitro
NMP	Número más probable
Tm.	Toneladas métricas
UFC	Unidades formadoras de colonias
USDA	United States Department of Agriculture

Tabla de Contenido

1. INTRODUCCIÓN	13
2. CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO - <i>Bacillus cereus</i>	15
2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES	15
2.1.1. Características de crecimiento y sobrevivencia	16
2.1.2. Inactivación e inhibición del crecimiento	19
2.1.3. Fuentes	20
2.2. FORMACIÓN DE LA ESPORA	24
2.3. TOXINAS	25
2.3.1. Toxina Emética	25
2.3.2. Toxinas Diarreicas	26
2.3.3. Producción de toxinas por otras especies de <i>Bacillus</i>	27
2.4. EL ALIMENTO (Arroz)	27
2.4.1. Características relevantes en el alimento: arroz	27
2.4.1.1. Comportamiento de las esporas <i>B. cereus</i> en el arroz	29
2.4.2. Cadena de producción del arroz en Colombia	31
2.4.2.1. Los cultivadores de arroz en Colombia	32
2.4.2.2. Los industriales molineros	32
2.4.2.3. Los productores de semillas certificadas	32
2.4.3. Características de los alimentos listos para el consumo no industrializado	34
3. CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO: EFECTOS ADVERSOS EN LA SALUD	37
3.1. INTOXICACIÓN POR <i>B. cereus</i>	37
3.1.1. Síndrome diarreico	37
3.1.2. Síndrome emético	37
3.1.3. Mortalidad	39
3.1.4. Infecciones no gastrointestinales	39
3.2. DOSIS RESPUESTA	39

4. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN	41
4.1. <i>B. cereus</i> EN EL ÁMBITO INTERNACIONAL	42
4.1.1 Prevalencia en arroz crudo	42
4.1.2. Prevalencia de <i>B. cereus</i> en arroz preparado	43
4.1.3. Prevalencia de <i>B. cereus</i> en harinas diferentes a arroz	45
4.1.4. Prevalencia de <i>B. cereus</i> en LPC	45
4.2. <i>B. cereus</i> EN COLOMBIA	49
4.3. CONSUMO DE ARROZ EN COLOMBIA	50
5. CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO	53
5.1. EFECTOS ADVERSOS EN LA SALUD. REVISIÓN INTERNACIONAL	53
5.1.1. Brotes	53
5.2. BROTES EN COLOMBIA	58
5.3. ANÁLISIS DE RIESGOS	59
5.3.1. Transmisión secundaria	60
5.3.2. Costos	60
6. MEDIDAS DE CONTROL	61
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
8. VACIOS DE INFORMACIÓN	69
BIBLIOGRAFÍA	71

Índice de tablas

Tabla 1. Los siete grupos genéticos de <i>B. cereus</i> y sus principales características	15
Tabla 2. Valor D de esporas de <i>B. cereus</i> (cepa psicrótrófa)	19
Tabla 3. Valor D de esporas de <i>B. cereus</i> productoras de toxina emética o diarreicas	19
Tabla 4. Características genéticas de las toxinas diarreicas	26
Tabla 5. Composición nutricional arroz blanco y arroz integral	28
Tabla 6. Valor D de esporas de <i>B. cereus</i> en arroz cocido	30
Tabla 7. Crecimiento de <i>B. cereus</i> inoculado artificialmente en arroz cocido	31
Tabla 8. Superficie sembrada de arroz en Colombia por hectáreas periodo: 2.000 a 2009	34
Tabla 9. Características más importantes de las patologías asociadas a <i>B. cereus</i>	38
Tabla 10. Prevalencia de <i>B. cereus</i> en arroz crudo reportados internacionalmente	43
Tabla 11. Datos de <i>B. cereus</i> en diferentes preparaciones de arroz	44
Tabla 12. Prevalencia de <i>B. cereus</i> en alimentos listos para consumo en el mundo	47
Tabla 13. Prevalencia en Colombia de <i>B. cereus</i> en alimentos que contienen arroz	49
Tabla 14. Consumo de arroz en Colombia, año 2000-2006	50
Tabla 15. Consumo de arroz por grupo étnico en el país	51
Tabla 16. Consumo per cápita de arroz dentro de los hogares colombianos	52
Tabla 17. Concentración de toxina emética reportada en brotes del Japón	54
Tabla 18. Brotes asociados a <i>B. cereus</i> reportados internacionalmente	56
Tabla 19. Brotes más relevantes reportados al SIVIGILA 2007-2010	59
Tabla 20. Lista de LPC del Programa de Vigilancia de Escocia	62
Tabla 21. Sustancias utilizadas en los métodos químicos	62

1. INTRODUCCIÓN

El propósito de un perfil de riesgo es proveer información relevante acerca de la combinación alimento/peligro, en este caso arroz/*Bacillus cereus*, la cual va dirigida a los gestores del riesgo que puedan ayudar a tomar decisiones tanto a corto como mediano y largo plazo. Los perfiles de riesgo son la base para iniciar una evaluación de riesgo, presentan información que caracteriza tanto el peligro como el riesgo existente en la cadena alimentaria, aportando recomendaciones sobre buenas prácticas higiénicas, de fabricación o manufactura que pueden constituirse en la primera solución a la problemática identificada. El perfil presenta elementos que pueden incluir información cuantitativa, aunque no siempre está disponible; por tanto la información obtenida puede proveer información fundamental para la evaluación de riesgos y ayudar a establecer de qué datos se carece.

Para esta revisión, el perfil de riesgo se realizó bajo el enfoque definido por el *Codex Alimentarius*, e incluye los siguientes ítems.

Identificación del peligro:

- Descripción del microorganismo.
- Descripción del alimento.

Caracterización del peligro:

- Descripción de los efectos adversos a la salud causados por el microorganismo.
- Información disponible en la literatura de la dosis-respuesta en humanos.

Evaluación de la exposición:

- Datos de prevalencia del peligro en la cadena alimentaria colombiana.
- Datos de consumo en Colombia.

Caracterización del riesgo:

- Información del número de casos y efectos adversos resultantes de la exposición al microorganismo relacionadas con el alimento (a través de SIVIGILA).
- Categorización del riesgo: basado en dos criterios: severidad y prevalencia.

Información del manejo del riesgo:

- Descripción del sector industrial y los controles relevantes.
- Información relacionada con las opciones del manejo del riesgo.

Conclusiones y recomendaciones.

2. CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO - *Bacillus cereus*

2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

El grupo de *Bacillus cereus* “sensu stricto” son bacterias taxonómicamente ambiguas, que incluyen las especies de *Bacillus* que causan intoxicaciones alimentarias: *B. cereus* y *B. weihenstephanensis*; *B. mycoides* y *B. pseudomycoides* ampliamente diseminadas en el suelo, *B. thuringiensis* un patógeno para insectos utilizado como bioinsecticida y *B. anthracis* bacteria responsable del ántrax (1, 2).

Estas especies muestran propiedades fenotípicas y alto nivel de similitud en su DNA dificultando la identificación bioquímica(1). Diversos estudios a nivel molecular han revelado que los plásmidos juegan un papel importante en su patogenicidad (3). En la tabla 1 se presenta información más detallada de este grupo. Es importante señalar que esta clasificación tiene como principal característica el “termotipo”, mostrando claras diferencias entre la habilidad de crecer a altas o bajas temperaturas(4).

Tabla 1. Los siete grupos genéticos de *B. cereus* y sus principales características.

Grupo	Especies incluidas	Asociado a intoxicaciones alimentarias	Temperatura	Resistencia de las esporas ¹	Observaciones
I	<i>B. pseudomycoides</i> ,	NO	10-40°C	Desconocida	Mesófila
II	<i>B. cereus</i> II, <i>B. thuringiensis</i> II	SI	7-40°C	Mediana	muchas cepas son psicrotolerantes
III	Cepas eméticas de <i>B. cereus</i> III, <i>B. thuringiensis</i> III, <i>B. anthracis</i>	SI	15-45	Alta	Mesófila
IV	<i>B. cereus</i> IV, <i>B. thuringiensis</i> IV	SI	10-45	Mediana	Mesófila
V	<i>B. cereus</i> V, <i>B. thuringiensis</i> V	SI	8-40	Mediana	Mesófila
VI	<i>B. weihenstephanensis</i> <i>B. mycoides</i>	NO	5-37	Baja	Todas las cepas son psicrotolerantes
VII	<i>B. cytotoxicus</i>	SI	20-50	Alta	Termotolerantes.

Fuente: Guinebretiere et al, 2008; Carlin et al 2006 (5, 6)

Dentro de este grupo, *B. cereus* es la especie que más frecuentemente se encuentra asociada a brotes alimentarios (7). *B. cereus* es indistinguible de *B. thuringiensis*, salvo por la presencia de plásmidos y los genes *cry*; ambos producen las mismas enterotoxinas y este último bacilo se ha visto asociado a intoxicaciones alimentarias (8), donde el vehículo implicado son las frutas y vegetales, se ha especulado que el uso intensivo de *B. thuringiensis* como insecticida es una de las razones por las que se han incrementado los brotes causados por esta especie (9, 10).

B. cereus es un bacilo Gram positivo, aerobio facultativo, esporulado, lo que le confiere resistencia a condiciones ambientales extremas, tales como calentamiento, congelación, secado y radiación; algunas cepas de *B. cereus* son mótil gracias a flagelos peritricos, también han sido descritas cepas no motiles(11, 12). Este microorganismo es considerado como una bacteria benéfica, ya que algunas cepas se utilizan como probióticos (13) y como promotor de crecimiento en plantas (14).

2.1.1. Características de crecimiento y sobrevivencia

> Crecimiento

Temperatura

La temperatura óptima de crecimiento de *B. cereus* es de 30 a 40°C, algunas cepas pueden crecer a temperaturas de 55°C. De acuerdo con estudios realizados en arroz cocido por Finlay & Longan, las cepas responsables del síndrome emético tienen una temperatura mínima de 15°C en alimentos(15). El rango para producción de la toxina va de 15-40°C (16), dado que las cepas productoras de la toxina emética no germinan a temperaturas menores de 15°C (15). Se reconoce que las cepas productoras de toxinas diarreicas son genéticamente heterogéneas e incluyen cepas mesófilas y psicrotolerantes, mientras que las cepas productoras de toxina emética son mesófilas. La mayoría de cepas diarreicas (72%) tienen como temperatura mínima de crecimiento 7°C (17).

Algunas cepas muestran tolerancia a temperaturas bajas, siendo consideradas como psicrótrofas o psicrotolerantes, crecen a temperaturas de 4 a 7°C, estudios realizados sugieren que las cepas aisladas de *B. cereus* de productos lácteos se han adaptado a las condiciones ambientales (18) y que cepas de *B. weichenstephanensis*

puede crecer de 4 a 7°C pero no a 43°C, esta especie recientemente mostró producir una toxina emética a 8°C (19).

Tiempo de generación

Se ha reportado un tiempo de generación en leche a 7°C de 8 hs; en caldo de verduras a 4°C no creció pero a 6,5°C el tiempo de generación fue de 7 hs. En el caldo de calabaza, el crecimiento se presentó solo a los 32 días a 4 y 6,5°C (22).

pH

El rango 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 señalado que *B. cereus* es más resistente a condiciones de estrés como pH ácido, sales biliares y altas temperaturas en condiciones aeróbicas (21).

Condiciones atmosféricas

Es un organismo anaerobio facultativo, el cual requiere oxígeno para la producción de la toxina emética (16), crece mejor en condiciones de aerobiosis. Un estudio reciente estableció que la tasa de crecimiento se ve reducida en ausencia de oxígeno y en condiciones de microaerofilia (21).

Actividad del agua (a_w)

El rango mínimo de a_w de las células vegetativas es de 0,912-0,950 (20).

> Sobrevivencia

Temperatura

- **Células vegetativas:** se destruyen rápidamente por el calor, pero las esporas se clasifican como moderadamente resistentes al calor (15), la resistencia se ve incrementada en alimentos con alto contenido de grasa (20). Se ha observado una alta resistencia en alimentos con baja actividad de agua.

- **Esporas:** son resistentes a la sequedad y resisten más en alimentos con alto contenido de grasa(16, 20). Cocciones por debajo de los 100°C pueden permitir la sobrevivencia de esporas(23).
- **Toxina emética:** se ha demostrado que la toxina del síndrome emético permanece activa después de un tratamiento térmico a 100°C por 15 minutos (rangos de pH 8,7 a 10,6)(16), y a 126°C por 90 minutos; es más resistente en alimentos con baja humedad. El arroz recalentado en el momento de consumo puede reducir el número de células vegetativas viables, pero esto no inactiva la toxina emética, la cual es estable al calor (24).
- **Toxinas diarreicas:** las toxinas son termolábiles, se destruyen a 56°C en 5 minutos(20).

pH

B. cereus se ve inhibido por pH inferiores a 4.3 (25). Las células vegetativas mueren rápidamente por ácidos del estómago; sin embargo, algunas pueden sobrevivir en los alimentos y protegerse de dichos ácidos (26). Se ha demostrado que las esporas son más resistentes a la acidez gástrica (pH entre 1 a 5,2) que las células vegetativas; así mismo, se ha identificado la estabilidad de la toxina emética con pH entre 2 y 9 (16, 25). La tolerancia al pH se da mejor en cepas que se han expuesto previamente a pH ácidos y se relaciona con el estado fisiológico de la bacteria (27).

Actividad del agua

Las esporas pueden sobrevivir por largos períodos en alimentos con bajo contenido de agua (28).

2.1.2. Inactivación e inhibición del crecimiento

Temperatura

Estudios de valor D realizados con esporas de la cepa EPSO-35^a (la cual es psicrótrofa), se presentan en la tabla 2. Es importante señalar que el valor D disminuye cuando las esporas se encuentran en pHs ácidos (29).

Tabla 2. Valor D de esporas de *B. cereus* (cepa psicrótrofa)

Temperatura (°C)	Valor D (min)
80	64.848 +/- 0.879
85	9.529 +/- 0.991
87.5	3.696 +/- 0.993
90	2.115 +/- 0.986
95	0.375 +/- 0.996

Fuente: Valero *et al*, 2007 (30)

En la tabla 3 se presenta el valor D de esporas de *B. cereus* en buffer fosfato, puede observarse que las esporas de cepas productoras de toxinas eméticas son más resistentes que las esporas de bacterias productoras de toxinas diarreicas (31).

Tabla 3. Valor D de esporas de *B. cereus* productoras de toxina emética o diarreicas

Número de la cepa	Tipo de toxina	D95°C (minutos)
102	Diarreica	2.8 +/- 0.02
85	Diarreica	1.9 +/- 0.03
113	Diarreica	3.2 +/- 0.17
133	Diarreica	2.2 +/- 0.15
36	Diarreica	3.0 +/- 0.01
75	Diarreica	3.4 +/- 0.03
F4810/72	Emética	13.7 +/- 0.29
10	Emética	15.7 +/- 0.37
2	Emética	27.9 +/- 0.23
4	Emética	12.7 +/- 0.23
6	Emética	24.5 +/- 0.24
8	Emética	21.3 +/- 0.39

Fuente: Ankolekar *et al*, 2009(31)

pH

B. cereus no es capaz de multiplicarse en pH menores de 4.0 (32), se inactiva con ácido acético, fórmico y láctico en concentraciones de 0.1M (20).

