

**Prosperidad  
para todos**



**Libertad y Orden**  
**Ministerio de la Protección Social**  
República de Colombia



**INSTITUTO  
NACIONAL DE  
SALUD**

# **EVALUACIÓN DE RIESGOS DE *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* ENTEROTOXIGÉNICO EN ALIMENTOS PREPARADOS NO INDUSTRIALES EN COLOMBIA**

**CONTRATO 081 DE 2010**

**República de Colombia**

Instituto Nacional de Salud  
Subdirección de Investigación

**Prosperidad  
para todos**



Libertad y Orden  
Ministerio de la Protección Social  
República de Colombia



INSTITUTO  
NACIONAL DE  
SALUD

# **EVALUACIÓN DE RIESGOS DE *STAPHYLOCOCCUS AUREUS* ENTEROTOXIGÉNICO EN ALIMENTOS PREPARADOS NO INDUSTRIALES EN COLOMBIA**

Bogotá 2011

**IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS BIOLÓGICOS ASOCIADOS AL CONSUMO DE LECHE CRUDA BOVINA EN COLOMBIA**

Ministerio de Salud y 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  
Interventores Contrato interadministrativo 081-2010 MPS – INS

**ISBN: 978-958-13-0154-6**



Libertad y Orden

**MAURICIO SANTAMARÍA SALAMANCA**

Ministro de Salud y Protección Social

**JAVIER HUMBERTO GAMBOA BENAVIDES**

Viceministro Técnico

**BEATRIZ LONDOÑO SOTO**

Viceministra de Salud

**RICARDO ANDRÉS ECHEVERRI**

Viceministro Laboral

**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 Instituto Nacional de Salud

**EDITH OLIVERA MARTINEZ**  
Secretaria 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**





**GRUPO DE REDACCIÓN**  
(por orden alfabético)

**Jennyfer Carolina ALEJO RIVEROS**  
Microbióloga, MSc. en Ciencias Biológicas

**Mónica Sofía CORTES MUÑOZ**  
Bacterióloga y Laboratorista Clínico

**Diana Ximena CORREA LIZARAZO**  
Ingeniera de Alimentos, MSc. en Ciencia de los Alimentos

**Bernadette KLOTZ CEBERIO**  
Bióloga, Microbióloga, Doctora en Ciencias de los Alimentos

**Fanny Consuelo HERRERA ARIAS**  
Microbióloga, Doctora en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

**Julián Paul MARTÍNEZ GALÁN**  
Químico de Alimentos, MSc. en Ciencia y Tecnología de Alimentos

**Javier Francisco REY RODRÍGUEZ**  
Ingeniero de Alimentos, Especialista en Ingeniería de procesos en alimentos y biomateriales

**María Consuelo VANEGAS LÓPEZ**  
Microbióloga, MSc. en microbiología

## REVISORES CIENTÍFICOS

### *Revisores Internacionales:*

**Antonio MARTÍNEZ LÓPEZ** Biólogo, MSc. Ciencia y Tecnología de los Alimentos, PhD. Biología.

**Miguel PRIETO MARADONA**, Profesor de Microbiología y Seguridad Alimentaria de la Universidad de León y miembro del Comité de Expertos de Riesgos Biológicos de la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA).

**Fernando SAMPEDRO PARRA** Licenciado en Ciencia y tecnología de Alimentos, Ph.D en Tecnología de Alimentos.

### *Revisores Nacionales*

**Natalia Milena ACOSTA AMADOR** Microbióloga, Especialista en Epidemiología

**Yuly Andrea GAMBOA MARÍN** Bacterióloga y Laboratorista Clínico

**Jazmín Mercedes MANTILLA PULIDO** Médico Veterinario, MSc. en Salud Animal

**María Pilar MONTOYA GUEVARA** Microbióloga Agrícola y Veterinaria

**John Alexander VÁSQUEZ CASALLAS** Zootecnista

## **COLABORADORES**

**Blanca Liliana USECHE CONTRERAS** Química, Especialista en estadística, Candidata a Magister en Gerencia de programas sanitarios e inocuidad de alimentos



## **REMISIÓN DE OBSERVACIONES**

**Juan Fernando GALLEGO BELTRÁN** - Secretaría Técnica de la Comisión Intersectorial de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias, Departamento Nacional de Planeación (DNP)

**Nelson A. PÉREZ W.** – Grupo Éxito

**Nubia Pilar SARMIENTO TORRES** - Universidad de Pamplona.

## ÍNDICE

1	JUSTIFICACIÓN, ALCANCE, OBJETIVOS Y TÉRMINOS DE REFERENCIA .....	17
2	INTRODUCCIÓN .....	20
3	IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO .....	21
3.1	PRESENCIA DE <i>Staphylococcus</i> spp. EN EL CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL .....	21
3.2	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE <i>Staphylococcus aureus</i> .....	25
3.2.1	Taxonomía y morfología.....	25
3.2.2	Fisiología .....	26
3.2.3	Enterotoxinas estafilocócicas (SE).....	27
3.3	MÉTODOS DE DETECCIÓN DEL MICROORGANISMO Y SU TOXINA .....	28
4	CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO .....	28
4.1	INTOXICACIÓN ALIMENTARIA ESTAFILOCÓCICA (IAE) .....	28
4.1.1	Periodo de incubación y sintomatología .....	29
4.1.2	Dosis - respuesta .....	29
4.1.3	Diagnóstico de la enfermedad.....	29
5	FACTORES ASOCIADOS CON LA PREPARACIÓN DE ALIMENTOS NO INDUSTRIALES .....	31
5.1	FUENTES Y FACTORES QUE FAVORECEN LA CONTAMINACIÓN DE ALIMENTOS CON <i>Staphylococcus aureus</i> Y LA PRODUCCIÓN DE TOXINAS .....	31
5.1.1	Manipuladores.....	31
5.1.2	Animales .....	32
5.1.3	Equipos, utensilios y otros .....	32
5.1.4	Características de los hogares y perfil de la población colombiana .....	32
5.2	FACTORES Y AGENTES QUE INHIBEN EL CRECIMIENTO DE <i>S aureus</i> .....	33
5.2.1	Desinfectantes .....	33
5.2.2	Efecto de la temperatura.....	34
5.3	ELABORACIÓN DE ALIMENTOS PREPARADOS NO INDUSTRIALES A BASE DE POLLO.....	34
5.3.1	Diagrama de flujo .....	35
5.3.2	Escenarios de simulación.....	43
6	CONCLUSIONES.....	47
7	RECOMENDACIONES .....	50
8	GLOSARIO .....	54
9	SIGLAS .....	58
10	AGRADECIMIENTOS.....	60
11	BIBLIOGRAFÍA .....	61
12	ANEXOS .....	65

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Algunos reportes de la participación de IAE dentro del reporte de ETA en el contexto internacional. ....	22
Tabla 2. Alimentos con reporte de <i>Staphylococcus</i> coagulasa positiva en Colombia en el periodo 2007 - 2010. ....	23
Tabla 3. Reporte de alimentos con <i>Staphylococcus</i> coagulasa positiva de acciones de IVC de 11 DTS (2007 - 2010). ....	23
Tabla 4. Categorización de alimentos preparados no industriales que presentaron mayor número de brotes por <i>Staphylococcus</i> coagulasa positiva entre los años 2007 y primer semestre de 2010.....	24
Tabla 5. Categorización de los brotes por <i>Staphylococcus</i> coagulasa positiva asociada a alimentos preparados no industriales, por lugar de consumo y departamento, entre 2007 y 2010. ....	24
Tabla 6. Parámetros de crecimiento de <i>S. aureus</i> . ....	26
Tabla 7. Parámetros de producción de toxina de <i>S. aureus</i> . ....	27
Tabla 8. Algunos métodos para la detección de SE en alimentos. ....	28
Tabla 9. Técnicas diagnósticas utilizadas para la confirmación de IAE. ....	30
Tabla 10. Desinfectantes utilizados en industrias de alimentos para el control de <i>aureus</i> . ....	33
Tabla 11. Valores de pH de la carne de pollo cruda y cocida, como ejemplo de ingrediente de un alimento preparado no industrial. ....	34
Tabla 12. Composición de la carne y piel de pollo crudo como ejemplo de ingrediente de un alimento preparado no industrial. ....	35
Tabla 13. Tiempos recomendados de refrigeración del pollo crudo y cocido en el hogar (<5°C)	39
Tabla 14. Tiempos recomendados de congelación del pollo crudo y cocido en el hogar ( -18°C). ....	39
Tabla 15. Tiempos recomendados de cocción para pollo, presas y carne de pollo. ....	41
Tabla 16: Escenarios de simulación.....	43
Tabla 17: Tiempo para que <i>Staphylococcus aureus</i> alcance 1 – 5 log <sub>10</sub> de crecimiento a diferentes temperaturas en las matrices pollo y carne a valores de pH que reflejan el peor escenario. Los cálculos se realizaron con la tasa máxima de crecimiento estimada por el programa Pathogen Modeling Program (PMP). ....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de flujo de la preparación del pollo para la elaboración de alimentos preparados no industriales de consumo en caliente. Crecimiento (en rojo), inactivación o inhibición del crecimiento (en verde) de <i>Staphylococcus aureus</i> enterotoxigénico.....	37
Figura 2: Tasa máxima de crecimiento de <i>Staphylococcus aureus</i> en función de la temperatura en diferentes ingredientes proteicos. ....	45

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Modelo de Simulación.....	65
Anexo 2. Parámetros cinéticos de crecimiento de <i>Staphylococcus aureus</i> estimados por los simuladores Growth Predictor (estado fisiológico = 1, $a_w = 0,99$ ) y el PMP (aerobiosis, $a_w = 0,99$ ). .....	70
Anexo 3. Parámetros cinéticos de crecimiento de <i>Staphylococcus aureus</i> estimados por los simuladores Growth Predictor (estado fisiológico = 1, $a_w = 0,99$ ) y el PMP (aerobiosis, $a_w = 0,99$ ) en diversos ingredientes proteicos.....	73

## Resumen Ejecutivo

Este documento tuvo como propósito determinar las condiciones bajo la cuales el *Staphylococcus aureus* enterotoxigénico puede producir la enterotoxina en alimentos preparados no industriales, generando riesgos para la salud del consumidor colombiano. Para ello se definió como alimento preparado de tipo no industrial a aquellos mixtos, elaborados, manipulados, mezclados, cocidos o transformados en restaurantes, colegios, establecimientos penitenciarios, casinos, hogares, clubes sociales, entre otros.

En este estudio se identificaron los alimentos preparados no industriales con presencia de *Staphylococcus* coagulasa positiva, con base en la información suministrada por once Direcciones Territoriales de Salud de Colombia (DTS) para los años 2007 a 2010. A partir de los datos recopilados de las acciones de Inspección, Vigilancia y Control de las DTS, se concluyó que de un total de 6.113 alimentos contaminados con *Staphylococcus* coagulasa positiva, 2.779 (45,46%) corresponden al grupo de alimentos preparados no industriales. De estos últimos, 2.672 (96,15%) reportaron recuento menor de 100 UFC/g y 107 (3,85%) mayor de 100 UFC/g; a pesar de lo anterior, no es posible determinar si los alimentos de dicho grupo son aceptables, debido a que no existe una reglamentación que especifique los límites de aceptación o rechazo para ese parámetro.

El análisis de los datos tuvo en cuenta que la información suministrada por las DTS presenta deficiencias en las diversas formas de reporte del recuento de UFC/g o mL de *Staphylococcus* coagulasa positiva, lo cual lleva a cuestionar si los datos corresponden al mismo método de identificación y recuento, o se presentan irregularidades en el informe de resultados. Además, en la mayoría de los casos no es posible identificar el alimento específico al cual corresponde el reporte de *Staphylococcus* coagulasa positiva, debido a que la clasificación de alimentos utilizada por las DTS incluye categorías generales como: preparaciones con pollo, almuerzo y ensalada; lo anterior dificulta el análisis de los datos y por ende en muchos casos no se puede identificar cuál es el ingrediente de los alimentos reportados que es el vehículo de contaminación.

En cuanto al método aplicado en Colombia para el recuento del microorganismo por los Laboratorios de la DTS se aplica el recuento en agar Baird – Parker y prueba de coagulasa, no obstante, éste no permite la identificación y caracterización del peligro, ya que no es específico para cepas enterotoxigénicas ni detecta la SE, y adicionalmente existen cepas coagulasa negativas que pueden producir la enterotoxina estafilocócica (SE).

Para categorizar los alimentos preparados de mayor riesgo en Colombia implicados en brotes de ETA por *Staphylococcus* coagulasa positiva basados en la información de los años 2007 a junio de 2010, se encontró que los principales alimentos implicados en brotes de Intoxicación Alimentaria Estafilocócica (IAE) son arroz con pollo con 575 afectados en 15 brotes y platos con pollo con 14 brotes y 621 afectados. Resalta el alimento denominado “ensalada” que presenta un solo brote con un número considerable de personas afectadas (553 personas), y el cual no es reportado frecuentemente como vehículo importante de *Staphylococcus* coagulasa positiva. Por tanto, los alimentos categorizados de mayor riesgo se caracterizan por requerir alta manipulación en su proceso de elaboración. Se encontró además que el hogar y los establecimientos educativos están implicados con el mayor número de brotes, 12 (con un total de 344 afectados) y 8 (con un total de 319 afectados) respectivamente; lo anterior evidencia que las deficiencias en infraestructura higiénico-sanitaria y capacitación en Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), en hogares y establecimientos educativos en el país, pueden aumentar el riesgo de brotes causados por el peligro en estudio.

El protocolo de vigilancia y control de ETA 2010 no especifica ni la obligatoriedad de notificación, ni la metodología de diagnóstico de una IAE. Esta condición puede estar generando subregistros de dicha enfermedad. Por tanto, del análisis de los datos de vigilancia epidemiológica de Colombia se infiere que pueden presentarse deficiencias en los siguientes aspectos: no es posible identificar el alimento específico implicado en el brote debido a que la clasificación de alimentos utilizada por las DTS incluye categorías generales como: arroz con pollo y platos con pollo, dificultando el análisis. Asimismo, que el reporte se encuentra limitado a brotes y no considera los casos esporádicos.

Se revisó la literatura científica internacional para la dosis de la toxina estafilocócica necesaria para que un individuo enferme, encontrándose que la concentración que debe ser ingerida para causar IAE no se ha definido específicamente. Sin embargo, como referencia se asume un rango de 0,1 – 1,0 µg/kg. Estos niveles de toxina se alcanzan cuando se tiene una población de *S. aureus* enterotoxigénico  $\geq 10^5$  UFC/g.

En este documento se estudiaron las condiciones para que el *Staphylococcus aureus* enterotoxigénico produzca toxina estafilocócica en el alimento preparado categorizado de mayor riesgo para producir enfermedad, pero debido a la ausencia de un modelo dosis-respuesta que brinde confianza en la toma de decisión, no fue posible concluir. Aun así a continuación se presentan las condiciones para que el *S. aureus* enterotoxigénico produzca SE en los alimentos preparados no industrializados:

- Una carga mayor de  $10^5$  UFC/g de este microorganismo en el alimento.

- Abusos de temperatura (10 - 48°C) en cualquier etapa del proceso de producción del alimento contaminado y tiempo de exposición suficiente para la producción de la toxina, lo cual evidencia la necesidad de cadena de frío y mantenimiento de temperaturas altas.

Las condiciones que permiten la producción de la toxina se relacionan con contaminación, contaminación cruzada y/o recontaminación, en las operaciones de manipulación del alimento y no depende directamente de la materia prima.

Las principales fuentes de contaminación de *S. aureus* enterotoxigénico en los alimentos no industrializados son el manipulador, animales domésticos presentes en los lugares de elaboración, los utensilios y equipos.

En el proceso de elaboración de los alimentos preparados no industriales, la implementación adecuada de programas de limpieza, desinfección y capacitación de los manipuladores, cobra especial importancia como estrategia de prevención de la contaminación, contaminación cruzada y recontaminación.



# 1 JUSTIFICACIÓN, ALCANCE, OBJETIVOS Y TÉRMINOS DE REFERENCIA

## JUSTIFICACIÓN DEL MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL

Las enfermedades de origen alimentario, las cuales incluyen intoxicaciones e infecciones, son patologías producidas por la ingestión accidental, incidental o intencional de alimentos o agua, contaminados en cantidades suficientes con agentes químicos o microbiológicos, debido a la deficiencia en el proceso de elaboración, manipulación, conservación, transporte, distribución o comercialización de los alimentos y agua (1).

En Colombia, según la información registrada en el Sistema de Vigilancia en Salud Pública (Sivigila) durante el año 2009 se presentaron 899 brotes de enfermedades transmitidas por alimentos, de los cuales solo en el 56% se identificó agente el patógeno (2). Según distribución por tipo de agente, el 18,4% corresponde a la presencia de *Staphylococcus coagulasa* positiva, tanto en alimentos (79%), como en muestras biológicas (12,7%) y superficies (8,5%); lo cual evidencia que es la primera causa de brotes de origen alimentario en el territorio nacional. Los alimentos involucrados en estos brotes son: el queso, el pollo en sus diversas preparaciones, el arroz y sus diferentes mezclas con otros alimentos y la carne preparada.

*Staphylococcus aureus* es un coco, Gram positivo, anaerobio facultativo, inmóvil, catalasa positivo, generalmente coagulasa positiva, no esporulado, mesófilo, que se agrupa en racimos, de colonia con pigmento dorado, amarillo y a veces blanco. Para su crecimiento requiere de temperaturas entre 30 – 37°C, pH entre 4,2 a 9,3, siendo el óptimo entre 7,0 a 7,5; tolera concentraciones de sal hasta del 10% y una actividad acuosa ( $a_w$ ) mínima de 0,86. Algunas especies de estafilococos son productoras de una familia de proteínas no glicosiladas de bajo peso molecular (masa molecular 22 - 31.000) conocidas como enterotoxina estafilocócicas (SE) y que son termo-resistentes. *Staphylococcus aureus* produce alrededor de 11 serotipos distintos de SE, además de otras toxinas de gran virulencia para los mamíferos denominadas toxina del síndrome del shock tóxico-1 (TSST-1) y toxinas exfoliativas ETA y ETB. Estas enterotoxinas son causa de intoxicaciones alimentarias por la ingesta de productos contaminados, generalmente de origen cárnico y lácteo.

