

1 INTRODUCCIÓN

1.1 IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS

Tanto en los países desarrollados como en los que se encuentran en vías de desarrollo, las enfermedades causadas por alimentos contaminados son uno de los problemas de salud más importantes; México no es la excepción, en 1990 se reportaron 28,121 casos de enfermedades intestinales, de las que un alto porcentaje fue provocado por el consumo de alimentos contaminados ¹.

En el 2005 en México, de acuerdo con la dirección general de epidemiología de México, las infecciones intestinales ocuparon el segundo lugar dentro de las enfermedades que aquejan a la república, siendo el grupo más vulnerable a estas, los niños de entre 1-4 años de edad.

A pesar de que en México, se ha logrado la disminución de la mortalidad debida a enfermedades infecciosas intestinales, pasando a ocupar en 1999 el 15° lugar entra las principales causas de mortalidad ², aún falta mucho por hacer en ámbito de la calidad microbiana de los alimentos.

De acuerdo con el sistema único de información para la vigilancia epidemiológica de la Secretaría de Salud; en 1999, hubo un total de 6,864,686 casos notificados de enfermedades potencialmente causadas por alimentos ²; sin embargo, es importante considerar que en México, existe una falta de información en cuanto a la necesidad de tener que notificar este tipo de enfermedades.

Así, la inocuidad de los alimentos debe de ser prioritaria; de lo contrario, estos alimentos pueden llegar a ser una fuente potencial de enfermedades para los consumidores, afectando el desempeño de los integrantes de una comunidad y repercutiendo en su vida cotidiana dentro de las organizaciones a las que pertenecen ².

Para lograr el control de la calidad microbiana de los alimentos en México, existen Normas Oficiales en las que se delimitan las concentraciones máximas permisibles de

determinados microorganismos. De este modo, el seguimiento de las Normas Oficiales evitará la transmisión de enfermedades causadas por la ingesta de alimentos posiblemente contaminados.

1.2 EL PESCADO EN LA ALIMENTACIÓN DE LOS MEXICANOS

El pescado es un componente muy importante en la dieta de muchas personas en todo el mundo. La riqueza alimenticia del pescado radica en la cantidad de proteínas, vitaminas del complejo B y minerales esenciales que contiene (potasio, hierro, fósforo, cobre, yodo, magnesio, cobalto y selenio). Los pescados con un alto contenido de grasas, como es el caso de la sardina, el atún, el salmón, la trucha o el jurel, aportan ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (AGPICL) : omega-3; esenciales para el desarrollo de los niños, y para reducir los riesgos de enfermedades del corazón ⁸. Los AGPICL omega-3, sólo se encuentran en los animales marinos y en los vegetales; de ahí la importancia del consumo de pescado. Dentro de los AGPICL omega-3 se encuentran: el ácido eicosapentaenoico el cual está asociado con la protección cardiovascular y el ácido docosahexaenoico, que es esencial para la formación y correcto funcionamiento de tejido nervioso ⁹.

La importancia que tiene el pescado para los mexicanos, se ve reflejada en el centro de distribución de pescado de la ciudad de México, el cual es considerado el segundo mercado abastecedor más grande del mundo, superado sólo por el de Tokio, Japón. El centro de distribución de pescado de la ciudad de México, cuenta con cinco mercados especializados, en el que destaca el mercado de la Viga. Así, los principales centros de distribución de pescado en la República Mexicana son los localizados en la Ciudad de México, Guadalajara y Puebla ⁵.

Por la ubicación geográfica de la República Mexicana, sus aguas albergan a distintas especies de organismos acuáticos debido a la variabilidad de climas, esto permite que en los mares de México se encuentren especies de pescados de climas templado, cálido y frío, de fondo y superficie, costeras y de alta mar ⁷.

De las principales especies de pescado de captura en México tenemos ⁷:

Peces marinos: Sardina, atún, mojarra, lisa, tiburón, mero, cazón, sierra, barrilete, huachinango, bandera, robalo, corvina, jurel, pargo entre otros.

Peces de agua dulce: carpa, charal, bagre entre otros.

El estado de Puebla cuenta con una superficie de aguas interiores de 6,500 hectáreas donde se localizan 38 centros de acuicultura ¹⁹, además de 8 presas, 15 lagunas y 85 bordos. El volumen de producción en el estado de Puebla a nivel de pesca, varía dependiendo de la especie; pero su principal producción es la carpa; con un 68.9 %, seguido de un 15% de capturas de especies como el pescado blanco, lobina negra, langostino, bagre, rana toro y gupy, 14.7% que corresponde a la pesca sin registro oficial, 8.4 % de trucha, 5.8 % de mojarra tilapia y un 0.7% correspondiente al de gusano de fango ⁶.

En el mercado de pescado de la 16 y 18 poniente en Puebla y en el mercado Hidalgo en San Pedro Cholula, se pueden encontrar pescados provenientes de varios lugares de la república, así como de diversas especies. De acuerdo con los datos proporcionados por los comerciantes de estos lugares, los datos acerca del lugar de origen del pescado que venden se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 7.2.1.- Clases de pescado crudo de venta regular, vendidos en los establecimientos de recolección de las muestras así como su lugar de pesca.

