

BACTERIAS MARINAS

Generalidades

Las bacterias marinas son halofílicas, es decir, necesitan NaCl para su desarrollo óptimo; la concentración requerida por la mayoría de ellas es igual a la concentración de sal del mar. El NaCl es la fuente más importante de iones Na^+ , los cuales están relacionados con el transporte de sustancias dentro de la célula, posiblemente a través de la activación de proteasas en la pared celular. Los iones Cl^- influyen favorablemente en el crecimiento, aunque los mecanismos aún se desconocen (Rheinheimer, 1991).

Existen algunas bacterias marinas halotolerantes, es decir, que soportan crecer en agua de mar; sin embargo, su distribución se encuentra limitada básicamente a sitios cercanos a las costas y su proporción respecto a la flora total no es significativa.

La mayoría de las bacterias marinas son Gram negativas. En las costas la proporción de organismos Gram negativos es del 80%, en cultivos de agua de mar ésta proporción aumenta al 95%. Las bacterias encontradas generalmente en el mar son móviles; de un 75 a 85% poseen flagelos. Aunque la mayoría de éstos organismos son anaerobios facultativos, crecen mejor en presencia de oxígeno.

El crecimiento de las bacterias marinas es más lento respecto a las bacterias del suelo; esto se debe a que el agua de mar es generalmente pobre de

nutrientes por lo que tienen que desarrollar la habilidad de utilizar los nutrientes que se encuentran presentes en muy pequeñas concentraciones. Como una consecuencia de la adaptación a estas cantidades de nutrientes se observa un marcado pleomorfismo. Los organismos en cultivos puros, ya sean en medios sólidos o líquidos, con frecuencia muestran formas muy diversas; organismos que normalmente son bacilos pueden observarse como cocos, vibrios y espirilos. En cultivos viejos pueden observarse racimos. El pleomorfismo ocurre también en bacterias de otros hábitats pero con menor frecuencia.

El rango de temperatura óptima para el crecimiento de las bacterias marinas es de 18 a 22°C; sin embargo, algunas pueden crecer entre 0 y 4°C.

Morfológicamente, las bacterias marinas no representan un grupo por sí mismas. En la mayoría la forma de las células corresponde a los 4 tipos básicos: cocos, bacilos, vibrios y espirilos, aunque también pueden encontrarse en menor proporción micrococos y formas filamentosas o ramificadas. La mayor parte de ellas son bacilos Gram negativos, no esporulados y flagelados.

De acuerdo a investigaciones realizadas por MacDonell y Hood (1982) existe en el agua de mar una elevada proporción de bacilos cortos y delgados, algunos de ellos pertenecientes a los géneros *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Vibrio* y *Alcaligenes*.

Con respecto a su posición sistemática, las bacterias marinas no constituyen un grupo simple, sino que pertenecen a numerosas familias y géneros en los cuales también se encuentran tipos terrestres. Generalmente la única diferencia entre las bacterias marinas y las formas terrestres estrechamente relacionadas y con reacciones metabólicas casi idénticas, es el carácter halofílico y psicrofílico facultativo de las formas marinas.

Miembros de los géneros *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Spirillum*, *Alcaligenes* y *Flavobacterium* se encuentran ampliamente distribuidos en regiones marinas. Todos éstos géneros también contienen numerosas especies terrestres y de agua dulce.

Las estrechas relaciones entre bacterias terrestres y las marinas más comunes han originado dudas a cerca de la existencia de bacterias marinas genuinas autóctonas. Existen dos teorías respecto a su origen; una de ellas apoya que las bacterias que viven en el mar son solo formas terrestres adaptadas a vivir en agua salada. La otra teoría soporta la idea de que, aunque la habilidad de vivir en el mar es la única característica que distingue claramente a las bacterias marinas de otras bacterias, es suficiente para diferenciarlas ya que bajo ciertas condiciones, por ejemplo, cuando un río entra al mar, la adaptación de las bacterias de agua dulce al agua de mar no ocurre. Por otro lado, el hecho de que las formas marinas sí puedan adaptarse a vivir en ambientes no marinos sugiere que éstas y las bacterias terrestres probablemente se desarrollaron a partir de un ancestro marino común (Rheinheimer, 1991).

Bacterias Aisladas de Cultivos de Peces

Vibrio sp.

Los miembros del género *Vibrio* son organismos acuáticos que se encuentran tanto en hábitats de agua dulce como en agua de mar. Aunque casi todos los miembros de éste grupo son saprófitos que se encuentran en el agua, algunos son parásitos o patógenos del hombre y algunos animales (Tortora *et al.*, 1992).