El principal reservorio es el hombre (piel y superficies mucosas) convirtiendo a los manipuladores de alimentos en los mayores agentes transmisores; no obstante también lo son los animales, en especial las vacas con mastitis.

Los signos y síntomas característicos de la Intoxicación Alimentaria Estafilicocica (IAE) son: náuseas, vómitos, espasmos abdominales, diarrea ocasional, malestar general y dolor de cabeza, pero no fiebre. Estos signos y síntomas pueden aparecer entre una y ocho horas después de consumido el alimento; aunque el periodo de incubación generalmente es de dos a cuatro horas. Su grado de severidad depende de la cantidad de enterotoxina ingerida, el estado inmunológico del individuo y su edad; de tal manera, que no se tiene un dato exacto de la cantidad de enterotoxina que produce la intoxicación, aunque se ha estimado que es de 100 ng a 1 mg ( $1 \times 10^6$  ng).

Por lo anterior, la realización de esta evaluación de riesgo se hace necesaria para contar con el soporte técnico y científico que permita plantear estrategias para el control en la producción de alimentos y de esta manera disminuir la probabilidad de enfermar por esta causa, al igual que generar estrategias de comunicación dirigidas a la población.

Nota: En común acuerdo entre el gestor (MPS) y el panel de expertos se definieron el alcance y el objetivo del presente documento.

## **Alcance**

El presente documento evalúa el riesgo de intoxicación por *Staphylococcus aureus* enterotoxigénico asociado al consumo de alimentos preparados no industriales y dentro de estos al categorizado de mayor riesgo. Se conoce como alimento preparado no industrial a todo alimento mixto que ha sido elaborado, manipulado, mezclado, cocinado o transformado, de tipo no industrial, destinado al consumo humano.

La disponibilidad y calidad de la información suministrada por las Direcciones Territoriales de Salud y el INS, definirá los aspectos cualitativos y cuantitativos, el nivel de incertidumbre y modelo de simulación de la presente evaluación de riesgo.

## Objetivo

Determinar las condiciones bajo la cuales el *Staphylococcus aureus* enterotoxigénico puede producir la enterotoxina en alimentos preparados no industriales, generando riesgos para la salud del consumidor.

## Términos de Referencia

1. Identificar los alimentos preparados en Colombia con presencia de *Staphylococcus* coagulasa positiva, de los años 2007 a junio de 2010, con base en la información suministrada por las Secretarías Departamentales de Salud.
2. Categorizar los alimentos preparados de mayor riesgo en Colombia implicados en brotes de ETA por *Staphylococcus* coagulasa positiva basados en la información de los años 2007 a junio de 2010, suministrada por el Instituto Nacional de Salud (INS).
3. ¿Cuál es la dosis de la toxina estafilocócica necesaria para que un individuo enferme?
4. ¿Cuáles son las condiciones para que el *Staphylococcus aureus* enterotoxigénico produzca toxina estafilocócica en el alimento preparado categorizado de mayor riesgo para producir enfermedad?

## 2 INTRODUCCIÓN

El 73,8% de la población en Colombia consume arroz con un promedio de 189,4 gramos individuo/día, convirtiéndose en el producto de mayor frecuencia de consumo seguido del aceite vegetal, el azúcar y la papa. Según la Encuesta Nacional de Situación Nutricional en Colombia ENSIN 2005, por grupo de alimentos, el 84,8% de los colombianos consume carnes y productos cárnicos, siendo las de mayor consumo en su orden: res, pollo, carne fría, pescado y vísceras. Se identificó que los departamentos con mayor porcentaje de personas que incluyeron carne en su dieta fueron San Andrés (96,1%), Amazonas (92,9%) y Vichada (90,4%) y los de menor consumo Boyacá (65,9%) y Nariño (66,6%).

La vigilancia epidemiológica rutinaria de las Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA), ha permitido evidenciar que prácticas inadecuadas durante los procesos de manipulación y preparación de estos alimentos comunes en la dieta colombiana (arroz y carne), son un factor determinante para la contaminación de los mismos (2).

Los alimentos preparados de tipo no industrial son aquellos alimentos mixtos, elaborados, manipulados, mezclados, cocidos o transformados en restaurantes, colegios, establecimientos penitenciarios, casinos, hogares, clubes sociales, entre otros. Las prácticas inadecuadas de manipulación y preparación de estos alimentos hacen que sean susceptibles a la contaminación cruzada por *Staphylococcus aureus* enterotoxigénico y facilitan su multiplicación y la producción de toxinas. Frecuentemente la preparación de estos se realiza con anticipación, exponiéndolos a tiempos prolongados y a temperaturas que favorecen el crecimiento del microorganismo.

En el presente documento se identifican y categorizan los alimentos preparados no industriales con presencia de *Staphylococcus* coagulasa positiva implicados en brotes de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) y se determinan las condiciones para que *S aureus* produzca toxina estafilocócica en el alimento preparado.

En Colombia las autoridades competentes de realizar acciones de inspección, vigilancia y control así como del seguimiento epidemiológico a las ETA detectan, notifican y reportan *Staphylococcus* coagulasa positiva, mientras que en el contexto internacional, la literatura científica se enfoca en *S. aureus* enterotoxigénico.

### 3 IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO

#### 3.1 *Presencia de Staphylococcus spp. en el Contexto Nacional e Internacional*

El *Staphylococcus aureus* enterotoxigénico es un microorganismo que se encuentra frecuentemente en alimentos crudos o cocidos de origen animal, especialmente en aquellos que requieren manipulación directa para su preparación, como es el caso de los alimentos preparados no industriales.

Internacionalmente las intoxicaciones alimentarias causadas por *S. aureus* enterotoxigénico no son notificadas a los sistemas de vigilancia epidemiológica y usualmente los casos reportados son aquellos que corresponden a brotes. Para dicho microorganismo, se estima que si los casos aislados diagnosticados fueran reportados, la cifra sería 10 veces mayor al número de brotes reportados (3). El sub-reporte de Intoxicación Alimentaria Estafilocócica (IAE) se debe, principalmente, a que es una enfermedad auto-limitante (la recuperación normalmente ocurre sin suministro de medicamentos) y a que frecuentemente los organismos de salud no la incluyen dentro de las enfermedades de declaración obligatoria, tal como sucede en Estados Unidos de América - EE.UU. (4).

Se ha estimado que solo del 1 al 5% de todos los casos de IAE que ocurren en EE.UU. son reportados al Departamento de Salud Pública; a su vez, se estima que la IAE corresponde al 14% del total de las ETA, siendo la tercera causa más común de tipo bacteriano en ese país (4). En Francia, *S. aureus* enterotoxigénico es la segunda causa de ETA después de *Salmonella* spp. (5) y en Corea ocupó el segundo lugar entre los agentes bacterianos causales de estas enfermedades (6). Es posible que la IAE sea la causa principal de enfermedad alimentaria en todo el mundo, aunque el registro de ésta es aún más incompleto que en los EE.UU. (3). La IAE se caracteriza por ser auto-limitante, sin embargo, como se resume en la tabla 1, se han reportado hospitalizaciones e incluso muertes debido a ésta, cuyo agente etiológico fue hallado en un amplio grupo de alimentos, todos ellos de consumo masivo.

Tabla 1. Algunos reportes de la participación de IAE dentro del reporte de ETA en el contexto internacional.

País	Período	Total brotes ETA	IAE (%)	Hosp. (%)	Muertes (%)	Alimentos implicados	Fuente
EEUU	1982-1992	13.814.924	1,33	2,9	0,1	NR	(3)
Taiwán	1991-2005	NR	17,5	NR	NR	NR	(7)
España	1994-2003	9.641	3,12	NR	NR	NR	(8)
Reino Unido	1996-2000	1.724.315	0,53	1,05	0	NR	(9)
EEUU	1998-2002	6.647	1,5	NR	2,3	NR	(10)
Nueva Zelandia	NR	NR	NR	18	0,02	NR	(11)
Francia	2001-2003	1.787	4,81	NR	NR	NR	(5)
EEUU	1993-1997	2.751	1,52	NR	3,4	Jamón, pavo, carne de res y pollo: 28,6% Alimentos horneados y comida mexicana: 11,9%	(12)
Reino Unido	1969 – 1990	NR	NR	NR	NR	Carnes rojas: 53,0% Pollo: 22%	(13)
Reino Unido	1969-2000	NR	NR	NR	NR	Carnes rojas: 53,0% Pollo: 22,0% Productos lácteos, pescados, mariscos y huevos: 18,5%	(14)
EEUU	1975-1982	NR	NR	NR	NR	Carnes rojas: 36% Ensaladas: 11,3% Pollo: 11,3% Postres, productos lácteos y marinos: 6,5%	(14)
Francia	1999-2000	NR	16	NR	NR	Productos lácteos: 32% Carnes rojas: 22% Salchichas, pescados y mariscos: 26% Ovoproductos: 11% Pollo: 9,5%	(14)

NR: No registrado en la publicación

Hosp: Hospitalizaciones

Escartin (2000) reportó las siguientes muertes por IAE de personas sanas o con condiciones predisponentes: a) dos niños de 3 y 4 años murieron después del consumo de leche procedente de una cabra con mastitis, y b) otra persona murió al administrársele el antibiótico clortetraciclina; lo que favoreció el establecimiento del microorganismo en la mucosa intestinal al restringirse la competencia con la microbiota normal susceptible al antibiótico, lo que condujo a una enteritis necrosante grave (15).

Los datos suministrados por 11 de los 33 Laboratorios de las Direcciones Territoriales de Salud (DTS) de Colombia (Antioquia, Cundinamarca, Caldas, Córdoba, Distrito Capital, Nariño, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, Valle del Cauca y Vichada), correspondientes al periodo 2000 – 2010 del sistema Inspección, Vigilancia y Control (IVC), reportaron 23.009 alimentos con presencia de *Staphylococcus coagulasa* positiva (16). De éstos, 2.779 (45,46%) muestras corresponden al grupo denominado alimentos preparados no industriales, los cuales fueron elaborados principalmente en restaurantes, colegios, establecimientos penitenciarios, casinos, hogares, clubes sociales, entre otros (ver tabla 2).

**Tabla 2. Alimentos con reporte de *Staphylococcus coagulasa* positiva en Colombia en el periodo 2007 - 2010.**

Tipo de alimento	Reportes		Total
	> 100 UFC/g	< 100 UFC/g	
Alimentos preparados no industriales	107	2.672	2.779
Otros productos	206	3.128	3.334
<b>Total</b>	<b>313</b>	<b>5.800</b>	<b>6.113</b>

Fuente: IVC, 2010 (16).

De los 107 alimentos preparados no industriales, los más relevantes por presencia de *Staphylococcus coagulasa* positiva fueron las preparaciones con pollo y almuerzo los cuales se detallan en la tabla 3.

**Tabla 3. Reporte de alimentos con *Staphylococcus coagulasa* positiva de acciones de IVC de 11 DTS (2007 - 2010).**

Producto (clasificador)	No. de muestras	%
Preparaciones con pollo	43	40,18
Almuerzo	17	15,88
Preparaciones con carne	13	12,15
Preparaciones con arroz	9	8,41
Alimentos preparados	4	3,73
Preparaciones con papa	4	3,73
Lenteja	3	2,80
Postres	3	2,80
Ensalada	2	1,87
Jugo	2	1,87
Fiambre	2	1,87
Sopas	2	1,87
Bienestarina	1	0,93
Sándwich	1	0,93
Tortas	1	0,93
<b>Total general</b>	<b>107</b>	<b>100</b>

Fuente: IVC, 2010 (16).

En Colombia, los alimentos preparados no industriales de mayor riesgo implicados en brotes de ETA por *Staphylococcus* coagulasa positiva, se observan en las tablas 4 y 5, según los datos suministrados por el Instituto Nacional de Salud correspondientes al periodo 2007 – 2010 del Sivigila (2).

**Tabla 4. Categorización de alimentos preparados no industriales que presentaron mayor número de brotes por *Staphylococcus* coagulasa positiva entre los años 2007 y primer semestre de 2010.**

<b>Categoría</b>	<b>Alimento implicado</b>	<b>No. Brotes</b>	<b>No. Personas afectadas</b>
1	Arroz con pollo	15	575
2	Platos con pollo	14	621
3	Pollo/pollo asado	2	404
4	Torta tres leches	2	28
5	Perro caliente	2	11
6	Ensalada	1	553
7	Bandeja paisa	1	239
8	Lenteja, carne, arroz, papa, ensalada	1	201

Fuente: SIVIGILA, 2010 (2).

**Tabla 5. Categorización de los brotes por *Staphylococcus* coagulasa positiva asociada a alimentos preparados no industriales, por lugar de consumo y departamento, entre 2007 y 2010.**

<b>Lugar de consumo</b>	<b>Departamento notificación</b>	<b>Alimentos implicados</b>	<b>No. de brotes</b>	<b>No. de casos</b>
Campo abierto	Caldas	Arroz mixto	1	66
	Nariño	Arroz con pollo	1	31
Casino	Bolívar	Pescado, arroz blanco, pollo	1	15
	Cundinamarca	Arroz con pollo	1	17
Casino institucional	Valle del Cauca	Arroz mixto	1	35
Casino particular	Antioquia	Arroz mixto	1	115
Club social	Antioquia	Bandeja paisa	1	239
	Antioquia	Arroz con pollo	1	20
Establecimiento educativo		Carne desmechada	1	21
	Caldas	Arroz con pollo	1	4
	Cundinamarca	Arroz con pollo	1	41
	Norte de Santander	Sardina, pasta, chocolate, pan, café con leche, salchicha, arroz, arveja, atún	1	13
	Santander	Arroz con pollo	1	66
Establecimiento penitenciario	Santander	Gallina, arroz con menudencia, mute	1	65
	Tolima	Arepa con pollo	1	89
Hogar	Tolima	Lenteja, carne, arroz, papa, ensalada	1	201
	Antioquia	Arepa, pollo, salchicha, salsa rosada	1	3



Lugar de consumo	Departamento notificación	Alimentos implicados	No. de brotes	No. de casos
		Lasaña	1	5
	Atlántico	Queso, arroz, pan, sopa, jugo	1	7
	Bolívar	Arroz con pollo	1	35
	Magdalena	Ensalada de pollo	1	20
	Nariño	Pollo, arroz, papa	1	19
	Quindío	Arroz con pollo	1	24
	Santander	Arroz	1	3
	Tolima	Arroz con pollo	1	175
	Valle	Pollo, arroz	1	7
	Antioquia	Arroz con pollo	1	21
	Valle del Cauca	Arroz con pollo, torta	1	25
	Amazonas	Arroz con pollo	1	13
		Arroz con pollo	1	99
Otros	Antioquia	Papa, arroz, carne, chicharrón, chorizo, huevo, plátano	1	44
	Atlántico	Pollo, arroz, ensalada	1	33
	Cundinamarca	Arroz con pollo	1	34
Restaurante	Antioquia	Arroz, carne molida	1	31
Restaurante escolar	Antioquia	Arepa, jugo, chocolate en leche	1	16

Fuente: SIVIGILA,2010 (2).

De acuerdo con las tablas 4 y 5 se puede concluir que los alimentos preparados no industriales asociados con brotes de ETA fueron: preparaciones con pollo, preparaciones con carne y ensaladas. Por otro lado, los lugares de consumo que presentaron la mayor incidencia fueron: 12 hogares (344 casos) y 8 establecimientos educativos (319 casos).

Según el Sivigila (2010), el total de brotes y casos por IAE en el periodo 2007–2010 fueron de 102 y 4.123 respectivamente; de éstos el 30% de los brotes y el 39% de los casos están relacionados con alimentos preparados con pollo. Hay que resaltar que el alimento denominado "ensalada" originó un brote con 553 personas afectadas (2).

## 3.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE STAPHYLOCOCCUS AUREUS

### 3.2.1 Taxonomía y morfología

El género *Staphylococcus*, pertenece a *phylum* Firmicutes, clase III Bacilli, orden I Bacillales, familia VIII Microcococeae, y tiene cerca de 38 especies (4, 17). Solamente 18 especies de *Staphylococcus*, han sido reportadas de importancia en alimentos, siendo *S. aureus* la más relevante y siendo ésta indicadora de contaminación por manipulación inadecuada. *S aureus* es

una bacteria con morfología microscópica típica de cocos Gram positivos agrupados en racimos de tamaño entre 0,5 a 1,5  $\mu\text{m}$ , no esporulada (asporógena) e inmóvil. Es organótrofa, catalasa positiva, con un contenido de G+C en la composición del ADN de 30 a 40%. Por lo general, las cepas productoras de coagulasa son termonucleasa positiva (4). Es una bacteria ubicua y patógena que puede causar intoxicación alimentaria.

Del género *Staphylococcus*, además del *S.aureus* otras 6 especies presentan cepas coagulasa positivas (18). Por otra parte, se ha demostrado que especies diferentes a *S. aureus* pueden ser productoras de SE como son cepas de *S. intermedius* y *S. hyicus*, sin embargo, no se ha reportado que ocasionen intoxicación alimentaria. Es importante resaltar que existen cepas coagulasa negativas que pueden ser enterotoxigénicas (15).

### 3.2.2 Fisiología

*Staphylococcus aureus* es una bacteria mesófila aerobia facultativa capaz de crecer en amplios rangos de pH y  $a_w$ . (18). Es uno de los patógenos humanos asporógenos más resistente a condiciones ambientales adversas, logrando persistir a temperaturas de congelación y descongelación (19). Las concentraciones máximas de sal que permiten el crecimiento dependen de factores como: temperatura, pH, potencial redox, entre otros (ver tabla 6).

Un millón de células de Staphylococci por mililitro o gramo de alimentos se inactivan a una temperatura de 66°C durante 12 minutos o 60°C durante 78 - 83 minutos (20).

Tabla 6. Parámetros de crecimiento de *S. aureus*.

Parámetros	Crecimiento de <i>S. aureus</i>	
	Óptimo	Rango
Temperatura (°C)	37	7 - 48
pH	6 - 7	4 - 10
$a_w$	0,98	0,83 - > 0,99 <sup>1</sup> 0,90 - > 0,99 <sup>2</sup>
NaCl (%)	0	0 - 20
Potencial redox ( $E_h$ ) (mV)	> + 200	< - 200 - > + 200
Atmósfera	Aerobia	Anaerobia

<sup>1</sup>Aeróbico; <sup>2</sup>Anaeróbico

Fuente: FSAI,2005 (19).