Actividad del agua

Las esporas de *B. cereus* han mostrado supervivencia por períodos largos en alimentos deshidratados. Ej. Poblaciones sin cambios después de 48 semanas en cereales (a_w 0,27-0,28)(33). Concentraciones de 7,5% de NaCl inhiben el crecimiento de *B. cereus*.

Conservantes

Concentraciones de 0.2% de sorbato de potasio tiene un efecto inhibitorio sobre esporas de *B. cereus* cuando el pH es menor de 6.7 (34). El uso de ácido ascórbico combinado con ácido cítrico o ácido láctico con pH 5.0 es efectivo para inhibir las esporas de *B. cereus* en ñoquis (producto elaborado con harina de trigo) aún, en temperaturas de abuso (35). El uso de carvacrol y nisina han inhibido el crecimiento de *B. cereus* en purés de papa (36), también se ha encontrado que el uso de carvacrol (concentraciones 0.3mmol a pH 5.75-6.3) es capaz de inhibir a *B. cereus*(37).

Radiación

Las esporas son más resistentes a la radiación que las células vegetativas. La dosis para reducir el 90% de esporas es de 1.25-4kGy y de 0.17-0.65kGy para células vegetativas (38). Estudios en arroz con cascarilla y sin cascarilla mostraron que 7,5kGy reducen poblaciones de 4UL de esporas de *B. cereus* hasta niveles no detectables (12), estos mismos autores establecieron valores D_{10} entre 1,99 y 2,87 kGy para 8 cepas aisladas de arroz en España.

2.1.3. Fuentes

Humanos

El hombre puede albergar a *B. cereus* en el intestino pero no se considera un reservorio importante (11, 20).

Animales

Puede estar en el tracto de animales invertebrados (11) y recientemente se ha encontrado en animales de sangre caliente; sin embargo, no se consideran reservorios primarios (5).

Alimentos

Los alimentos crudos de origen vegetal son la mayor fuente de *B. cereus*. Se ha aislado de alimentos, incluyendo vegetales frescos y vegetales mínimamente procesados, cereales y derivados (principalmente arroz), especias, leche cruda y pasteurizada, derivados lácteos, carnes (crudas y derivados) y alimentos como miel, entre otros (24, 39, 40).

Se reconoce su habilidad para crecer en alimentos con alto contenido de almidón, asociado a la presencia de amilasas que le permiten desdoblar este carbohidrato. Debido a la resistencia de su endoespora este microorganismo puede sobrevivir a diferentes condiciones de estrés durante la producción de alimentos, por ejemplo: la deshidratación y los tratamientos térmicos (41), por lo que en alimentos procesados no industrializados puede multiplicarse cuando las condiciones de temperatura favorecen su crecimiento.

La sobrevivencia 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 (15). 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 cocción normales, por lo que se pudo encontrar entre el 46 al 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 (20).

En la industria de alimentos se ha observado que este microorganismo puede adherirse a las superficies (teniendo afinidad por las superficies hidrófobas) (42) incluso el acero inoxidable (43) 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 láctea (44). También se ha encontrado en materiales de empaque (17).

La amplia distribución del microorganismo, permite que sobreviva en alimentos listos para consumo, especialmente en alimentos que contienen cereales y leche (45, 46), dentro de las razones que permiten este crecimiento esta la eliminación de los microorganismos competidores y abuso en el tiempo y temperatura de enfriamiento de estos productos (47). 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 (48).

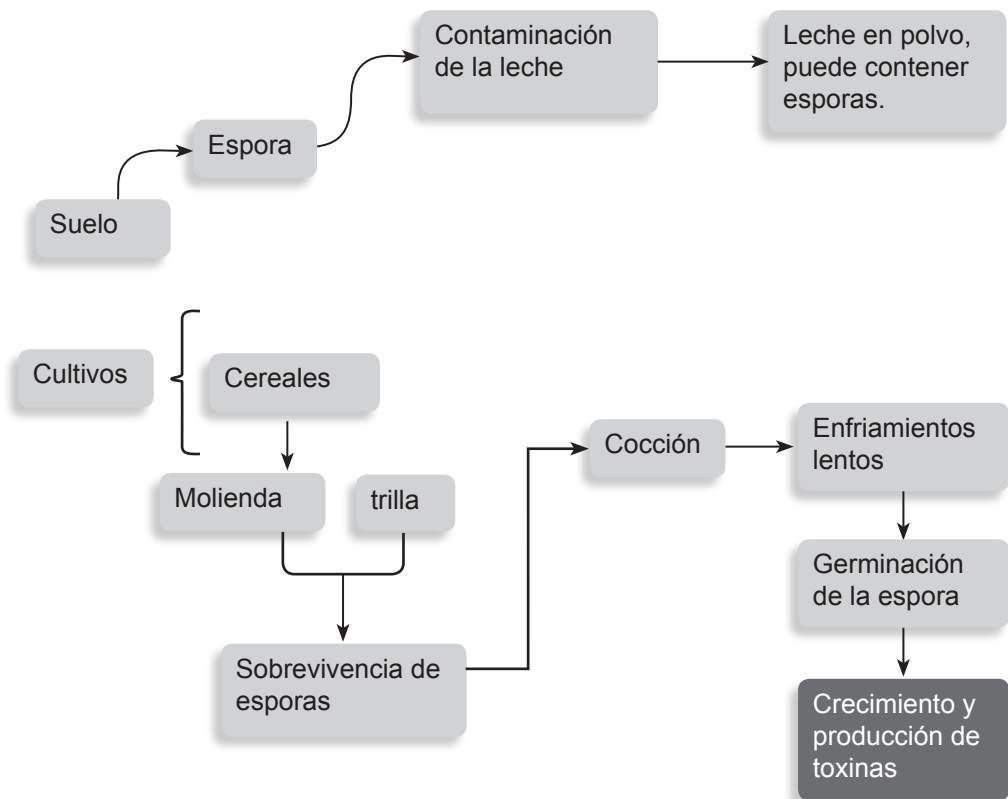
De acuerdo con las características de producción en la industria de alimentos parece existir una asociación por “nicho térmico” (49), esto significa que las cepas más termoresistentes se encuentran en fábricas donde los alimentos son sometidos a procesos térmicos (deshidratación y pasteurización) y las cepas psicrófilas en ambientes fríos.

Medio ambiente

Esta bacteria, ha sido aislada frecuentemente de hábitats naturales (suelo y plantas) (50), sedimentos, polvo y aguas minerales (24), el suelo y la rizósfera puede contener esporas de *B. cereus*. Estudios realizados en suelos donde se cultiva arroz establecieron en las muestras analizadas una prevalencia de 9.52%, la cual varía en función de la etapa del cultivo, siendo mayor la presencia en la cosecha (51). Por su amplia distribución en la naturaleza en estudios recientes se ha usado para evaluar su adaptación al cambio climático (4), se han encontrado cepas psicrófilas en suelos polares y cepas termófilas en climas tropicales (52). Por la naturaleza ubicua su presencia en alimentos crudos parece ser inevitable, para reducir la contaminación en alimentos procesados se debe contar con diseño de los equipos y aplicación de las BPM.

En la figura 1 se presenta una esquema general de la ecología de *B. cereus* en la naturaleza.

Figura 1. Ecología de *B. cereus*



Rutas de transmisión

Fuente: los autores

Ingestión de alimentos contaminados: en años recientes se ha asociado a brotes intrahospitalarios, por uso de equipos contaminados en vías diferentes a la oral, causando patologías extra-intestinales (53).

2.2. FORMACIÓN DE LA ESPORA

La espora es una forma dormante de las bacterias derivada de la forma vegetativa. Su formación generalmente es inducida por restricciones en los nutrientes o cuando las condiciones de crecimiento no le son favorables. *B. cereus* produce esporas en condiciones normales, su estructura es la de una espora subterminal elongada, esta es de importancia para la difusión de *B. cereus* y en algunas cepas se conoce la adherencia de esporas a células epiteliales humanas, lo cual ha aumentado los mecanismos de virulencia (48). La germinación de la espora se da bien en presencia de L-alanina, y esta es afectada por cambios en la temperatura (54). Su germinación e inicio del crecimiento es dependiente de las condiciones ambientales (18). Por otra parte, la espora de esta bacteria es muy hidrofóbica y puede adherirse a las superficies (48).

Las esporas son más resistentes a los cambios ambientales por lo que pueden sobrevivir al calentamiento y a la pasteurización. De igual manera, son resistentes a las radiaciones gama, se han encontrado toxinas hemolíticas y no hemolíticas de *B. cereus* en alimentos irradiados como los camarones pasteurizados (55).

Se ha señalado que el clima puede influir en la viabilidad de *B. cereus*, primero el cambio climático puede cambiar y modificar el medio ambiente y la estructura de la espora y segundo puede modificar la adaptación a otros huéspedes. Un estudio reciente indica que en la industria el cambio no se da por el clima, sino por el entorno del medio ambiente de la fábrica (56).

Se han reportado esporas de *B. cereus* capaces de resistir temperaturas de 95°C, esta resistencia térmica puede verse afectada entre diferentes cepas, debido a factores ambientales (temperatura de crecimiento, medio de crecimiento, exposición previa a condiciones de estrés térmico, etc.), composición del medio de calentamiento (porcentaje de carbohidratos, proteínas, grasas, etc.), a_w , pH, conservantes adicionados (nitritos, nitratos, sales, etc.) (22,57). Para evitar la esporulación de este microorganismo en alimentos recién preparados, se aconseja enfriar rápidamente el alimento y recalentarlo antes de su consumo.

2.3. TOXINAS

B. cereus produce diversas toxinas, la más conocida es la toxina emética (cereulide), también produce enterotoxinas, las tres más estudiadas son la hemolisina (HBL), la enterotoxina no hemolítica (NHE) y la citotoxina K (CytK) (41), adicionalmente produce tres tipos diferentes de fosfolipasas C (11). Una misma cepa puede producir toxina hemolítica BL (HBL) o no hemolítica (NHE) o ambas (58).

2.3.1. Toxina Emética

La toxina emética es un péptido cíclico termoestable de 1,2 KDa, denominada cereulide ($[D-O-Leu-D-Ala-L-O-Val-L-Val]_3$) (59), es resistente al calor (es estable a 126°C por 90 minutos), pH (es estable entre 2 -11) y proteólisis (58, 60). Esta toxina no pierde su actividad a temperaturas bajas, es tolerante a pH extremos, pH 2 a pH 11, y es estable a tratamientos con pepsina y tripsina (44). Recientemente se ha demostrado que es codificada a nivel plasmídico (61). Su mecanismo de acción no ha sido completamente esclarecido, sin embargo, se ha logrado establecer que la toxina afecta el nervio vago a través de la unión al receptor 5-HT3 (50) ocasionando daño celular al actuar como un ionóforo de potasio. La toxina puede producirse a escala de laboratorio en un rango de pH 5,0-8,0 (6), los mismos autores señalan que existe una baja probabilidad de que esta toxina se produzca en alimentos refrigerados (siempre que se mantenga la cadena de frío). La habilidad para producir la toxina está restringida a unos pocos serotipos de *B. cereus* (58).

Algunas características vinculadas a la producción de la toxina emética están relacionadas con la resistencia a temperatura de 90°C y la inhabilidad para degradar el almidón, también se ha encontrado que no crece a 10°C (22), la temperatura donde presenta la máxima producción de la toxina es a 30°C y se detecta cuando la concentración de *B. cereus* llega a 10⁶ m.o./ml (58). Diversos estudios señalan que todas las cepas productoras de toxina emética son mesófilas, recientemente se aisló una cepa de *B. cereus* tolerante al frío que produce la toxina (6). Su producción comienza al final de fase logarítmica y es independiente del proceso de esporulación. Para la detección de la toxina se han creado diversos métodos, incluidos hemoaglutinación reversa pasiva, HPLC:MS y técnicas moleculares (62).

Se ha establecido que *B. weihenstephanensis* produce la toxina emética en la fase estacionaria (63), su producción es menor comparada con la que producen cepas de *B. cereus*. Los mismos autores señalan que la producción de la toxina en temperaturas de abuso depende de las condiciones de preincubación, es decir, a temperaturas más altas mayor producción de la toxina (60).

2.3.2. Toxinas Diarreicas

- **Hemolisina o Toxina HBL**

Conformada por tres proteínas L2, L1 y B que codifican para los genes *hbIC*, *hbID*, y *hblA* respectivamente y han sido localizadas en un operón. Al menos el 60% de las cepas de *B. cereus* contienen el gen para la HBL y esta toxina se produce durante el crecimiento de *B. cereus* en el intestino delgado (64) (Tabla 4). La FDA en su “Bacterial Analytical Manual”, presenta un método para la detección de esta toxina utilizando inmunodifusión (65).

Tabla 4. Características genéticas de las toxinas diarreicas

Nombre de las toxina	
Hemolisina (HBL)	Genes/ proteínas <i>hbIC/L2 hbID/L1 hblA/B</i> Toxina formada por tres proteínas, organizadas en un operón
Enterotoxina no hemolítica	Genes/proteínas <i>nheA/A nheB/B nheC/C</i> Toxina formada por tres proteínas, organizadas en un operón
Citotoxina K (Cyt K)	Gen/Proteína <i>cytK/CytK</i> Una única proteína

Fuente (EFSA, 2005) (64)

- **Enterotoxina no hemolítica o NHE**

Está compuesta por tres proteínas NheA, NheB y NheC estas codifican para el operón *nheABC*(28). La producción de NHE en *B. cereus* se ha encontrado entre el 92 al 100% de las cepas aisladas(66). Esta enterotoxina se produce durante el

crecimiento vegetativo del microorganismo en el intestino delgado del huésped (Tabla 5).

- **La citotoxina K o toxina CytK:**

Codifica para el gen *cytK* es identificada como hemolisina IV, también ha mostrado una capacidad citotóxica similar con HBL y NHE. Recientemente la CytK fue responsable de causar diarrea no característica(67). Es importante señalar que no todas las cepas de *B. cereus* pueden producir las toxinas diarreicas (5, 22). (5).

2.3.3. Producción de toxinas por otras especies de *Bacillus*

Existe la percepción general que *B. cereus* es la única especie productora de ETA; sin embargo, otras especies son capaces de producir intoxicación alimentaria, se ha encontrado que *B. subtilis*, *B. licheniformis* y *B. pumilus* han estado presentes en brotes alimentarios (28, 68); además, algunas cepas de *B. thuringiensis*, *B. mycoides*, *B. pseudomycoides*, *B. weihenstephanensis* y *B. anthracis* (tabla 1), producen las toxinas diarreicas. (5, 6). Estas especies también son ubicuas en el suelo, por lo que se han encontrado asociadas a arroz.

2.4. EL ALIMENTO (Arroz)¹

2.4.1. Características relevantes en el alimento: arroz

De acuerdo al *Codex Alimentarius* se define al arroz como los granos enteros o partidos de la especie *Oryza sativa* L (69). El arroz (género *Oryza*) pertenece al grupo de los cereales. Existen 23 variedades de *Oryza*, pero para el consumo humano solo se cultivan dos: *Oryza sativa*, originaria del trópico húmedo de Asia y *O. glaberrima* de África Occidental. El arroz asiático cultivado ha evolucionado en tres razas ecogeográficas –*indica*, *japónica* y *javánica*–. El arroz es el alimento básico

1. **Nota aclaratoria:** al hacer la revisión bibliográfica para la elaboración del perfil se encontró que el alimento con más información disponible asociado con brotes por *B. cereus* es el arroz y sus preparaciones no industrializadas, por lo que gran parte de la información contenida en este apartado, será asociada a este alimento.

predominante para 17 países de Asia y el pacífico, nueve países de América del Norte y del Sur y ocho países de África (70).

