

Son organismos de una sola célula, su forma puede ser esférica, espiral, etc. y su hábitat es variable. Pueden existir como organismos individuales, formando cadenas, grupos o pares. Las bacterias son las formas de vida más abundantes en la tierra. Tienen una longitud entre 0,4 y 14 μm y sobre 0,2 a 12 μm de ancho. Se reproducen mediante la replicación del ADN, y división de dos células independientes. En circunstancias normales este proceso dura entre 15 y 30 minutos.

Existen algunas bacterias que viven a expensas de vegetales, animales y el hombre, es decir, son parásitos. Juegan un papel fundamental en la naturaleza y en el hombre: la presencia de una flora bacteriana normal es indispensable, aunque gérmenes son patógenos.

Tienen un papel importante en la industria y permiten desarrollar

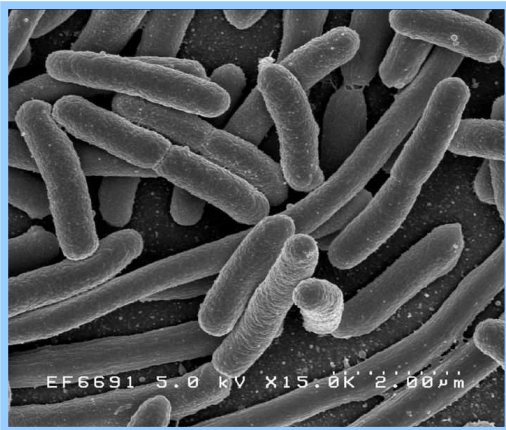


FOTO 11. *Escherichia coli* aumentada 25.000 veces.

importantes progresos en la investigación, concretamente en fisiología celular y en genética. El examen microscópico de las bacterias no permite identificarlas, ya que existen pocos tipos morfológicos, cocos (esféricos), bacilos (bastón) y espirilos (espiras).

Las bacterias tienen un papel funcional ecológico específico. Por ejemplo, algunas se encargan de la degradación de la materia orgánica, y otras bacterias forman parte del metabolismo del hombre.

Las bacterias no solo pueden provocar enfermedades cuando entran en el cuerpo humano a través de los alimentos, sino que las aguas superficiales también pueden ser una fuente importante de infecciones bacterianas.

Las bacterias son a menudo malignas y es la causa de enfermedades en los humanos y en animales. Sin embargo, ciertas bacterias, producen antibióticos, otras viven simbióticamente en los intestinos de animales (inclusive en los humanos) o en otra parte de sus cuerpos.

1. PRINCIPALES BACTERIAS TRANSMITIDAS POR EL AGUA.

1.1. *Salmonella* sp.

Es un género de bacterias que pertenece a la familia *Enterobacteriaceae*. Son bacterias móviles que producen sulfuro de hidrógeno. Fermentan glucosa pero no lactosa.

Es un agente zoonótico de distribución universal. Se transmite por contacto directo o contaminación cruzada durante la manipulación, en el procesado de alimentos o en el hogar, también por vía sexual.

Para la bacteriología clínica, *Salmonella* es un bacilo patógeno primario (como *Shigella*, *Yersinia* y ciertas cepas de *E. coli*), anaerobio facultativo, algunos móviles y no fermentan la lactosa. *S. typhi* es la única serovariedad que no produce gas en la fermentación de los azúcares.

El tratamiento taxonómico actual de *Salmonella* ha simplificado el espectro, reagrupando todas las cepas (patógenas o no) en dos únicas especies: *S. entérica* y *S. bongori*. Ésta última (previamente subespecie V) no es patógena para el ser humano.



FOTO 12. Microscopía electrónica de *Salmonella typhimurium*

Con importancia clínico epidemiológica, las más de 2000 serovariedades de *Salmonella* pueden agruparse en tres divisiones ecológicas (spp. son subespecies):

- a) *Salmonella* spp. adaptadas a vivir en el ser humano, entre ellas, *S. typhi*, *S. paratyphi* A, B y C;
- b) *Salmonella* spp. adaptadas a hospederos no humanos, que circunstancialmente pueden producir infección en el hombre, entre ellas, *S. dublin* y *S. cholerae-suis*;
- c) *Salmonella* spp. sin adaptación específica de hospedero, que incluye a unas 1800 serovariedades de amplia distribución en la naturaleza, las cuales causan la mayoría de las salmonelosis en el mundo.

La *salmonella* produce salmonelosis con un período de incubación de entre 5 horas y 5 días, diarrea y dolor abdominal. A través de las heces el enfermo elimina un gran número de esta bacteria y fiebre entérica con un periodo de incubación de 7 a 28 días, causante de dolor de cabeza, fiebre, dolor abdominal y diarrea, erupción máculo-papulosa en pecho y espalda. Los enfermos presentan un período de convalecencia entre 1 y 8 semanas. Las personas curadas eliminan *Salmonella*. También puede ocasionar fiebres entéricas o infección intestinal por intoxicación con algunos alimentos.