### 3.2.3 Enterotoxinas estafilocócicas (SE)

El principal factor de virulencia de *Staphylococcus* spp. involucrado en la IAE es la producción de enterotoxinas termorresistentes. Las SE son polipéptidos antigénicos compactos no ramificados con un único puente disulfuro y se ha postulado que el sitio activo de la molécula se halla en la región de este puente. Tienen un peso molecular bajo (26.000-34.000 Da) y una estructura química muy similar entre ellas. *S. aureus* produce cinco toxinas típicas: SEA, SEB, SEC, SED y SEE las cuales producen emesis en primates.

Adicionalmente, *S. aureus* puede producir otros tipos de SE, igualmente super-antigénicas, pero que no producen emesis en primates y son: SEG, SEH, SEI, SEJ, SEK, SEL, SEM, SEN, SEO, SEP, SEQ y SEU (7, 21, 22). Una misma cepa puede producir más de un tipo de enterotoxina (23). Los genes que codifican las SE están localizados tanto en DNA cromosomal como en islas de patogenicidad, fagos, transposones y plásmidos (24). Las SEB, SEC y SED son producidas en la fase estacionaria del crecimiento como metabolitos secundarios; por otro lado, las SEA y SEE son producidas durante toda la fase logarítmica de crecimiento (25, 26). La SEA y SED están implicadas en la mayoría de los brotes de intoxicación alimentaria (13).

Según su tipo, las SE son altamente termorresistentes, sus valores *D* varían generalmente desde 5 - 10 minutos a 121°C hasta varias horas a 180°C (27). La SEB a un  $a_w$  de 0,99 tiene un  $D_{149}$  de 100 minutos (11). Las SE no son producidas a temperaturas menores de 10°C, su rango de producción se encuentra entre 10 a 48°C con un óptimo de producción entre 40 y 45°C (6).

En la tabla 7 se presentan los rangos de producción de SE. Como se puede apreciar, el rango de pH para la producción de SE está entre 4,0 – 9,6. Sin embargo, Mossel *et al.* (2003) encontraron que la SE no es producida en valores de pH inferiores a 5,0 (27). Adicionalmente, se ha reportado como pH óptimo para la producción de la SE entre 7,0 a 8,0 (19). El efecto del pH sobre la producción de SE depende de su tipo, por ejemplo, la SEA y SED son producidas en cantidades similares con un pH inicial de 5,3 a 6,8, mientras que las SEB y SEC se forman mejor a pH 6,8 (27).

La producción de la SE puede darse con un  $a_w$  de 0,85 a > 0,99. Una  $a_w$  reducida tiene menos efectos sobre la producción de SEA y SED que sobre la producción de SEB y SEC (27). En general, no hay producción de SE a una concentración mayor de 12% de sal (cloruro de sodio, NaCl) (14).

**Tabla 7. Parámetros de producción de toxina de *S. aureus*.**

Parámetros	Producción de toxina	
	Óptimo	Rango
Temperatura (°C)	40 – 45	10 - 48
pH	7 – 8	4,0 – 9,6
a <sub>w</sub>	0,98	0,85 - > 0,99 <sup>1</sup> 0,90 - > 0,99 <sup>2</sup>
NaCl (%)	0	0 - 10
Potencial redox (E <sub>h</sub> ) (mV)	> + 200	< - 100 - > + 200
Atmósfera	Aerobia (5 – 20% oxígeno disuelto)	Aerobia - anaerobia

<sup>1</sup>Aeróbico; <sup>2</sup> Anaeróbico

Fuente: FSAI,2005 (19).

### 3.3 Métodos de Detección del Microorganismo y su Toxina

En Colombia se detecta el *Staphylococcus* coagulasa positiva por medio de recuento en placa y confirmación con prueba de coagulasa.

Es recomendable la detección y cuantificación de la SE producida por las cepas aisladas ya que como se ha mencionado, existen cepas no productoras de coagulasa ni termoneurotoxina que son enterotoxigénicas. En la tabla 8 se presentan algunos métodos para lograr este fin.

Tabla 8. Algunos métodos para la detección de SE en alimentos.

Método	Fundamento	Sensibilidad	Ventajas	Desventajas
RIDASCREEN	Inmunoensayo	0,50 – 0,75 ng/mL en pavo	Mínimo porcentaje de falsos positivos	Costo
VIDAS Staph enterotoxin II (SET 2)	Inmunoensayo	0,25 - 0,5 ng/mL	Útil para muestras de alimentos	No discrimina entre diferentes SE
TECRA	Inmunoensayo	0,75 – 1,0 ng /mL (SEA) 0,5 – 0,75 ng/mL (SEB) 1,0 – 1,25 ng/mL (SEC)	Fácil y rápido de realizar (4 horas)	No discrimina entre diferentes SE
Transia Plate SE	Inmunoensayo	0,25 ng/mL	Rápido (2 horas)	Costo

Adaptado de: Park et al.1992; Park et al.,1994; Jechorek et al.,2008 (28-30).

## 4 CARACTERIZACIÓN DEL PELIGRO

### 4.1 INTOXICACIÓN ALIMENTARIA ESTAFILOCÓCICA (IAE)

#### 4.1.1 Periodo de incubación y sintomatología

La IAE resulta del consumo de alimentos en los que *S. aureus* se ha multiplicado hasta alcanzar niveles que producen SE y puede ser el resultado de combinaciones de múltiples toxinas (7). Los síntomas de la IAE pueden ser algunos de los siguientes: náuseas, dolor abdominal, emesis, diarrea y postración (5, 6, 11, 31). En los casos más graves se puede presentar cefalalgia y shock (25). La intensidad de los síntomas depende de la cantidad de alimento contaminado ingerido, de la concentración de la toxina y de la susceptibilidad individual, la cual esta mediada por la edad y el estado inmunológico de la persona (6, 11, 15). El tratamiento es básicamente hidratación (31). La IAE, al ser una enfermedad auto-limitante se recupera en un plazo de dos días y el periodo de incubación varía entre 0,5 a 8 horas (5, 11, 31).

#### 4.1.2 Dosis - respuesta

La literatura no reporta un modelo oficial de dosis respuesta para SE (32). La cantidad de SE que debe ser ingerida para causar IAE no se conoce exactamente, pero se reportan rangos entre 0,1 – 1,0 µg/kg (33), esta concentración de SE es alcanzada con cargas microbianas superiores a  $10^5$  UFC/g (6, 14, 31, 34, 35). Asao *et al.* en 2003 reportó una dosis de 20 a 100 ng de SE por persona en un brote de IAE en Japón relacionado con la ingestión de leche baja en grasa contaminada (36). Otra dosis reportada asociada al consumo de leche achocolatada fue de 94 ng (37). Dosis de SE de 20 ng han sido utilizadas en evaluaciones de riesgos como umbral de producción de enfermedad (6).

El menor número de células de *S. aureus* necesarias para la producción del nivel mínimo de SE considerado necesario para producir enfermedad es diferente para cada sustrato y para cada SE. La SEA se ha detectado en concentraciones de  $10^4$  UFC/g (18). En leche, se ha detectado SEA y SED con recuentos de  $10^7$  UFC/g pero no por debajo de este nivel. Empleando una cepa productora de SEA, SEB y SED, la SEB y SED se detectaron cuando el recuento alcanzó  $6 \times 10^6$  UFC/mL (1 ng/mL de SE), mientras que la SEA (4 ng/mL) fue detectada con un recuento de  $3 \times 10^7$  UFC/mL (18). No obstante Kérouanton *et al.* (2007) investigaron 31 brotes de IAE, en los cuales se reportaron recuentos de *S. aureus* coagulasa positiva entre  $7,6 \times 10^2$  y  $7,5 \times 10^9$  UFC/g y se detectó SE en 25 de los 31 alimentos implicados (80%) (5).

#### 4.1.3 Diagnóstico de la enfermedad

Internacionalmente, el diagnóstico de IAE es confirmado generalmente por al menos una de las técnicas que se presentan en la tabla 9.

**Tabla 9. Técnicas diagnósticas utilizadas para la confirmación de IAE.**

<b>Técnica</b>	<b>Fuente</b>
a. Recuento mayor o igual a $10^5$ UFC <i>S. aureus</i> /g de alimento implicado b. Detección de enterotoxina en alimento implicado c. Aislamiento de <i>S. aureus</i> del mismo fagotipo a partir de deposición o vómito de dos o más personas enfermas	(5, 12)
a. Recuento $\geq 10^3$ UFC/g <i>S. aureus</i> coagulasa positiva en heces o vómito, ó, recuento $\geq 10^5$ UFC/g <i>S. aureus</i> coagulasa positiva en restos del alimento sospechoso b. Detección de enterotoxina en heces, vómito o restos del alimento sospechoso	(11)

## **5 FACTORES ASOCIADOS CON LA PREPARACIÓN DE ALIMENTOS NO INDUSTRIALES**

### **5.1 FUENTES Y FACTORES QUE FAVORECEN LA CONTAMINACIÓN DE ALIMENTOS CON *Staphylococcus aureus* Y LA PRODUCCIÓN DE TOXINAS**

Se definen dos tipos de contaminación: la directa y la indirecta, también llamada contaminación cruzada. En la contaminación directa el alimento entra en contacto con la fuente del microorganismo y en la indirecta existen diferentes tipos de vehículos intermediarios en la transferencia desde la fuente al alimento. *S. aureus* enterotoxigénico puede transferirse a los alimentos a través de ambientes y de superficies inertes y vivas (38).

Los factores que determinan los fenómenos de transferencia por contacto están ligados a las características de adherencia de la bacteria, a la superficie y a la cantidad del inóculo. Son pocos los estudios sobre transferencia de bacterias en fenómenos de contaminación cruzada, sin embargo Kishimoto *et al.* (2004), demostraron que las cepas de *S. aureus* que están en las manos de los manipuladores son las mismas de los equipos y utensilios de cocina, evidenciando que este fenómeno contribuye a la carga microbiana de los alimentos que requieren procesos de manipulación (39).

#### **5.1.1 Manipuladores**

Los manipuladores de alimentos son la principal fuente de contaminación por cepas de *S. aureus* asociadas a IAE (33). *S. aureus* se aísla con frecuencia de la piel y de mucosas de personas y animales; está presente en fosas nasales, garganta, cabello y/o piel del 30 al 50% de las personas saludables y es abundante en pústulas y abscesos (6, 15, 34). Se estima que *S. aureus* puede encontrarse en la piel de individuos sanos, como microbiota saprofita habitual, en una concentración que oscila entre 10 a 10<sup>3</sup> bacterias/cm<sup>2</sup> (18). Hay portadores permanentes y ocasionales, y hay quienes son especialmente susceptibles de ser colonizados por cepas coagulasa positiva (15). Las tasas de portadores se aumentan cuando hay casos de sinusitis, faringitis y procesos gripales. Se ha reportado que un 34,4% de adultos de ambos sexos pueden tener *S. aureus* en la mucosa nasal y un 17,2% en la piel. Entre el 2003-2004, aproximadamente el 29% (78,9 millones de personas) de la población de los EEUU estaba colonizada en su mucosa nasal por *S. aureus* (15, 40). Se ha demostrado que las cepas aisladas de manos pueden ser del mismo tipo que las aisladas de mucosa nasal (15).

La diseminación de *S. aureus* enterotoxigénico desde el manipulador al alimento se puede producir por contacto directo e indirecto, por medio de la descamación normal de piel o por medio de aerosoles procedentes del tracto respiratorio cuando se estornuda, tose o habla (4, 41).

### **5.1.2 Animales**

La presencia de *Staphylococcus* spp., es común en la piel y tegumentos de una amplia variedad de mamíferos y aves, por lo tanto la presencia de animales en la áreas de preparación de alimentos puede ser una potencial fuente de contaminación con *S. aureus* enterotoxigénico. Mascotas y otros animales domésticos en las cocinas y comedores pueden contaminar alimentos, superficies, utensilios, equipos y manipuladores ya que portan *S. aureus* (6, 34).

### **5.1.3 Equipos, utensilios y otros**

*Staphylococcus aureus*, puede contaminar el alimento al entrar en contacto con picadoras, cuchillos, utensilios, recipientes de almacenamiento, tablas de corte, y otras superficies de contacto (4, 34, 42).

### **5.1.4 Características de los hogares y perfil de la población colombiana**

Según la Encuesta Nacional de Demografía y Salud de Colombia(ENDS 2005) (43), tres de cada cinco hogares están conectados al acueducto público. Los materiales para pisos más utilizados en las viviendas son baldosa y cemento; para paredes son ladrillo, prefabricado o bloque. En la zona rural, la tercera parte de las viviendas tiene piso de tierra, arena o madera burda, 27% tiene paredes de bahareque revocado o de madera burda y 41,9% de los hogares poseen nevera, mientras que en la zona urbana el 76,3% poseen nevera. Los indicadores de educación reportan que la población colombiana > 15 años tiene una educación promedio de 7,6 niveles de escolaridad (43).

La infraestructura y las condiciones sanitarias precarias de cocinas y comedores, facilitan la contaminación de los alimentos con *S. aureus* enterotoxigénico. La falta de educación de la población sobre los riesgos asociados a la contaminación microbiana de alimentos, es el origen frecuente de la manipulación inadecuada de alimentos. Como causa principal de ETA se



identifican: almacenamiento inadecuado de los alimentos (30,2%), mala conservación (24%), manipuladores y consumidores con escasas condiciones higiénico sanitarias (16%) (44).

## 5.2 FACTORES Y AGENTES QUE INHIBEN EL CRECIMIENTO DE *S. aureus*

### 5.2.1 Desinfectantes

La función de un desinfectante es destruir microorganismos y prevenir la diseminación de éstos (45, 46), sin embargo, ningún procedimiento de desinfección puede ser eficaz si no está precedido de una cuidadosa limpieza (47).

Un factor muy importante a considerar es el que se relaciona con la necesidad de prever dentro de los planes y protocolos de limpieza y desinfección, la rotación de los productos antimicrobianos, pues el uso continuo de uno solo de ellos, puede dar lugar a la selección de microorganismos resistentes (46, 48, 49).

*S aureus* es destruido de manera efectiva por los desinfectantes que se utilizan en la industria alimentaria cuando no ha formado biopelículas generadas debido a la inadecuada limpieza y presencia de materia orgánica, sin embargo una vez formadas éstas, los desinfectantes no tienen una acción eficiente (46). Los agentes más utilizados en el control de este patógeno se listan en la tabla 10.

Tabla 10. Desinfectantes utilizados en industrias de alimentos para el control de *aureus*.

Desinfectante	Concentración	Porcentaje de destrucción	Concentración inicial (UFC/mL)	Aplicación
Clorhexidina	0,5 % p/v	99,97	$3 \times 10^6$	Operarios
Hipoclorito de sodio	200 ppm	99,9	$10^5$	Equipos
Ácido peracético	200 mg/L	99,99	$10^5$	Equipos
Peróxido de hidrógeno	100 ppm	99,99	$10^8$	Empaques
Alcohol etílico	40%	100	NR	Manipuladores
Compuestos tipo amonio cuaternario	200 ppm	100	$10^8$	Equipos-manipuladores
Cloro	15 ppm	99,999	$10^8$	Equipos-alimentos
Jabón	4,1%	99,999	$10^6$	Operarios
Ozono	0,025 µg/mL	99	$10^6$	Alimentos
Yodóforos	50 ppm (pH)	>99,9	$10^8$	Equipos-ambientes-

Desinfectante	Concentración	Porcentaje de destrucción	Concentración inicial (UFC/mL)	Aplicación
	2,7)			manipuladores

NR No reportado en la publicación:

Fuente: ICMSF, 1998 (25).

La destrucción y/o inhibición del crecimiento de *S. aureus* está determinada por el tiempo de exposición y la concentración del antimicrobiano (46, 47, 49).

### 5.2.2 Efecto de la temperatura

*Staphylococcus aureus* es resistente a la congelación y a la descongelación, se inhibe a temperaturas inferiores a 5°C y no produce la toxina por debajo de 10°C (19). Este microorganismo se inactiva a temperaturas de cocción (> 65°C) (50). *S. aureus* presenta un  $D_{60}$  entre 0,43 y 8,0 minutos, por ejemplo en pollo este valor es de 5,37 minutos (18).

## 5.3 ELABORACIÓN DE ALIMENTOS PREPARADOS NO INDUSTRIALES A BASE DE POLLO

En el apartado de identificación del peligro se destaca que las preparaciones con pollo son las que más contribuyen a los casos de IAE. En consecuencia se desarrolla un ejemplo ilustrativo en el que se puede apreciar el diagrama de flujo de la preparación de un plato a base de pollo con las posibles rutas de contaminación, etapas críticas para la proliferación del microorganismo y producción de su toxina.

Teniendo en cuenta la información presentada en las tablas 6 y 7, se considera que el pollo presenta las condiciones que favorecen el crecimiento de este microorganismo. El rango de  $a_w$  de un pollo crudo y cocido está entre 0,98 y 0,99 (25, 51). Los rangos de pH se detallan en la tabla 11 y la composición del pollo en la tabla 12.

**Tabla 11. Valores de pH de la carne de pollo cruda y cocida, como ejemplo de ingrediente de un alimento preparado no industrial**

Muestra	pH	Referencia
Carne de pollo cruda	5,66 – 6,37	(52-54)
Pechuga de pollo cruda	5,7 – 5,9	(25, 51)
Muslo de pollo crudo	6,4 – 6,7	(25, 51)
Carne de pollo cocida	5,93 – 6,23	(52, 53)

**Tabla 12. Composición de la carne y piel de pollo crudo como ejemplo de ingrediente de un alimento preparado no industrial**

Característica	Pollo sin piel	Pollo con piel	Piel de pollo
Humedad (%)	74,06 ± 0,09	69,47	52 ± 0,5
Proteína (%)	20,0 ± 0,2	17,44	7,5 ± 0,2
Grasa (%)	4,57 ± 0,07	11,85	39,9 ± 0,05
Cenizas (%)	1,35 ± 0,02	1,19	0,57 ± 0,01

Fuente: Carvajal,2001 (55).