	Local 1 en Cholula	Local 2 Cholula	Local 1 en Puebla	Local 2 en Puebla
Sardina	Golfo de México	Alvarado	Veracruz	Veracruz
Atún	Veracruz	Chiapas	Tampico	Veracruz
Mojarra	Tamaulipas	Veracruz	Chiapas	Campeche
Tiburón	No lo venden	No lo venden	Oaxaca	Mérida
Lisa	Tamiagua	Mazatlan	Mérida	Oaxaca
Mero	Tamiagua	Mazatlan	Campeche	Chiapas
Cazón	Tamiagua	Mazatlan	Golfo de México	Matamoros
Sierra	Tamiagua	Mazatlan	Golfo de México	Golfo de México
Barrilete	Tamiagua	No lo venden	Golfo de México	Golfo de México
Guachinango	Tamiagua	Mazatlan	Golfo de México	Golfo de México
Bandera	Tamiagua	Mazatlan	Golfo de México	Golfo de México
Robalo	Tamiagua	Mazatlan	Golfo de México	Golfo de México
Corvina	Tamiagua	Mazatlan	Golfo de México	Golfo de México
Jurel	Tamiagua	Mazatlan	Golfo de México	Golfo de México
Pargo	Tamiagua	Mazatlan	Golfo de México	Golfo de México
Carpa	Tamiagua	Mazatlan	Golfo de México	Golfo de México
Charal	No lo venden	No lo venden	Golfo de México	Golfo de México
Bagre	Tamiagua	Mazatlan	Golfo de México	Golfo de México

Resultado de la encuesta realizada a los vendedores de pescado en el lugar del muestreo.

Es importante indicar

que de acuerdo con la información proporcionada por la SEMARNAT de Puebla, la mayoría del pescado que se vende en el mercado de pescado de Puebla es adquirido en el mercado de la Viga de la ciudad de México.

1.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PESCADO

La composición química del pescado puede variar dependiendo de la especie, la edad del pescado, su ambiente y sexo, pero aproximadamente, se puede decir que su composición química es la siguiente: 20 % de proteína, 1-2 % de componentes no proteicos y un 78% de lípidos y agua. La concentración de agua y lípidos varía dramáticamente con la estación del año y la especie. Sin embargo, esta variación, raramente suele afectar la microbiología del pescado ⁴.

1.4 COMPOSICIÓN MICROBIOLÓGICA DEL PESCADO

A diferencia de los productos como la carne de res, de puerco o de otros animales y sus derivados; el pescado abarca una gran cantidad de especies y ambientes de los que puede provenir; causa por la cual, la microbiología clásica del pescado, puede variar principalmente por el ambiente en el que se encuentra y no tanto por la especie ⁴.

Debido a lo mencionado anteriormente, primero se puede hablar de una clasificación de acuerdo al ambiente del que procede el pescado y la temperatura de las aguas que lo contienen:

1.4.1 AGUAS TEMPLADAS

1.4.1.1 Pescado de ambientes naturales

La microflora que puede encontrarse en los peces de aguas templadas es una microflora psicrófila o psicrotrófica y está compuesta principalmente por bacterias Gram negativas, pertenecientes a los géneros *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Alkaligenes*, *Shewanella* y *Flavobacterium*, también a miembros de la familia

Vibrionaceae (*Vibrio spp* y *Photobacterium spp.*) y *Aeromonadaceae* (*Aeromonas spp.*). Adicionalmente, también están presentes bacterias que requieren de sodio para su crecimiento entre las que se encuentran los géneros *Vibrio*, *Photobacterium* y *Shewanella*; pero a pesar de que *Shewanella putrefaciens* requiere sodio para su crecimiento, esta bacteria también puede aislarse de pescados de agua dulce ⁴.

También pueden encontrarse en diferentes proporciones, microorganismos Gram positivos como *Bacillus*, *Micrococcus*, *Clostridium* y *Corynebacterium* 4.

En la siguiente tabla se describen, los microorganismos que comúnmente se encuentran en aguas saladas y dulces.

Tabla 7.4.1.1.1.- Microorganismos encontrados en Aguas marinas y dulces, templadas y tropicales.

Microorganismo	Porcentaje de incidencia (%)			
	Templado		Tropical	
Gram-negativo	Marino	Agua dulce	Marino	Agua dulce
<i>Pseudomonas</i>	0-70	0-22	0-53	0-16
<i>Moraxella</i>		0-14	0-52	0-36
<i>Acinetobacter</i>		0-11	0-15	0-8
<i>Achromobacter</i>	5-50	0-10	0-15	0-19
<i>Alcaligenes</i>			0-10	0-10
<i>Flavobacterium</i>	2-25	0-6	0-54	0-13
<i>Vibrio</i> (incluye <i>Photobacterium phosphoreum</i>)	0-60		0-80	
<i>Aeromonas</i>		0-30		0-2
<i>Enterobacteriaceae</i>		0-18	0-10	
<i>Chromobacterium</i>			0-20	
Gram-positivos	Marino	Agua dulce	Marino	Agua dulce
<i>Micrococcus</i>	0-53	0-10	0-60	0-30
<i>Staphylococcus</i>			0-41	0-18
<i>Bacillus</i>	0-24		0-42	0-5
<i>Coryneforms</i>	0-10	0-12	0-55	0-5
<i>Bacterias ácido láctico</i>			0-3	

Lund B, Baird-Parker T, Gould G. The microbiological safety and quality of food Vol. 1. An Aspen publication. 2000.