1.1.1. *Salmonella typhi*.

Causa la fiebre tifoidea, una enfermedad sistémica grave que puede dar lugar a hemorragia o perforación intestinal. Aunque el agente de la fiebre tifoidea puede transmitirse también por alimentos contaminados y por contacto directo con personas infectadas, la forma más común de transmisión es a través del agua. La fiebre tifoidea ha sido prácticamente eliminada de muchas partes del mundo, principalmente como resultado del desarrollo de métodos efectivos para tratar el agua.

El diagnóstico de una infección por *S. typhi* se realiza a través del aislamiento de la bacteria de sangre, heces, orina, aspirado de médula ósea y bilis. Estas pruebas tardan dos a tres días en aportar los resultados, pues la muestra se diluye en un medio de cultivo y, dado que se estima que un paciente con fiebre tifoidea presenta, por ejemplo, 20 bacterias o menos por ml de sangre, se requiere esperar a que se multiplique lo suficiente para ser observada por turbidez del medio. El cultivo de la sangre es el método más frecuentemente usado para un diagnóstico preciso, aunque su sensibilidad no es más del 90%, incluso cuando se toman tres muestras consecutivas. El cultivo de aspirado de médula ósea es más sensible, pero el procedimiento de extracción del aspirado es delicado y doloroso. Pruebas bioquímicas y serológicas se realizan para confirmar el diagnóstico.

La bacteria *S. typhi* se propaga por alimentos, agua y bebidas contaminadas. Después de su ingestión, la bacteria se propaga desde el intestino hasta los ganglios linfáticos del intestino, hígado y bazo por la sangre donde se multiplica.

Se recomiendan las vacunas si se viaja fuera de los Estados Unidos, Canadá, Europa del Norte, Australia y Nueva Zelanda y si se viaja durante brotes epidémicos. La inmunización no siempre es completamente efectiva y los viajeros

bajo riesgo deben limitarse a beber agua hervida o embotellada e ingerir solamente alimentos bien cocinados.

Son importantes las medidas de salud pública entre las que se encuentran: el adecuado tratamiento del agua y de los desechos, y proteger los alimentos de la contaminación. No se debe permitir la manipulación de alimentos a portadores de tifoidea.

1.2. *Shigella dysenteriae*.

Shigellae es una bacteria Gram-negativo, no formadora de esporos, organismo anaerobio facultativo, inmóvil.

Es una bacteria muy similar a *E. coli* de la que se diferencia porque *Shigella* no es capaz de fermentar la lactosa. También presenta características similares a *Salmonella* de la que se diferencia por su falta de motilidad y por su incapacidad para producir H₂S.

Shigella dysenteriae es una especie de bacterias redondeadas del género *Shigella*. Son habitantes normales del tracto gastrointestinal humano y pueden causar shigellosis (disentería bacilar). Esta enfermedad esta causada por su capacidad para producir la enterotoxina Shiga, y se manifiesta con fiebres altas, síntomas tóxicos, retortijones, pujos intensos e incluso convulsiones. Esta

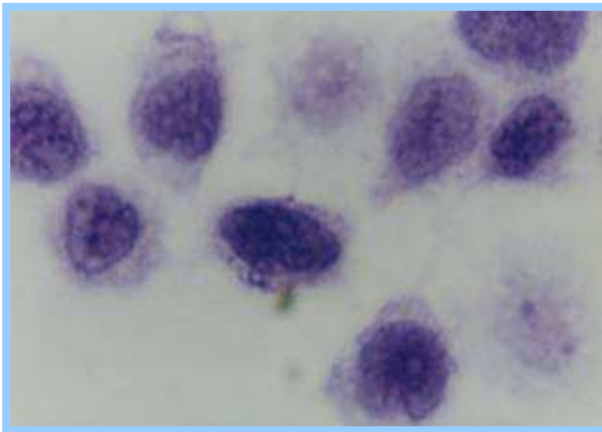


FOTO 13. *Shigella dysenteriae*.

enfermedad puede causar epidemias de gran magnitud, con altísimos índices de mortalidad.

Además de esta toxina, *Shigella* presenta una serie de proteínas que facilitan la invasión celular (patógeno invasivo penetrante) y una hemolisina.

Shigella es muy infecciosa y la ingestión de un número reducido

de microorganismos es suficiente para causar la enfermedad.

El contagio suele ser por el consumo de alimentos contaminados con materia fecal y por contagio oro-fecal.

El tratamiento de la enfermedad se puede hacer con antibióticos, aunque en adultos, el propio curso de la diarrea tiende a eliminar el patógeno.

S. dysenteriae, se esparce en agua y en alimentos contaminados, causando las más severas disenterías debido a su potente y mortal toxina Shiga, pero otras especies pueden también ser agentes de disentería.

1.3. *Vibrio cholerae*.