### 5.3.1 Diagrama de flujo

El diagrama de flujo (figura 1) presenta la preparación del pollo como ingrediente de alimentos preparados no industriales, como: arroz con pollo, empanadas de pollo, arroces mixtos, pasta con pollo, pasteles de pollo y sopas con pollo desmenuzado (por ejemplo ajiaco).

Debido a las propiedades fisicoquímicas del pollo, como su elevado contenido proteico, alta  $a_w$  y  $pH > 4,6$ , los alimentos no industriales preparados con el mismo, son considerados de alto riesgo y requieren de un control estricto de las temperaturas de cocción y conservación. Bajo condiciones favorables de temperatura y tiempo *S. aureus* puede desarrollarse en estos alimentos y producir SE.

Este tipo de alimentos puede ser preparados y servidos para su consumo inmediato o puede conservarse para su consumo posterior el mismo día o días después. Esto hace que los alimentos preparados puedan pasar a través de combinaciones de temperatura y tiempo que permiten el crecimiento (5 – 48°C por más de 4 horas) y la producción de SE (10 - 48°C por más de 4 horas) por *S. aureus*. Cuando el alimento preparado pasa más de una vez por temperaturas peligrosas es considerado de preparación compleja (11).

La elaboración de los alimentos preparados no industriales a base de pollo incluye procesos que propician la contaminación directa o indirecta con *S. aureus* como son la preparación del pollo antes de su cocción y su troceado para adicionarlo y mezclarlo con otros ingredientes.

El diagrama de flujo (Figura 1) describe el proceso de preparación recomendado para evitar el crecimiento del *S. aureus* y la producción de SE en la carne de pollo cocida para ser adicionada a platos como ingrediente de una mezcla (56).

Los factores que favorecen la contaminación de alimentos preparados no industriales incluyen algunos como: las condiciones de almacenamiento, equipos e instalaciones, la calidad de las materias primas(15), la preparación culinaria, la manipulación del producto terminado, el uso de sobrantes, excesiva espera entre preparación y servicio y temperatura de servicio entre otros (15).

Los alimentos preparados para ser consumidos el mismo día presentan dos puntos de peligro: temperatura de cocción y mantenimiento del alimento en la zona peligrosa de temperatura (5 - 65°C) (50) hasta el servicio. Aquellos considerados de preparación compleja presentan cuatro puntos de peligro: temperatura de cocción, mantenimiento del alimento en la zona peligrosa de temperatura hasta el servicio, enfriamiento y recalentamiento.

Las operaciones de preparación del pollo cocido para alimentos no industriales deben realizarse secuencialmente para impedir la contaminación, el crecimiento y la producción de SE. Cuando no es posible desarrollar el proceso en continuo, el pollo crudo debe mantenerse en un empaque adecuado, preferiblemente polietileno de alta densidad, a una temperatura < 5°C por un tiempo no superior a dos días, el pollo cocido debe mantenerse tapado a temperaturas > 65°C o refrigerarlo a una temperatura < 5°C por un tiempo no mayor a 2 días. Se debe evitar mantener el pollo dentro de la “zona de peligro” de temperatura de 5- 65°C (50, 57).

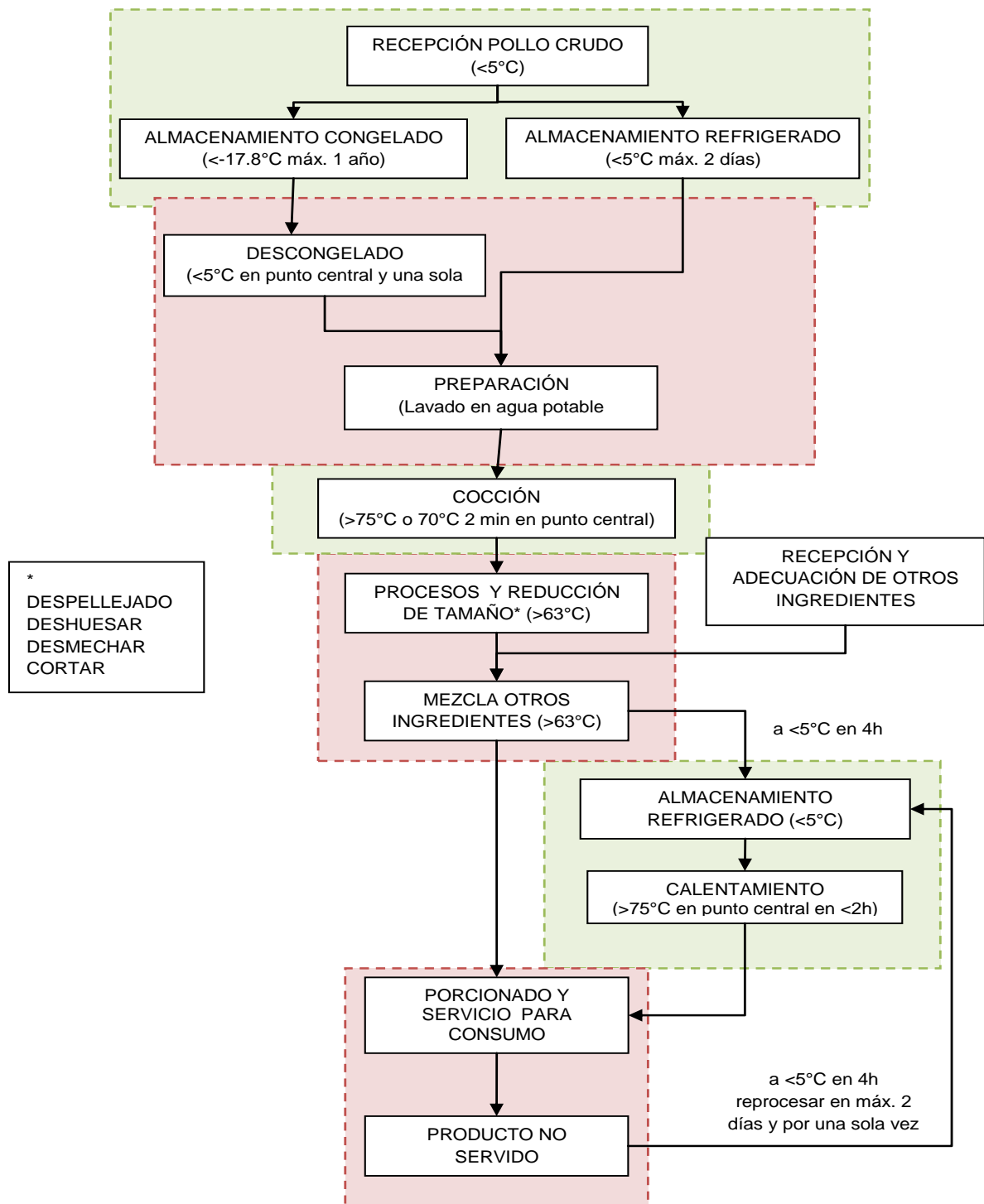


Figura 1: Diagrama de flujo de la preparación del pollo para la elaboración de alimentos preparados no industriales de consumo en caliente. Crecimiento (en rojo), inactivación o inhibición del crecimiento (en verde) de *Staphylococcus aureus* enterotoxigénico.

### 5.3.1.1 Recepción del pollo crudo

Eventualmente la carne de pollo puede estar contaminada por *S. aureus* como lo evidencia el estudio de Waldroup (1996) (58), que reporta la incidencia y recuentos de *S. aureus* en pollo crudo de diferente origen: carne de pollo > 100 UFC/g (deshuesado mecánico, Suecia), pollo congelado < 1.000 UFC/g (EEUU), pollo fresco y congelado 15.000 UFC/cm<sup>2</sup> (India) y carcasas de pollo < 1.000 UFC/g (Reino Unido). En plantas de beneficio, equipos colonizados por *S. aureus* formadores de biopelículas pueden incorporar *S. aureus* al pollo, especialmente durante el desplumado como lo reportan Thompson y Patterson (1983, Estados Unidos) (59). Los recuentos más frecuentes en equipos de desplumado oscilaron entre 3 – 6 log<sub>10</sub> UFC/mL (60).

En la recepción del pollo crudo se debe hacer una inspección de la carne, evidenciando que ésta no posea ninguna característica anormal, como por ejemplo: mal olor, colores azulados o verdosos, alta humedad, resequedad, viscosidad y adhesividad (61). La carne de pollo debe estar limpia, seca, de consistencia firme, con muscularidad uniforme y sin manchas (62). En esta etapa, se recomienda que el pollo se encuentre a una temperatura < 5°C y un pH de 5,8 – 6,4 (62).

### 5.3.1.2 Refrigeración

Los alimentos perecederos como el pollo deben refrigerarse dentro de las siguientes 2 horas a su recepción (en 1 hora si la temperatura está a > 32°C). Adicional a los tiempos de refrigeración a temperaturas < 5°C (tabla 13) se deben cuidar los siguientes aspectos para garantizar la inocuidad del pollo crudo o cocido y evitar la contaminación cruzada con *S. aureus* y su crecimiento (50, 63) :

- a. Mantener el pollo crudo en su empaque (si aplica).
- b. Almacenar el pollo en un recipiente limpio y tapado para evitar su contaminación, pérdida de humedad y adquisición de sabores de otros alimentos.
- c. No almacenar el producto en la puerta de la nevera y mantener constante la temperatura (< 5°C); abrir la nevera el menor número de veces posible.
- d. El pollo cocido en caliente puede almacenarse directamente en el refrigerador o enfriarse rápidamente.
- e. Porcionar el pollo puede facilitar una rápida refrigeración.
- f. Recomiendan registrar la fecha de elaboración del alimento, para facilitar su rotación.

Almacenar el pollo a temperaturas superiores a 5°C favorece el crecimiento de *S. aureus* y a temperaturas superiores a 10°C la producción de SE (50).

**Tabla 13. Tiempos recomendados de refrigeración del pollo crudo y cocido en el hogar (<5°C)**

Tipo de pollo	Tiempo (días)
Pollo fresco, menudencias o carne de pollo molida	1 - 2
Pollo o carne de pollo cocida (sobrantes)	3 - 4
Pollo asado, carne de pollo frita	3 - 4

Fuente: USDA/FSAI,2010 (56).

### 5.3.1.3 Congelación

La temperatura de congelación de -18°C inactiva parte de la población de *S. aureus*, inhibe su crecimiento y representa una manera segura de almacenar el pollo (64). Los tiempos de almacenamiento influyen en la pérdida de la inocuidad del pollo (tabla 14).

Para prevenir la contaminación (directa o indirecta) con *S. aureus*, la USDA - FSIS recomiendan utilizar un empaque apropiado (bolsa plástica cerrada) y/o mantener el pollo en su empaque original evitando el amontonamiento para una congelación más rápida (64).

**Tabla 14. Tiempos recomendados de congelación del pollo crudo y cocido en el hogar ( -18°C).**

Tipo de pollo	Tiempo (meses)
Pollo crudo fresco entero	12
Pollo despresado crudo	9
Pollo menudillos	3 – 4
Pollo cocido	4

Fuente: USDA/FSAI,2010 (64).

### 5.3.1.4 Descongelación

El Servicio de Inocuidad e Inspección de los Alimentos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA – FSIS) (65) recomienda 3 métodos para la descongelación del pollo: en el refrigerador, en agua fría y en el microondas.

Para evitar el crecimiento de *S. aureus*, se recomienda no descongelar el pollo a temperatura ambiente o con agua caliente (para evitar que el pollo este a la temperatura entre 10 - 50°C). Una vez descongelado en refrigeración nunca debe superar los dos días a una temperatura < 5°C (65).

El pollo puede descongelarse con empaque plástico (bolsa plástica sellada para evitar que el agua entre en contacto con el pollo) sumergidos en agua fría que debe reemplazarse cada media hora. Un pollo entero (3 a 4 libras) o presas de pollo requieren de 2 a 3 horas para descongelarse. Paquetes de carne de pollo (1 libra) requieren < 1 hora. El pollo descongelado en agua fría o en microondas debe cocinarse inmediatamente y si se requiere se puede congelar posteriormente (65).

Tanto el pollo crudo como el cocido son alimentos perecederos y deben mantenerse fuera de la zona de peligro (10 - 60°C) ya que el *S. aureus* presente antes del congelamiento puede iniciar su multiplicación y alcanzar las concentraciones críticas para la producción de la toxina termoestable. El pollo no puede permanecer a temperatura ambiente por más de 2 horas ya que las zonas cercanas a la superficie alcanzan fácilmente temperaturas mayores a 5°C.

### **5.3.1.5 Manipulación del pollo**

El pollo crudo o cocido se contamina por transferencia de *S. aureus* a partir de otros alimentos, utensilios, equipos, superficies y manipuladores contaminados por prácticas higiénicas inadecuadas. Los alimentos preparados no industriales se caracterizan por su alto grado de manipulación para la cual la USDA – FSIS propone las siguientes recomendaciones (66):

- a. Desde el momento de la compra o recepción, el pollo debe mantenerse separado de otros alimentos.
- b. Al refrigerar se debe mantener el pollo empacado y separado de otros productos. Se recomienda empacarlo en una bolsa plástica para evitar así también el goteo de sus jugos.
- c. Antes y después de cualquier manipulación (despellejado, deshuesado, troceado), los manipuladores de alimentos deben lavarse las manos (con o sin guantes) con agua y jabón por 20 segundos.
- d. No deben estornudar o toser sobre el pollo, pasarse las manos por la nariz, la boca o el pelo durante su manipulación.



- e. Si el manipulador tiene heridas en las manos, éstas deben estar cubiertas y usar guantes desechables.
- f. Los procedimientos mecánicos de adecuación (lavado, despellejado, cortado, troceado, secado, etc.) deben realizarse de manera que se proteja la carne de pollo de contaminación y contaminación cruzada.
- g. Es importante separar y mantener retirados los productos que están crudos de los productos que ya han sido cocidos.
- h. Los utensilios, tablas de cortar, superficies, etc. en contacto deben estar limpios y sanitizados (67).

La manipulación del pollo es una etapa crítica en el proceso de preparación de alimentos no industriales, ya que es la responsable de la contaminación de *S. aureus* en la carne de pollo. El posterior abuso de temperatura podría permitir su crecimiento y producción de SE.

### 5.3.1.6 Cocción

La cocción del pollo crudo debe realizarse hasta que el punto más frío o central alcance una temperatura  $>75^{\circ}\text{C}$  o de  $70^{\circ}\text{C}$  con mantenimiento a 2 minutos. La tabla 15 relaciona los tiempos y métodos de cocción con peso para alcanzar estas condiciones.

**Tabla 15. Tiempos recomendados de cocción para pollo, presas y carne de pollo.**

Tipo de pollo crudo	Peso	Cocido (min)	Horno (min)	Plancha (min)
Entero	1,4 – 1,8 kg	75 – 90	60 – 75	60 – 75
Pechuga	168 – 224 g	30 – 40	35 – 45	10 – 15 por lado
Pechuga deshuesada	112 g	20 – 30	25 – 35	6 – 8 por lado
Pierna-pernil	112 – 224 g	40 – 50	40 – 50	10 – 15 por lado
Pierna	112 g	35 – 45	40 – 50	6 – 8 por lado
Alas	56 – 84 g	30 – 40	35 - 45	8 – 12 por lado

Fuente: USDA/FSAI,2010 (56).

Si la cocción se hace con microondas utilizar nivel de potencia medio – alto (70%): pollo entero de 6 – 10 minutos por libra (1 libra = 453,59 gramos), presas de 8 - 9 minutos/por libra, pechuga de pollo de 6 – 8 minutos por libra. La temperatura en el punto central debe alcanzar  $75^{\circ}\text{C}$  (56).

No se debe refrigerar pollo entero, despuesado o su carne, parcialmente cocidos, con la intención de terminar el proceso de cocción posteriormente, ya que no se garantiza la destrucción de *S. aureus*. (56).

La cocción en estas condiciones es suficiente para reducir la carga microbiana a niveles seguros, sin embargo, no es suficiente para la eliminación de la toxina, si ésta ha sido previamente producida. La cocción insuficiente, permite la sobrevivencia del microorganismo que posteriormente podría crecer y producir la toxina (27).

#### **5.3.1.7 Servicio**

El pollo debe mantenerse a una temperatura mayor a 60°C para prevenir el crecimiento de *S. aureus* y debe desecharse si permanece por más de 2 horas a temperatura ambiente o una (1) hora a 32°C (63).

#### **5.3.1.8 Almacenamiento de producto no servido**

Esta es una etapa crítica que si no se realiza de manera correcta puede favorecer el crecimiento de *S. aureus* y la producción de toxina. Se recomienda llevar el producto a refrigeración lo más rápidamente posible. El pollo debe guardarse en recipientes poco profundos para que la temperatura disminuya rápidamente a < 5°C en menos de dos horas. Durante el enfriamiento la temperatura máxima interna del pollo no debe permanecer entre 27 - 54 °C por más de 1,5 horas y entre 4,4 - 26,7°C por más de 5 horas (57).

#### **5.3.1.9 Recalentamiento**

Para evitar la presencia de SE solamente se puede recalentar el pollo que haya cumplido con los tiempos y las temperaturas de cocción. La temperatura mínima interna central del pollo debe ser > 74°C. En el microondas se recomienda recalentar, con rotación, el pollo para garantizar un recalentamiento uniforme (57).

En estas condiciones el recalentamiento permite garantizar la inhibición de las células vegetativas, pero no elimina la toxina que se haya producido en otras etapas (41).

### 5.3.2 Escenarios de simulación

Con la intención de ilustrar los efectos de las etapas más relevantes en la elaboración de alimentos preparados no industriales, para este documento se simularon seis escenarios que pueden incluir las siguientes operaciones:

- a. Descongelación.
- b. Refrigeración.
- c. Adecuación previa a cocción (contaminación y contaminación cruzada).
- d. Cocción.
- e. Procesamiento pos-cocción y conservación antes del servicio (contaminación y contaminación cruzada).
- f. Recalentamiento en la elaboración de productos a base de pollo.