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) el arroz proporciona el 20% del suministro de energía alimentaria del mundo (70). Es también una buena fuente de tiamina, riboflavina, niacina y fibra alimenticia. El arroz integral contiene más nutrientes que el arroz blanco sin cáscara o pulido. La composición química y nutricional del arroz se presenta en la tabla 5 (71).

Tabla 5. Composición nutricional arroz blanco y arroz integral

VALOR NUTRICIONAL DEL ARROZ		
	BLANCO	INTEGRAL
CALORÍAS	359	341
HUMEDAD	12.2%	11.5%
PROTEÍNAS	7.8%	8.6%
GRASA	0.4%	1%
CARBOHIDRATOS	78.8%	77%
FRIBRA	0.3%	0.8%
CENIZAS	0.5%	1.1%
MINERALES		
CALCIO	9 mg	10 mg
FOSFORO	140 mg	380 mg
HIERRO	0.8 mg	2.0 mg
VITAMINAS		
TIAMINA	0.07%	0.25%
RIBNOFLAVINA	0.03%	0.06%
NIACINA	1.3%	5.3%

Fuente: Federación nacional de arroceros, 2011 ((71).

El arroz, como alimento único, no puede proporcionar todos los nutrientes necesarios para una alimentación adecuada. Los productos de origen animal y el pescado son alimentos adicionales útiles para el régimen alimenticio por cuanto proporcionan grandes cantidades de aminoácidos y micronutrientes esenciales (70).

De acuerdo con la preparación del arroz para el consumo se divide en:

- **Arroces secos:** incluyen el arroz en paella, el arroz cocido en cazuela de barro y el cocido al horno. Son los que mayores dificultades plantean, ya que debe coincidir el punto óptimo de cocción de los granos con la total evaporación del agua en la que se han cocido.
- **Arroces caldosos:** se trata de arroces que al terminar la cocción todavía conservan parte del líquido. Los límites extremos son las sopas y el arroz. La mayoría de estos arroces suelen llevar alguna verdura.
- **Arroces blancos:** es un arroz cocido en abundante agua y sal que debe estar entero y suelto. Una vez cocido, se le puede mezclar con otros ingredientes/ por ejemplo el arroz atollado, arroz blanco con camarones, con pollo.
- **Arroces cremosos:** se incluye el arroz con leche (Anom, 2003).

En Colombia las dos preparaciones que mayor consumo son el arroz blanco y el arroz con pollo.

2.4.1.1. Comportamiento de las esporas *B. cereus* en el arroz

El arroz por su composición nutricional (proteínas, grasas y alto contenido de carbohidratos) puede ser un excelente medio de cultivo para las bacterias, sin embargo, por el bajo contenido de agua no permite su multiplicación, en el caso de las esporas de *B. cereus* estas pueden contaminar el arroz desde el cultivo y germinar cuando el arroz ha sido procesado mediante método de cocción(72). Si bien *B. cereus* no es un buen competidor frente a otros microorganismos, crece muy bien en el arroz después de ser sometido a cocción al reducirse otros microorganismos (28).

Las esporas de *B. cereus* pueden mantenerse viables en el arroz seco, hasta por 48 semanas, pero si el a_w aumenta a 0.78 la vialidad puede reducirse a 16 semanas

(33). Una característica importante de esta bacteria es la habilidad de la espora en sobrevivir al proceso de ebullición durante la cocción del arroz y durante su enfriamiento, que induce la germinación y la producción de la toxina. Se ha logrado establecer que *B. cereus* es capaz de producir la toxina a temperaturas de 15°C en arroz y su detección se logra después de 48 horas en esta temperatura(15). Otro estudio realizado por Harmon and Kautter, señala que *B. cereus* puede alcanzar poblaciones de 10⁷ m.o./g en un periodo de incubación de 24 horas a 26 °C y de 10° a 32 °C (73).

En la tabla 6 se presenta el valor D realizado con la cepa de *B. cereus* LWLI usando como sustrato arroz cocido, a escala de laboratorio, donde se observa que el valor D es más alto cuando las esporas están en el arroz y este valor se ve reducido cuando se usan bacteriocinas, en este caso enterocina (74). Estudios previos señalan que el valor D puede variar en función del tipo de cepa y la temperatura de cocción.

Tabla 6. Valor D de esporas de *B. cereus* en arroz cocido

Tratamiento (temperatura)	Valor D (minutos)
85°C	9.25 +/- 0.51
90°C	5.56 +/- 0.48
95°C	2.41 +/- 0.23
90°C + enterocina AS-48	0.23
95°C + enterocina AS-48	—

Fuente: Grande *et al*, 2006 (74).

El arroz es usualmente almacenado con un porcentaje de humedad de 12-14%, bajo estas condiciones es imposible que las formas vegetativas de *B. cereus* se multipliquen aunque sus esporas pueden sobrevivir (24). El arroz blanco, puede contener desde 46 a 100% de contaminación con este microorganismo.

En estudios realizados por Ankolekar *et al*, 2009, donde se inocularon concentraciones de 2,03 UL de esporas, después de 18 horas alcanzó concentraciones superiores a 10⁵ (5,34 UL) (31), ellos concluyen que las cepas productoras de toxina emética crecen más rápido que las cepas productoras de diarrea. En la tabla 7 se presentan datos del crecimiento de *B. cereus* en arroz cocido. La producción de la toxina emética en arroz cocido ha sido documentada (58).

Tabla 7. Crecimiento de *B. cereus* inoculado artificialmente en arroz cocido

Temperatura (°C)	Fase lag (horas)	Tiempo de generación (minutos)
10	12,0	327,7
15	9,1	192,0
20	6,7	138,0
25	8,0	59,0
30	2,1	48,0
35	2,5	42,3

Fuente: McElroy *et al* 1.999 (75)

Cuando el arroz es cocido con agua, leche, huevos u otros ingredientes, se genera un ambiente adecuado para la germinación de las esporas, el crecimiento de la bacteria y la síntesis de la toxina. El recalentamiento del arroz antes del consumo puede reducir el número de células viables, pero no inactiva la toxina emética (24), niveles de 0,01-1.28 $\mu\text{g/g}$ de la toxina se han encontrado en cereales incluido el arroz (58).

La producción de la toxina emética se ha relacionado con alimentos donde el principal ingrediente es el arroz, como el arroz chino, “pilau rice” y “o-hagi” (un arroz típico del Japón). En Asia se reporta más frecuentemente la forma emética, mientras que en Europa y América es más frecuente la forma diarreaica. El tipo emético se ha reportado con prevalencia en Japón y Reino Unido. Finlay *et al.*, 2002 demostraron que a una temperatura constante de 15°C crece y se produce la toxina emética en arroz cocido; por lo cual, recomiendan preparar el arroz en cantidades moderadas y que este sea consumido rápidamente (15). En América Latina esta información no está disponible.

2.4.2. Cadena de producción del arroz en Colombia

La cadena de arroz colombiana está representada por el arroz Paddy cultivado por los agricultores y el arroz blanco procesado por la molinería (76). Esta cadena de acuerdo con el observatorio de agrocadenas registra ganancias importantes en productividad y competitividad desde la década de los noventa.

Colombia ocupa el lugar 21 en la producción mundial del arroz, participa con menos del 1%. Sin embargo, en América es el tercer productor, después de Brasil

y Estados Unidos. Los principales productores mundiales son China e India que en conjunto aportan el 51% de la producción mundial (77). En Colombia, el arroz ocupa el primer lugar en términos de valor económico entre los cultivos de ciclo corto (70).

La estructura de la cadena del arroz está conformada en el país de la siguiente manera:

2.4.2.1. Los cultivadores de arroz en Colombia

Representados por la Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ), entidad que fue creada en 1.947, en el departamento del Tolima y que posteriormente se extendió al resto del país, esta federación ha permitido a los productores el desarrollo agroindustrial y la tecnificación del cultivo hasta los estándares con los que cuenta hoy (71).

2.4.2.2. Los industriales molineros

Representados por la Federación de Industriales del Arroz (INDUARROZ), entidad creada con el objetivo de garantizar la sostenibilidad de la actividad arrocera y la competitividad del conjunto de los agentes vinculados a la cadena, la Cámara de Induarroz agrupa y representa a la industria arrocera nacional desde 1965. En el 2006 se constituye como una Cámara sectorial de la ANDI, con el fin de consolidar la institucionalidad del sector (78).

2.4.2.3. Los productores de semillas certificadas

Representados por la Asociación Colombiana de Productores de Semillas (ACOSEMILLAS), el gobierno nacional, representado por los Ministros de Agricultura, Comercio, Industria y Turismo, Hacienda y Crédito Público, Medio Ambiente, Protección Social, Transporte, y el Departamento Nacional de Planeación (77).

En la figura 2, se muestra la estructura de la cadena de producción del arroz en el país.

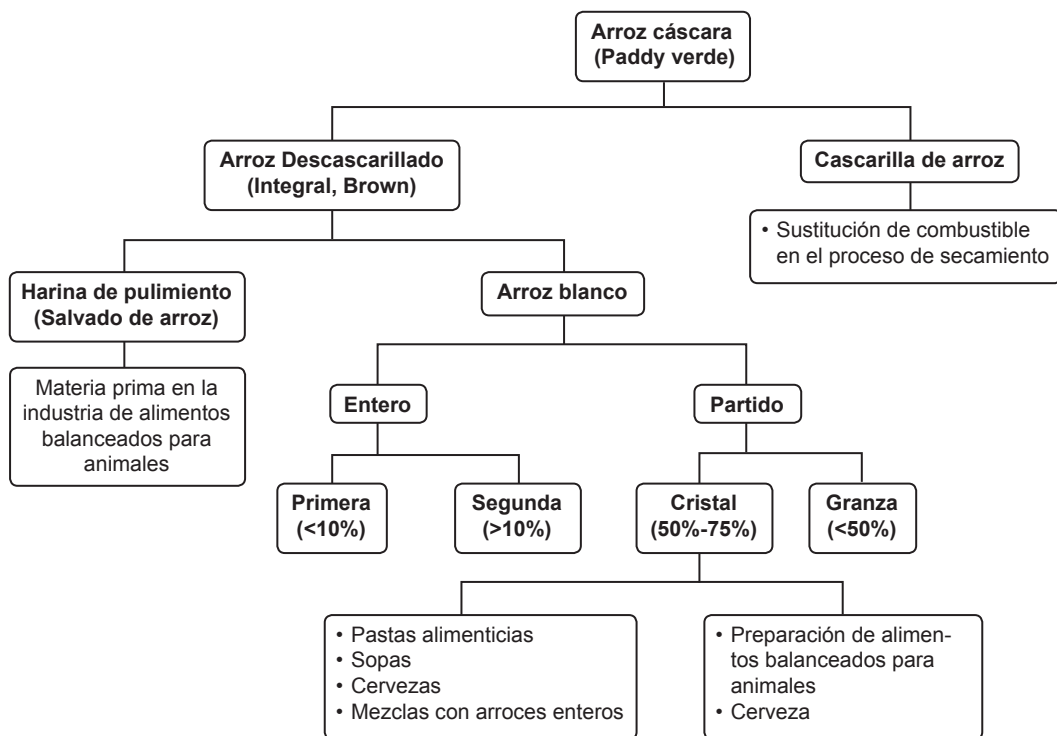


Figura 2. Estructura de la cadena productiva del arroz

Fuente: Agrocadenas, 2005.(76).

En el año 2003, el arroz en Colombia se cultivó en 498.486 hectáreas que rindieron 2.543.161 toneladas métricas de arroz paddy y aproximadamente 1.729.349 Tm. de arroz blanco. El arroz es el tercer producto agrícola en extensión, después del café y el maíz, representa el 13% del área cosechada en Colombia y el 30% de los cultivos transitorios. Su producción representa el 6% del valor de la producción agropecuaria y el 10% de la actividad agrícola colombiana. El valor generado por este producto es equivalente al 58% del valor constituido por el cultivo del café (76).

Producción del arroz

En la tabla 8 se presenta la producción reportada por el DANE y FEDEARROZ desde el año 2000 hasta el 2009, se puede observar que la producción más alta fue en el 2004 y la más baja en el 2007, adicionalmente se observa que el grueso de la producción de arroz se hace de manera tecnificada. La producción colombiana anual aumentó a una tasa del 4,8% entre 1993 y 2003, la cual se encuentra muy por encima del comportamiento mundial del 1,1%, y de los países del ALCA y de la CAN, que crecieron con tasas anuales del 1,8% y 3,6%, respectivamente (76). Si bien el arroz se produce en casi todos los departamentos del país, el 63% de la producción se concentra en: Tolima, Meta y Casanare (76).

Tabla 8. Superficie sembrada de arroz en Colombia por hectáreas periodo: 2.000 a 2009

AÑO	MECANIZADO A	MECANIZADO B	SUBTOTAL	MANUAL	TOTAL
2000	283.962	163.591	447.553	25.206	472.759
2001	287.296	164.703	445.999	25.206	474.205
2002	246.206	158.378	404.584	25.206	429.790
2003	311.564	161.253	472.517	25.206	495.023
2004	328.779	165.751	494.530	25.206	519.736
2005	269.402	139.550	406.952	25.206	434.158
2006	218.177	162.195	380.372	25.206	405.578
2007	223.353	160.337	363.690	16.760	400.450
2008	275.984	166.247	442.231	16.760	456.991
2009	329.908	138.952	465.590	16.760	465.650

Fuente: DANE-FEDEARROZ(79)

2.4.3. Características de los alimentos listos para el consumo no industrializado

Los alimentos preparados de tipo no industrial son aquellos alimentos mixtos, elaborados, manipulados, mezclados, cocinados o transformados en restaurantes, colegios, establecimientos penitenciarios, casinos, hogares, club social, entre otros (UERIA, 2011). Frecuentemente la preparación de estos alimentos se realiza con mucha anticipación, con tiempos largos de exposición a temperaturas que favorecen la germinación de la bacteria y la posible producción de la toxina (10 – 60°C).

Los problemas de los países industrializados en inocuidad alimentaria difieren considerablemente de los que se presentan en países en desarrollo, en los primeros muchos alimentos denominados listos para consumo son procesados industrialmente, para los países en desarrollo una gran porción de estos son preparados y comercializados en la calle (47). Estos alimentos se definen como ventas callejeras, son productos listos para el consumo e incluyen bebidas y alimentos, muchos de estos preparados en la vía pública.

En Colombia, esta es una realidad que no se puede desconocer, dentro de los aspectos que favorecen la aparición de estos puntos de venta callejera se incluyen: el desempleo, bajos salarios, urbanización de las grandes ciudades. Aunque muchos de estos productos son de bajo costo favoreciendo su venta, uno de los principales problemas está dado por las condiciones higiénicas en donde se preparan, que incluyen falta de agua potable, ausencia de programas de desinfección y presencia de plagas, entre otros (47).

En el caso de comidas callejeras unos de los principales problemas es garantizar la temperatura de calentamiento de estos productos, en Colombia una práctica frecuente es la utilización de vitrinas de vidrio que tienen un bombillo, el cual es utilizado para mantener “caliente” el producto, que generalmente llega a temperaturas de 45-50°C, consideradas como peligrosas.

3. CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO: EFECTOS ADVERSOS EN LA SALUD

Las enfermedades asociadas a *B. cereus* de origen alimentario incluyen dos síndromes: uno conocido como emético y otro como diarreico (58), ver Tabla 9.

3.1. INTOXICACIÓN POR *B. cereus*

3.1.1. Síndrome diarreico

- Periodo de incubación: 8 – 16 horas después de haber ingerido el alimento contaminado (44).
- Síntomas: dolor abdominal, tenesmo rectal y ocasionalmente náuseas y diarrea, la fiebre solo ha sido reportada en el 23% de los casos afectados (44). Esta patología se suele confundir por *Cl. perfringens*. La enfermedad es auto-limitante y la recuperación ocurre en un período de 6-24 horas. Esta patología se presenta por el consumo de células viables o esporas con formación de toxinas en el intestino delgado (44).
- Condición: gastroenteritis.
- Grupos de riesgo: todas las personas pueden ser afectadas por este microorganismo, sin embargo la intensidad de los síntomas puede variar entre los individuos (28).
- Efectos a largo plazo: ninguno reportado.
- Tratamiento: usualmente no se requiere tratamiento medicamentoso. Pueden administrarse líquidos cuando la diarrea es severa.

3.1.2. Síndrome emético

- Periodo de incubación: 1 - 5 horas tras la ingestión del alimento contaminado (58).
- Síntomas: Los primeros síntomas son náuseas, vómito y malestar. La diarrea se presenta en un 30% de los casos severos en las horas siguientes de haber

comenzado el vómito, esta patología se suele confundir con la intoxicación por *S. aureus* (58, 80). La recuperación es rápida, usualmente dentro de las 12-24 horas de iniciado el proceso (55).

- Condición: intoxicación.
- Grupos de riesgo: ninguno.
- Poblaciones blanco: toda la población es susceptible de intoxicarse por este microorganismo, pero los síntomas más severos se han observado en personas mayores (38).
- Efectos a largo plazo: ninguno.
- Tratamiento: usualmente no se requiere tratamiento medicamentoso. Pueden administrarse líquidos cuando el vómito y la diarrea son severos.

Tabla 9. Características más importantes de las patologías asociadas a *B. cereus*

Tipo de intoxicación	Mecanismo que causa la enfermedad	Síntomas	Dosis infecciosa	Toxinas/genes
Emética	Producción de toxina emética en el alimento (toxina preformada).	Vómito 1-5 horas después de la ingestión del alimento, puede continuar con diarrea 8-16 horas después de la ingestión.	Mayor a 10^5 <i>B.cereus</i> /g	Cereulide/ces
Diarreica	Ingestión de células y esporas y producción de la toxina en el intestino delgado.	Diarrea acuosa y dolor abdominal después de la ingestión de los alimentos contaminados.	10^5 - 10^8 células o esporas, por ejemplo alimentos que contengan más de 10^4 /g pueden constituirse en un problema.	Hemolisina (toxina producida por tres proteínas: B,L1, L2) codificada por tres genes organizados en un operón (hblA, hblB, hblC). Enterotoxina no hemolítica: toxina formada por tres genes organizados en un operón (nheA,nheB, nheC) Citotoxina K, una única proteína codificada por el gen cytK

Fuente: Choma *et al*, 2000; Agata *et al*, 2002, EFSA, 2005 (22, 58, 64).

3.1.3. Mortalidad

La tasa de mortalidad por este microorganismo es baja, se han reportado en la literatura dos casos esporádicos de muerte asociados al síndrome emético, donde la concentración de toxina fue excesiva y se presentaron daños hepáticos (81).

3.1.4. Infecciones no gastrointestinales

B. cereus causa una diversidad de infecciones sistémicas y locales tanto en individuos inmunocompetentes, como inmunocomprometidos, siendo los más frecuentes neonatos, drogadictos (vía endovenosa), pacientes que usen catéteres (11, 53).

3.2. DOSIS RESPUESTA

Los recuentos de *B. cereus* encontrados en alimentos involucrados en brotes han variado de 200 a 10^9 m.o/g (66). Aparentemente se requiere una dosis alta de células para causar la enfermedad, (más de 10^5 células o esporas/gramo)(50), aunque ésta concentración puede variar.

Para la toxina emética se estima que la concentración de células debe ser de 10^5 - 10^8 UFC ingeridas (38), aunque otros autores señalan concentraciones entre 10^3 a 10^{10} con una media de 10^7 (20). En un brote ocurrido en Finlandia se encontró en el alimento una concentración de $1.6 \mu\text{g/g}$ para la toxina emética, asumiendo que consumieron 300g del alimento la dosis infectiva fue de $450 \mu\text{g/g}$ (7). Otro brote ocurrido en Holanda encontró concentraciones de 0,03-13,3 $\mu\text{g/g}$ de alimento.

Es importante señalar que el número de *B. cereus* no refleja el riesgo de sufrir la intoxicación emética (64). Otro estudio realizado en Japón describió el rango de toxina emética encontrada en alimentos asociados a brotes alimentarios de 0,01 a 1,28 mg/g (58). Debido a la gran estabilidad que presenta la toxina emética, el número de *B. cereus* en el alimento no necesariamente refleja el riesgo de intoxicación, por lo que la historia del procesamiento del alimento es importante para establecer si se presentaron las condiciones para la producción de la toxina. La dosis infectiva para intoxicaciones diarreicas es de 10^3 y 10^7 células o esporas (38).

Con los datos anteriores diversos autores han concluido que un alimento que contenga en el momento de su consumo concentraciones superiores a 10^4 células o esporas, no es seguro y puede causar la enfermedad (82).

4. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

El suelo es la fuente primaria de contaminación de los alimentos con esporas de *B. cereus* (83) adicionalmente la contaminación durante el procesamiento puede ocurrir porque las esporas presentan propiedades de fuerte adhesión, puede formar biopelículas y puede persistir en la superficie de equipos de procesamiento (43). De hecho la leche cruda puede contaminarse con cepas de *B. cereus* que persisten en los tanques de almacenamiento de este producto (56).

En alimentos complejos, algunos ingredientes han sido identificados como una importante fuente de contaminación con esporas de *B. cereus*, tales como agentes texturizantes (83), huevo líquido, hierbas y especias (ICMSF;2005).

B. cereus es un microorganismo que por su naturaleza ubicua y la presencia de la espora puede contaminar diversos alimentos incluidos lácteos, carnes, ensaladas, cereales; sin embargo, la producción de la toxina se ve favorecida por alimentos que tengan glucosa. Este microorganismo frecuentemente se presenta como espora en los alimentos listos para el consumo ya que las células vegetativas se han destruido por los procesos térmicos a los que se ha sometido previamente (por ejemplo cocción o freído).

El almacenamiento de los productos procesados, o el uso de materias crudas en alimentos complejos con condiciones de almacenamiento que favorezcan el crecimiento de *B. cereus*, permite la germinación de la espora en número que pueden representar un peligro para los consumidores (EFSA, 2005). Esta característica hace que el microorganismo pueda crecer en muchos alimentos con alto contenido de humedad y pH cercanos a la neutralidad. En el país se pueden considerar los siguientes alimentos: pasteles de pollo, carne, empanadas, almojábanas, pan de bono, pan de queso, preparaciones con bienestarina, salsas preparadas, y todo tipo de preparaciones que contengan arroz. Como excepción a esta regla no se incluyen las bebidas fermentadas (por no ser considerados alimentos y por su bajo pH).

Con la aparición de nuevas tecnologías (que generalmente son más suaves desde el punto térmico) y la innovación de nuevos productos (por ejemplo: comidas listas para el consumo que se comercializan en congelación), pueden crearse condiciones favorables para el crecimiento de *B. cereus*. El crecimiento de este microorganismo se ve limitado por la refrigeración, temperaturas inferiores a 10°C inhibe la germinación de la spora (5,6). Algunas cepas pueden llegar a crecer por debajo de 10°C y son capaces de llegar a concentraciones de 10⁵, en alimentos que presentan largos tiempos de almacenamiento (58). Como se ha mencionado previamente el arroz juega un papel importante en la presencia de *B. cereus* a lo largo de la cadena alimentaria.

La incidencia de *B. cereus* se ha relacionado con las temperaturas de almacenamiento de los alimentos y el tiempo prolongado antes de ser servidos finalmente. Las estrategias para prevenir las enfermedades transmitidas por este organismo son: la carga inicial (naturaleza y cantidad), la severidad del tratamiento térmico necesario para destruir los patógenos y disminuir la carga microbiana, prevenir el crecimiento mediante controles de temperatura (84).

4.1. *B. cereus* EN EL ÁMBITO INTERNACIONAL

4.1.1 Prevalencia en arroz crudo

Los estudios realizados en arroz crudo señalan que *B. cereus* se aísla frecuentemente de este alimento, debido a su ubicuidad en la naturaleza. Un estudio realizado en la India logró el aislamiento de 7 cepas de *B. cereus* en dos variedades de arroz (BR5 y BRR1 Dhan 28) que son cultivados durante diferentes estaciones en Bangladesh (24). En la tabla 10 se presentan datos de diferentes estudios realizados en arroz crudo, donde pueden verse diferentes prevalencias y concentraciones.

Tabla 10. Prevalencia de *B. cereus* en arroz crudo reportados internacionalmente

País	Año	Tipo de arroz	Prevalencia	Otros datos de interés	Ref. bibliográfica
Argentina	2010	Arroz crudo	100%	Concentraciones variaron entre 2-7 UL/g	(39)
España	2002	Arroz con y sin cascarilla	100%	Las cepas aisladas produjeron toxina diarreica	(85)
Estados Unidos	1981	Arroz trillado	100%	Concentraciones entre 1-2 UL	(86)
Holanda	1998	Arroz crudo	40-100%	Concentraciones entre 2-3 UL	(87)
Hong Kong	1995	Arroz crudo	68,9%	Concentraciones variaron entre 5×10^2 - 2×10^5 UFC/g	Lee <i>et al</i> , 1995, reportado por Lake (20)
Korea	2009	Arroz integral	37%	Las cepas dieron positivo para los genes de la toxina diarreica	(59)

4.1.2. Prevalencia de *B. cereus* en arroz preparado

En la tabla 11 se presentan algunos estudios reportados sobre la concentración de *B. cereus* en productos que contienen arroz, donde puede observarse que las concentraciones varían desde <100 -7,17 UL. En el caso de Dinamarca los datos corresponden a los programas de vigilancia y se observa que son pocos los alimentos que se encuentran por encima del valor establecido en la comunidad europea como inaceptable.

En países como Estados y el Reino Unido los estudios realizados en restaurantes donde se preparan platos con arroz, encontraron que la contaminación puede ocurrir después de la cocción particularmente por contaminación cruzada con espátulas, utilizadas para mezclar el arroz durante el proceso de cocción, (86). En el Reino Unido los estudios realizados señalan que los restaurantes pequeños presentan más riesgo que los restaurantes de grandes cadenas, la razón para encontrar estas diferencias es el pobre entrenamiento en prácticas higiénicas, así

como preparar el arroz con demasiada anticipación (88). Otro estudio realizado en este país, encontró diferencias entre los tipos de arroces analizados, siendo de más riesgo el arroz al estilo Indú posiblemente asociado a la adición de especias contaminadas con esporas de *B. cereus*.

Tabla 11. Datos de *B. cereus* en diferentes preparaciones de arroz

País	Tipo de arroz	Concen-tración	Otras caracterís-ticas	Referencia bibliográfica
Argentina	Arroz con vegetales o arroz con parmesano	0.58 UL	50%	(84)
Cuba	Diversas preparacio-nes de arroz	2->7,17 UL	9% muestras positivas	(89)
Dinamarca	Arroz	> 5UL	0.4% de las muestras positivas	(41)
Estados Unidos	Arroz cocido después de almacenamiento en línea caliente	1-2 UL	100% muestras posi-tivas	(86)
Estados Unidos	Arroz cocido después de almacenamiento en frío	1-2 UL	38,5% muestras positivas	(86)
Ghana	Platos contienen arroz	0-9-1,8 UL	5,5%	48
India	Arroz cocido	<100	Solo se analizaron 10 muestras	(90)
India	"Curd rice"	3,2 UL	Solo se identifico el gé-nero, no se caracterizo la especie	(90)
Holanda	Arroz cocido	1-7 UL	10-93% de las muestras resultaron positivas	(87)
Holanda	Arroz frito	1-5 UL	12-86% muestras positivas	(87)
Korea	Kimbabs (plato típico de este país elabora-do con arroz y otros productos)	ND	18% muestras posi-tivas	Park et al repor-tado por (45)
Nigeria	Arroz con carnes	ND	6,87%	(91)
Taiwán	Sushi elaborado ma-nualmente en forma de cono	2,3-3,78 UL	41,7%	(92)
Taiwán	Rollos de arroz y pes-cado	2,3-5,51 UL	56%	(92)
Taiwán	Sushi	2,3-3,51 UL	8,2%	(92)

4.1.3. Prevalencia de *B. cereus* en harinas diferentes a arroz

La información disponible es escasa, se encontraron estudios realizados en harina de yuca elaborado de manera artesanal en Brasil, donde se establecieron recuentos menores de 10 UFC/g para este producto (93).

4.1.4. Prevalencia de *B. cereus* en LPC

La sobrevivencia de las esporas en los alimentos procesados no industriales y la eliminación de otros microorganismos en los alimentos permiten el rápido crecimiento de *B. cereus* (60).

Existen diversos estudios internacionales que han demostrado la contaminación de LPC no industriales donde se han identificado los factores de riesgo. A continuación se hace mención de algunos de estos:

- El estudio realizado por Mensah en Taiwán, encontró como principal factor de contaminación la pala utilizada para servir el arroz en los platos de los consumidores (47). En el kimbab también se ha señalado como fuente de contaminación el cuchillo que se utiliza para cortar los diferentes rollos del producto (18), su crecimiento también se ve favorecido por humedades relativas altas (91).
- Los datos en el sistema de vigilancia de Dinamarca señalan que los alimentos con mayor contaminación por *B. cereus* corresponden principalmente a productos cocidos, con alto contenido de almidón (41), en este estudio es importante señalar que se evaluaron diversos genes relacionados con las toxinas de *B. thuringiensis*, si bien no son concluyentes los autores, señalan que parte de los brotes asociados especialmente a vegetales no corresponden a *B. cereus* sino a esta especie.
- En Chile existe un programa de alimentación para los niños en edad escolar, similar a programas como los existentes en Colombia, una fracción importante de estos productos incluyen productos con leche en polvo y sustitutos de la leche (en Colombia sería la bienestarina y leche de soya), y postres como flanes, mousses y arroz con leche), los cuales frecuentemente se preparan en centros de distribución o en las cocinas de las escuelas donde

generalmente se presentan abusos en las temperaturas por largos períodos antes de ser consumidos, generando un riesgo para los niños que consumen estos alimentos (94).

- En alimentos expendidos en la vía pública en Sur África se encontró que *B. cereus* fue el patógeno de mayor prevalencia (17%) en todas las muestras de alimentos analizadas. Este microorganismo, fue detectado en 23 de las 132 muestras de alimentos, su incidencia fue alta en los alimentos cocidos 16 de 24 (66%) (95).
- Un estudio realizado en Francia en puré de calabacín, (producto que se comercializa en este país listo para consumo en cadena de frío), estableció que el producto con una carga inicial de 0.5 UL, alcanzaba en 21 días a 10°C 7.5 UL, y a 4°C 3.8 UL, estos resultados indican que la combinación de vegetales con agentes texturizantes tales como almidón y leche pueden contribuir a la contaminación del producto y que tiempos largos de almacenamiento pueden incrementar el número a niveles no seguros para los consumidores (83).