Vibrio cholerae es una bacteria Gram negativa con forma de bastón curvo que provoca el cólera en humanos. Junto con otra especie de género *Vibrio* pertenece a la subdivisión gamma de las Proteobacteria. Bioquímicamente se caracterizan por dar positivo en las pruebas de la 3 y de la oxidasa. Su metabolismo es fermentativo; pueden fermentar, entre otros sustratos, la glucosa. Poseen flagelación polar, lo cual les dota de movilidad.

Existen dos variedades de *V. cholerae* que son potencialmente patógenas para los humanos. El principal tipo que causa el cólera es *V. cholerae O1*, y los otros tipos son conocidos como no O1.

El *V. cholerae O1* es el responsable de la epidemia asiática o cólera. Los brotes son muy escasos en Europa y Norte América, ocurriendo principalmente en

las regiones tropicales. El cólera siempre es asociado con el agua contaminada o con los pescados (mariscos) provenientes de las mismas.



FOTO 14. *Vibrio cholerae*.

Por otro lado, el *V. cholerae no O1* está relacionado a la variedad anterior, pero sólo infecta a los humanos y a otros primates, causando una enfermedad menos severa que el cólera. Tanto las cepas patogénicas como las no patogénicas del organismo

son habitantes normales de los ambientes marinos y de los estuarios. En el pasado, este organismo ha sido referido como vibrio no cólera (VNC) y como vibrio no aglutinable (VNA).

1.3.1. El cólera.

El cólera es el nombre de la infección causada por *V. cholerae*.

Los síntomas del cólera asiático pueden variar desde una diarrea leve y acuosa hasta una diarrea severa. Por lo general, la aparición de la enfermedad es repentina, con períodos de incubación que varían desde las 6 horas hasta los 5 días.

Entre los síntomas que pueden ocurrir se hallan: calambres abdominales, náuseas, vómito, deshidratación y shock, e inclusive la muerte cuando la pérdida de fluidos y de electrolitos es muy severa. La enfermedad es causada por la ingestión de bacterias viables, que se adhieren al intestino delgado y producen la toxina del cólera, resultando en una diarrea acuosa, característica de esta enfermedad.

Estudios realizados en personas saludables ofrecidas voluntariamente han demostrado que para causar la enfermedad se necesita la ingestión de aproximadamente un millón de organismos. Además, el consumo de antiácidos disminuye marcadamente la dosis infecciosa requerida.

Entre los síntomas de la enfermedad causada por el *V. cholerae no O1* están la diarrea, los calambres abdominales y los síntomas de fiebre asociados con el vómito y las náuseas, que ocurren en aproximadamente el 25% de los individuos infectados. Así mismo, un porcentaje similar presentan sangre y moco en las heces fecales. La diarrea puede ser severa en algunos casos, durando de 6-7 días y presentándose generalmente a las 48 horas siguientes de la ingestión del organismo. Es desconocida la forma en como éste causa la enfermedad; sin embargo, se sospecha de una enterotoxina así como de un mecanismo invasivo. La enfermedad se produce cuando el organismo se adhiere al intestino delgado del individuo infectado y es probable que después lo invada.

Se cree que deben ingerirse grandes cantidades (más de un millón) de organismos para causar la enfermedad.

El cólera sólo se puede confirmar mediante el aislamiento del organismo a partir de las heces diarreicas del individuo afectado. Del mismo modo, el diagnóstico de la infección producida por *V. cholerae no O1* se realiza aplicando la misma metodología anterior, pudiéndose utilizar también como muestra, la sangre de los pacientes con septicemia.

El cólera es una enfermedad generada en la mayoría de los casos por la falta de higiene, que resulta en la contaminación de las fuentes de agua. Este es el principal mecanismo para su distribución en las comunidades pobres de América del Sur.

Las buenas condiciones de saneamiento en Europa y Estados Unidos son las responsables de la casi total erradicación de la epidemia de esta enfermedad. Algunos casos esporádicos se han presentado cuando se han consumido mariscos crudos obtenidos de aguas costeras contaminadas con heces fecales. El cólera

también puede ser transmitido por los mariscos obtenidos de las aguas no contaminadas, ya que el *V. cholerae no O1* es autóctono de esta clase de aguas.

Los mariscos obtenidos de las aguas costeras frecuentemente contienen la bacteria *V. cholerae serogrupo no O1*. Además, el consumo de los mariscos crudos, semicrudos (inadecuadamente cocidos) o recontaminados puede causar la enfermedad.

Las principales causas de la enfermedad son la higiene deficiente, el agua contaminada y el manejo inadecuado de los alimentos. Por esta razón, el agua correctamente hervida y la buena higiene pueden prevenir las infecciones causadas por *V. cholerae* en una gran medida.

Se cree que todas las personas son susceptibles a la infección, pero los individuos con el sistema inmunológico dañado o no desarrollado, con acidez gástrica reducida o con malnutrición pueden sufrir formas más severas de la enfermedad.

Así mismo, todos los individuos que consumen mariscos crudos son susceptibles a padecer de diarrea causada por este organismo.