1.4.1.2 Pescado

de criadero

La microflora de los pescados que son criados en granjas, es similar a la de los pescados de ambientes naturales. Sin embargo, los peces que son criados en estanques o son pescados en lugares cercanos a las costas, también se encuentran más cerca del hombre y por lo tanto son más susceptibles de contaminación por microorganismos que no son propios de los contenidos en las aguas, tales como *Listeria monocytogenes*⁴.

1.4.2 AGUAS TROPICALES

1.4.2.1 Pescado de ambientes naturales

La carga bacteriana del pescado de aguas tropicales, no difiere en gran medida del de las aguas templadas, sólo con la diferencia de que existe un ligero aumento de la carga de microorganismos gram- positivos y bacterias entéricas ⁴.

1.4.2.2 Pescado de criadero

La microflora del pescado de criadero de aguas tropicales tampoco difiere del de aguas templadas. Sin embargo, *Salmonella* y *E. coli*, son capaces de crecer en aguas tropicales; la presencia de estos microorganismos no es considerada como flora normal de las aguas naturales, si no que se debe a una contaminación ya sea por el hábitat del pez o por el manejo del pescado ⁴.

1.4.3 AGUAS FRÍAS

A pesar de la temperatura de las aguas, alrededor de 20-50% de la microflora de peces tropicales pueden encontrarse en peces que crecen en aguas frías ⁴.

1.5 MICROFLORA DEL PESCADO ALMACENADO EN HIELO

Por lo general, la carne o músculo del pescado vivo es estéril. Pero cuando el pescado muere, el sistema inmune deja de funcionar y por lo tanto, cualquier bacteria presente será capaz de proliferar libremente ⁴.

La microflora del pescado muerto, será una combinación de su microflora nativa y de la microflora que adquiriera a partir de que ha sido pescado; esta nueva microflora que en un inicio se encuentra en la superficie del pescado, va a comenzar a infiltrarse hacia el músculo atravesando las fibras del tejido ⁴.

En el caso de los peces capturados en aguas templadas, las bacterias de su superficie comienzan a crecer de manera exponencial casi al mismo tiempo de que muere. Durante su almacenamiento en hielo, el número de microorganismos aerobios presentes en el pescado aumenta al doble en 24horas ⁴.

Cuando el pescado es capturado en aguas tropicales, las bacterias de su superficie se mantendrán en estado de latencia durante las siguientes una a dos semanas ⁴.

Así, la microflora del pescado que es almacenado en hielo, sufre cambios drásticos.

Durante el periodo en el que está almacenado con hielo y en condiciones aeróbicas, su flora está compuesta casi de forma exclusiva por *Pseudomonas spp* y *Shewanella putrefaciens*; esto sin importar si el pescado fue capturado en aguas templadas o tropicales ⁴.

S. putrefaciens es una bacteria que se encuentra específicamente en pescado de aguas marinas templadas y que en el provoca que comience a descomponerse; así al inicio de esta descomposición, *S. putrefaciens* compone el 1% del total de la flora, mientras que al final de esta, alcanza un 90% de la flora total. *Pseudomonas spp.*, son al igual que *S. putrefaciens* bacterias causantes de la descomposición del pescado ⁴.

En cuanto a *Pseudomonas*, estas son causantes del comienzo en la descomposición de pescado de origen tropical marino que es almacenado en hielo ⁴.

1.6 MICROFLORA DEL PESCADO TRANSPORTADO A TEMPERATURA AMBIENTE

Durante éste periodo, los niveles de mesofílicos alcanza entre 10^7 y 10^9 UFC/g después de 24 hrs. Así, su microflora estará compuesta principalmente de *Vibrio* o *Aeromonas spp* y *S. putrefaciens* (principales microorganismos causantes de la descomposición). En caso de que el pescado sea capturado en zonas muy contaminadas también habrá microorganismos pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae ⁴.

1.7 ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR LOS ALIMENTOS

De acuerdo con la organización mundial de la Salud (OMS), las enfermedades transmitidas por los alimentos surgen debido a una serie de factores tales como: la globalización en la exportación de alimentos, infecciones de viajeros que al regresar a sus

países de origen diseminan la infección, estilos de alimentación, adaptación de los microorganismos, así como la susceptibilidad de cada población ²⁶.