Al revisar la información presentada en la tabla 12, se puede ver que muchos alimentos expendidos en la vía pública son una fuente de contaminación importante de *B.cereus*, por lo que diversos autores señalan la importancia de hacer una mayor inspección de estos lugares, enfocados en el manejo higiénico y manejo de temperaturas, así como en la capacitación de estas personas en BPM (9, 92, 96).

En la Comunidad Europea los datos de incidencia difieren entre los países y no puede hacerse una comparación entre los datos, ya que esta enfermedad no es de notificación obligatoria en todos los países, generando reportes esporádicos (64).

De acuerdo con National Public Health Service for Wales (NPHS) el límite de *B. cereus* en LPC en el punto de venta es de 10^3 - 10^4 UFC/g (82).

Tabla 12. Prevalencia de *B. cereus* en alimentos listos para consumo en el mundo. 2010

País	Alimento	Lugar de preparación	Prevalencia	Recuento	Año	Ref. bibliográfica
Argentina	Ensaladas (con papa)		100%	2,64 UL	1,999	(84)
Argentina	Pastas		0%	—	1,999	(84)
Argentina	Carnes		44,1%	0,61 UL	1,999	(84)
Argentina	Miel		27%	ND	1991-1993, 2001-2003	(40)
Australia	Pizzas (listas para prepararlas) Pie congelados Sushi	Supermercado	5.1% 4.6% 0	3.4-3.7 UL 2.2-2.7 UL	2006-2007	(46)
Brasil	Alimentos vendidos en la calle: sánduche, kibbet (trigo, carne), croquetas, entre otros	Vía pública	12,5	> 3 UL	2001	(97)
Canadá	Suplementos alimenticios		50%	> 3UL	1998	Warburton,
Chile	Leche Leche con cereal		35% 11%	3.77 UL 3.69 UL	2007	(94)
Costa Rica	Bebidas instantáneas en polvo		13%	ND	1990-1999	(98)
Dinamarca	RTE sometidos a cocción Sopas Arroz Ensalada de papa	Restaurantes	0.4% 0.7% 1.3%	> 5 UL >5 UL > 5UL >5UL	2000-2003	(42)
China	Helados de crema (materias primas leche o suero en polvo y crema de leche)		60%	8,3 -28 NMP/g	2006	(99)
España	Ensaladas listas para consumo (industrializadas)	Restaurantes	8.3%	< 3.69 UL	ND	(30)
Francia	Purés de vegetales (zanahoria, papa, brócoli, calabacín)	Puntos de venta	20%	ND	1,999	(22)
Francia	Puré de calabacín refrigerado (este producto contiene almidón y leche en polvo como materia prima, aumentado el riesgo de contener <i>B. cereus</i>).				2003	(83)

País	Alimento	Lugar de preparación	Prevalencia	Recuento	Año	Ref. bibliográfica
Ghana	LPC Platos con arroz Kokonte (yuca fermentada) Sopa de oca (vegetal africano)	Restaurantes	5,5%	0.2+/- 0.91 0.9+/-1.8 0.7 (1,44)	2001	(47)
Italia	Ñoquis		33%		2001	(35)
Korea	Leche Cereales infantiles Barras de cereal		89.5% 83% 100%	>10 ⁴ NMP (5,3%) >10 ⁴ NMP (7%) >10 ⁴ NMP(12,5%)	2009	(100)
Nigeria	Los alimentos que presentaron mayor contaminación fueron: ensaladas con salsas, pasteles de carne y arroz frito	Restaurantes de comidas rápidas	41.2%	ND	ND	(96)
Reino Unido	Salsa de chile	Restaurantes "Take away"	1.1%	ND	2009	(101)
Sur África	Pollos y carnes con salsa (contienen almidón)	Vía pública	17%	ND	ND	(95)
Sur África	Salami y salchicha viena	Vía pública	5.8%	1.- 3UL	1998	(102)
Taiwan	Productos vegetarianos (mezclas de alimentos que contienen harina de soya, cereales, konjac. Planta originaria de Asia)	Vía pública	3,4%	3-4 UL	1992-1995	(103)
Taiwan¹	Sandwiches	Vía pública	53,3%	2,3-4,95	1,999	(92)
Taiwan	Fideos	Vía pública	66,7%	2,3-4,33	1,999	(92)
Taiwan	Sushi	Vía pública	8,2%	2,3-3,51	1,999	(92)
Turquía	Kebab de pollo	Vía pública	0	<10	2004	(104)

4.2. *B. cereus* EN COLOMBIA

Luego de revisar en diversas fuentes de información del país, los datos relacionados con *B. cereus*, se puede concluir que es poca la información documentada y disponible a la fecha.

- Prevalencia en arroz crudo en Colombia

No se encontró información documentada sobre la presencia de *B. cereus* en arroz crudo.

- Prevalencia en alimentos que contienen arroz

En la tabla 13 se presentan los datos obtenidos de investigaciones y organismos de control en el país. Se puede observar que de 244 muestras analizadas en distintas Secretarías de Salud del país el 11,92% cuentan con concentraciones superiores a 10^4 UFC/g (concentraciones que se consideran de alto riesgo para causar la enfermedad), este porcentaje es alto ya que el estimado para este tipo de producto, significa que por cada 100 platos servidos 11 están por encima de los criterios internacionales. Llama la atención que en este mismo periodo se procesaron alimentos que podrían ser vehículo de *B. cereus* y en ninguna de las muestras se realizó el recuento. A continuación se mencionan los alimentos: arepa, diferentes preparaciones (90 muestras); empanadas (60); pasteles (16); bienestarina, incluida bienestarina preparada(15)(IVC). No se encontró información sobre el almacenamiento de arroz y sus productos en restaurantes locales y restaurantes de comida rápida, así como de las prácticas de manipulación.

Tabla 13. Prevalencia en Colombia de *B. cereus* en alimentos que contienen arroz

Año	Número de muestras	Prevalencia > 10^4 UFC	Alimentos	Referencia
2005-2007	277	11,92%	Diferentes preparaciones con arroz	IVC

Actualmente, el INS está realizando un trabajo de *B. cereus* en un grupo de alimentos LPC no industrializados, por lo que la disponibilidad de la información es restringida a la fecha.

4.3. CONSUMO DE ARROZ EN COLOMBIA

El arroz es la principal fuente de calorías y proteínas para las familias de escasos ingresos, que representan aproximadamente el 20% de la población del país. De acuerdo con la tabla 14 la media nacional del consumo per cápita en el año 2000 fue de 45,3 Kg de arroz descascarillado. Además de la producción local, Colombia importa arroz para satisfacer su propia demanda (70). El consumo promedio mundial es de 60Kg/hab y los grandes productores y exportadores como Vietnam y Tailandia, registran consumos de más de 250Kg/hab al año, señalando que Colombia está por debajo de la media mundial. Al comparar el consumo con países de América, Colombia reporta datos inferiores de consumo frente a países como Uruguay (156 Kg/hab), Ecuador (65Kg/hab y Perú (51 Kg/hab)(76), parte del descenso en el consumo de arroz está relacionado con el incremento del consumo de derivados del trigo, como pan, pastas y galletas.

Tabla 14. Consumo de arroz en Colombia, año 2000-2006

AÑO	CONSUMO PERCAPITA URBANO	CONSUMO PERCAPITA RURAL	CONSUMO PERCAPITA TOTAL
2000	38.00	44.00	40.00
2001	37.00	39.50	38.00
2002	40.00	45.25	41.50
2003	38.75	42.75	40.00
2004	38.25	45.25	40.25
2005	38.25	42.00	39.25
2006	38.25	44.00	39.00

Fuente:(79, 105)

Aunque no hay datos sobre la proporción de consumo de cada una de las diferentes preparaciones del arroz en Colombia, su orden de consumo se presenta a continuación.

- Arroz blanco
- Arroz con pollo
- Arroz con verduras
- Arroz con camarones
- Cereales para el desayuno a base de arroz

- Sopas deshidratadas con arroz
- Fideos a base de arroz (poco consumo en el país)
- Arroz con leche
- Empanadas
- Masato
- Barra de cereal

En la tabla 15 se presenta los datos generados en la Encuesta Nacional de la Situación de Nutrición ENSIN- 2005, de consumo de arroz en el país por grupos de edad, donde se observa que el mayor grupo de consumo es el de 9 a 13 años y el grupo de 51 a 64 es el de menor consumo, como puede verse no hay datos de consumo en niños menores de tres años, ni personas mayores a 64 años, poblaciones que por estar en los bordes de la curva pueden ser más propensos a ETA (106).

Tabla 15. Consumo de arroz por grupo etáreo en el país.

Edad	Individuos que consumen			Cantidad promedio individuo día		
	%	IC		G	IC	
2-3 años	74,9	71,5	78,4	86,2	81,4	90,4
4-8 años	77	75	79	134,9	132,2	137,6
9-13 años	76,7	74,7	78,6	196,4	192,2	200,6
14-18	75,6	73,5	77,8	238,7	233,1	244,1
19-50	72,8	70,9	74,6	204,2	201	207,4
51-64	69,8	65,1	74,6	163,8	147,8	179,8

Fuente: ENSIN, 2005.(106)

En esta tabla se observa que existe información sobre el consumo día, no obstante falta información sobre el número de raciones por día, adicionalmente no se aclara si este consumo se realiza diariamente.

El DANE de acuerdo con la encuesta integrada de hogares colombianos, estima que el consumo de arroz por persona semanal para el año 2010, es de 1,5 libras, lo que equivale a 107 gramos por día. En la tabla 16 se presenta la información en las 13 ciudades donde se realizó esta encuesta, donde puede verse que las ciudades de la costa son las que presentan un mayor consumo, de este producto (105).

Tabla 16. Consumo per cápita de arroz dentro de los hogares colombianos.

	Marzo	Junio	Septiembre	Mar - Jun - Sep
Montería	2,5	2,4	2,1	2,3
Barranquilla A.M.	1,9	1,8	2,2	1,9
Cartagena	1,7	1,8	1,8	1,7
Cali A.M.	1,6	1,7	1,6	1,6
Pasto	1,5	1,5	1,5	1,5
Pereira A.M.	1,5	1,4	1,5	1,5
Medellín A.M	1,4	1,4	1,4	1,4
Manizales A.M.	1,2	1,3	1,4	1,3
Ibagué	1,3	1,3	1,2	1,3
Bogotá D.C.	1,2	1,3	1,3	1,3
Villavicencio	1,1	1,1	1,1	1,1
Cúcuta A.M.	1,0	1,1	1,0	1,1
Bucaramanga A.M.	0,8	0,8	0,8	0,8

Fuente: DANE. Gran encuesta integrada, 2010 (105).

Resumen de la exposición

Por la ubicuidad de *B. cereus* este microorganismo puede contaminar los cultivos especialmente de productos como el arroz y el maíz, la espora puede sobrevivir en alimentos procesados y puede germinar y multiplicarse hasta llegar a niveles de riesgo en alimentos LPC no industrializados que son sometidos a temperaturas de enfriamiento inadecuadas. La refrigeración inhibe el crecimiento y germinación de la espora.

La información disponible en Colombia muestra qué alimentos que contienen arroz pueden traer consigo *B. cereus* en concentraciones altas. Actualmente, no hay información sobre otros productos que podrían ser un riesgo como arepas, pasteles, almojábanas, pandebonos, entre otros.

5. CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO

5.1. EFECTOS ADVERSOS EN LA SALUD. REVISIÓN INTERNACIONAL

5.1.1. Brotes

El número de brotes reportado en el mundo es bajo si se compara con microorganismos como *Salmonella* y *Campylobacter*, dentro de las razones que explican este fenómeno está el corto período de incubación que se presenta, el ser autolimitante en la mayoría de los casos los cuales rara vez se hospitalizan y el tener una baja mortalidad. El reciente reporte realizado por el CDC sobre los patógenos que más ETA causan en Estados Unidos, de 19 bacterias analizadas, *B. cereus* ocupa el puesto 16. (107).

Otro factor que afecta este fenómeno es que puede confundirse en su diagnóstico con *S. aureus* (síndrome emético) o *Cl. perfringens* (síndrome diarreico). El país que más ha documentado brotes por *B. cereus* es el Reino Unido, un informe de su sistema de vigilancia estableció que se presentaron 43 brotes durante el periodo de 1992-1999, aunque no se especifica que alimentos estuvieron involucrados (108).

Cerca del 95% de los brotes por síndrome emético se deben al consumo de platos con arroz (109). Como factor de riesgo se asocia a cocciones insuficientes y fallas en el almacenamiento después de la preparación. Si bien la mayoría de brotes se presentan por arroz otros alimentos se han reportado como espaguetis, vegetales cocidos, fideos, salsa de soya, entre otros (56).

En años recientes se ha observado que parte de los brotes reportados con *B. cereus* parecen no corresponder a este microorganismo sino a las otras especies estrechamente relacionadas. Un estudio realizado en Canadá con cepas caracterizadas inicialmente como *B. cereus* aisladas de 39 brotes, encontró que la proporción de las cepas era la siguiente. *B. cereus* NRPS⁺ (5), *B. cereus* NRPS⁻ ICP (18), *B. thuringiensis* (4), *B. mycoides* (1), más de una cepa (11), esto refuerza la hipótesis de que existe más de una especie involucrada en brotes por *Bacillus* (110).

En Cuba la información de este microorganismo es escasa ya que no se incluye en los protocolos de vigilancia (89), un estudio realizado durante los años 2004-2007 en La Habana estableció que de 57 brotes analizados, en 17 se aisló *B. cereus*, incluso asociado a otros microorganismos (*S. aureus* y *Cl. perfringens*) (111). El alimento más frecuentemente asociado fue el arroz (diversas preparaciones) y las natillas, en este mismo país un estudio en la ciudad de Camaguey estableció que el 1,7% de los brotes se habían asociado a esta bacteria, siendo los alimentos más frecuentes los postres y sopas (112).

Un estudio en Japón, realizado en el 2002 estableció la cantidad de toxina producida en diferentes alimentos implicados en brotes, (tabla 17), donde se evidencia que los productos con arroz producen mayor cantidad de toxina emética, factor que puede estar asociado con los amino ácidos presentes en este producto y que permite la producción de la toxina.

Tabla 17. Concentración de toxina emética reportada en brotes del Japón.

Brote Número	Alimento implicado	Título de toxina (ng/g)
1	Arroz frito	1280
2	Arroz hervido	640
3	Arroz chino	640
4	Arroz hervido	320
5	Arroz frito	160
6	Arroz frito	160
7	Arroz hervido	160
8	Curry y arroz	80
9	Espagueti	80
10	Arroz hervido	80
11	Espagueti	40
12	Fideos	20
13	Arroz hervido	10

Fuente: (58)

En la tabla 18 se presenta un resumen de los brotes reportados internacionalmente y los factores de riesgo asociados.



Alimentos listos para consumo no industrializados, con arroz en Colombia, 2011.

Tabla Brotes asociados a *B. cereus* reportados internacionalmente. Siguiendo página ►

Tabla 18. Brotes asociados a *B. cereus* reportados internacionalmente.