Los escenarios considerados contienen combinaciones de las operaciones descritas anteriormente, como se describe a continuación (Tabla 16):

**Tabla 16: Escenarios de simulación**

Escenario	Contempla la preparación del alimento a partir de:	
1	Pollo congelado, con consumo inmediato después de la adición del pollo cocido troceado (desmechado) a los otros ingredientes del plato.	Recepción (pollo congelado) → Descongelación → Preparación → Cocción → Troceado → Servicio
2	Pollo refrigerado, con consumo inmediato después de la adición del pollo cocido troceado (desmechado) a los otros ingredientes del plato.	Recepción (pollo refrigerado) → Preparación → Cocción → Troceado → Servicio
3	Pollo congelado, con refrigeración del pollo cocido troceado (desmechado) para su posterior calentamiento y servicio.	Recepción (pollo congelado) → Descongelación → Preparación → Cocción → Troceado → Refrigeración → Servicio
4	Pollo refrigerado, con refrigeración del pollo cocido procesado (desmechado) para su posterior calentamiento y servicio.	Recepción (pollo refrigerado) → Preparación → Cocción → Troceado → Refrigeración → Servicio
5	Pollo congelado, con refrigeración de sobrantes del primer servicio y su posterior calentamiento y servicio.	Recepción (pollo congelado) → Descongelación → Preparación → Cocción → Troceado → Servicio → Refrigeración → Calentamiento → Servicio
6	Pollo refrigerado, con refrigeración de sobrantes del primer servicio y su posterior calentamiento y servicio.	Recepción (pollo refrigerado) → Preparación → Cocción → Troceado → Servicio → Refrigeración → Calentamiento → Servicio

Al analizar los resultados de simulación, (ver Anexo 1) se pudo evidenciar que de los seis escenarios propuestos el escenario 2 representa el de menor riesgo y el escenario 5 el de mayor riesgo y que las etapas de descongelación, y almacenamiento de producto no servido, son críticas porque en éstas suelen presentarse condiciones de abuso de tiempo y temperatura.

El análisis de correlación y regresión representado en gráficos de tornado es el método de sensibilidad para medir el impacto de las operaciones (descongelación, refrigeración, preparación, cocción, manipulación, calentamiento) y factores (temperatura, tiempo, prevalencia, contaminación, contaminación cruzada y recontaminación) sobre el porcentaje de porciones de pollo con SE a concentraciones inseguras en el ejercicio de simulación. Según el coeficiente de correlación de Spearman se establece que:

Escenario	Etapa con mayor influencia	Porcentaje de influencia
1	Temperatura de descongelación	87%
2	Temperatura de refrigeración	27%
3	Temperatura de descongelación	77%
4	Temperatura de la primera refrigeración	36%
5	Temperatura de descongelación	76%
6	Temperatura de adecuación antes de la cocción	15%

Se recomienda que la elaboración de alimentos preparados no industriales se realice siguiendo el escenario 2, partiendo de pollo refrigerado, con consumo inmediato después de la adición del pollo cocido troceado (desmechado) a los otros ingredientes del plato.

Los resultados del análisis de sensibilidad arrojan que la carga microbiana de los manipuladores y superficies, así como la cantidad de bacterias transferida al alimento, tienen un impacto menor de 2% sobre el porcentaje de porciones de pollo con SE en todos los escenarios. Sin embargo, los eventos de contaminación, recontaminación y contaminación cruzada, son factores relevantes en la línea de preparación de estos alimentos no industrializados ya que introducen la carga de *S. aureus* enterotoxigénico que iniciará su multiplicación si no se mantiene la cadena caliente o de frío (refrigeración y congelación).

La Figura 2 presenta el crecimiento de *S. aureus* a diferente temperatura en otros ingredientes proteicos que pueden ser utilizados para la preparación de alimentos no industrializados en diversas regiones de Colombia: alimentos a base de carne desmechada de bovino, cerdo, pavo y de pescado. La tasa máxima de crecimiento se determina por los simuladores Growth Predictor (estado fisiológico = 1,  $a_w = 0,99$ ) y el PMP (aerobiosis,  $a_w = 0,99$ ) al valor de pH del ingrediente proteico, que representa el peor escenario (valor de pH más alto).

A continuación se caracteriza los rangos de pH de los diferentes ingredientes: carne de res 5,52 – 5,90 (68), cerdo 5,60 – 6,93 (69), pescado 6,2 – 7,0 (70) y pavo 5,7 – 6,1 (71).

En la misma figura se observa que la tasa máxima de crecimiento de *S. aureus* es muy similar en los ingredientes pollo, cerdo y pescado (información extraída del Anexo 3). En pavo y carne de res la tasa máxima de crecimiento de *S. aureus* decrece y se reflejará en un menor porcentaje de porciones peligrosas, o sea que contengan SE a los niveles que causan enfermedad.

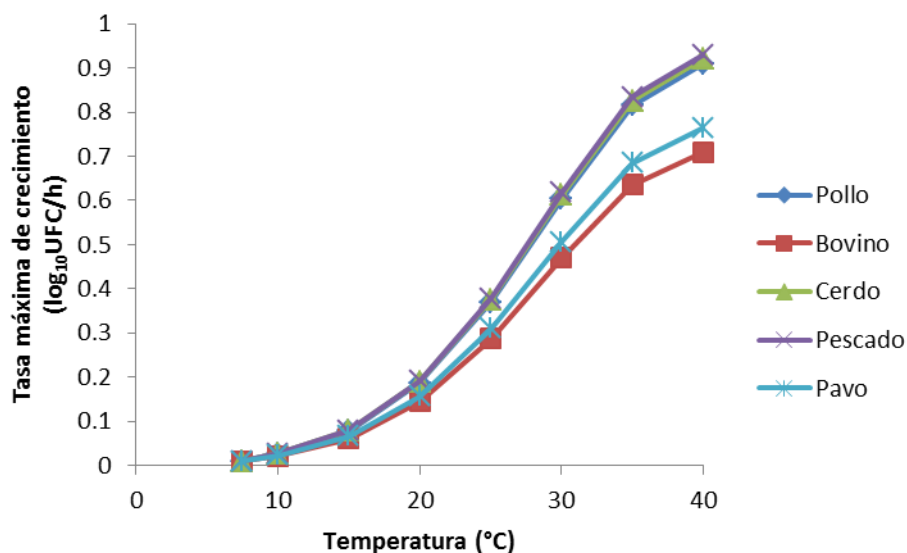


Figura 2: Tasa máxima de crecimiento de *Staphylococcus aureus* en función de la temperatura en diferentes ingredientes proteicos.

La Tabla 17 muestra una estimación de los tiempos requeridos para alcanzar una determinada población de *S. aureus*. A temperatura ambiente (20°C) el tiempo para alcanzar 5 ciclos logarítmicos se incrementa en un 30% en carne de res; *S. aureus* requiere de 7 horas más que en carne de pollo para alcanzar dicha concentración.

Tabla 17: Tiempo para que *Staphylococcus aureus* alcance 1 – 5 log<sub>10</sub> de crecimiento a diferentes temperaturas en las matrices pollo y carne a valores de pH que reflejan el peor escenario. Los cálculos se realizaron con la tasa máxima de crecimiento estimada por el programa Pathogen Modeling Program (PMP).

Producto	Temperatura (°C)	Tasa máxima de crecimiento (log (UFC/ml))	Crecimiento (h)				
			1 log10	2 log10	3 log10	4 log10	5 log10
Pollo pH = 6,8	7,5	0,010	100	200	300	400	500
	10	0,027	37	74	111	148	185
	15	0,078	13	26	39	52	65
	20	0,187	5,35	10,70	16,05	21,4	26,75
	25	0,370	2,70	5,40	8,10	10,80	13,50
	30	0,604	1,66	3,32	4,98	6,64	8,30
	35	0,815	1,23	2,46	3,69	4,92	6,15
	40	0,909	1,10	2,20	3,30	4,40	5,50
Carne pH = 5,9	7,5	0,010	100	200	300	400	500
	10	0,021	48	95	143	190	238
	15	0,061	16	33	49	66	82
	20	0,145	6,9	14	21	28	34
	25	0,287	3,5	7,0	10,5	14	17
	30	0,470	2,1	4,3	6,4	8,5	11
	35	0,635	1,6	3,1	4,7	6,3	7,9
	40	0,709	1,4	2,8	4,2	5,6	7,1

La estimación del riesgo, probabilidad de intoxicación por SE en alimentos preparados no industriales, no se pudo determinar debido a la falta de modelo dosis-respuesta y de información sobre cantidad y frecuencia de consumo en general para una población normal de adultos y niños lo cual está además relacionado con trasfondos socioeconómicos y culturales.

La utilización de modelos en las evaluaciones de riesgo microbiológico permite cuantificar el peligro a lo largo de la cadena de producción alimentaria y permite estimar la probabilidad de enfermar por una ETA. Sin embargo, siempre se deben reconocer las limitaciones y la incertidumbre del modelo que para ésta documento es alta debido principalmente a los vacíos de información, cantidad y calidad de los datos disponibles, y a supuestos del modelo. No obstante, el modelo de simulación permite identificar las operaciones y factores críticos que promueven la aparición de una IAE, para generar estrategias de intervención. El modelo desarrollado en la presente documento permitió establecer la ruta más segura para la preparación de alimentos no industriales (escenario número 2), la importancia de mantener la materia prima y el alimento preparado fuera de la temperatura de peligro ya que una vez contaminados (primordialmente por manipuladores), *S. aureus* puede reproducirse y producir SE en el rango de 10 – 48°C (19).

La incidencia de IAE se puede reducir siguiendo los lineamientos de la OMS en su “Manual sobre las cinco claves para la inocuidad de los alimentos” y capacitando al personal asignado a labores de cocina, preparación de alimentos y servicio en dichas directrices (72).

## 6 CONCLUSIONES

- ✓ El análisis de los datos recopilados de IVC de las Direcciones Territoriales de Salud del País, correspondientes al periodo enero de 2007 a junio de 2010, incluidos en la presente evaluación, permite concluir que:
  - a. De un total de 6.113 alimentos contaminados con *Staphylococcus* coagulasa positivo, 2.779 (45,46%) corresponden al grupo de alimentos preparados no industriales.
  - b. De los 2.779 registros de alimentos preparados no industriales contaminados con *Staphylococcus* coagulasa positivo, 2.672 (96,15%) reportaron recuento menor de 100 UFC/g y 107 (3,85%) reportaron recuento mayor de 100 UFC/g; sin embargo, no es posible determinar si los alimentos considerados en dicho grupo son aceptables, debido a que no existe una norma que especifique los límites de aceptabilidad o rechazo para dicho parámetro.
  - c. El método de recuento en agar Baird – Parker y prueba de coagulasa, que se utiliza actualmente en Colombia para el recuento del microorganismo, no permite la identificación y caracterización del peligro, ya que no es específico para cepas enterotoxigénicas ni detecta la SE. Adicionalmente, debe tenerse en cuenta que existen cepas coagulasa negativas que puede producir la SE.
  - d. Los datos suministrados presentan deficiencias en los siguientes aspectos:
    - Se presentan diversas formas de reporte del recuento de UFC/g o mL de *Staphylococcus* coagulasa positivo, lo cual lleva a cuestionar si los datos corresponden al mismo método de identificación y recuento, o se presentan irregularidades en el informe de resultados.
    - En la mayoría de los casos no es posible identificar el alimento específico al cual corresponde el reporte de *Staphylococcus* coagulasa positivo, debido a que la clasificación de alimentos utilizada por las DTS incluye categorías generales como: preparaciones con pollo, almuerzo y ensalada (ver tabla 2); lo anterior dificulta el análisis de los datos y por ende no se puede identificar cuál es el ingrediente de los alimentos reportados que es el vehículo de contaminación.
    - Los datos disponibles no abarcan todo el territorio nacional.

- ✓ El análisis de los datos de brotes reportados en el SIVIGILA, correspondientes al periodo enero de 2007 a junio de 2010, permite concluir que:
  - a. Los principales alimentos implicados en brotes de IAE son: arroz con pollo con 575 afectados en 15 brotes y platos con pollo con 14 brotes y 621 afectados. Resalta el alimento denominado “ensalada” que presenta un solo brote con un número considerable de personas afectadas (553 personas), y el cual no es reportado frecuentemente como vehículo importante de *Staphylococcus coagulasa* positivo.
  - b. Los alimentos categorizados de mayor riesgo se caracterizan por requerir alta manipulación en su proceso de elaboración.
  - c. El hogar y los establecimientos educativos están implicados con el mayor número de brotes, 12 (con un total de 344 afectados) y 8 (con un total de 319 afectados) respectivamente; lo anterior sugiere que las deficiencias en infraestructura higiénico-sanitaria y capacitación en Buenas Prácticas de Manufactura, en hogares y establecimientos educativos en el país, pueden aumentar el riesgo de brotes causados por el peligro en estudio.
  - d. La normativa nacional (protocolo de vigilancia y control de ETA 2010) no especifica ni la obligatoriedad de notificación, ni la metodología de diagnóstico de una IAE. Esta condición puede estar generando subregistros de dicha enfermedad.
  - e. Los datos suministrados presentan deficiencias en los siguientes aspectos:
    - En la mayoría de los casos no es posible identificar el alimento específico implicado en el brote, debido a que la clasificación de alimentos utilizada por las DTS incluye categorías generales como: arroz con pollo y platos con pollo (ver tablas 4 y 5); lo anterior, dificulta el análisis de los datos.
    - El reporte se encuentra limitado a brotes y no considera los casos esporádicos.
    - Los datos disponibles no abarcan todo el territorio colombiano.
- ✓ La concentración de toxina que debe ser ingerida para causar IAE no se ha definido específicamente. Sin embargo, como referencia se asume un rango de 0,1 – 1,0 µg/kg (51). Estos niveles de toxina se alcanzan cuando se tiene una población de *S. aureus* enterotoxigénico mayor o igual a 10<sup>5</sup> UFC/g.



- ✓ Si bien no es posible contestar completamente el término de referencia No. 4, debido a la ausencia de un modelo dosis-respuesta, que brinde confianza en la toma de decisión, se puede concluir que las condiciones para que el *S. aureus* enterotoxigénico produzca SE en los alimentos preparados no industrializados están relacionados con:
  - Una carga mayor de  $10^5$  UFC/g de este microorganismo en el alimento.
  - Abusos de temperatura (10 - 48°C) en cualquier etapa del proceso de producción del alimento contaminado y tiempo de exposición suficiente para la producción de la toxina, lo cual evidencia la necesidad de mantener la cadena de frío y mantenimiento de temperaturas altas.
  
- ✓ Las condiciones que permiten la producción de la toxina se relacionan con contaminación, contaminación cruzada y/o recontaminación, en las operaciones de manipulación del alimento y no depende directamente de la materia prima.
  
- ✓ Las principales fuentes de contaminación de *S. aureus* enterotoxigénico en los alimentos no industrializados son el manipulador, animales domésticos presentes en los lugares de elaboración, los utensilios y equipos.
  
- ✓ En el proceso de elaboración de los alimentos preparados no industriales, la implementación adecuada de programas de limpieza, desinfección y capacitación de los manipuladores, cobra especial importancia como estrategia de prevención de la contaminación.

## 7 RECOMENDACIONES

- ✓ El sistema de IVC de alimentos debería contar con un sistema de información que soporte las evaluaciones de riesgo en el país, y que incluya:
  - a. Un sistema de clasificación de los alimentos a analizar que permita obtener información comparable entre los diferentes actores de la cadena.
  - b. Muestreos estadísticamente confiables y análisis que permitan determinar la prevalencia del patógeno.
  - c. Implementar en todo el país la misma técnica de identificación y recuento de *S. aureus* enterotoxigénico. Dicha técnica debe incluir la detección y cuantificación de SE en casos donde el recuento del microorganismo sea  $>10^4$  UFC/g o mL.
  - d. Se debe evaluar la viabilidad de que los establecimientos que elaboran alimentos preparados no industriales reserven una contramuestra por un periodo de tiempo establecido.
  - e. Se sugiere implementar mediante reglamentos técnicos unificados, el sistema de acreditación de la competencia en los laboratorios de evaluación y ensayo del sistema de IVC.
  
- ✓ Mejorar el sistema de seguimiento de vigilancia epidemiológica convirtiéndolo en un sistema activo e interactivo, creando canales de comunicación técnica, análisis y divulgación permanente de la información en concordancia con las actividades adelantadas para la generación del Sistema General de Información del país. Dentro de los aspectos a mejorar, se resaltan los siguientes:
  - a. Que la notificación de IAE sea obligatoria en Colombia, incluyendo la identificación y cuantificación del peligro. El protocolo debe incluir de manera detallada la rutina de investigación tanto de brotes como de casos esporádicos.
  - b. Aplicación del mismo sistema de clasificación de los alimentos utilizado aplicado en los procesos IVC, que permita obtener información comparable.
  - c. Se sugiere implementar mediante reglamentos técnicos unificados, el sistema de acreditación de la competencia en los laboratorios que hacen parte de la Red Nacional de Laboratorios.

- ✓ Planificar e implementar un programa de sensibilización, capacitación y evaluación de la competencia de los manipuladores de alimentos preparados no industrializados (amas de casa, madres comunitarias, empleadas domésticas, empleados de servicios de alimentación escolar) en hogares, establecimientos educativos y en general los lugares de expendio de este tipo de alimentos.
- ✓ Incentivar y vigilar el cumplimiento de la legislación sanitaria vigente, en todos los establecimientos educativos y en general los lugares de expendio de este tipo de alimentos.

### *Otras recomendaciones*

Con el desarrollo de la presente evaluación de riesgo, se evidenciaron los siguientes vacíos de información que aplican a las diferentes etapas de este proceso:

- a. No se dispone de una base de datos de inspección, vigilancia y control centralizada.
- b. No se dispone de datos de inspección, vigilancia y control con suficiente validez estadística.
- c. No existen datos de prevalencia y recuentos de *S. aureus* enterotoxigénico en alimentos preparados no industriales.
- d. No existen informes de patrones de consumo de alimentos preparados no industriales.
- e. No existe información disponible sobre el grado de cumplimiento de las reglamentaciones higiénico sanitarias aplicables a alimentos preparados no industrializados.
- f. No existen modelos de contaminación cruzada, para este tipo de alimentos.
- g. No existen estudios sobre virulencia de cepas.
- h. No existen estudios de susceptibilidad en los diferentes subgrupos de población, ni modelos de dosis respuesta.