1.4. *Escherichia coli*.

Se encuentra generalmente en los intestinos animales, incluido el humano, y en las aguas negras. Ésta y otras bacterias son necesarias para el funcionamiento correcto del proceso digestivo. Además produce vitaminas B y K. Es una bacteria fermentadora de la lactosa, y por esta característica puede ser identificada en medios de cultivo diferenciales. Es una bacteria utilizada frecuentemente en experimentos de genética y biotecnología molecular.

Generalmente las cepas de *E. coli* que colonizan el intestino son comensales, sin embargo dentro de esta especie se encuentran bacterias patógenas causantes de una diversidad de enfermedades gastrointestinales. Puede causar neumonía, diarreas acuosas, y patologías de las vías urinarias.

Dentro de los *E. coli* patógenos se

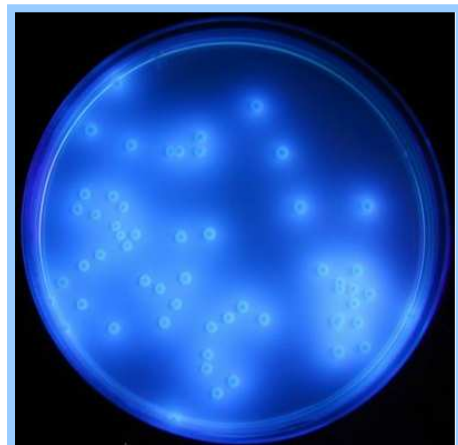


FOTO 15. Placa positiva de *E. coli* fluorescente bajo lámpara ultravioleta.

incluyen: *E. coli enteropatogénico*, *E. coli enterotoxigénico*, *E. coli enteroinvasivo*, *E. coli enterohemorrágico*, *E. coli enteroadherente*, *E. coli enteroagregativo*.

1.4.1. *E. coli enterotoxigénica (ETEC)* Causada por el consumo de alimentos contaminados.

1.4.2. *E. coli enteropatógena (EPEC)* Ocasiona epidemias y diarreas entre lactantes. Produce una enterotoxina citotóxica similar a la de *Shigella dysenteriae*. Está prácticamente erradicada de los países desarrollados.

1.4.3. *E. coli enterohemorrágica (EHEC)* Causada por consumo de alimentos de origen animal en mal estado.

1.4.4. *E. coli enterinvasiva (EIEC)* Causada por el consumo de agua o alimentos contaminados con materia fecal. Posiblemente produce una enterotoxina citotóxica.

En el tratamiento es muy importante velar por la rehidratación del paciente.

El síndrome urémico-hemolítico es una complicación grave de ciertas infecciones producidas por *E. Coli* (O157:H7), *Shigella* y *Salmonella*. Es una enfermedad más común en los niños, que era infrecuente; pero cuya incidencia ha ido aumentando. En adultos es rara, aunque se puede presentar en pacientes oncológicos. La enfermedad se caracteriza por insuficiencia renal, anemia hemolítica y trombocitopenia.

1.5. *Yersinia enterocolitica*.

Y. enterocolitica es una bacteria pequeña de forma redonda y Gram-negativa, la cual es aislada frecuentemente de los especímenes clínicos tales como



FOTO 16. *Yersinia enterocolitica*.

las heridas, las heces fecales, el esputo o las glándulas linfáticas mesentéricas. Sin embargo, no forma parte normal de la flora humana. Por otro lado, *Y. pseudotuberculosis* ha sido aislada del apéndice infectado en los humanos.

Ambos organismos han sido aislados frecuentemente de los animales, tales como los cerdos, las aves, los castores, los gatos y los perros.

Solamente la bacteria *Y. enterocolitica* se ha encontrado en muestras ambientales de lagunas y lagos, y en alimentos como la carne, los helados y la

leche. La mayoría de los organismos aislados no han sido catalogados como patógenos.

El nombre de la enfermedad causada por este microorganismo es yersiniosis.

Existen tres especies patogénicas dentro del género *Yersinia*, pero sólo *Y. enterocolitica* y *Y. pseudotuberculosis* causan gastroenteritis. Hasta el momento, se han reportado muy pocos casos de brotes causados por *Y. pseudotuberculosis*, como por ejemplo las presentadas en Japón, donde se reportaron infecciones en humanos transmitidas por alimentos y por aguas contaminadas.

1.5.1. La yersiniosis.

La yersiniosis se caracteriza generalmente por síntomas tales como la gastroenteritis con diarrea y/o con vómito; sin embargo, la fiebre y el dolor abdominal son los síntomas que la definen. Las infecciones causadas por *Yersinia* son similares a la apendicitis y a la linfadenitis mesentérica, pero esta bacteria también puede causar infecciones en otras áreas como en las heridas, en las articulaciones y en el tracto urinario.

La dosis infecciosa es desconocida.

La aparición de la enfermedad se da entre las 24 y 48 horas después de la ingestión, la cual es la ruta usual de infección (los alimentos y las bebidas son los vehículos de transmisión).