País	Alimentos	Síntomas
Finlandia	Arroz con carne	Vómito, dolor abdominal y náusea.
Canadá	Fresas	Dolor abdominal y diarrea.
España	Gambas en salsa	Dolor abdominal, diarrea, diarrea, náuseas y vómito.
Estados Unidos	Carne con vegetales	Dolor abdominal y diarrea profusa.
Bélgica	Ensalada con pasta	Vómito, falla respiratoria con hemorragia, falla renal y falla hepática.
Finlandia	Pasta con carne	Nausea y vómito, diarrea.
Reino Unido	Arroz y pollo	Diarrea.
Estados Unidos	Quiche	Diarrea y vómito.
Italia	Galletas	Diarrea.
Oman	ND	Diarrea y vómito.
Reino Unido	Cereal infantil con frutas deshidratadas reconstituido en agua	Vómito fuerte y nausea.
Noruega	Puré de vegetales	Diarrea con sangre.
Canadá	Ensalada de papa con mayonesa	Diarrea.
Noruega	Estofado	Diarrea.
	Ensaladas de vegetales germinados	Vómito y diarrea.
Italia	Espagueti con pesto	Vómito y diarrea.
Irlanda	Arroz frito	Vómito.
Reino Unido	Arroz cocidos y frito	Vómito y diarrea.
	Pasta preparada en el hogar	Vómito.

Factores de riesgo	Tipo de patología	Tasa de ataque	Ref. bibliográfica
Se dejó durante 6 horas después de preparado a temperatura de 15-23°C, se calentó en microondas.	Emética	50%	(113)
Inicialmente este brote se asoció a <i>B. cereus</i> , molecularmente se estableció que el agente causal era <i>B. thuringiensis</i> utilizado el cultivo como control biológico.	Diarreica	32%	(110)
Condiciones deficientes de higiene y mal manejo de temperatura. Este brote tuvo tres agentes asociados: <i>B. cereus</i> , <i>Cl. perfringens</i> y <i>E. coli</i> .	ND	33.1%	(114)
Fallas en el almacenamiento después de preparado el alimento.	Diarreica	24	(115)
Se dejó a temperatura ambiente durante dos días.	Emética	100%	(81)
En este brote se aislaron 122 cepas diferentes de las cuales el 68% correspondieron a <i>B. cereus</i> , dos personas se vieron afectadas, el plato se preparó y se dejó enfriar a temperatura ambiente, dos días después de la preparación se consumió.	ND	ND	(7)
300 personas se vieron afectadas, al revisar el arroz el recuento fue superior a 10 ⁶ UFC/g y en el pollo 10 ² UFC/g	Diarreica	ND	(116)
79 afectados, no estaba funcionando el refrigerador, el alimento no se calentó suficientemente y había condiciones pobres de higiene en el restaurante.	Diarreica y emética	ND	(117)
Dos brotes simultáneos en dos banquetes con 95 y 78 afectados.	Diarreica	ND	(118)
Malas condiciones higiénicas y manejo inadecuado de la temperatura.	Diarreica y emética	100%	(119)
Posible fuente el cereal o la leche que tenía el producto (recuento de <i>B. cereus</i> . 2,05-5,97 x 10 ³ UFC/g, se presume que cada niño pudo consumir 5 x 10 ⁴ .	No se logró establecer que era emética	100%	(120)
44 personas fueron afectadas y 3 murieron. Recuentos en el alimento de 3 x 10 ⁵ UFC/g.	Diarreica asociada a la toxina Cyt	ND	(121)
25 personas afectadas en un banquete, concentración de 10 ³ UFC/g en la mayonesa.	Diarreica	67%	(122)
17 personas afectadas y 3 personas hospitalizadas durante 3 semanas, 10 ⁴ -10 ⁵ de <i>B. cereus</i> por porción servida.	Diarreica	ND	Gramumet <i>al</i> citado por EFSA(64)
4 personas afectadas, 10 ⁵ a 10 ⁷ UFC/g.	Diarreica y emética		(123)
2 afectados, una persona murió de falla renal, el alimento estuvo almacenado 5 días a temperatura ambiente antes de ser consumido	Emético		(124)
4 afectados, más de 10 ⁶ UFC	Emética		(125)
14 afectados, >10 ⁶ en el arroz, el producto no se encontraba refrigerado.	Emética		Khord 1994 reportado por EFSA (64)
Se encontraron de 1500-3000 ng de la toxina emética.	Emética		(126)

5.2. BROTES EN COLOMBIA

De acuerdo con la información disponible en el SIVIGILA *B. cereus* es la tercera causa de brotes en el país, siendo los alimentos LPC no industriales los más frecuentemente involucrados.



Figura 3. Brotes reportados al SIVIGILA en el periodo 2007-2010

El número de casos puede variar, en la figura 3 se presenta la información de los brotes donde se pudo aislar el agente causal en el alimento o en las personas afectadas. La información disponible reporta que en el país los alimentos más frecuentemente asociados son arepa y arroz con pollo (Tabla 19).

Tabla 19. Brotes más relevantes reportados al SIVIGILA 2007-2010.

Año	Lugar	Número de afectados	Alimento	Lugar donde ocurrió el brote
2010	Caldas	39	Arepa	Establecimiento penitenciario
2010	Tolima ¹	550	Arepa	Establecimiento penitenciario
2009	Amazonas	17	Arroz con pollo	NR
2008	Nariño	5	Empanada de harina	
2008	Guajira	42	Arroz con pollo	Establecimiento educativo
2008	Nariño	31	Arroz con pollo	Campo abierto
2007	Antioquia	18	Arepa	Establecimiento educativo
2007	Caldas	4	Arepa	Hogar

¹ Este brote reportó varios microorganismos incluido *B. cereus*

Consecuencias clínicas

La hospitalización asociada a este microorganismo es poco frecuente, los datos reportados al SIVIGILA señalan que no se han presentado casos de hospitalización asociada a brotes en el país, coincidiendo con la literatura internacional.

5.3. ANÁLISIS DE RIESGOS

Korea realizó una evaluación de riesgos en Kimbab un alimento incluido en la lista de LPC cocidos cuya principal materia prima es arroz cocido, en dicha evaluación se estimaron las concentraciones en diferentes puntos de la producción para determinar mediante microbiología predictiva la concentración final en el punto de expendio. El modelo estimó que los niveles de contaminación eran de mínimo -3.63 UL/g y un máximo de 7.31 UL/g (95% de percentil), los autores señalan que estos datos tienen cierto grado de incertidumbre y variabilidad, por lo que deben

realizarse más investigaciones al respecto(45). Adicionalmente los autores señalan que faltó realizar una modelación del proceso de germinación en el arroz.

Por otra parte, en Estados Unidos se realizó una evaluación de riesgos de *B. cereus* asociado al consumo de arroz tipo chino, donde se evaluaron diferentes temperaturas de almacenamiento del producto, como conclusión final se estableció que el riesgo de enfermedad es mayor cuando hay abuso en la temperatura de almacenamiento del arroz preparado (75).

Durante el proceso de revisión de literatura no se encontró información disponible de estudios casos-controles.

5.3.1. Transmisión secundaria

La contaminación persona a persona no es frecuente por *B. cereus*. Sin embargo, un brote reportado en Estados Unidos en un colegio donde se utilizó arroz para una actividad, el cual se remojó desde el día anterior con colorante y luego fue utilizado por los niños manipulándolo, conllevó el brote porque estos no se lavaron las manos antes de consumir el refrigerio. El arroz coloreado contenía $5,6 \times 10^5$ UFC/g. En este caso los investigadores atribuyeron el brote a una transferencia secundaria (Briley *et al*, 2001).

5.3.2. Costos

Estados Unidos en un estudio reciente (2007) indica que se presentan 84.000 casos anuales cuyo costo por caso es de 430 dólares, para un total de 36 millones de dólares por año (38). En Colombia no se pudo establecer el costo ya que esta información por ser autolimitante rara vez es atendida en los servicios de salud.

6. MEDIDAS DE CONTROL

Inglaterra: para prevenir los brotes asociados con alimentos preparados que contienen arroz, Kramer y Gilbert propusieron como medidas de control las siguientes: tiempo corto entre la preparación y consumo, mantener los alimentos calientes por encima de 55°C o enfriarlos rápidamente, preparar pequeñas cantidades, seguidos por almacenamiento en refrigeración, evitar el almacenamiento a temperatura ambiente por periodos superiores a dos horas. Estas medidas asociadas a la vigilancia en los restaurantes tipo oriental y de domicilios redujo considerablemente el número de brotes en el país (6).

El estudio realizado por Tessi *et al*, encontró que los LPC llegan a temperaturas de 80-98°C durante su procesamiento, temperatura que no es suficiente para destruir las esporas de *B. cereus*, por lo que las medidas para evitar la multiplicación incluyen: mantenimiento del alimento a temperaturas >60°C (en la superficie) y por tiempos menores a 80 min (127), preparar cantidades pequeñas, en caso de sobrar parte de estos alimentos deben almacenarse por debajo de 4°C, adicionalmente los ingredientes cocidos que vayan a utilizarse para ensaladas deben almacenarse en contenedores individuales.

Escocia: este país cuenta con un sistema de vigilancia estructurado para alimentos listos para el consumo, donde el punto de venta es parte estratégica para el muestreo dentro de las estrategias de vigilancia. El programa se inició en 1995 y se ha venido fortaleciendo de tal manera que las muestras que se toman obedecen a un plan de vigilancia nacional alimentado por la información local, en este programa de vigilancia se presenta una lista de LPC que debe analizarse (Tabla 20)(82, 101). En el reporte del año 2005 señala que solo una muestra, presentó valores inaceptables en pasta de carne y en productos con crema de leche, sugiriendo que las medidas de vigilancia han sido efectivas (101).

Tabla 20. Lista de LPC del Programa de Vigilancia de Escocia

Tipo de alimento
Hamburguesas (se excluyen las de pollo)
Pasteles con crema (crema de leche únicamente)
Natillas o flanes (producto refrigerado)
Frutos secos (solos o en mezcla)
Sánduches con mayonesa
Kebab (se excluye el que tenga pollo)
Pastas de carne (se excluyen las pastas pre-empacadas)
Pastas vegetarianas (se excluyen las pastas pre-empacadas)
Paté de pescado (no incluye conservas)
Paté de carne (no incluye conservas)
Pollo broaster
Salchichas (se excluyen las pre-empacadas)

Fuente: Meldrun *et al.*, 2006

Para disminuir la contaminación cruzada, se han empleado diversos métodos que incluyen:

- Métodos físicos (calentamiento y posterior enfriamiento a baja temperatura 4°C).
- Métodos químicos (cloro, etanol, peróxido de hidrógeno, nisina), estas sustancias tienen un efecto sinérgico con la adición de vitamina B.

En la tabla 21 se muestran algunos datos de estas sustancias en arroz cocido inoculado artificialmente con *B. cereus*. (128)

Tabla 21. Sustancias utilizadas en los métodos químicos

Tratamiento	Concentración (ppm)	UL de <i>B. cereus</i> en arroz crudo	UL de <i>B. cereus</i> en arroz cocido
Control		3.43 +/- 0.03	1.11 +/- 0.06
Cloro	50	3.33 +/- 0.02	0.64 +/- 0.10
Cloro	80	2.66 +/- 0.05	ND
Etanol	100.000 (10%)	3.34 +/- 0.06	0.62 +/- 0.11
Etanol	200.000 (20%)	3.22 +/- 0.04	ND
Peróxido de hidrogeno	100	3.41 +/- 0.02	0.47 +/- 0.10
Peróxido de hidrogeno	400	3.32 +/- 0.15	ND
Oxido de calcio	400	3.41 +/- 0.02	0.72 +/- 0.09
Oxido de calcio	650	3.32 +/- 0.02	ND

Fuente: (128)

Por la naturaleza ubicua de la espora en materias primas como el arroz, el maíz y otras harinas y texturizantes es casi imposible reducir su presencia en la obtención de estas, por esta razón las medidas para reducir el riesgo de causar intoxicación deben encaminarse a los productos preparados y listos para su consumo, especialmente en hoteles, restaurantes, servicios de alimentos y servicios escolares donde por los volúmenes elaborados se pueden generar riesgos durante las operación de preparación y mantenimiento. Deberá evitarse dejar las masas a temperatura ambiente antes de su preparación. Todas las masas deberán mantenerse refrigeradas hasta la preparación del producto. Deberán tomarse medidas para garantizar la temperatura de mantenimiento de los alimentos calientes. Por último, una de las medidas de control establecidas en los países industrializados incluye una norma para LPC en puntos de distribución donde productos con concentraciones superiores a 10^4 UFC/g son descartados.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

B. cereus es un microorganismo que por su naturaleza ubicua y la presencia de la espora puede contaminar diversos alimentos incluidos lácteos, carnes, ensaladas, cereales; cabe resaltar que la producción de la toxina emética se ve favorecida por alimentos que tengan glucosa y un contenido importante de proteína.

El suelo es la fuente primaria de contaminación de los alimentos con esporas de *B. cereus*, adicionalmente la contaminación durante el procesamiento puede ocurrir porque las esporas presentan propiedades de fuerte adhesión, puede formar biopelículas y persistir en la superficie de equipos de procesamiento.

Las esporas de *B. cereus* se mantienen viables en el arroz seco, hasta por 48 semanas, pero si el a_w aumenta a 0.78 la viabilidad puede reducirse a 16 semanas. Una característica importante de esta bacteria es la habilidad de la espora en sobrevivir al proceso de ebullición durante la cocción del arroz y durante su enfriamiento, que induce la germinación y la producción de la toxina. Se ha logrado establecer que *B. cereus* es capaz de producir la toxina (cereulide) a temperaturas de 15°C en arroz y su detección se logra después de 48 horas en esta temperatura.

El microorganismo puede crecer en muchos alimentos con alto contenido de humedad y pH cercanos a la neutralidad (en el país se pueden considerar los siguientes alimentos: pasteles de pollo, carne, empanadas, almojábanas, pan de bono, pan de queso, preparaciones con bienestarina, salsas preparadas, y todo tipo de preparaciones que contengan arroz, no se incluirían las bebidas fermentadas por no ser considerados alimentos y por su bajo pH).

De acuerdo con las características de producción en la industria de alimentos parece existir una asociación por “nicho térmico”, esto significa que las cepas más termoresistentes se encuentran en fábricas donde los alimentos son sometidos a procesos térmicos (deshidratación y pasteurización) y las cepas psicrófilas en ambientes fríos.

Los problemas de los países industrializados en inocuidad alimentaria difieren considerablemente de los que se presentan en países en desarrollo, en los primeros muchos alimentos denominados listos para consumo son procesados industrialmente, mientras que para los países en desarrollo una gran porción de estos son preparados y comercializados en la calle donde se pueden presentar fallas en los tiempos de calentamiento y enfriamiento, aumentando el riesgo en este tipo de alimentos por la presencia de bacterias esporuladas como *B. cereus*, que pueden multiplicarse en estas condiciones.

En Colombia, aunque muchos de estos productos son económicos favoreciendo su venta, uno de los principales problemas son las condiciones higiénicas en donde se preparan, que incluyen falta de agua potable, ausencia de programas de desinfección y presencia de plagas, entre otros. En el caso de comidas callejeras, uno de los factores es garantizar la temperatura de calentamiento de estos productos, una práctica frecuente es el uso de vitrinas de vidrio que tienen un bombillo, el cual es utilizado para mantener “caliente” el producto, que generalmente llega a temperaturas de 45-50°C, consideradas como peligrosas.