Para la prevención de las enfermedades transmitidas por alimentos, México tiene normas oficiales que determinan las especificaciones sanitarias de una serie de alimentos, en específico de productos de la pesca, pescados frescos-refrigerados y congelados; en donde se establecen los límites de microorganismos, índices y patógenos presentes en estos productos. Los límites de microorganismos establecidos por esta norma son los siguientes: Mesofílicos aerobios, coliformes fecales, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio cholerae O 1 toxigénico* y *Salmonella spp.*

De los microorganismos anteriormente mencionados, los mesófilos y los coliformes fecales son los que se consideran como microorganismos indicadores. Además, estos últimos junto con las bacterias patógenas mencionadas anteriormente, dependiendo del tipo de microorganismos encontrado así como la concentración en la que se encuentren en los alimentos, serán o no capaces de constituir un riesgo para la salud.

A continuación se expondrá una breve introducción acerca de las características de los microorganismos que se mencionan en la NOM-027-SSA-1993, con referencia a los productos de la pesca, así como de las enfermedades que pueden causar en el hombre.

1.7.1 BACTERIAS MESOFÍLICAS

Una gran parte del pescado que se compra en los mercados, es almacenado en refrigeración por el consumidor para de esta forma prolongar su tiempo de vida. La refrigeración del pescado va a restringir el crecimiento de microorganismos mesófilos ya que estos tienen temperaturas máximas de crecimiento entre 10 y 40°C ¹⁵.

La importancia del recuento en placa de mesófilos como microorganismo indicador, se encuentra contenida en los siguientes puntos:

- 1.- Si se encuentra un recuento alto de mesófilos en el alimento, esto por lo general indica una contaminación desde el punto de vista sanitario, condiciones inadecuadas en la

temperatura de almacenamiento, así como un periodo de almacenamiento; estableciéndose las condiciones necesarias para la multiplicación bacteriana ^{10, 15}.

2.- Algunas de las bacterias que crecen a temperaturas de entre 30 y 37°C, dependiendo de su concentración, podrán o no ser patógenas. Debido a esto, éstas pueden estar incluidas en el recuento de mesófilos en placa ⁴⁶.

3.- Finalmente, el recuento de mesófilos se relaciona con la viabilidad del alimento para ser consumido ¹⁰.

Por otro lado, es importante tomar en cuenta que en el caso de alimentos como los embutidos fermentados, los quesos y productos derivados la leche, es normal encontrar recuentos altos de mesófilos, debido a la multiplicación bacteriana por fermentación; por el contrario, los alimentos que han sido sometidos a calor, a un proceso de deshidratación o han sido congelados, habrán de presentar un recuento muy bajo de mesófilos ¹⁰.

1.7.2 ESCHERICHIA COLI

La OMS, ha expuesto que solamente en países en vías de desarrollo, un promedio de 2 millones de niños mueren al año a causa de enfermedades diarreicas; y en el mundo mueren alrededor de 4 millones de niños menores de cinco años por año. Sin embargo, es importante puntualizar, que *E. coli* de tipo enteroinvasiva, enteroagregativa y enterohemorrágica, no son los únicos microorganismos que pueden ser causantes de diarrea, otros agentes etiológicos también pueden ser un virus como rotavirus u otras bacterias como *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia enterocolítica*, así como parásitos tales como *Giardia lamblia* entre otros ^{13, 20}. En nuestro país, de acuerdo con el sistema nacional de vigilancia epidemiológica, en el 2005, las enfermedades infecciosas intestinales fueron la quinta causa de mortalidad infantil. En México, el grupo que es más vulnerable a presentar diarrea es el de niños de entre 6-11 meses de edad, que es el

momento en el cual el niño deja de consumir el seno materno y procede a la ingesta de alimentos contaminados generalmente con enterobacterias ^{13, 20, 35}.

La presencia de diarrea en la población Mexicana, presenta un comportamiento estacional, cuando el agente causal es una bacteria como en el caso de ciertos tipos de *E. coli*, se presenta un mayor número de casos en épocas de calor y lluvias, a diferencia de cuando el origen de la diarrea es vírico, siendo más frecuente durante el invierno. Sin embargo, en México, tanto los índices de mortalidad como los de morbilidad a causa de diarrea en niños menores de 5 años, en temporada primavera-verano, ha disminuido considerablemente gracias a las estrategias tomadas por las autoridades sanitarias en referencia a la hidratación oral y el cuidado sanitario ^{20, 21}.

En mayo del 2000, en el valle de México se registró un brote diarreico debido a la contaminación por aguas negras en colonias del valle de Chalco, causado por el hacinamiento de los afectados en albergues, y a un mal manejo de las excretas, por lo que se cree que hubo contaminación de agua y alimentos con *E. coli* ETEC ²².

E. coli, es un microorganismo considerado como indicador, pertenece a la familia de las Enterobacterias, su hábitat natural es el tracto entérico del hombre y de otros mamíferos, por lo tanto, esta es la razón por la que se le considera un microorganismo indicador de contaminación fecal ¹⁰.

El cálculo del NMP de coliformes fecales en los alimentos se lleva a cabo con el fin de determinar si el alimento ha sido preparado y manejado, empleando buenas prácticas de higiene ¹⁰.

El encontrar *E. coli* en un alimento, no implica en definitiva la presencia de bacterias patógenas en el alimento, si no que solamente plantea la posibilidad de que estén presentes ¹⁰.