El diagnóstico de la yersiniosis se inicia con el aislamiento del microorganismo a partir de las heces fecales, de la sangre, o del vómito de la víctima, y a veces la muestra es tomada durante la apendicectomía. La confirmación se realiza con el aislamiento y la posterior identificación bioquímica y serológica de *Y. enterocolitica*, provenientes tanto del hospedero humano como del alimento ingerido. Se ha reportado que la diarrea ocurre en el 80% de los casos; y que los síntomas más confiables son el dolor abdominal y la fiebre.

Dada la dificultad para el aislamiento de *Yersinia* de las heces fecales, muchos países dependen de la serología. Para ello, a los pacientes críticos y convalecientes se les realiza un análisis en busca del serotipo de *Yersinia spp.* sospechoso.

Las cepas de *Y. enterocolitica* se pueden encontrar en las carnes (de cerdo, la de carne de vaca, la de cordero, etc.), en las ostras, el pescado, y la leche cruda. La causa exacta de la contaminación de los alimentos es desconocida. Sin embargo,

la prevalencia de este organismo en el suelo y el agua, así como también en ciertos animales como los castores, los cerdos, y las ardillas, ofrece grandes oportunidades para que este organismo ingrese en la cadena alimentaria. La falta de higiene de los manipuladores de alimentos y las técnicas de esterilización inadecuadas, además del almacenamiento inapropiado, son también importantes fuentes que contribuyen a la contaminación.

La *Yersinia* es sensible al calor y como resultado morirá durante el calentamiento (mayor a 70°C). Las principales causas de infección son el consumo de los alimentos crudos o parcialmente cocidos y así como la contaminación cruzada, que ocurre cuando los productos cocidos entran en contacto con los materiales crudos o contaminados (tablas para cortar). Por esta razón, la cocción adecuada y la higiene en el manejo de los alimentos puede prevenir las infecciones causadas por *Yersinia* en una gran medida.

Las poblaciones más susceptibles a la enfermedad principal y a sus posibles complicaciones son las más jóvenes, también los débiles, los ancianos y las personas que se encuentren bajo terapias inmunodepresivas.

1.6. *Campylobacter jejuni*.

Campylobacter jejuni es una especie del género *Campylobacter*. Es un bacilo que responde negativamente a la tinción de Gram, presenta movilidad por uno o dos flagelos polares (que se encuentran en sus extremos), es microaerófilo capaz de crecer en una atmósfera de composición 5 % oxígeno, 10 % dióxido de



FOTO 17. *Campylobacter jejuni*.

carbono y 85 % de nitrógeno, no utiliza los hidratos de carbono.

Provoca infecciones intestinales. El cuadro clínico se manifiesta por una diarrea aguda, que puede o no ir acompañada de vómitos, dolor abdominal, dolor de cabeza y malestar general. El período de incubación es de

1 a 10 días, el cuadro clínico es autolimitado y dura entre 2 a 5 días, el uso de antibióticos no varía el curso clínico, sólo elimina el germen.

Hay estudios que indicarían que *Campylobacter* es la primera causa de diarrea en países desarrollados, sobre otros patógenos como *Salmonella*, *Shigella* y *Escherichia coli*.

Desde la década del 90 y a pesar del aumento en las exigencias sanitarias a la industria de alimentos de Europa Occidental, Norteamérica, Australia y Nueva Zelanda los casos de infecciones producidas por *Campylobacter* lejos de disminuir han aumentado, sin existir una explicación para esto.

En el ser humano, la transmisión indirecta es la más importante, debida a alimentos poco cocinados como son las aves (principalmente pollo), la leche y el agua.

Esta bacteria es sensible a las temperaturas ambientales, a la desecación, así los medios secos son muy perjudiciales para ella, a los ácidos, lo que limita mucho los lugares en donde se puede desarrollar, a los desinfectantes, al oxígeno en dosis excesivas por lo que las atmósferas modificadas son un buen medio de lucha y al almacén a 25 °C. También es un mal competidor con otros microorganismos.

1.7. *Plesiomonas shigelloides*.

Es una bacteria Gram-negativa con forma de bastoncillo que ha sido aislada del agua potable, de los pescados de agua dulce y de los mariscos, así como también de varios tipos de animales incluyendo el ganado vacuno y porcino, las cabras, los cerdos, los gatos, los perros, los monos, los buitres, las serpientes y los sapos.

Se cree que la mayoría de las infecciones humanas causadas por *P. shigelloides* tienen su origen en el agua. Principalmente, este microorganismo es de origen tropical y subtropical; y puede estar presente en el agua no potable que es posteriormente usada para el consumo humano directo, para fines recreativos o para enjuagar los alimentos que serán consumidos sin ser previamente cocidos o calentados. La ingestión de *P. shigelloides* no siempre causa enfermedad en el hospedero, pero puede residir temporalmente en la flora intestinal como un miembro transitorio y no infeccioso. Finalmente, este organismo ha sido aislado de las heces fecales de los pacientes con diarrea, pero también de algunos individuos sanos.