Las enfermedades asociadas a *B. cereus* de origen alimentario incluyen dos síndromes: emético y diarreico, diversos autores han concluido que un alimento que contenga en el momento de su consumo concentraciones superiores a 10^4 UFC/g no es seguro y puede causar la enfermedad. Las enfermedades causadas por este microorganismo tienden a ser autolimitantes y rara vez requieren atención médica.

El 95% de los brotes de intoxicación a causa de la toxina emética están relacionados con el consumo de arroz, especialmente con preparaciones orientales (20). La incidencia de *B. cereus* se ha relacionado con las temperaturas de almacenamiento de los alimentos y el tiempo prolongado antes de ser servidos finalmente. Las estrategias para prevenir las enfermedades transmitidas por este organismo son: la carga inicial (naturaleza y cantidad), la severidad del tratamiento térmico necesario para destruir los patógenos y disminuir la carga microbiana, prevenir el crecimiento mediante controles de temperatura (84).

La información disponible sobre la presencia de *B. cereus* en LPC es escasa, pues no se realiza rutinariamente este análisis, debido a que todos los estudios se centran

en el análisis de microorganismos indicadores. No hay un método estandarizado para la detección de las toxinas diarreicas en humanos, dificultando el diagnóstico de estos brotes.

En años recientes se ha observado que parte de los brotes reportados con *B. cereus* parecen no corresponder a este microorganismo sino a las otras especies estrechamente relacionadas.

La amplia distribución del microorganismo, permite que sobreviva en alimentos listos para consumo, especialmente en alimentos que contienen cereales y leche (45, 46), 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 (47). 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 (48).

Para prevenir los brotes asociados con alimentos preparados que contienen arroz, Kramer y Gilbert propusieron como medidas de control las siguientes: tiempo corto entre la preparación y consumo, mantener los alimentos calientes por encima de 55°C o enfriarlos rápidamente, preparar pequeñas cantidades, seguidos por almacenamiento en refrigeración, evitar el almacenamiento a temperatura ambiente por periodos superiores a dos horas. Estas medidas asociadas a la vigilancia en los restaurantes tipo oriental y de domicilios, redujo considerablemente el número de brotes en el país (6).

Recomendaciones

- Se sugiere generar estrategias de monitoreo en puntos de venta de productos que puedan ser considerados de alto riesgo, tales como venta de empanadas, arepas y productos que contengan arroz. En ellos realizar análisis de *B. cereus* y lectura de temperatura interna de estos alimentos.
- Generar estrategias de intervención desde las Secretarías de Salud sobre locales donde se proporcione alimentación “masiva”, haciendo especial énfasis en jardines infantiles, comedores comunitarios y cárceles, con letreros alusivos que recuerden cuales son las medidas de control que reducen el riesgo.

- Capacitar madres comunitarias y personal manipulador de alimentos en BPM, haciendo especial énfasis en el manejo de temperatura en los productos.
- La información disponible en el SIVIGILA sugiere que este microorganismo es responsable de causar un importante número de brotes en el país, por lo que se sugiere realizar una evaluación de riesgos cuando se tenga la información suficiente sobre hábitos de consumo y prevalencia de *B. cereus* en LPC no industrializados.

8. VACIOS DE INFORMACIÓN

Luego de la revisión de literatura, se encontraron los siguientes vacíos que se mencionan a continuación.

No hay información disponible sobre la frecuencia de contaminación de *B. cereus* en arroz crudo.

Información insuficiente sobre la concentración de *B. cereus* en LPC no industrializados.

No hay información sobre porciones de arroz consumidos, ni sobre la frecuencia de consumo. Así como el tipo de preparaciones que se realizan.

No hay información sobre la prevalencia de *B. cereus* en alimentos derivados del maíz como arepas en su diversas presentaciones. Adicionalmente, falta información sobre la presencia de este microorganismo en productos como: almojábanas, pandebono y pan de yucas, entre otros, que pueden ser vehículo de este microorganismo.

Ausencia de datos disponibles sobre el costo que puede generar este microorganismo en atención hospitalaria.

BIBLIOGRAFÍA

1. Martínez J, Sánchez G, Garay E, Aznar R. Evaluation of phenotypic and PCR-based approaches for routine analysis of *Bacillus cereus* group foodborne isolates. *Antonie van Leeuwenhoek*. 2011;99(697):709.
2. Vilas-Boas G, Peruca A, O A. Biology and taxonomy of *Bacillus cereus*, *Bacillus anthracis* and *Bacillus thuringiensis*. *Canadian Journal of Microbiology*. 2007;53:673-87.
3. Rasko DA, Altherr MR, Han CS, Ravel J. Genomics of the *Bacillus* group of organisms. *FEMS Microbiology Review*. 2005;2005(29):303-29.
4. Carlin F, Brillard J, Broussolle V, Clavel T, Duport C, Jobin M, et al. Adaptation of *Bacillus cereus*, an ubiquitous worldwide-distributed foodborne pathogen, to a changing environmental. *Food Research International*. 2010;43:1885-94.
5. Guinebretière M-H, Thompson F, Sorokin A, Normand F, Dawyndt P, Ehling-Schulz M, et al. Ecological diversification in the *Bacillus cereus* Group. *Environmental Microbiology*. 2008;10:851-65.
6. Carlin F, Fricker M, Pielat A, Heisterkamp S, Shaheen R, Salkijona M, et al. Emetic toxin-producing strains of *Bacillus cereus* show distinct characteristics within the *Bacillus cereus* group. *International Journal of Food Microbiology*. 2006;109:132-8.
7. Pirhonen T, Anderson M, Jääskeläinen E, Salkinoja-Salonen M, Honkanen T, Johansson T.M. Biochemical and toxin diversity of *Bacillus cereus* in a pasta and meat dish associated with a food-poisoning case. *Food Microbiology*. 2005;22:87.
8. Jackson S, Goodbrand R, Ahmed R, Kasatiya S. *Bacillus cereus* and *Bacillus thuringiensis* isolated in a gastroenteritis outbreak investigation. *Letters in Applied Microbiology*. 1995;21:103-5.
9. Andersen G, Skeie M, Sorhaug T, Langsrud T, Granum P. Growth and toxin profiles of *Bacillus cereus* isolated from different food sources. *International Journal of Food Microbiology*. 2001;69:237.
10. Frederiksen K, Rosenquist H, Jørgensen K, Wilcks A. Occurrence of natural *Bacillus thuringiensis* contaminants and residues of *Bacillus thuringiensis*-based insecticides on fresh fruits and vegetables. *Applied and Environmental Microbiology*. 2006;72:3435-40.
11. Bottone E. *Bacillus cereus*, a volatile human pathogen. *Clinical microbiology reviews*. 2010;23:382.
12. Sarrías J, Valero M, Salmeron M.C. Elimination of *Bacillus cereus* contamination in raw rice by electron beam irradiation. *Food Microbiology*. 2003;20:327-32.
13. Gil-Turnes C, Freitas dos Santos A, Weykamp da Cruz F, A VM. properties of the *Bacillus cereus* strain used in probiotic CenBiot. *Revista de Microbiología*. 1999;30:11-4.
14. Halverson L, Handelsman J. Enhancement of Soybean Nodulation by *Bacillus cereus* UW85 in the Field and in a Growth Chamber. *Applied and Environmental Microbiology*. 1991;57:2767-70.

15. Finlay W, Logan N, D SA. *Bacillus cereus* emetic toxin production in cooked rice. *Food Microbiology*. 2002;19:431.
16. NZFSA. *Bacillus cereus*. 2010. p. 1-3.
17. Pielaat A, Fricker M, Nauta MJ, van Leusden FM. Biodiversity in *Bacillus cereus*. Bilthoven, The Netherlands: RIVM2005 Contract No.: Report 250912004/2005.
18. Kotiranta A, Lounatmaa K, M H. Epidemiology and pathogenesis of *Bacillus cereus* infections. *Microbes and Infection*. 2000;2:189.
19. Kim J-B, Kim J-M, Seo m, Park Y, Choi N, Oh D. Emetic toxin producing *Bacillus cereus* korean isolates contain genes encoding diarrheal-related enterotoxins. *International Journal of Food Microbiology*. 2010;144:182.
20. Lake B, Hudson A, Cressey P. Risk Profile: *Bacillus* spp in rice. Christchurch. Mols M, Pier I, Zwietering M, Abee T. The impact of oxygen availability on stress survival and radical formation of *Bacillus cereus*. *International Journal of Food Microbiology*. 2009;135:303-11.
22. Choma C, Guinebretiere M.H, Carlin E, Schmitt P, Velge P, Granum P, et al. Prevalence, Characterization and growth of *Bacillus cereus* in commercial cooked chilled foods containing vegetables. *Journal of Applied Microbiology*. 2000;88:617.
23. Van Asselt E.D. & Zwietering M.H., 2005. A systematic approach to determine global thermal inactivation parameters for various food pathogens. *Int. J. Food Microbiol.*, 107(1), 73-82.
24. Haque A, Russell N. Phenotypic and genotypic characterisation of *Bacillus cereus* isolates from Bangladeschi rice. *International Journal of Food Microbiology*. 2005;98:23.
25. Rey A, Silvestre A. Comer sin riesgos 2. Primera edicion ed. Buenos Aires: Editorial Hemisferio Sur; 2001.
26. Clavel T, Carlin F, Lairon D, Nguyen-The C, Schmitt P. Survival of *Bacillus cereus* spores and vegetative cells in acid media simulating human stomach. *Journal of Applied Microbiology*. 2004;97:214-9.
27. Thomassin S, Jobin M, Schmitt P. The acid tolerance response of *Bacillus cereus* ATCC14579 is dependent on culture pH, growth rate and intracellular pH. *Arch Microbiol*. 2006;186:229-39.
28. Granum E. *Bacillus cereus*. In: L DMB, editor. *Food Microbiology Fundamentals and Frontiers*: ASM Press; 2007. p. 445-56.
29. Gonzalez I, López M, Mazas M, Bernardo A, Martín R. Effect of pH of the recovery on the apparent heat resistance of three strains of *Bacillus cereus*. *International Journal of Food Microbiology*. 1996;31:341-7.
30. Valero M, Hernández-Carrero L, Giner M. Survival, isolation and characterization of a psychrotrophic *Bacillus cereus* strain from a mayonnaise-based ready-to-eat vegetable salad. *Food Microbiology*. 2007;24:671-7.
31. Ankolekar C, Labbé RG. Survival during cooking and growth from spores of diarrheal and emetic types of *Bacillus cereus* in rice. *Journal of Food Protection*, 2009 Nov; 72(11):2386-9

32. Jobin M, Clavel T, Carlin F, Schmitt P. Acid tolerance response is low-pH and late-stationary growth phase inducible in *Bacillus cereus* TZ415. *International Journal of Food Microbiology*. 2006;79:65-73.
33. Jaquette C, Beuchat L. Survival and Growth of Psychrotrophic *Bacillus cereus* in Dry and Reconstituted Infant Rice Cereal. *Journal of Food Protection*. 1998; 61:1629-37.
34. Thomas L, Wimpenny J, Davis J. Effect of three preservatives on the growth of *Bacillus cereus*, Vero cytotoxigenic *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*, on plates with gradients of pH and sodium chloride concentration. *International Journal of Food Microbiology*. 1993;17(289-301).
35. De la Torre M, Della Corte M, Stecchini M. Prevalence and behavior of *Bacillus cereus* in a REPFED of Italian origin. *International Journal of Food Microbiology*. 2001;63:199-207.
36. Rajkovic A, Uyttendele M, Courtens T, Debevere J. Antimicrobial effect of nisin and carvacrol and competition between *Bacillus cereus* and *Bacillus circulans* in vacuum-packed potato puree. *Food Microbiology*. 2005;22:189-97.
37. Periago P, Moezelaar R. Combined effect of nisin and carvacrol at different pH and temperature levels on the viability of different strains of *Bacillus cereus*. *International Journal of Food Microbiology*. 2001;68:141-8.
38. Tajkarimi M. *Bacillus cereus*. PHR 250. Davies: http://www.cdfa.ca.gov/ahfss/Animal_Health/PHR250/PHR250.html; 2007.
39. Fangio M, Roura S, Fritz R. Isolation and Identification of *Bacillus* spp. and Related Genera from different Starchy Foods. *Journal of Food Science*. 2010;75:M218.
40. López A, Alippi A. Phenotypic and genotypic diversity of *Bacillus cereus* isolates recovered from honey. *International Journal of Food Microbiology*. 2007;117:175-84.
41. Rosenquist H, Smidt L, Andersen S, Jensen G, Wilcks A. Occurrence and significance of *Bacillus cereus* and *Bacillus thuringiensis* in ready to eat food. *FEMS Microbiology Letters*. 2005;2005:129-36.
42. Klavenes A, Stalheim T, Sjøvold O, Josefsen K, Gramun P. Attachment of *Bacillus cereus* spores with and without appendages to stainless steel surfaces. *Jchem*. 2002;80.
43. Jullien C, Benezech T, Carpertier B, Lebret V, Faille C. Identification of surface characteristics relevant to the hygienic status of stainless steel for the food industry. *Journal of Food Engineering*. 2002;56:77-87.
44. Koritanta A, Lounatmaa K, Haapasalo M. Epidemiology and pathogenesis of *Bacillus cereus* infections. *Microbes and Infection*. 2000;2:189-98.
45. Bank G, Tood E, Hong Ch, Oh D, Ha S. Exposure assessment for *Bacillus cereus* in ready-to-eat Kimbab seling at stores. *Food Control*. 2007;18:682.
46. Eglezos S, Huang B, Dykes G, Fegan N. The prevalence and concentration of *Bacillus cereus* in retail food products in Brisbane, Australia. *Foodborne Pathogens and Disease*. 2010;7:867.
47. Mensah P, Yeboah-Manu D, Owusu-Darko K, Ablordey A. Strep foods in Accra; ghana: how safe are they?. *Bulletin of the world health organization*. 2002:546-54.