En cuanto a las características de *E. coli*, puede decirse que es una bacteria Gram negativa, anaerobia facultativa, oxidasa negativa y móvil; su temperatura de crecimiento óptima es a 37°C pero puede hacerlo desde 15-45°C, es capaz de resistir temperaturas de

calentamiento de 55 a 60°C durante 1 hr. En su morfología colonial se presenta como una colonia suave, circular de 2-3 mm de diámetro, medianamente convexa ^{4,11}.

A pesar de que la mayoría de las cepas de *E. coli* no son patógenas y que son importantes para el desarrollo de la flora normal y síntesis de vitamina K y B; existen algunas que sí lo son; siendo capaces de producir enfermedades gastrointestinales ¹¹. Así, las diferentes cepas patógenas de *E. coli* se clasifican de la siguiente forma:

1.-*E. coli* enteropatógena (EPEC).- se caracteriza por diarrea aguda leve o grave, de tipo acuosa, con fiebre y vómito. Esta diarrea es auto-limitante. Principalmente se presenta en los países en vías de desarrollo. Este agente causal de diarrea en México, se presenta principalmente en niños menores de 2 años ^{4, 12, 13,14}.

El reservorio de EPEC son principalmente los niños con sintomatología así como los asintomáticos; del mismo modo también pueden ser los adultos asintomáticos. El periodo de incubación va desde 3-24 hrs ¹³.

2.-*E. coli* enteroinvasiva (EIEC).- el tipo de diarrea que genera esta clase de *E. coli* es clínicamente muy similar a la causada por *Shigella*. Inicialmente, la diarrea es de tipo acuosa, se presenta fiebre, dolores abdominales y calambres; con el progreso de la enfermedad, la diarrea se vuelve mucosa y sanguinolenta; sin embargo no en todos los casos, se presenta diarrea sanguinolenta ^{4,12}.

Su mecanismo de patogenicidad es el siguiente: primero habrá de invadir el epitelio del colon, adhiriéndose a sus vellosidades empleando mucinas y adhesinas; para posteriormente ingresar a la célula por endocitosis para su replicación y diseminación a células adyacentes ¹².

3.-*E. coli* enterotoxigénica (ETEC) .- se presenta diarrea acuosa, generalmente sin sangre, sin moco, dolores abdominales, calambres y sólo en pocos casos se presentan dolores, fiebre y vómito. En su forma más severa, la diarrea puede tomar una coloración parecida al agua de arroz; cuadro clínico parecido a la diarrea originada por *Vibrio cholerae*. *E. coli* enterotoxigénica se presenta principalmente en niños en países subdesarrollados de alrededor de 2 años y en particular durante los primeros 6 meses de vida. En niños en

edad escolar y en adultos, su infección puede pasar desapercibida o en su defecto, provocar la diarrea del viajero o del turista. La frecuencia con la que este patógeno es aislado de niños con diarrea es de 10-30%. Esta enfermedad se caracteriza por tener un periodo de incubación de 14hrs a dos días.

ETEC, es capaz de colonizar el intestino delgado, gracias a sus pili; siendo este uno de los principales factores de patogenicidad, además, es capaz de sintetizar dos toxinas denominadas toxina termolabil (LT) y toxina termoestable (ST); la toxina LT, provoca un aumento en los niveles intracelulares de cAMP mientras que ST hace lo mismo pero en relación al cGMP; en ambos casos se origina la salida de agua y iones de las células intestinales^{4,12, 14}.

4.-*E. coli* enterohemorrágica (EHEC) o *E. coli* verotoxigénica.- Es capaz de producir el síndrome urémico hemolítico y colitis hemorrágica; este último, se presenta inicialmente con dolor abdominal, diarrea acuosa y sanguinolenta y con fiebre. Esta enfermedad esta vinculada con la ingesta de carne cruda o mal cocida^{4, 12}.

Es necesaria la producción de toxinas como Shiga-like (SLT) por parte de la cepa de *E. coli* enterohemorrágica, para que el paciente presente algunas de las enfermedades anteriormente mencionadas, caracterizadas por la diarrea con sangre. Se ha asociado la presencia de *E. coli* enterohemorrágica con la presencia de *E. coli* verotoxigénica en heces¹².

Así, de todos los serotipos de *E. coli* verotoxigénicos solamente el tipo llamado *E. coli* enterohemorrágicos, es capaz de producir enfermedades gastrointestinales¹⁴.

Lo anteriormente descrito, puede deberse a que los otros serotipos toxigénicos producen toxina en menor cantidad o poseen otras formas de patogenicidad¹⁴.

5.-*E. coli* enteroagregativa (EAEC) y adherentedifusa (DAEC) .- se asocia a diarreas persistentes, se presenta en países desarrollados. Se caracteriza por diarrea acuosa durante 14 días y se presentan vómitos, deshidratación y dolor abdominal. En niños se ha presentado diarrea sanguinolenta. En cuanto a la diarrea asociada a *E. coli* enteroadherente, se caracteriza por diarrea de aspecto mucoso, fiebre y vómitos⁴.