El grado de confianza de la estimación final del riesgo depende de la variabilidad, incertidumbre y suposiciones identificadas en la fase evaluación a la exposición. La incertidumbre está asociada a la calidad de los datos y a los vacíos de información. Dichos vacíos impiden el desarrollo de evaluaciones de riesgo cuantitativas que soporten de manera más efectiva el establecimiento de políticas en salud pública. Por lo tanto, es necesario adelantar investigaciones encaminadas a:

- a. Establecer criterios de categorización y la clasificación de los alimentos en Colombia. A continuación se relacionan fuentes que pueden ser consultadas para direccionar la clasificación de los alimentos: Gobierno de Chile, Ministerio de Salud, subsecretaría de salud pública, división políticas públicas saludables y promoción, departamento de alimentos y nutrición: manual de procedimientos control sanitario de la internación de alimentos (74-75).
- b. Desarrollar estudios de prevalencia de *S. aureus* enterotoxigénico en alimentos preparados no industriales. Determinación de la presencia de *S. aureus* enterotoxigénico en alimentos preparados no industriales a nivel nacional en tamaños de muestra con validez estadística.
- c. Desarrollar estudios de cuantificación de *S. aureus* enterotoxigénico en alimentos preparados no industriales, manipuladores, superficies, equipos, materias primas, utensilios, etc. Y, cuantificación de *S. aureus* enterotoxigénico en tamaños de muestra con validez estadística, en conteos  $> 10^4$  UFC/g cuantificar concentración de toxina.
- d. Evaluar las condiciones de operación (rangos de temperatura) de refrigeradores domésticos e industriales. Hacer un estudio sobre las temperaturas de mantenimiento de las neveras en el país.
- e. Determinar la tasa de crecimiento de *S. aureus* enterotoxigénico en los alimentos preparados no industriales. Estudios sistemáticos que determinen la tasa máxima de crecimiento en este tipo de alimentos.
- f. Evaluar el efecto de diferentes sustancias antimicrobianas (desinfectantes, aditivos, conservantes) sobre *S. aureus*. Estudios que establezcan concentraciones mínimas de inhibición para *S. aureus* en las diferentes superficies y matrices.
- g. Estudiar la variabilidad en virulencia de las cepas de *S. aureus* enterotoxigénico. Determinar niveles de virulencia en las cepas circulantes, los factores asociados y marcadores.
- h. Desarrollar y validar modelos de contaminación y contaminación cruzada. Estudios que determinen la dinámica de contaminación y contaminación cruzada: entre superficies vivas e inanimadas de diferente índole.
- i. Desarrollar y validar modelos de dosis – respuesta para los diferentes subgrupos de la población (edad, susceptibilidad).
- j. Recopilar y procesar información sobre hábitos de consumo por perfiles sociodemográficos (categorización por género, edad, grupo de riesgo, condición socioeconómica, rural o urbano y región).

Con el fin de evitar la duplicación de esfuerzos y recursos se solicitará a la industria, a la academia, organismos estatales y otras entidades privadas, información existente sobre el tema. Para ello, la UERIA redactará procedimientos e instrumentos para unificar la recolección de la información. Así mismo, para la realización de los estudios propuestos, se deben proveer

recursos y entre los mecanismos a considerar se debería incluir priorizaciones a nivel de investigación tanto, por parte de la academia como por los otros actores del Sistema MSF.

## 8 GLOSARIO

**ACTIVIDAD DE AGUA ( $a_w$ ) O ACTIVIDAD ACUOSA:** Relación que existe entre la presión de vapor de un alimento específico en relación con la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura. Se denomina por regla general como  $a_w$  (del idioma inglés water activity).

**ADN:** El ácido desoxirribonucleico, frecuentemente abreviado como ADN (y también DNA, del inglés *deoxyribonucleic acid*), es un tipo de ácido nucleico, una macromolécula que forma parte de todas las células. Contiene la información genética usada en el desarrollo y el funcionamiento de los organismos vivos conocidos y de algunos virus, y es responsable de su transmisión hereditaria.

**AGENTE ANTIMICROBIANO:** Sustancia que mata o inhibe el crecimiento de microorganismos, tales como las bacterias, hongos, parásitos o virus.

**ANÁLISIS DE CORRELACIÓN:** Grupo de técnicas estadísticas utilizadas para medir el grado de relación entre dos variables.

**ANÁLISIS DE REGRESIÓN:** Procedimiento estadístico que estudia la relación funcional entre variables.

**ANTIBIÓTICO:** Sustancia de origen natural o sintético que en concentración preestablecidas mata o inhibe el crecimiento de microorganismos sensibles al mismo, generalmente bacterias.

**ASINTOMÁTICO:** Individuo que presenta la infección pero no manifiesta sus síntomas. También es el periodo de una enfermedad que no presenta manifestaciones.

**ASPORÓGENA:** Bacteria no productora de esporas (endosporas) que son estructuras celulares resistentes a condiciones adversas.

**BACTERIA AEROBIA FACULTATIVA:** Bacterias que pueden vivir en presencia o ausencia de oxígeno y esto está relacionado con la posibilidad de utilizar diferentes receptores de electrones en el metabolismo respiratorio.

**BIOPELÍCULA O BIOFILM:** Ecosistema microbiano organizado, conformado por uno o varios microorganismos asociados a una superficie viva o inerte, con características funcionales y estructuras complejas.

**BROTE:** Presencia de dos o más casos de una enfermedad que tienen relación entre sí en tiempo, lugar o exposición.

**CASO DE ETA:** Persona que se ha enfermado después del consumo de alimentos o agua, considerados como contaminados, vista la evidencia epidemiológica o el análisis de laboratorios.

**COEFICIENTE DE CORRELACION DE SPEARMAN:** Mide el grado de correspondencia que existe entre los rangos que se asignan a los valores de las variables analizadas.

**CONTENIDO DE G+C:** En genética, GC, Contenido GC o Porcentaje GC (contenido de guanina y citosina) es una característica del genoma de un organismo o de cualquier pedazo de ADN o ARN.

**CONTAMINACIÓN:** Presencia de microorganismos patógenos en los alimentos. También denominada contaminación primaria o de origen debido a que se presenta durante el proceso de producción del alimento.

**CONTAMINACIÓN CRUZADA:** Proceso de transferencia de microorganismos patógenos a un alimento por contacto con diferentes superficies vivas (manipuladores de alimentos, animales) o inertes (mesas, zonas de lavado, equipos, utensilios, ropa, trapos de cocina), con alimentos crudos o sus jugos o por aire contaminado (secreciones al estornudar o toser en las áreas de preparación de alimentos).

**DESINFECTANTE:** Sustancia o mezcla de sustancias químicas utilizada para matar o neutralizar microorganismos. Los desinfectantes suelen aplicarse a superficies u objetos inanimados y no necesariamente son eficaces sobre las esporas.

**DNA (ADN) CROMOSOMAL:** ADN que forma parte del cromosoma bacteriano.

**EMESIS:** Expulsión violenta y espasmódica del contenido del estómago a través de la boca. También denominado vómito.

**ENTERITIS NECROSANTE:** Proceso inflamatorio agudo, caracterizado por necrosis isquémica de la mucosa gastrointestinal, con el consecuente desprendimiento de la pared intestinal.

**ENTEROTOXINA A:** Uno de los serotipos de toxinas de *S. aureus* que tiene tropismo de acción en el intestino delgado.

**ENTEROTOXINA TERMORRESISTENTE:** Toxina que tiene su sitio de acción en el intestino y es resistente a temperatura alta.

**FACTOR DE VIRULENCIA:** Componentes que determinan las características de virulencia (por ejemplo factores de adherencia); la invasión y replicación intracelular (por ejemplo invasinas); la producción de toxinas (por ejemplo enterotoxinas) y la resistencia a los mecanismos de defensa del huésped entre otros.

**FAGOS:** También llamados bacteriófagos (del griego *phageton*) son virus que infectan exclusivamente a bacterias.

**FASE ESTACIONARIA DEL CRECIMIENTO:** Fase de crecimiento bacteriano en la cual no hay aumento de crecimiento, es una fase de crecimiento neto. En esta fase el volumen celular disminuye y la forma se redondea, se engrosa la pared, disminuye el número de flagelos y se incrementa la resistencia celular a condiciones adversas. La población bacteriana es heterogénea en la medida que se encuentran subpoblaciones bacterianas en diferentes fases fisiológicas: de reproducción, de muerte y de mantenimiento.

**FASE LOGARÍTMICA DE CRECIMIENTO:** Fase de crecimiento exponencial en donde las células bacterianas se dividen de forma constante y con máxima tasa de crecimiento por fisión binaria.

**GASTROENTERITIS:** Inflamación de la membrana interna del tracto gastrointestinal que puede ser causada por bacterias o parásitos.

**GENES:** Secuencia lineal organizada de nucleótidos en la molécula de ADN, que contiene la información necesaria para la síntesis de una macromolécula con función celular específica.

**GRAFICO DE TORNADO:** Diagrama en barras del análisis de sensibilidad.

**INMUNOENSAYO:** Conjunto de técnicas inmunoquímicas analíticas de laboratorio que tienen en común el usar complejos inmunes, es decir los resultantes de la conjugación de anticuerpos y antígenos, como referencias de cuantificación de un analito (sustancia objeto de análisis) determinado, que puede ser el anticuerpo (Ac) o un antígeno (Ag), usando para la medición una molécula como marcador que hace parte de la reacción con el complejo inmune en la prueba o ensayo químico.

**INTOXICACIÓN ALIMENTARIA ESTAFILOCÓCICA (IAE):** Manifestación clínica de toxicidad (intoxicación) consecuencia de la ingestión de toxinas producidas por *Staphylococcus aureus*, vehiculizadas por alimentos.

**ISLA DE PATOGENICIDAD:** Fracción del ADN genómico de un microorganismo patógeno que le faculta como virulento

**MASTITIS:** Término médico que se refiere a la inflamación de la glándula mamaria de primates y la ubre en otros mamíferos. La mastitis puede ser llamada también absceso subareolar, ectasia ductal, inflamación periductal o enfermedad de Zuska.

**MESÓFILO:** Bacteria con temperatura óptima de crecimiento entre 30 y 40°C.

**MICROBIOTA:** Conjunto de microorganismos que se localizan de manera normal en distintos sitios del cuerpo humano y animales entre otros.

**ORGANÓTROFA:** Bacteria que utiliza sustratos orgánicos como fuente de energía.

**PATÓGENO:** Microorganismo que produce enfermedad.

**PLÁSMIDOS:** Moléculas de ADN extracromosómico circular o lineal que se replican y transcriben independientes del ADN cromosómico. Están presentes normalmente en bacterias, y en algunas ocasiones en organismos eucariotas como las levaduras.

**POLIPÉPTIDOS:** Nombre utilizado para designar un péptido de tamaño suficientemente grande; como orientación, se puede hablar de más de 10 aminoácidos. Cuando el polipéptido es suficientemente grande y, en particular, cuando tiene una estructura tridimensional única y estable, se habla de una proteína.



**PORTADORES:** Organismo que alberga un agente patógeno en su organismo en ausencia de enfermedad clínica y que puede actuar de fuente de infección en un momento dado.

**POTENCIAL REDOX O POTENCIAL DE ÓXIDO-REDUCCIÓN:** Medida (en voltios) de la actividad de los electrones; de la tendencia de una sustancia a donar o a aceptar electrones.

**PREVALENCIA:** Término epidemiológico que establece la proporción de individuos de un grupo o una población que presentan una característica o evento determinado en un momento o en un período determinado ("prevalencia de periodo").

**PSICRÓTROFO:** Microorganismo que crece a una temperatura de 0°C con óptimo crecimiento entre 20 y 30°C.

**RECONTAMINACIÓN:** Transferencia de microorganismos patógenos a alimentos en los cuales ha sido reducida o eliminada la carga microbiana por medio de un proceso térmico.

**SUPER-ANTIGÉNICAS:** Grupo de proteínas producidas por bacterias, que interaccionan con el sistema inmune del hospedador de una manera poco convencional, y pueden provocar enfermedades tales como shock tóxico, intoxicaciones alimentarias y enfermedades autoinmunes.

**TERMONUCLEASA:** Enzima bacteriana que degrada el ADN y resistente a temperaturas altas.

**TRANSPOSONES:** Secuencia de ADN que puede moverse autosuficientemente a diferentes partes del genoma de una célula; puede causar mutaciones y modificaciones en el genoma.

**UBICUA:** Presencia, para este caso, de la bacteria en muchos ambientes y materiales.

**UNIDADES FORMADORAS DE COLONIA (UFC):** Mínimas unidades de crecimiento bacteriano, denominadas colonias, observadas en medio sólido servido en cajas de petri.

## 9 SIGLAS

CDC: Centro de Control y Prevención de Enfermedades (EEUU)

D: Tiempo de reducción decimal DTS: Direcciones Territoriales de Salud

EE.UU.: Estados Unidos

ENDS: Encuesta Nacional de Demografía y Salud

ETA: Enfermedad transmitida por alimentos

FDA: Administración de Alimentos y Medicamentos de EE.UU.

FENAVI: Federación Nacional de Avicultores de Colombia

FSIS: Food Safety and Inspection Service – USDA

G+C: Guanina + Citosina

IAE: Intoxicación alimentaria estafilocócica

INS: Instituto Nacional de Salud

INVIMA: Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos

IVC: Inspección, Vigilancia y Control

MPS: Ministerio de la Protección Social

PCR: Reacción en Cadena de la Polimerasa

PMP: Pathogen Modeling Program

SE: Enterotoxinas Estafilocócicas

SIVIGILA: Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública

UE: Unión Europea

UFC: Unidades formadoras de colonias

USDA: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (United States Department of Agriculture)

## **10 AGRADECIMIENTOS**

La Unidad de Evaluación de Riesgo para la Inocuidad de los Alimentos (Ueria) del Instituto Nacional de Salud y el Ministerio de la Protección Social agradecen a todos aquellos que con su tiempo y experiencia han contribuido en la elaboración del presente documento a través de la búsqueda de información científica, su análisis y observaciones.

También agradece la contribución de las Subdirecciones de Investigación, Vigilancia y Control en Salud Pública y Red Nacional de Laboratorios del Instituto Nacional de Salud, principalmente al Grupo de Vigilancia de Factores de Riesgo Ambiental por su orientación en el análisis de la información del Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública (Sivigila).

La Ueria reconoce que la colaboración y aportes de la Comisión intersectorial de Medidas Sanitarias y fitosanitarias a través de la Secretaría Técnica a cargo del Departamento Nacional de Planeación contribuyeron desinteresada y oportunamente a este proceso mediante su apoyo en la búsqueda de información y como agente facilitador con los actores del Sistema Nacional de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias.

## 11 BIBLIOGRAFÍA

1. Benenson A. Manual para el control de las enfermedades transmisibles. *Rev Esp de Salud Pública*. 1997;71:499-500.
2. SIVIGILA. Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública. Enfermedades Transmitidas por Alimentos. Bogotá. 2007 - 2010.
3. Mead P, Slutsker L, Dietz V, McCaig L, Bresee J, Shapiro C, Griffin P, Tauxe R. Food-related illness and death in the United States. *Emerg Infect Dis*. 1999;5(5):607.
4. Doyle M, Beuchat L, Montville T. Microbiología de los Alimentos, 2001. Fundamentos y Fronteras. Pp. 371-393. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
5. Kérouanton A, Hennekinne JA, Letertre C, Petit L, Chesneau O, Brisabois A, De Buyser ML. Characterization of *Staphylococcus aureus* strains associated with food poisoning outbreaks in France. *Int J Food Microbiol*. 2007;115(3):369-75.
6. Kim H, Griffiths M, Fazil A, Lammerding A. Probabilistic Risk Model for Staphylococcal Intoxication from Pork-Based Food Dishes Prepared in Food Service Establishments in Korea. *J Food Prot*. 2009;72(9):1897-908.
7. Chiang Y, Liao W, Fan C, Pai W, Chiou C, Tsen H. PCR detection of staphylococcal enterotoxins (SEs) N, O, P, Q, R, U, and survey of SE types in *Staphylococcus aureus* isolates from food-poisoning cases in Taiwan. *Int J Food Microbiol*. 2008;121(1):66-73.
8. Centro Nacional de Epidemiología. Brotes de Enfermedades Transmitidas por Alimentos 1994-2003. Boletín Epidemiológico semanal, España.
9. Adak G, Meakins S, Yip H, Lopman B, O'Brien S. Disease risks from foods, England and Wales, 1996-2000. *Emerg Infect Dis*. 2005;11(3):365-72.
10. Lynch M, Painter J, Woodruff R, Braden C. Surveillance for Foodborne-disease Outbreaks: United States, 1998--2002. Disponible en: <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/ss5510a1.htm>. Consultado: octubre 15 de 2010.
11. NZFSA. (New Zealand Food Safety Authority). *Staphylococcus aureus*. Issued May (2001) 1-4 Available at: <http://www.nzfsa.govt.nz/science/data-sheets/Staphylococcus-aureus.pdf>. Consultado septiembre 12 de 2010.
12. CDC. (Centers for Disease Control and Prevention). Surveillance for Foodborne-Disease Outbreaks United States, 1993–1997. *Surveillance Summaries*. 2000;49(ss-1).
13. Pepe O, Blaiotta G, Bucci F, Anastasio M, Aponte M, Villani F. *Staphylococcus aureus* and staphylococcal enterotoxin A in breaded chicken products: Detection and behavior during the cooking process. *Appl Environ Microbiol*. 2006;72(11):7057.
14. Le Loir Y, Baron F, Gautier M. *Staphylococcus aureus* and food poisoning. *Genet Mol Res*. 2003;2(1):63-76.
15. Escartin F. Microbiología e inocuidad de los alimentos. *Queretaro, México: Universidad Autónoma de Queretaro*. 2000.
16. MPS. Ministerio de la Protección Social de Colombia. Sistema de Inspección, Vigilancia y Control de las Direcciones Territoriales de Salud (IVC) . 2010.
17. Garrity G, Bell J, Lilburn T. Taxonomic outline of the prokaryotes. *Bergey's manual of systematic bacteriology*, release 5.0. New York, Springer; 2004.
18. Jay J, Loessner M, Golden D. Microbiología moderna de los alimentos: Acribia; 2005.
19. FSAI. (The Food Safety Authority of Ireland). *Staphylococcus aureus*. [http://www.fsai.ie/publications/factsheet/factsheet\\_Staphylococcus\\_aureus%20.pdf](http://www.fsai.ie/publications/factsheet/factsheet_Staphylococcus_aureus%20.pdf). Fecha de consulta 19/10/10.
20. Frazier WC, Westhoff DC. Microbiología de los Alimentos. Cuarta Edición. Zaragoza: Editorial Acribia. 1993.
21. Lina G, Bohach B, Nair S, Hiramatsu K, Jouvin-Marche E, Mariuzza R. Standard Nomenclature for the Superantigens Expressed by *Staphylococcus*. *JID*. 2004; Brief Report:2334-6.
22. Ono H, Omoe K, Imanishi K, Iwakabe Y, Hu D, Kato I, Saito N, Nakane A, Uchiyama T, Shinagawa K. Identification and Characterization of Two Novel Staphylococcal Enterotoxins, Types S and T. *Infect Immun*. 2008;76(11):4999–5005.