Es por ello que todavía no puede ser definitivamente considerado como una causa de enfermedad para los seres humanos, a pesar de que se ha asociado con la diarrea y aún más, los factores de virulencia que presenta, lo hacen un excelente

candidateo. La gastroenteritis es la enfermedad con la que se relaciona a *P. shigelloides*.

La mayoría de las cepas de *P. shigelloides* asociadas con enfermedades gastrointestinales han sido aisladas de las heces fecales de los pacientes con diarrea que viven en áreas tropicales y subtropicales. Este tipo de infecciones rara vez son reportadas en Estados Unidos o Europa, debido en parte a la naturaleza auto-limitante de la enfermedad.

En general, la gastroenteritis causada por *P. shigelloides* es una enfermedad leve auto-limitante que produce fiebre, escalofríos, dolor abdominal, náuseas, diarrea o vómito. Los síntomas pueden comenzar luego de las 20 a 24 horas de haberse ingerido el alimento o el agua contaminados. La diarrea es acuosa, no-mucosa y libre de sangre; y en los casos severos, ésta puede ser verde-amarillenta, espumosa y con sangre. La duración de la enfermedad en personas sanas puede ser de 1-7 días.

Se cree que la dosis infecciosa es alta, siendo por lo menos mayor a un millón de organismos.

La patogenicidad de la infección causada por *P. shigelloides* es desconocida. Se sospecha que el microorganismo es tóxico e invasor. Se cree que su importancia como patógeno entérico (intestinal) es debido a su predominante aislamiento de las heces fecales de los pacientes con diarrea. Puede ser identificado a través del uso de simples análisis bacteriológicos, análisis de serotipos y pruebas de sensibilidad con antibióticos.

La mayoría de las infecciones causadas por *P. shigelloides* ocurren durante los meses de verano, y están correlacionadas con la contaminación ambiental del agua dulce (los ríos, las corrientes, los estanques, etc.). En los casos esporádicos o epidémicos, la ruta de transmisión se da a través del consumo de agua contaminada o de mariscos crudos.

Una prevención total probablemente no sea posible, sin embargo el evitar el consumo de mariscos crudos y de agua superficial puede reducir el riesgo.

Todas las personas pueden ser susceptibles a la infección. Los bebés, los niños y los enfermos crónicos son los más propensos a experimentar una prolongada enfermedad así como sus complicaciones.

1.8. *Aeromonas sp.*

Aeromonas hydrophila es una especie de bacteria que está presente en todos los entornos ambientales de agua dulce y de agua salobre o semisalada. Algunas de sus cepas son capaces de producir enfermedades en los peces y los anfibios, así como también en los seres humanos, quienes pueden adquirir las infecciones a través de heridas abiertas o por la ingestión de un suficiente número de microorganismos contenidos en los alimentos o el agua.

No se conoce mucho de las otras especies de *Aeromonas spp* ; pero se sabe que se tratan también de microorganismos acuáticos involucrados en enfermedades en humanos.

Actualmente, existe una controversia respecto a si la bacteria *A. hydrophila* es la causante de la gastroenteritis en humanos o no. A pesar de que este microorganismo tiene diversos atributos que lo clasifican como patógeno para los humanos, algunas investigaciones hechas con personas voluntarias, no han resultado positivas, aún utilizando un gran número de células (como por ejemplo 10¹¹). Sin embargo, su presencia en las deposiciones de individuos con diarrea, en la ausencia de otros enteropatógenos, sugiere su participación en dicha enfermedad.

A. hydrophila está asociada con dos tipos diferentes de gastroenteritis: una enfermedad similar al cólera con diarrea acuosa y una enfermedad disintérica caracterizada por la presencia de sangre y mucosidad en las deposiciones. La dosis infecciosa de este microorganismo requerida para causarlas es desconocida, pero se ha visto que buzos que han ingerido poca cantidad de agua, han contraído la enfermedad. En este último caso, a sido posible aislar la bacteria *A. hydrophila* de sus deposiciones.

Se ha observado que los individuos con enfermedades subyacentes (septicemia) presentan un tipo de infección general en la que los organismos se dispersan por todo el cuerpo.

A. hydrophila puede ser cultivada a partir de las deposiciones o de la sangre de los individuos infectados. Para ello, los microorganismos son sembrados y cultivados en Agar conteniendo sangre de cordero y ampicilina como antibiótico. Esta última, previene el crecimiento de la mayoría de los microorganismos competidores. La identificación de las especies es confirmada por una serie de pruebas bioquímicas. Así mismo, la habilidad del microorganismo para producir

las enterotoxinas causantes de los síntomas gastrointestinales puede confirmarse mediante ensayos de cultivo de tejidos.