Las características más importantes de las principales afecciones gastrointestinales causadas por las distintas variantes de *E. coli* se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 7.7.2.1.- Características de las principales infecciones gastrointestinales causadas por distintos grupos de *E. coli*

Clase de E. coli	Mecanismo patogénico	Tipo de diarrea causada	Epidemiología
Enteropatógena (ECEP)	Lesiones de enterocitos	Diarrea acuosa con moco, se presentan vómitos y fiebre.	Frecuente en países desarrollados y niños menores de 2 años.
Enteroinvasora (ECEI)	Invasión de la mucosa, como <i>Shigella</i> .	Diarrea con sangre y moco. Se presenta dolor abdominal y fiebre.	Frecuente en países subdesarrollados. Diarrea del viajero.
Enterotoxigénica (ECET)	Producción de enterotoxinas: termolábil (LT) y termoestable (ST)	Diarrea líquida Náuseas	Frecuente en países subdesarrollados. Diarrea del viajero.
Enterohemorrágica (ECEH)	Lesión a enterocitos y producción de verotoxinas (VT)	Diarrea sanguinolenta, se presenta fiebre Síndrome hemolítico urémico	Frecuente en países desarrollados.

Margall N, Dominguez A, Prats G. Enterohaemorrhagic Escherichia coli. Rev. Esp. Salud Publica. 1997;71 (5)

1.7.3 SALMONELOSIS

En México, de acuerdo con la dirección general de epidemiología de México, en el 2005, se presentaron 31 790 casos de fiebre tifoidea en la República ³⁵.

Tan sólo en los Estados Unidos de América se reportan infecciones por *Salmonella* de entre 800,000-4,000,000; de las cuales, sólo 40,000 son confirmadas en laboratorios. Por fortuna, sólo 500 de éstas infecciones, llegan a ser mortales ^{17,24}.

En 1992, en muchos países de la unión europea, se presentaron varios brotes de salmonelosis debidos a *S. enteriditis* ²⁵.

En nuestro país, entre 1994 y 1998, se presentó un aumento en los casos reportados de salmonelosis; llegando a registrarse más de 100, 000 casos en 1994; en 1998 se duplicó la cifra de reportes. Estos reportes pertenecieron a grupos de personas de entre 15 a 64 años; y que por lo tanto no son pertenecientes al grupo más vulnerable a esta enfermedad. Sin embargo, debido a la falta de supervisión del origen, manejo y preparación de los alimentos, se cree que los casos de salmonelosis son más de los que son reportados ^{16,17}.

En cuanto a las regiones de México que se ven más afectadas por este padecimiento han sido: Tabasco, Coahuila, Chiapas y Quintana Roo¹⁶.

En junio de 1998, entre el personal de salud de un hospital de tercer nivel de atención, en la ciudad de México, se suscitó un brote de enfermedad gastrointestinal, debido a la ingesta de alimentos contaminados con *S. enteritidis*, asociado a una mala cocción de los mismos ¹⁷.

En Junio del 2004, en Haití surgió un brote de tifoidea. La causa de este brote se debió a que la comunidad afectada usaba como fuente principal de agua para el consumo humano, un riachuelo que conectaba con un barranco que era empleado como excusado. En 1992, en la misma región se reportó un brote similar al ocurrido en el 2004 ²⁷.

Salmonella spp, al igual que *E. coli*, pertenecen a la familia Enterobacteriaceae, pero a diferencia de esta, salmonela no es parte de la flora normal del hombre, sin embargo, lo es en algunos animales ^{30,31}. Los miembros de este género generalmente son móviles, son bacterias anaerobias facultativas, Gram negativas, oxidasa y catalasa negativa,

generalmente producen sulfuro de hidrógeno, también son capaces de descarboxilar lisina y ornitina, en agar triple-hierro-azúcar, *Salmonella* es capaz de formar ácido y gas a partir de glucosa; sin embargo, mediante plásmidos, *Salmonella* es capaz de emplear la lactosa o la sacarosa y formar ácido y gas. Es una bacteria resistente a la deshidratación^{15, 24, 29}. A pesar de que su temperatura óptima de crecimiento es de 37°C, *Salmonella* puede adaptarse a condiciones extremas, de esta forma, es capaz de crecer a temperaturas bajas de 2-4°C, cuando los alimentos son congelados, o hasta de 54°C. Por lo tanto, las temperaturas de cocción por debajo de su temperatura subletal (menor o igual a 50°C) durante 15-30 minutos o durante un menor periodo de tiempo pero a 70°C, no será suficiente para eliminar a la bacteria, debido a su gran capacidad de adaptación a cambios de temperatura. Gracias a la rápida síntesis de proteínas de choque térmico. Este proceso logra un cambio en la composición de los ácidos grasos de su membrana; convirtiéndola en una membrana con una mayor proporción de ácidos grasos saturados, logrando disminuir la fluidez; aumentando de esta manera, la resistencia al daño provocada por el calor^{15, 24}.