23. Normanno G, Firinu A, Virgilio S, Mula G, Dambrosio A, Poggio A, Decastelli L, Mioni R, Scuota S, Bolzoni G, Di Giannatale E, Salinetti AP, La Salandra G, Bartoli M, Zuccon F, Pirino T, Sias S, Parisi A, Quaglia NC, Celano GV. Coagulase-positive Staphylococci and *Staphylococcus aureus* in food products marketed in Italy. *Int J Food Microbiol.* 2005;98(1):73-9.
24. Nawrotek P, Borkowski J. The characteristics of staphylococcal enterotoxins produced by strains isolated from mastitic cows, including epidemiological aspects. *Przegląd § d epidemiologiczny.* 2005;59(4):891.
25. ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods) , Microorganismos de los Alimentos: Características de los Patógenos Microbianos. Ed Acribia España. 1998.
26. Márta D, Wallin-Carlquist N, Schelin J, Borch E, Radstrom P. Extended staphylococcal enterotoxin D expression in ham products. *Food Microbiol.* 2010;28(3):617-20.
27. Mossel D, Moreno B, Struijk C. Food Microbiology, Acribia. 2003.
28. Park C, Akhtar M, Rayman M. Evaluation of a commercial enzyme immunoassay kit (RIDASCREEN) for detection of staphylococcal enterotoxins A, B, C, D, and E in foods. *Appl Environ Microbiol.* 1994;60(2):677-81.
29. Park C, Akhtar M, Rayman M. Nonspecific reactions of a commercial enzyme-linked immunosorbent assay kit (TECRA) for detection of staphylococcal enterotoxins in foods. *Appl Environ Microbiol.* 1992;58(8):2509.
30. Jechorek R, Johnson R. Evaluation of the VIDAS® Staph Enterotoxin II (SET 2) Immunoassay Method for the Detection of Staphylococcal Enterotoxins in Selected Foods: Collaborative Study. *J AOAC Int.* 2008;91(1):164-73.
31. Pigott D. Foodborne Illness. *Emerg Med Clin North Am.* 2008;26(2):475-97.
32. FAO/OPS/OIRSA/IICA/ICMSF/MIDAS-USAID/DNP. Informe de la Reunión Técnica sobre evaluación de riesgos microbiológicos en alimentos. Bogotá. 2008
33. ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods) I. Microorganismos de los Alimentos: Análisis microbiológico en la gestión de la seguridad alimentaria. Editorial Acribia. 2004;Zaragoza(España):367p.
34. Aycicek H, Cakiroglu S, Stevenson TH. Incidence of *Staphylococcus aureus* in ready-to-eat meals from military cafeterias in Ankara, Turkey. *Food Control.* 2005;16(6):531-4.
35. Novick R. Mobile genetic elements and bacterial toxinoses: the superantigen-encoding pathogenicity islands of *Staphylococcus aureus*. *Plasmid.* 2003;49(2):93-105.
36. Asao T, Kumeda Y, Kawai T, Shibata T, Oda H, Haruki K, Nakazawa H, Kozaki S. An Extensive Outbreak of Staphylococcal Food Poisoning Due to Low-Fat Milk in Japan: Estimation of Enterotoxin A in the Incriminated Milk and Powdered Skim Milk. *Epidemiol Infect.* 2003;130(1):33-40.
37. Evenson M, Ward Hinds M, Bernstein R, Bergdoll M. Estimation of human dose of staphylococcal enterotoxin A from a large outbreak of staphylococcal food poisoning involving chocolate milk. *Int J Food Microbiol.* 1988;7(4):311-6.
38. Pérez F. Evaluación cuantitativa del riesgo microbiano en productos cárnicos cocidos: modelos de contaminación cruzada y su impacto sobre la gestión del riesgo *Tesis doctoral, Universidad de Córdoba; 2006 Disponible en: http://hdl.handle.net/10396/425,14289428pdf.*
39. Kishimoto M, Hioki Y, Okano T, Konuma H, Takamizawa K, Kashio H, Kasuga F. Ribotyping and a study of transmission of *Staphylococcus aureus* collected from food preparation facilities. *J Food Prot.* 2004;67(6):1116-22.
40. Gorwitz R, Kruszon-Moran D, McAllister S, McQuillan G, McDougal L, Fosheim G, Jensen B, Killgore G, Tenover F, Kuehnert M. Changes in the prevalence of nasal colonization with *Staphylococcus aureus* in the United States, 2001-2004. *J Infect Dis.* 2008;197(9):1226.
41. EFSA. Assessment of the Public Health significance of meticillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in animals and foods. *The EFSA Journal* 2009;993:1-73.
42. Christison CA, Lindsay D, von Holy A. Microbiological survey of ready-to-eat foods and associated preparation surfaces in retail delicatessens, Johannesburg, South Africa. *Food Control.* 2008;19(7):727-33.
43. Encuesta de Demografía y Salud (ENDS). Colombia, 2005. Disponible en: [www.profamilia.org.co/encuestas/index\\_ends.htm](http://www.profamilia.org.co/encuestas/index_ends.htm).

44. Informe Epidemiológico de la Vigilancia de las Enfermedades Transmitidas por Alimentos. Colombia, 2009. Disponible en: <http://bitacoramedica.com/weblog/2010/04/sube-38-el-numero-de-enfermos-por-mal-manejo-de-alimentos/>.
45. Echeverri L, Cifuentes G, Granados J, Arias J, Fernández C. Cinética de desinfección para cinco desinfectantes utilizados en industria farmacéutica. *Revista Cubana de Farmacia*. 2007;41(2).
46. Cabrera C, Gómez R, Zúñiga A. La resistencia de bacterias a antibióticos, antisépticos y desinfectantes una manifestación de los mecanismos de supervivencia y adaptación. *Colomb Méd*. 2007;38(2):149-58.
47. Holah J. Desinfectant test methods for foods hygiene, institutional, industrial and domestic. *Int Biodeterioration Biodegradation* 1995:355-65.
48. Albuquerque W, Macrae A, Sousa O, Vieira G, Vieira R. Multiple drug resistant *Staphylococcus aureus* strains isolated from a fish market and from fish handlers. *Bras J Microbiol*. 2007;38:131-4.
49. Kassaify Z, El Hakim R, Rayya E, Shaib H, Barbour E. Preliminary study on the efficacy and safety of eight individual and blended disinfectants against poultry and dairy indicator organisms. *Vet Ital*. 2007;43(4):821-30.
50. Herrarte M. Detección de *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Campilobacter jejuni* y *Staphylococcus aureus* en pollo frito utilizando el metodo de inmunoensayo. Universidad Francisco Marroquin, escuela de Nutricion Guatemala. Tesis de pregrado Licenciado en nutrición química. 2004.
51. ICMSF. Microorganisms in Foods 5. Characteristics of Microbial Pathogens. Blackie Academic and Professional, London. 1996.
52. Fletcher D, Qiao M, Smith D. The relationship of raw broiler breast meat color and pH to cooked meat color and pH. *Poult Sci*. 2000;79(5):784.
53. Saláková A, Straková E, Válková V, Buchtová H, Steinhauerová I. Quality Indicators of Chicken Broiler Raw and Cooked Meat Depending on Their Sex. *Acta Vet Brno*. 2009;78:497-504.
54. Lee E, Dadgar S, Kim C, Shand P. Effect of raw L\* - value and marination on cooked meat quality of broiler thigh meat. Department of Food and Bioproduct Sciences Konkuk University, Seoul. *CMSA*. 2007.
55. Carvajal G. Valor Nutricional de la Carne de : Res, Cerdo y Pollo. Corporacion de Fomento Ganadero San José, Costa Rica. 2001.
56. USDA – FSIS (United States Department of Agriculture – Food Safety and Inspection Center). Poultry Preparation. Focus On: Chicken. [http://www.fsis.usda.gov/factsheets/Chicken\\_Food\\_Safety\\_Focus/index.asp](http://www.fsis.usda.gov/factsheets/Chicken_Food_Safety_Focus/index.asp) Consultado noviembre de 2010.
57. USDA – FSIS (United States Department of Agriculture – Food Safety and Inspection Center). Manejo Adecuado de los Alimentos. “La Zona de Peligro” (4°C – 6°C). [http://www.fsis.usda.gov/en\\_espanol/Zona\\_de\\_Peligro/index.asp](http://www.fsis.usda.gov/en_espanol/Zona_de_Peligro/index.asp) Consultado noviembre de 2010.
58. Waldroup A. Contamination of raw poultry with pathogens. *World Poult Sci J*. 1996;52(01):7-25.
59. Thompson JK, Patterson JT. *Staphylococcus aureus* from a site of contamination in a broiler processing plant. *Record of Agricultural Research* 31, 45-53 En: *Microorganisms in Foods 6: Microbial Ecology of Food Commodities editado por International Commission on Microbiological Specifications for Foods, 2005*. 1983;ISBN 0-306-48675-X.:45-53.
60. Purdy J, Dodd C, Fowler D, Waites W. Increase in microbial contamination of defeathering machinery in a poultry processing plant after changes in the method of processing. *Lett Appl Microbiol*. 1988;6(2):35-8.
61. Carlos AMA, Harrison MA. Inhibition of selected microorganisms in marinated chicken by pimento leaf oil and clove oleoresin. *J Appl Poult Res*. 1999;8(1):100.
62. Ramírez R. Tecnología de cárnicos. Universidad Nacional abierta y a Distancia, Bogota. 2006.
63. USDA – FSIS (United States Department of Agriculture – Food Safety and Inspection Center). Safe Food Handling. Basics for Handling Food Safely. [http://www.fsis.usda.gov/factsheets/Basics\\_for\\_Handling\\_Food\\_Safely/index.asp](http://www.fsis.usda.gov/factsheets/Basics_for_Handling_Food_Safely/index.asp) Consultado noviembre de 2010.
64. USDA – FSIS (United States Department of Agriculture – Food Safety and Inspection Center). Safe Food Handling. El congelar. [http://www.fsis.usda.gov/en\\_espanol/El\\_Congelar/index.asp](http://www.fsis.usda.gov/en_espanol/El_Congelar/index.asp) Consultado noviembre de 2010.
65. USDA – FSIS (United States Department of Agriculture – Food Safety and Inspection Center). Safe Food Handling. The Big Thaw – Safe Defrosting

Methods for Consumers.  
[http://www.fsis.usda.gov/factsheets/Big\\_Thaw/index.asp](http://www.fsis.usda.gov/factsheets/Big_Thaw/index.asp)  
Consultado noviembre de 2010.

66. USDA – FSIS (United States Department of Agriculture – Food Safety and Inspection Center). Safe Food Handling. Be Smart. Keep Foods Apart. Don't Cross – Contaminate.  
[http://www.fsis.usda.gov/factsheets/Be\\_Smart\\_Keep\\_Foods\\_Apart/index.asp](http://www.fsis.usda.gov/factsheets/Be_Smart_Keep_Foods_Apart/index.asp) Consultado noviembre de 2010.

67. USDA – FSIS (United States Department of Agriculture – Food Safety and Inspection Center). Safe Food Handling. Washing Food: Does it Promote Safety?  
[http://www.fsis.usda.gov/factsheets/Does\\_Washing\\_Food\\_Promote\\_Food\\_Safety/index.asp](http://www.fsis.usda.gov/factsheets/Does_Washing_Food_Promote_Food_Safety/index.asp) Consultado noviembre de 2010.

68. Fogg NE, Harrison DL. Relationships of electrophoretic patterns and selected characteristics of bovine skeletal muscle and internal temperature. *J Food Sci.* 1975;40(1):28-34.

69. Krzywicki K. Relation of ATPase activity and calcium uptake to postmortem glycolysis. *J Food Sci.* 1971;36(5):791-4.

70. Kayim M, Can E. The pH and total fat values of fish meat in different iced storage period. *Asian J Anim Vet Adv.* 2010;5:346-8.

71. Koonz C, Ramsbottom J. Susceptibility of frozen-defrosted poultry meat to drip. *J Food Sci.* 1939;4(5):485-92.

72. OMS. Manual sobre las cinco claves para la inocuidad de los alimentos. Disponible en: [http://www.who.int/foodsafety/publications/consumer/manual\\_keys\\_es.pdf](http://www.who.int/foodsafety/publications/consumer/manual_keys_es.pdf) Consultado noviembre de 2010.

73. Gobierno de Chile, Ministerio de Salud. Manual de Procedimientos Control Sanitario de la Internación de Alimentos. Disponible en: [http://www.chilealimentos.com/medios/2008/e\\_Normativas\\_Nacionales/Ministerio\\_Salud/Reglamento\\_Sanitario\\_de\\_Alimentos\(RSA\)/Consultapublica2006/manual\\_procedimientos\\_alimentos\\_CONSULTA\\_PUBLICA.pdf](http://www.chilealimentos.com/medios/2008/e_Normativas_Nacionales/Ministerio_Salud/Reglamento_Sanitario_de_Alimentos(RSA)/Consultapublica2006/manual_procedimientos_alimentos_CONSULTA_PUBLICA.pdf) Consultado noviembre de 2010.

74. Eurocode 2: Main Food Groups: classification, categories and policies. Versión 99/2. Disponible en: <http://www.ianunwin.demon.co.uk/eurocode/docmn/ec99/ecmgintr.htm>. Consultado noviembre de 2010.



## 12 ANEXOS

### Anexo 1. Modelo de Simulación

#### Componentes y supuestos técnicos del modelo de simulación

La concentración de *S. aureus* enterotoxigénico en el pollo se representó a lo largo del proceso de preparación del alimento hasta su consumo en caliente. Para la construcción del modelo estocástico se recurrió a información científica publicada, a estadísticas epidemiológicas, a simuladores y al conocimiento de expertos para suplir la ausencia de datos y poder evaluar la probabilidad y la severidad del consumo de alimentos preparados no industriales para consumo en caliente con presencia de SE. La unidad de interés la conformaron los hogares, casinos e instituciones educativas con servicio de alimentos.

Los modelos de simulación requieren introducir supuestos subjetivos con impacto sobre los resultados de la evaluación de riesgo. El presente modelo se generó con los siguientes supuestos técnicos:

- a. el pollo es la única fuente de contaminación de los alimentos preparados,
- b. solo se consideró la transferencia de *S. aureus* enterotoxigénico de las manos del manipulador y de las superficies al pollo,
- c. el lavado del pollo o de su carne se realiza con agua potable y no incorpora carga microbiana adicional y
- d. el 100% del *S. aureus* presente en el pollo produce SE.

Se evaluaron los siguientes efectos sobre la carga de *S. aureus* enterotoxigénico en el pollo:

- a. descongelación,
- b. refrigeración,
- c. adecuación previo a cocción (contaminación cruzada),
- d. cocción, procesamiento pos-cocción y conservación antes del servicio (contaminación cruzada) y
- e. recalentamiento.

## Determinación de la tasa de crecimiento de *Staphylococcus aureus* en función de la temperatura

Los parámetros de crecimiento de *S. aureus* se determinaron utilizando los simuladores Growth Predictor ([www.combase.cc/](http://www.combase.cc/)) y Pathogen Modeling Program, PMP ([pmp.arserrc.gov/PMPOnline.aspx](http://pmp.arserrc.gov/PMPOnline.aspx)). Para determinar la tasa máxima de crecimiento de *S. aureus* en los rangos de temperatura de 7,5 – 40°C y de pH entre 5,0 – 6,8 se utilizaron los simuladores Growth Predictor (estado fisiológico = 1,  $a_w = 0,99$ ) y el PMP (aerobiosis,  $a_w = 0,99$ ). De acuerdo a los parámetros cinéticos de crecimiento predichos (Anexo 3) se optó por utilizar el peor escenario con un valor de pH 6,8 para la obtención del modelo secundario que relaciona la tasa de crecimiento con temperaturas en el rango de 7,5 – 40°C (Fig. 1-1 y 1-2). Este modelo secundario se utilizó como entrada en el modelo de simulación. La tabla 16 presenta el tiempo que requiere *S. aureus* para crecer de 1 a 5 ciclos logarítmicos. La fig. 1-3 relaciona la temperatura con el tiempo para que *S. aureus* crezca hasta  $10^5$  UFC/g.