A. hydrophila ha sido encontrada frecuentemente en los pescados y mariscos, así como también en muestras de carnes rojas (res, cerdo y cordero) y de pollos, tomadas en los mercados. Debido a que los mecanismos virales de *A. hydrophila* son poco conocidos, se presume que no todas las cepas son patogénicas, dada la ubicuidad del organismo.

A. hydrophila puede causar gastroenteritis en individuos sanos, o septicemia en individuos que presenten un sistema inmunológico deficiente u otras enfermedades.

A. caviae y *A. sobria* pueden causar también enteritis en cualquier individuo, o septicemia en las personas inmunodeficientes o en aquellas que estén sufriendo de alguna enfermedad.

Así mismo, *A. caviae* y *A. sobria* son consideradas por muchos como “patógenos putativos”, y asociadas con enfermedades diarreicas. No obstante, aún no han sido comprobados como agentes causales.

La prevención total es casi imposible; sin embargo, los alimentos que son adecuadamente cocidos, calentados y almacenados son generalmente seguros. El mayor riesgo es la contaminación cruzada, que ocurre cuando el material cocido entra en contacto con los productos crudos, el agua contaminada o las superficies infestadas.

Se cree que todas las personas son susceptibles a desarrollar gastroenteritis, aunque esta enfermedad es mayormente observada en los niños muy pequeños. Las personas con un sistema inmunológico deficiente o con enfermedades subyacentes son susceptibles a infecciones más severas.

1.9. *Pseudomonas*.

Es un género de bacilos rectos o ligeramente curvados, Gram negativos, oxidasa positivos, aeróbicos estrictos aunque en algunos casos pueden utilizar el nitrato como aceptor de electrones. El catabolismo

de los glúcidos se realiza por la ruta de Etnier-Doudoroff y el ciclo de los ácidos



FOTO 18. *Pseudomonas aeruginosa* al microscopio barrido, con falso color.

tricarboxílicos. Algunos miembros del género son psicrófilos, mientras que otros sintetizan sideróforos fluorescentes de color amarillo-verdoso con gran valor taxonómico. Es común la presencia de plásmidos y no forman esporas.

Debido a su amplia distribución en la naturaleza, las *Pseudomonadaceae* fueron observadas en los inicios históricos de la microbiología. Las *Pseudomonadaceae* eran aisladas de un variado número de nichos ecológicos de modo que un grandísimo número de especies recibían el nombre del género. Nuevas metodologías y la aparición de abordajes basados en los estudios de macromoléculas conservadas entre diversos organismos, han reclasificado a muchas especies.

La *Pseudomonas aeruginosa* ha estado aumentando como un reconocido patógeno oportunista emergente en la relevancia clínica. Varios estudios epidemiológicos diferentes indican además que la resistencia a antibióticos ha venido incrementando entre muestras clínicas.

En el año 2000, se determinó el genoma completo de una especie de *Pseudomonas* y más recientemente se han determinado las secuencias de otras especies, incluyendo *P. aeruginosa*, *P. putida*, *P. fluorescens*, *P. syringae* pathovar tomato, *P. syringae* pathovar syringae, *P. syringae* pathovar phaseolica, *P. fluorescens* y *P. entomophila*.

Los miembros de este género generalmente son móviles gracias a uno o más flagelos polares que poseen, son catalasa positivos y no forman esporas. Algunas especies sintetizan una cápsula de exopolisacáridos que facilita la adhesión celular, la formación de biopelículas y protege de la fagocitosis, de los anticuerpos o del complemento aumentando así su patogenicidad.

El género demuestra una gran diversidad metabólica, y consecuentemente son capaces de colonizar un amplio rango de nichos. Son de fácil cultivo *in vitro* y ampliamente disponibles en número, por lo que ciertas cepas son excelentes para investigaciones científicas, por ejemplo, *P. aeruginosa* y su rol como patógeno oportunista de humanos, el patógeno de plantas *P. syringae*, la bacteria de tierra *P. putida* y la *P. fluorescens* que promueve el crecimiento de plantas.

Los factores de virulencia de la estructura celular incluyen antígenos somáticos O y flagelares H, fimbrias y cápsula de polisacáridos. Producen enzimas extracelulares como elastasas, proteasas y dos hemolisinas: fosfolipasa C

termolábil y un lipopolisacárido termoestable. La exotoxina A bloquea la síntesis de proteínas responsable de la necrosis tisular.

Las *Pseudomonas* crecen en medios simples. En caldo crecen abundantemente formando un anillo y un sedimento de color verde azulado. En Agar simple forman colonias brillantes, confluentes, de borde continuo y a veces ondulado con un centro opaco. El pigmento (piocianina) se difunde en el medio dándole una tonalidad verdosa. Este pigmento tiene cualidades bactericidas sobre otras bacterias Gram positivas y Gram negativas.