Se han descrito hasta el 2004, 2501 serovariantes de *Salmonella*, de todas estos serotipos, son pocos aquellos que son específicos para ciertos animales; por lo general, casi todos los serotipos de salmonella pueden infectar al hombre y causarle gastroenteritis, de las cuales, en la mayoría de los adultos no se requiere de un tratamiento, sin embargo puede ser peligrosa en niños pequeños, ancianos y personas inmunosuprimidas. En México, las especies de *Salmonella* que principalmente son aisladas de pacientes enfermos son *S. typhimurium* y *S. enteritidis*. Es importante mencionar que los serotipos encontrados dentro de una población varían de país a país^{16, 25}.

Salmonella, es capaz de producir un padecimiento conocido generalmente con el nombre de salmonelosis; el cual, a su vez se divide en fiebre enterica (tifoidea), gastroenteritis aguda, (diarrea no tífica), así como un estado en el que la persona no desarrolla ningún síntoma; conocido con el nombre de portador asintomático²⁴.

A las infecciones por *Salmonella*, en general se les conoce como salmonelosis, pero pueden distinguirse cuatro cuadros clínicos^{30, 31, 32}:

1.- Gastroenteritis.- es la manifestación más frecuente. Esta infección no se puede diferenciar clínicamente de otras gastroenteritis producidas por otros microorganismos. La sintomatología se presenta a las 48hrs de la ingestión de los alimentos contaminados. La intensidad de la diarrea va desde leve hasta mortal, se presentan fiebres leves, náuseas y vómitos.

2.- Bacteremia y septicemia sin síntomas gastrointestinales.- se presentan picos de fiebres altas, y cultivos de sangre positivos.

3.- Fiebre entérica.- el tipo de fiebre entérica más grave es la fiebre tifoidea y es causada por *S. typhi*. La fiebre tifoidea se caracteriza por presentar fiebres por las mañanas, constipación, dolores abdominales, mientras que en la segunda fase, se presenta diarrea. Ya en esta segunda etapa, a diferencia de la primera, los cultivos de sangre son negativos y los fecales son positivos. La tifoidea es peligrosa ya que puede provocar hemorragias masivas y hasta perforación del intestino.

4.- Estado de portador.- Es cuando la persona ha sido infectada anteriormente, pero ya no presenta síntomas, sin embargo, sigue excretando al microorganismo hasta por un año.

La salmonelosis es transmitida por los alimentos contaminados. El sector de la población que se ve más afectado por este padecimiento son los niños menores de 5 años y los adultos mayores de 60 años¹⁶.

La salmonelosis afecta principalmente a niños pequeños y adultos mayores, en el caso de deshidratación severa y septicemia es esencial el uso de antimicrobianos efectivos²⁵.

Más del 80% de los casos de salmonelosis ocurren de manera individual y el 20% restante se presentan como brotes²⁵.

La forma de contagio con salmonela puede ser a través de los alimentos o mediante el contagio de animales domésticos como gatos y perros, los cuales son a su vez infectados

por alimentos infectados. Los alimentos que son comúnmente contaminados con salmonela son la carne de puerco y el huevo ^{25,31}.

La salmonelosis tiene una incidencia de tipo estacional, presenta un pico máximo que comienza a partir de mayo y alrededor de julio y agosto, y comienza a decaer en septiembre ¹⁶.

1.7.4 COLERA

El cólera, se ha presentado como epidemia en siete ocasiones, en 1816, 1829, 1852, 1863, 1881, 1889 y en 1961 ²⁰.

En 1970, el cólera invadió África, continente que no había sufrido de cólera desde hace más de 100 años, eventualmente esta enfermedad se volvió endémica del continente. En 1991, el cólera llegó a latino América, lugar donde tampoco se había experimentado cólera en los últimos 100 años. En 1992, *Vibrio cholerae* del serogrupo O1 fue el causante de la epidemia de cólera en América, mientras que algunos otros serogrupos causaron brotes esporádicos de diarrea ³⁵.

De acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud (OPS), en México se reportaron 2,263 casos de cólera en 1997 y 5 casos en el año 2000. En otros países de América Latina, como el caso de Colombia, el 21 de julio del 2004, el Instituto Nacional de la Salud del Ministerio de la Protección Social de Colombia, reportó dos casos de personas con *V. cholerae O1 El Tor serotipo Ogawa*. Se concluyó que la fuente de contaminación eran las aguas que abastecían el acueducto de la comunidad de Candelillas y de San Andrés Tumaco ^{18,28}.

En el 2003, en la provincia de Zamora en Ecuador, registró un brote de cólera en 25 personas provocado por *V. cholerae* serogrupo O1, biotipo *el Tor*, serotipo *Inaba* ³³.

Sin embargo, también existen progresos en el control de los casos notificados de cólera en la región de las Américas; en 1991 se tenían reportados alrededor de 400,000 casos mientras que en el 2002, se registraron 24, 000 ³⁴.

De acuerdo con la OPS, los casos de cólera reportados en México ha ido en decremento, de 2,690 en 1991 hasta cero casos reportados para el 2004 ^{35,36}.