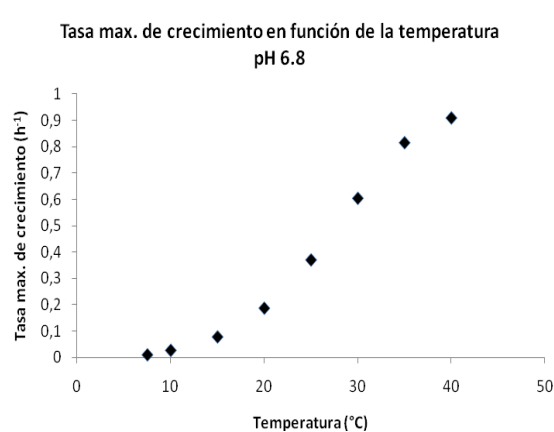


Fig. 1-1. Tasas de crecimiento determinadas por el simulador PMP en función de la temperatura a pH 6.8

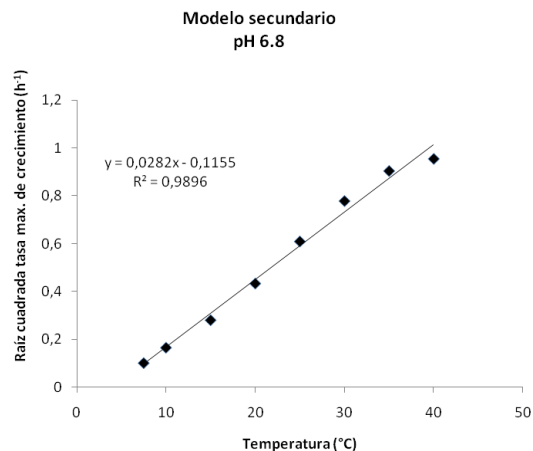
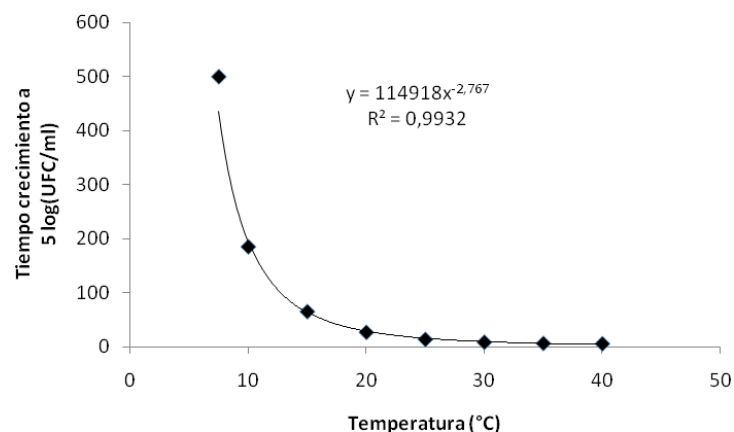


Fig. 1-2. Modelo secundario de raíz cuadrada de la tasa de crecimiento (pH 6,8) en función de la temperatura



**Fig. 1-3. Tiempo para que *S. aureus* alcance una concentración de  $10^5$  UFC/mL en función de la temperatura.**

### Simulación de escenarios

El diagrama de flujo de la preparación del alimento para su consumo en caliente contempla seis escenarios diferentes (fig. 1):

De los seis escenarios propuestos el escenario 2 representa el de menor riesgo y el escenario 5 el de mayor riesgo.

Para la evaluación de la exposición se utilizó el hiper-cubo latino como método de muestreo con 10,000 iteraciones a partir de distribuciones establecidas con el programa @Risk versión académica (Palisade, NY). La tabla 1-1 contiene las variables de entrada del modelo de simulación base.

**Tabla 1. Variables de entrada del modelo de simulación**

Módulo	Variable	Descripción	Unidad	Distribución/Modelo
Concentración inicial de <i>S. aureus</i>	$C_i$	Concentración inicial	$\log_{10}$ UFC/mL	RiskTriang (-2; 0; 3)
Crecimiento de <i>S. aureus</i>	$C_f$	Modelo de crecimiento	$\log_{10}$ UFC/mL	Gompertz modificado
	$\mu$	Tasa máxima de crecimiento	$\log_{10}$ UFC/mL x h	$(0.0282 \times T - 0.1155)^2$
Inactivación de <i>S. aureus</i>	D	Tiempo de reducción decimal	min	$0.25 \times 10^{((70-T)/7.46)}$
	K	Tasa máxima de inactivación	$-\log_{10}$ UFC/mL x h	T/D
Producción de SE	$SE_p$	Producción de enterotoxina	ng/g	$10^{(0.9300751 \cdot \text{conc}(\log \text{UFC/g}) - 6.662092)}$
Descongelación	$T_D$	Temperatura descongelación	°C	RiskTriang (3; 4; 30)
	$D_D$	Duración descongelación	h	RiskUniform (10;24)
Refrigeración	$T_R$	Temperatura refrigeración	°C	RiskTriang (3; 4; 10)
	$D_R$	Duración refrigeración (pollo cocido y/o sobrantes)	h	RiskTriang (6; 24; 96)
Preparación	$T_A$	Temperatura de preparación	°C	RiskTriang (3; 4; 30)
	$P_A$	Permanencia en preparación	h	RiskUniform (0.1; 2)
Contaminación cruzada (pre cocción)	$C_M$	Concentración manipuladores (antes de cocción)	$\log_{10}$ UFC/mL	RiskNormal (LOG(PROMEDIO(0;1000)))
	$Tra_M$	Transferencia manipuladores (antes de cocción)	%	RiskTriang (0; 0.3; 1)
Cocción	$T_C$	Temperatura cocción	°C	RiskTriang (60 ; 75; 100)
	$D_C$	Duración cocción	min	RiskUniform (6; 15)
Contaminación cruzada (pos-cocción)	$C_S$	Concentración superficie	$\log_{10}$ UFC/mL	RiskNormal (LOG(PROMEDIO(0;100)))
	$Tra_S$	Transferencia superficie	%	RiskTriang (0; 0.7; 1)
	$C_M$	Concentración manipuladores (después de cocción)	$\log_{10}$ UFC/mL	RiskNormal (LOG(PROMEDIO(0;1000)))
	$Tra_M$	Transferencia manipuladores (después de cocción)	%	RiskTriang (0; 0.5; 1)
	$T_P$	Temperatura procesamiento	°C	RiskGeneral (3; 70) (9)
	$D_P$	Duración procesamiento	h	RiskTriang (0.1; 0.25; 0.5)
Servicio	$T_S$	Temperatura servicio	°C	RiskTriang (36; 60; 70)
	$D_S$	Duración servicio	h	RiskTriang (0; 1; 4)
Recalentamiento	$T_{Ca}$	Temperatura calentamiento	°C	RiskTriang (60 ; 75; 100)
	$D_{Ca}$	Duración del calentamiento	min	RiskUniform (6; 15)

Los resultados de la simulación fueron los siguientes:

Escenario	Antes de la Cocción	Descongelación / Refrigeración	Servicio	Post-cocción
1. Recepción (pollo congelado) → Descongelación → Preparación → Cocción → Troceado → Servicio	El 69% de las porciones se encuentra con concentraciones de <i>S. aureus</i> > 10 <sup>5</sup> UFC/g; el 18,6 % de las porciones se encuentra con concentraciones de SE > 20 ng/g.	<i>Descongelación:</i> A partir del análisis de sensibilidad (coeficiente de correlación de Spearman) se establece que la distribución de la temperatura de descongelación tiene la mayor influencia sobre el resultado con un 87%.	En el momento de servicio el 2,5% de las porciones contiene <i>S. aureus</i> > 10 <sup>5</sup> UFC/g y un 15,1% concentración de SE > 20 ng/g.	
2. Recepción (pollo refrigerado) → Preparación → Cocción → Troceado → Servicio	El 19,7% de las porciones se encuentra con concentraciones de <i>S. aureus</i> > 10 <sup>5</sup> UFC/g; el 0 % de las porciones se encuentra con concentraciones de SE > 20 ng/g con una media de 0,006 ng/g.	<i>Refrigeración:</i> A partir del análisis de sensibilidad se establece que la distribución de la temperatura de refrigeración tiene la mayor influencia sobre el resultado con un 27%.	En el momento de servicio el 3,4 % de las porciones contiene <i>S. aureus</i> > 10 <sup>5</sup> UFC/g y un 0,4 % concentración de SE > 20 ng/g.	
3. Recepción (pollo congelado) → Descongelación → Preparación → Cocción → Troceado → Refrigeración → Servicio	Los resultados son similares a los observados en el escenario 1.	<i>Descongelación:</i> A partir del análisis de sensibilidad se establece la distribución de la temperatura de descongelación tiene la mayor influencia sobre el resultado con un 77%.	En el servicio el 3,5 y 14% de las porciones presenta una concentración de <i>S. aureus</i> > 10 <sup>5</sup> UFC/g y de SE > 20 ng/g respectivamente.	Después de la refrigeración post-cocción las porciones con <i>S. aureus</i> > 10 <sup>5</sup> UFC/g es del 33,6% y las porciones SE > 20 ng/g es de 13%.
4. Recepción (pollo refrigerado) → Preparación → Cocción → Troceado → Refrigeración → Servicio	Los resultados son similares a los observados en el escenario 2.	<i>Refrigeración:</i> A partir del análisis de sensibilidad se establece la distribución de la temperatura de la primera refrigeración tiene la mayor influencia sobre el resultado con un 36%.	En el servicio el 2,5 y 0,3% de las porciones presenta una concentración de <i>S. aureus</i> > 10 <sup>5</sup> UFC/g y de SE > 20 ng/g respectivamente.	Después de la refrigeración post-cocción las porciones con <i>S. aureus</i> > 10 <sup>5</sup> UFC/g es del 33% y las porciones SE > 20 ng/g es de 0%.
5. Recepción (pollo congelado) → Descongelación → Preparación → Troceado → Servicio → Refrigeración → Calentamiento → Servicio	Los resultados son similares a los observados en el escenario 1.	<i>Descongelación:</i> A partir del análisis de sensibilidad se establece la distribución de la temperatura de descongelación tiene la mayor influencia sobre el resultado con un 76%.		En el momento del segundo servicio el 16,8 % de las porciones contiene <i>S. aureus</i> > 10 <sup>5</sup> UFC/g y un 30,2 % concentración de SE > 20 ng/g.
6. Recepción (pollo refrigerado) → Preparación → Cocción → Troceado → Servicio → Refrigeración → Calentamiento → Servicio	Los resultados son similares a los observados en el escenario 1.	A partir del análisis de sensibilidad se establece la distribución de la temperatura de adecuación antes de la cocción tiene la mayor influencia sobre el resultado con un 15%: las distribuciones de las actividades pos-cocción tienen rangos de 6 – 8%.	.	En el momento del segundo servicio el 16,8 % de las porciones contiene <i>S. aureus</i> > 10 <sup>5</sup> UFC/g y un 7,4 % concentración de SE > 20 ng/g

**Anexo 2. Parámetros cinéticos de crecimiento de *Staphylococcus aureus* estimados por los simuladores Growth Predictor (estado fisiológico = 1,  $a_w = 0,99$ ) y el PMP (aerobiosis,  $a_w = 0,99$ ).**

Temperatura (°C)	pH	Growth Predictor		PMP			
		Tasa máxima de crecimiento (log <sub>10</sub> UFC/h)	Tiempo de generación (h)	Tasa máxima de crecimiento (log <sub>10</sub> UFC/h)	Tiempo de generación (h)	Fase de latencia (h)	Concentración máxima (log <sub>10</sub> UFC/h)
7,5	5,0	0,01	40,78				
	5,2	0,01	35,31				
	5,4	0,01	31,74				
	5,6	0,01	28,78				
	5,8	0,01	27,79				
	6,0	0,01	26,21				
	6,2	0,01	26,08				
	6,4	0,01	26,68				
	6,6	0,01	28,07				
	6,8	0,01	30,35				
10	5,0	0,01	20,83	0,013	23,52	344,39	9,57
	5,2	0,02	17,99	0,015	20,66	222,34	9,57
	5,4	0,02	15,98	0,016	18,35	150,28	9,57
	5,6	0,02	14,60	0,020	15,01	78,76	9,57
	5,8	0,02	13,71	0,022	13,81	61,07	9,57
	6,0	0,02	13,24	0,013	23,52	49,58	9,57
	6,2	0,02	13,14	0,023	12,86	49,58	9,57
	6,4	0,02	13,41	0,025	12,12	42,14	9,57
	6,6	0,02	14,08	0,026	11,55	37,49	9,57
	6,8	0,02	15,19	0,027	11,14	34,92	9,57
15	5,0	0,05	6,64	0,037	8,11	76,28	9,57

Temperatura (°C)	pH	Growth Predictor		PMP			
		Tasa máxima de crecimiento (log <sub>10</sub> UFC/h)	Tiempo de generación (h)	Tasa máxima de crecimiento (log <sub>10</sub> UFC/h)	Tiempo de generación (h)	Fase de latencia (h)	Concentración máxima (log <sub>10</sub> UFC/h)
	5,2	0,05	5,71	0,042	7,12	49,92	9,57
	5,4	0,06	5,05	0,048	6,33	34,20	9,57
	5,6	0,07	4,59	0,053	5,69	24,52	9,57
	5,8	0,07	4,29	0,058	5,18	18,41	9,57
	6,0	0,07	4,13	0,063	4,77	14,47	9,57
	6,2	0,07	4,08	0,068	4,44	11,91	9,57
	6,4	0,07	4,14	0,072	4,19	10,26	9,57
	6,6	0,07	4,33	0,075	3,99	9,25	9,57
	6,8	0,06	4,65	0,078	3,85	8,73	9,57
20	5,0	0,11	2,77	0,089	3,38	23,52	9,57
	5,2	0,13	2,37	0,101	2,97	15,60	9,57
	5,4	0,14	2,09	0,114	2,64	10,83	9,57
	5,6	0,16	1,89	0,127	2,38	7,88	9,57
	5,8	0,17	1,76	0,139	2,16	5,99	9,57
	6,0	0,18	1,68	0,151	1,99	4,77	9,57
	6,2	0,18	1,65	0,162	1,86	3,98	9,57
	6,4	0,18	1,67	0,172	1,75	3,48	9,57
	6,6	0,17	1,74	0,180	1,67	3,18	9,57
6,8	0,16	1,86	0,187	1,61	3,04	9,57	
25	5,0	0,20	1,51	0,176	1,71	10,10	9,57
	5,2	0,23	1,29	0,201	1,50	6,79	9,57
	5,4	0,27	1,13	0,226	1,33	4,78	9,57
	5,6	0,30	1,02	0,251	1,20	3,52	9,57

Temperatura (°C)	pH	Growth Predictor		PMP			
		Tasa máxima de crecimiento (log <sub>10</sub> UFC/h)	Tiempo de generación (h)	Tasa máxima de crecimiento (log <sub>10</sub> UFC/h)	Tiempo de generación (h)	Fase de latencia (h)	Concentración máxima (log <sub>10</sub> UFC/h)
	5,8	0,32	0,94	0,275	1,09	2,72	9,57
	6,0	0,34	0,90	0,299	1,01	2,19	9,57
	6,2	0,34	0,88	0,321	0,94	1,85	9,57
	6,4	0,34	0,88	0,340	0,88	1,64	9,57
	6,6	0,33	0,91	0,357	0,84	1,52	9,57
	6,8	0,31	0,97	0,370	0,81	1,47	9,57
	30	5,0	0,28	1,08	0,289	1,04	6,04
5,2		0,33	0,91	0,328	0,92	4,11	9,57
5,4		0,38	0,80	0,369	0,82	2,93	9,57
5,6		0,42	0,71	0,410	0,73	2,19	9,57
5,8		0,46	0,66	0,450	0,67	1,71	9,57
6,0		0,48	0,62	0,489	0,62	1,40	9,57
6,2		0,50	0,61	0,524	0,57	1,20	9,57
6,4		0,49	0,61	0,556	0,59	1,08	9,57
6,6		0,48	0,63	0,583	0,52	1,01	9,57
6,8		0,45	0,67	0,604	0,50	1,00	9,57
35	5,0			0,390	0,77	5,02	9,57
	5,2			0,444	0,68	3,47	9,57
	5,4			0,499	0,60	2,51	9,57
	5,6			0,554	0,54	1,90	9,57
	5,8			0,609	0,49	1,51	9,57
	6,0			0,660	0,46	1,25	9,57
	6,2			0,708	0,43	1,08	9,57



Temperatura (°C)	pH	Growth Predictor		PMP			
		Tasa máxima de crecimiento (log <sub>10</sub> UFC/h)	Tiempo de generación (h)	Tasa máxima de crecimiento (log <sub>10</sub> UFC/h)	Tiempo de generación (h)	Fase de latencia (h)	Concentración máxima (log <sub>10</sub> UFC/h)
	6,4			0,751	0,40	0,99	9,57
	6,6			0,787	0,38	0,94	9,57
	6,8			0,815	0,37	0,94	9,57
40	5,0			0,436	0,69	5,82	9,57
	5,2			0,496	0,61	4,08	9,57
	5,4			0,557	0,54	2,99	9,57
	5,6			0,619	0,49	2,29	9,57
	5,8			0,680	0,44	1,84	9,57
	6,0			0,737	0,41	1,55	9,57
	6,2			0,791	0,38	1,36	9,57
	6,4			0,838	0,36	1,26	9,57
	6,6			0,878	0,34	1,40	9,57
	6,8			0,909	0,33	1,22	9,57

**Anexo 3. Parámetros cinéticos de crecimiento de *Staphylococcus aureus* estimados por los simuladores Growth Predictor (estado fisiológico = 1, a<sub>w</sub> = 0,99) y el PMP (aerobiosis, a<sub>w</sub> = 0,99) en diversos ingredientes proteicos.**

Ingrediente proteico / valor pH (peor escenario)	Temperatura (°C)	Parámetros cinéticos	
		Tasa máxima de crecimiento ( $\log_{10}$ UFC/h)	Tiempo de generación (h)
Pollo pH : 6,8	7,5	0,01	30,35
	10	0,027	11,14
	15	0,078	3,85
	20	0,187	3,04
	25	0,370	0,81
	30	0,604	0,50
	35	0,815	0,37
	40	0,909	0,33
Carne pH: 5,9	7,5	0,010	26,56
	10	0,021	14,38
	15	0,061	4,96
	20	0,145	2,07
	25	0,287	1,05
	30	0,470	0,64
	35	0,635	0,47
	40	0,709	0,42
Cerdo pH: 6,9	7,5	0,010	31,90
	10	0,027	10,99
	15	0,079	3,80
	20	0,190	1,59
	25	0,375	0,80
	30	0,612	0,49
	35	0,825	0,36
	40	0,921	0,33
Pescado pH: 7,0	7,5	0,01	33,75
	10	0,028	10,9
	15	0,08	3,76
	20	0,192	1,57
	25	0,378	0,80
	30	0,618	0,49
	35	0,834	0,36
	40	0,930	0,32
Pavo pH: 6,1	7,5	0,010	26,06
	10	0,023	13,31
	15	0,066	4,60
	20	0,157	1,92
	25	0,310	0,97
	30	0,507	0,59
	35	0,685	0,44
	40	0,765	0,39