48. Anderson A, Rönner U, Granum P. What problems does the food industry have with the spore-forming pathogens *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens*. *International Journal of Food Microbiology*. 1995;28:145-55.
49. Carlin F, Brillard J, Broussolle V, Clavel T, Duport C, Jobin M, et al. Adaptation of *Bacillus cereus*, an ubiquitous worldwide-distributed foodborne pathogen, to a changing environment. *Food Research International*. 2010;43:1885-18894.
50. D B. The *Bacillus cereus* group. 2001(57):1161-81.
51. Fritz L, Berlitz D, Mussoi V, Machado V, Fiuza L. Frecuencia de *Bacillus* spp em solos e diferentes sistemas de cultivo de arroz irrigado em cachoeirinha, Rs. *Bragantia*. 2010;69.
52. von Stetten F, Francis K, Lechner S, Neuhaus K, Scherer S. Rapid discrimination of psychotolerant and mesophilic strains of the *Bacillus cereus* group by PCR targeting of 16S rDNA. *Journal of Microbiological Methods*. 1998;34:99-106.
53. Van Der Z, Parlevliet G, Savelkoul P, Stoof J, Kaiser A, Van Furth M, et al. Outbreak of *Bacillus cereus* infections in a neonatal intensive care unit traced to balloons used in manual ventilation. *Journal of Clinical Microbiology*. 2000;38:4131-6.
54. Collado J, Fernández A, Rodrigo M, Martínez A. Modelling the effect of a heat shock and germinant concentration on spore germination of a wild strain of *Bacillus cereus*. *International Journal of Food Microbiology*. 2006;106:85-9.
55. Subramanian S, Kamat A, Ussuf K, Tyagi R. virulent gene based DNA probe for the detection of pathogenic *Bacillus cereus* strains found in food 2006.
56. Svensson B, Monthan A, Shaheen R, Anderson M, Salkinoja-Salonen M, Christiansson A. Occurrence of emetic toxin producing *Bacillus cereus* in the dairy production chain. *International Dairy Journal*. 2006;16.
57. Byrne B, Dunne G, Bolton D.J. Thermal inactivation of *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens* vegetative cells and spores in pork luncheon roll. *Food Control*. 2006;23:803.
58. Agata N, Ohta M, Yokoyama K. Production of *Bacillus cereus* emetic toxin (cereulide) in various products. *International Journal of Food Microbiology*. 2002;73:23-7.
59. Park Y, Kim J, Shin S, Kim J, Cho S, Lee B, et al. Prevalence, Genetic diversity, and antibiotic susceptibility of *Bacillus cereus* strains isolated from rice and cereals collected in Korea. *Journal of food protection*. 2009;72:612.
60. J M. Prevalence and expression of enterotoxins in *Bacillus cereus* and other *Bacillus* spp., a literature review. *Antonie van Leeuwenhoek*. 2000;77:393.
61. Lücking G, Dommel MJ, Scherer S, Fouet A, Ehling-Schulz M. Cereulide synthesis in emetic *Bacillus cereus* is controlled by the transition regulator AbrB, but not by virulence regulator PlcR. *Microbiology*. 2009;155:922.
62. Bonerba E, Di Pinto A, Novello L, Montemurro F, Terio V, Colao V, et al. Detection of potentially enterotoxigenic food relate *Bacillus cereus* by PCR analysis. *International Journal of Food Science and Technology*. 2010;45:1310-5.

63. Thorsen L, Azokpota P, Munk B, Hounhouigan J, Jakobsen M. Identification, genetic diversity and cereulide producing ability of *Bacillus cereus* group strains isolated from Beninese traditional fermented food condiments. *International Journal of Food Microbiology*. 2010;142.
64. EFSA. Opinion of the Scientific Panel on Biological Hazards on *Bacillus cereus* and other *Bacillus* spp in foodstuffs. *The EFSA Journal*. 2005;175:1-48.
65. FDA. Bacteriological Analytical Manual Chapter 15 *Bacillus cereus* Diarrheal Enterotoxin 2001.
66. Granum P, T L. *Bacillus cereus* and its food poisoning toxins. *FEMS Microbiology letters*. 1997;157:223-8.
67. Kim J, K J, Park Y P, Kim J.M , D O. Food Poisoning Associated with Emetic-Type of *Bacillus cereus* in Korea. *Foodborne Pathogens and Disease*. 2010;7:555-63.
68. Salkinoja-Salonen M, Vuorio R, Andersson M.A, Kampfer P, Andersson M.C, Honkanen-Buzalski T, et al. Toxigenic Strains of *Bacillus licheniformis* Related to Food Poisoning. *Applied and Environmental Microbiology*. 1999;65:4037-65.
69. *Alimentarius C*. Norma del Codex para el arroz.Codex Standard I 98-1995. 1995.
70. FAO. El arroz en el mundo. 2004 [cited febrero 10 de 2011 <http://www.fao.org/rice2004/es/p3.htm>].
71. FEDEARROZ. Bondades y beneficios del arroz. 2011 [cited 2011 10 febrero].
72. Gilbert RT, Stringer MF, TC P. The survival and growth of *Bacillus cereus* in boiled and fried in relation to outbreaks of food poisoning. *Journal of Hygiene*. 1974;73:433-44.
73. Harmon SM, Kautter DA. Prevalence and characterization of *Bacillus cereus* in ready-to-serve foods. *Journal of Food Protection*. 1991;54:372-4.
74. Grande M, Lucas R, Abriouel H, Valdivia E, Omar N, Maqueda M, et al. Inhibition of toxigenic *Bacillus cereus* in rice-based foods by enterocin AS-48. *International Journal of Food Microbiology*. 2006;106:185-94.
75. McElroy D, Jaykus L, Foegeding P. A quantitative risk assessment for *Bacillus cereus* emetic disease associated with the consumption of chinese-style rice. *Journal of food Safety*. 1999;19:209-29.
76. Espinal C, Martinez H, Acevedo G. La cadena del arroz en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica. 1991-2005. Bogota: Ministerio de Agricultura; 2005. p. 38.
77. FINAGRO. El arroz en el mundo. 2011 [cited 2011 febrero 10].
78. ANDI. Cámara INDUARROZ. 2011 [cited 2011 febrero 12].
79. FEFEARROZ. Areas, producción y rendimientos. 2011 [cited 2011 febrero 10].
80. Lake R, Hudson A, Cressey P. Risk profile: *Bacillus* spp in rice. In: Centre for ESRLCS, editor. Christchurch 2004.
81. Dierick K, Van Coillie E, Swiecicka I, Meyroidt G, Devlieger H, Muelemans A, et al. Family fatal outbreak of *Bacillus cereus*-associated food poisoning. *Journal of Clinical Microbiology*. 2005;43:4277-9.

82. Gilbert RJ, de Louvois J, Donovan T, Little C, Nye K, Ribeiro C, et al. Guidelines for the microbiological quality of some ready-to-eat foods sampled at the point of sale. *Communicable Diseases Public Health*. 2000;3:163-7.
83. Guinebretiere M, Girardin H, Dargaingnaratz C, Carlin F, C N. Contamination flows fo *Bacillus cereus* and spore-forming aerobic bacteria in a cooked, pasteurized and chilled zucchini purée processing line. *International Journal of Food Protection*. 2003;82:223-32.
84. Tessi M, Aringoli E, Vincenzini A, Sabbag N.G, Costa S, García A, et al. Microbiological Quality and Safety of Ready-to-Eat Cooked foods from a centralized School Kitchen in Argentina. *Journal of Food Protection*. 2002;65(4):636.
85. Sarrias J, Valero M, Salmerón M. Enumeration, isolation and characterization of *Bacillus cereus* strains from Spanish raw rice. *Food Microbiology*. 2002;19:589-95.
86. Bryan FL, Bartleson CA, Christopherson N. Hazard analysis, in reference to *Bacillus cereus* of boiled and fried rice in Cantonese style restaurants. *Journal of Food Protection*. 1981;44:500-12.
87. Notermans S, Batta CA. A risk assessment approach for food-borne *Bacillus cereus* and its toxins. *Journal of Applied Microbiology Symposium Supplement*. 1998;84:51S-61S.
88. Nichols GL, Little CL, Mithani V, de Louvois K. The microbiological quality of cooked rice from restaurants and take-away premises in the United Kingdom. *Journal of Food Protection*. 1999;62:877-82.
89. Martino T, Leyva V, Puig Y, Machin M, Aportela N, Ferrer Y. *Bacillus cereus* y su aplicación en la inocuidad de los alimentos. Parte I. *Revista Cubana de Salud Pública*. 2010;36:128.
90. Varadaraj MC, Keshava N, Devi N, Dwarakanath CT, Manjrekar SP. Occurrence of *Bacillus cereus* and other *Bacillus* species in Indian snack and lunch food and their ability to grow in a rice preparation. *Journal of Food Science and Technology*. 1992;29:344-7.
91. Umoh V, Odo M.B. Safety and quality evaluation of street foods sold in Zaria, Nigeria. *Food Control*. 1999;10:9-14.
92. Fang T, Wei Q, Liao Ch, Hung M, Wang T. Microbiological quality of 18° C ready-to-eat food products sold in Taiwan. *International Journal of Food Microbiology*. 2003;80:241.
93. Dosea R, Marcellini P, Santos A, Dantas A, Silva L. Qualidade microbiológica na obtencao de farinha e fécula de mandioca em unidades tradicionais e modelo. *Ciencia Rural*. 2010;40:441-6.
94. Reyes J, Bastías J, Gutierrez M, Rodríguez M. Prevalence of *Bacillus cereus* in dried milk products used in Chilean School Feeding Program. 24. 2007:1-6.
95. Mosupye F, von Holy A. Microbiological hazard identification and exposure assessment of street food vending in Johannesburg, South Africa. [cited 2011 www.doh.gov.za/department/foodcontrol/streetfood/16.pdf].
96. Isara A, Isah E, Lofor P, Ojide C. Food contamination in fast food restaurants in Benin City, Edo State, Nigeria: Implications for food hygiene and safety. *Public Health*. 2010;124:467-71.
97. Hanashiro A, Morita M, Matté G, Matté M, Torres E. Microbiological quality of selected street foods from a restricted area of Sao Paulo city, Brazil. 2005. *Food Control*;16:439-44.

98. Arias M, Antillon F. Contaminación microbiológica de los alimentos en Costa Rica. Una revisión de 10 años. *Revista Biomedica*. 2000;11:113-22.
99. Zhou G, Zheng D, Dou L, Cai Q, Yuan Z. Occurrence of psychotolerant *Bacillus cereus* group strains in ice creams. *International Journal of Food Microbiology*. 2010;137:143-6.
100. Lee H, Chai L, Tang S, Jinap S, Mohammad F, Nakaguchi Y, et al. Application of MNP-PCR in biosafety of *Bacillus cereus* s.l. for ready-to-eat cereals. *Food Control*. 2009;20:1068.
101. Meldrum R, Smith R, Ellis P, J G. Microbiological quality of randomly selected ready-to-eat foods sampled between 2003 and 2005 in Wales, UK. *International Journal of Food Microbiology*. 2006;108:397-400.
102. Nortjé G, Vorster S, Greebe R, Steyn P. Occurrence of *Bacillus cereus* and *Yersinia enterocolitica* in South African retail meats. *Food Control*. 1999;16:213-7.
103. Fang T, Chen C, Kuo W. Microbiological quality and incidence of *Staphylococcus aureus* and *Bacillus cereus* in vegetarian food products. *Food Control*. 1999;16:385-91.
104. Vazgecer B, Ulu H, Oztan A. Microbiological and chemical qualities of chicken döner kebab retailed on the Turkish restaurants. *Food Control*. 2004;15:261-4.
105. DANE. Encuesta Nacional de Arroz Mecanizado II Semestre 2010. 2010 [cited 2011 marzo 1].
106. Peñuela AM, Borda C, Ojeda G, Gómez L, Murad R. Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia. ICBF; 2005.
107. Scalan E, Hoekstra R, Angulo F, Tauxe R, M W, Roy S, et al. Foodborne illness acquired in the United States- Major pathogens. *Emerging Infectious Diseases*. 2011;17.
108. O'Brien S, Elson R, Gillespie I, Adak G, Cowden J. Surveillance of foodborne outbreaks of infectious intestinal disease in England and Wales 1992-1999: contributing to evidence-based food policy? *Public Health*. 2002;116:75-80.
109. K K, Gilbert R.J. *Bacillus cereus* and other *Bacillus* species. In: Inc MD, editor. Foodborne bacterial pathogens. New York 1989.
110. McIntyre L, Bernard K, Beniac D, Issac-Renton J, Craig D. Identification of *Bacillus cereus* group species associated with food poisoning outbreaks in British Columbia, Canadá. 2008. *Applied and environmental microbiology*;74:7451-3.
111. Martino T, Leyva V, Puig Y, Hernández I, Díaz T, de los Reyes M, et al. *Bacillus cereus* y su implicación en la inocuidad de los alimentos. Parte II. *Revista Cubana de Salud Pública*. 2010;36.
112. Barreto G, Sedrés M, Rodríguez H, G G. Agentes bacterianos asociados a brotes de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) en Camaguey, Cuba, durante el periodo 2000-2008. *Revista electrónica de Veterinaria*. 2010;2010:1-15.
113. M R, Kiutamo T, Niskanen A, Salminen K. An outbreak of *Bacillus cereus* food-poisoning in Finland associated with boiled rice. *J Hym Camb*. 1976;1976.
114. Hernando V, Narot L, Catalán S, Gómez P, C H, Barrasa A, et al. Investigación de una toxoinfección alimentaria en un centro penitenciario de alta ocupación. *Gaceta Sanitaria*. 2007;21:452-7.

115. DeBouno B, Brondum J, Kramer J, Gilbert R, Opal S. Plasmid, serotypic, and Enterotoxin Analysis of *Bacillus cereus* in an Outbreak setting. *Journal of clinical microbiology*. 1998;26:1571-4.
116. Ripabelli G, McLaughlin, , Mithani V, Threrfall E. Epidemiological typing of *Bacillus cereus* by amplified fragment length polymorphism. *Letters in Applied Microbiology*. 2000;30:358-63.
117. Penman A WR, Woernle C,. Failure of routine restaurant inspections: restaurant related food-borne outbreak in Alabama, 1992, Mississippi, 1993. *Environmental Health*. 1996:23-6.
118. Ghelardi E, Celandroni F, Salvetti S, Barsotti C, Baggiani A, Senesi S. Identification and characterization of toxigenic *Bacillus cereus* isolates responsible for two food-poisoning outbreaks. *FEMS Microbiology Letters*. 2002;208:129-34.
119. Al-Abri S, Al-Jardani A, Al-Honsi M, Padmamohan S, Al-Busaidi, N B. A hospital acquired outbreak of *Bacillus cereus* gastroenteritids in a tertiary case hospital in Oman. 7th International Conference of the Hospital Infection Society; Liverpool, UK.2010. p. s65-6.
120. Duc L, Dong T, Logan N, Sutherland A, Taylor J, Cutting S. Cases of emesis associated with bacterial contamination of an infant breakfast cereal product. *International Journal of Food Microbiology*. 2005;102:245-51.
121. Lund T, De Buyser ML, PE G. A new cytotoxin from *Bacillus cereus* that may cause necrotic enteritis. *Molecular Microbiology*. 2000;38:254-61.
122. Gaulin C, Viger Y, Fillion L. An outbreak of *Bacillus cereus* implicating a part-time banquet caterer. *Canadian Journal of Public Health*. 2002;93:353-5.
123. PORTNOY B, J G, S H. An outbreak of *Bacillus Cereus* food poisoning resulting from contaminated vegetable sprouts. *American Journal of Epidemiology*. 1976(103):589-94.
124. Mahler H, Pasi A, Kramer JM, Schulte O, Scoging AC, Mar W, et al. Fulminant liver failure in association with the emetic toxin of *Bacillus cereus*. *New England Journal of Medicine*. 1997;336:1142-8.
125. T G. Outbreak of *Bacillus cereus* food poisoning. Dublin, Ireland2001.
126. Afchain A, Carlin F, Nguyen-the C, Albert I. Improving quantitative exposure assessmente by considering genetic diversity of *B. cereus* in cooked, pasteurised and chilled foods. *International Journal of Food Microbiology*. 2008;128:165-73.
127. Tessi M, Aríngoli E, Pirovani M, Vincenzini A, Sabbag N, Costa C, et al. Microbiological Quality and Safety of Ready-To-Eat Cooked Foods from a Centralized School Kitchen in Argentina. *Journal of Food Protection*. 2002;65:636.
128. Lee M, Ha J, Ha S. Synergistic effect of vitamin B₁ on sanitizer and disinfectant treatments for reduction of *Bacillus cereus* in rice. *Journal of Food Safety*. 2010;30:1-11.