El microorganismo causante del cólera es *V. cholerae* O1; y pertenece a la familia *Vibrionaceae*. Se trata de un microorganismos curvo, Gram negativo, móvil que puede ser fácilmente destruido durante la ebullición; el reservorio de *V. cholerae* son los estuarios y el hombre ^{20,37}. *Vibrio cholerae* no O1, es causante de enfermedades diarreicas no coléricas.

V. cholerae por aglutinación muestra 3 serotipos: Ogawa, Hinaba e Hikojima. Además se reconocen dos biotipos: el clásico y El Tor. De los dos biotipos mencionados anteriormente, El Tor, produce una menor cantidad de toxina, en comparación con el biotipo clásico ^{35,20}.

Para que *V. cholerae* sea capaz de causar la enfermedad, es necesario que este colonice el intestino, lugar donde habrá de realizar su replicación y producción de la toxina colérica, la cual, gracias a su subunidad B, se une a células epiteliales, permitiendo así la entrada de la subunidad A de la toxina a citoplasma, lo que habrá de estimular la producción de AMP cíclico, que a su vez provocará la hipersecreción de agua, potasio y bicarbonato. Así el volumen de agua presente en la luz intestinal, rebasará la capacidad de absorción de las células epiteliales. El periodo de incubación necesario para la aparición de los síntomas es de 1-5 días ^{20,35}.

La forma de transmisión de *V. cholerae* es a través de alimentos o agua contaminados. La trasmisión de persona a persona es muy rara ³⁵.

En cuanto a las manifestaciones clínicas del cólera, se presentan diarreas de moderadas a graves, líquidas y abundantes, horas después, la diarrea se torna color blanquecino (agua de arroz) y presenta un olor a pescado; la diarrea en ocasiones se acompaña de vómito y fiebre²⁰.

1.7.5 ENFERMEDAD ESTAFILOCÓCICA ALIMENTARIA

El microorganismo causante de esta enfermedad es *Staphylococcus aureus*, es miembro de la familia Micrococcaceae, es un microorganismo grampositivo que se agrupa en forma de racimo; en especial, *Staphylococcus aureus* que se distingue de los demás debido a su coloración dorada, este microorganismo es coagulasa positiva, capaz de fermentar manitol y es desoxirribonucleasa positivos. Su temperatura óptima de crecimiento es de 37°C , pero puede crecer dentro de un rango de 6-48°C, es una bacteria aerobia, pero es capaz de crecer en anaerobiosis ^{20,44}.

La incidencia de la enfermedad estafilocócica alimentaria predomina en el verano. El periodo de incubación de la intoxicación alimentaria por estafilococo es de 2-4 horas. Durante este proceso, aparecen vómitos, malestar, diarrea, calambres e inclusive choque, el cual promueve una baja brusca de la presión arterial. El tipo de diarrea que se produce por la toxina estafilocócica, se debe a la disminución en la capacidad del intestino de absorber agua así como al aumento en la secreción de la misma y de electrolitos. La recuperación del paciente se lleva alrededor de dos días. Generalmente, esta enfermedad es de carácter autolimitante, en aproximadamente 18% de los casos, se requiere de hospitalización y en 0.02% de los casos, llega a ser mortal. ^{38,39,44}.

En Latinoamérica, entre 1993-2002, se presentaron 719 brotes debidos a intoxicaciones estafilocócicas ⁴⁰.

La forma en la que *S. aureus* puede llegar a infectar a los alimentos es mediante el manejo de los mismos por personas infectadas o por portadores sanos que contienen en sus fosas nasales y garganta a esta bacteria. Cuando *S. aureus* se presenta en los alimentos en concentraciones mayores a 10^5 UFC/g, es indicativo de la presencia de aproximadamente 1 microgramo de la toxina estafilocócica, lo que lleva al desarrollo de los síntomas de la intoxicación. ^{40,41,44}.

Las diferentes cepas de *S. aureus*, son capaces de producir diversos tipos de enterotoxinas termoestables, y para eliminarla, es necesario mantenerla a 100°C por al menos 30 minutos ⁴².

La producción de la enterotoxina estafilocócica en los alimentos se puede prevenir manteniendo los alimentos en refrigeración, ya que la temperatura óptima para la producción de la toxina es de 35-40°C, sin embargo, también se puede producir en rangos de 10-45 °C. Si la toxina ya fue producida, a diferencia de la bacteria, esta ya no es eliminada por el proceso de cocción de los alimentos, lo que da origen a la intoxicación alimentaria ^{38, 44}.

La enterotoxina estafilocócica es producida por algunas cepas de *Staphylococcus aureus*; actualmente, se conocen 7 enterotoxinas. La enterotoxina que se asocia regularmente con la intoxicación por alimentos, es la enterotoxiana A ⁴³.

Por otro lado, cuando en los análisis de alimentos, se detecta una cepa de *S. aureus* productora de coagulasa y termonucleasa, se asume que se trata de una cepa enterotoxigénica. Sin embargo, en las Normas Oficiales Mexicanas, se establece que la presencia de 1000 UFC/g es el límite máximo permitido de *S. aureus* en pescados crudos ⁴³.