Las especies del género *Pseudomonas* son organismos ubicuos, bacterias Gram negativas que se encuadran dentro del grupo γ de las proteobacterias. Se han aislado bacterias de este género tanto en suelos limpios como en suelos contaminados por productos biogénicos y xenobióticos. También son microbiota predominante en la rizosfera y en la filosfera de plantas; del mismo modo, se han aislado de ambientes acuáticos, tanto de agua dulce como de aguas marinas. En general inocuas para el hombre también existen: patógenos oportunistas como *P.aeruginosa*; patógenos de animales y patógenos de plantas como *P.syringae*.

Las cepas del género *Pseudomonas* son capaces de procesar, integrar y reaccionar a una amplia variedad de condiciones cambiantes en el medio ambiente, y muestran una alta capacidad de reacción a señales físico-químicas y biológicas. Se han descrito cepas capaces de adquirir resistencia a metales pesados, disolventes orgánicos y detergentes, lo cual les permite explotar una amplia gama de fuentes de carbono como nutrientes, así como colonizar ambientes y nichos que difícilmente son colonizables por otros microorganismos. Por ello no es sorprendente que se considere a las bacterias del género *Pseudomonas* un paradigma de versatilidad metabólica, y microorganismos claves en el reciclado de materia orgánica en los compartimentos aeróbicos de los ecosistemas, jugando, por tanto, un papel esencial en la mejora y el mantenimiento de la calidad medioambiental. Además de su uso en biodegradación las especies del género *Pseudomonas* se emplean en distintos procesos industriales, tales como la fabricación de bioplásticos o en técnicas de biocontrol. La posición taxonómica de las distintas especies del género se encuentra sujeta a revisión.

P. aeruginosa es un patógeno oportunista humano, más comúnmente afecta a los inmunosuprimidos. Estas infecciones pueden afectar a muchas partes del cuerpo, pero típicamente afectan las vías respiratorias, causando 50 % de las

pulmonías bacteriana nasocomiales. El tratamiento de dichas infecciones puede ser difícil debido a la frecuente y repetitiva resistencia antibiótica.

P. oryzihabitans puede también ser un patógeno humano, aunque las infecciones son raras. Puede causar peritonitis, endoftalmitis, septicemia y bacteremia. Síntomas similares, aunque poco frecuentes, puede ser vistas con *P. luteola*.

P. plecoglossicida es una especie patógena de peces, causando ascitis hemorrágica en los peces Ayu (*Plecoglossus altivelis*). *P. anguilliseptica* es también un patógeno en los peces.

Debido a su actividad hemolítica, las especies que no son patógenas pueden ocasionalmente causar problemas clínicos, en particular en la infección de transfusiones de sangre.

Las *Pseudomonas*, por ser bacterias hidrófilas, han estado involucradas en otitis externa en particular asociada al agua, como es el caso del oído de nadador crónico o aquellas provocadas por la inserción de objetos penetrantes en el oído.

Bacterias	Fuente	Periodo de incubación	Duración	Síntomas clínicos
<i>Salmonella typhi</i>	Heces, orina	7-28 días (14)	5-7 días (semanas-meses)	Fiebre, tos, náusea, dolor de cabeza, vómito, diarrea
<i>Salmonella sp.</i>	Heces	8-48 horas	3-5 días	Diarrea acuosa con sangre
<i>Shigellae sp.</i>	Heces	1-7 días	4-7 días	Disenteria (diarrea con sangre), fiebres altas, síntomas tóxicos, retortijones, pujos intensos e incluso convulsiones.
<i>Vibrio cholerae</i>	Heces	9-72 horas	3-4 días	Diarrea acuosa, vómito, deshidratación.
<i>V.cholerae</i> No.-01	Heces	1-5 días	3-4 días	Diarrea acuosa
<i>Eschericia coli enterohemorágica</i> O157:H7	Heces	3-9 días	1-9 días	Diarrea acuosa con sangre y moco, dolor abdominal agudo, vómitos, no hay fiebre.
<i>Eschericia coli enteroinasiva</i>	Heces	8-24 horas	1-2 semanas	Diarrea, fiebre, cefalea, mialgias, dolor abdominal, a veces las heces son mucosas y con sangre.
<i>Eschericia coli enterotoxigena</i>	Heces	5-48 horas	3-19 días	Dolores abdominales, diarrea acuosa, fiebre con escalofríos, náusea, mialgia.
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Heces, orina	1-11 días (24-48 horas)	1-21 días (9)	Dolor abdominal, diarrea con moco, sangre, fiebre, moco.
<i>Campylobacter jejuni</i>	Heces	2-5 días (42-72 horas)	7-10 días	Diarrea, dolores abdominales, fiebre y algunas veces heces fecales con sangre, dolor de cabeza.
<i>Plesiomonas shigelloides</i>	Heces	20-24 horas	1-2 días	Fiebre, escalofríos, dolor abdominal, náusea, diarrea o vómito.
<i>Aeromonas sp.</i>	Heces	Desconocido	1-7 días	Diarrea, dolor abdominal, náuseas, dolor de cabeza y colitis, las heces son acuosas y no son sanguinolentas.

CUADRO 1. Principales bacterias transmitidas por el agua.