Estos microorganismos se caracterizan por ser bacilos curvos Gram negativos (Figura 10). La mayor parte son móviles con 1 a 3 flagelos polares. Son aerobios o anaerobios facultativos.

El crecimiento de todas las especies de Vibrios es estimulado por iones Na^+ . El amplio rango de concentración de Na^+ necesario para su óptimo crecimiento sugiere que las diferentes especies pueden variar grandemente con respecto a su potencial para habitar ambientes de diferentes salinidades. En un extremo se encuentra *V. cholerae* y *V. metschnikovii* los cuales requieren 5-15 mM Na^+ para su crecimiento óptimo, ambas especies han sido aisladas de hábitats de agua dulce y estuarios. El otro extremo son *V. splendidus* y *V. costicola* los cuales requieren 300-400 y 600-700 mM Na^+ respectivamente, no se encuentran en ambientes con concentraciones de sal considerablemente bajas. Por otro lado, *V. fluvialis* y *V. anguillarum* tienen requerimientos respectivos de 20-40 y 60-100 mM Na^+ .

•



Figura 10. *Vibrio* sp. Fuente: Tortora *et al.*, 1992.

Las especies de género *Vibrio* varían respecto a las temperaturas a las cuales pueden crecer. La mayoría crecen entre 20°C y 30°C, pero algunas especies crecen a temperaturas extremas como 4 y 45°C. Muchas especies toleran condiciones moderadamente alcalinas y crecen a pH 9 (Sneath, 1986).

Vibrio parahaemolyticus.- Este microorganismo se encuentra en el agua y fauna marina de todo el mundo. Es la causa principal de gastroenteritis en el Japón (donde se consume carne de pescado en forma abundante) y ha sido también implicado en brotes de gastroenteritis en otras partes del mundo. Su hábitat primario es el agua de mar y los animales marinos, la infección humana es un desarrollo secundario (Joklik *et al.*, 1992; Tortora *et al.*, 1992; Brock y Madigan, 1993).

Morfológicamente es un bacilo corto Gram negativo, ligeramente curvo. Todas las cepas de *V. parahaemolyticus* son móviles por medio de un flagelo polar único. Se desarrolla bien entre 22-42°C, no crece a 2°C. Es capaz de crecer a valores de pH entre 5 y 11 y concentraciones de NaCl de 1 a 7%.

La velocidad con que se presentan los síntomas en los huéspedes infectados sugiere la presencia de una exotoxina. También la actividad hemolítica ha sido estrechamente relacionada con la patogenicidad, así como otros productos extracelulares como proteasas, hemaglutininas y citotoxinas (Venkateswaran *et al.*, 1989)

Vibrio vulnificus.- Es un vibrio marino fermentador de lactosa que se ha asociado con enfermedad humana originadas por el contacto de heridas con agua de mar o por la ingesta de alimentos marinos crudos.

Puede ser aislado de una amplia variedad de ecosistemas. Ha sido aislado de ostiones, almejas, moluscos y peces así como de sedimentos y plancton. Se ha aislado de aguas con temperaturas de 13 a 31°C y salinidades de 0.8 a 34‰. No obstante a su aparente tolerancia a amplios rangos de salinidad y temperatura *V vulnificus* es observado mas frecuentemente a temperaturas de 17 a 31°C y salinidades de 15 a 25‰ (O'Neill *et al.*, 1992).

Vibrio alginolyticus.- Vibrio marino, halófilo verdadero, es decir, no puede crecer en ausencia de NaCl. Es muy común en aguas de regiones tropicales y templadas (Joklik *et al.*, 1992).

Originalmente fue llamado *V. parahaemolyticus* biotipo 2, posteriormente con una serie de estudios se demostró que eran especies distintas.

En medios líquidos se observa un flagelo polar y en medios sólidos un flagelo polar delgado y numerosos flagelos laterales. Crece entre 30 y 40°C, no produce pigmentos (Sneath, 1986).

Vibrio anguillarum.- Es un patógeno de peces marinos y anguilas y constituye la mayor causa de enfermedades en cultivos de peces. Se obtiene de peces marinos o de agua dulce enfermos y constituye el índice de contaminación de depósitos de agua.

Es un bacilo corto (0.5-1.0 μm por 1.0-2.0 μm), es curvo, Gram negativo, no esporulado que se mueve por la acción de un flagelo polar. Crece bien en presencia de 3.5-5% de NaCl, no crece cuando la concentración es igual o mayor a 10%

Las condiciones óptimas para el crecimiento de *Vibrio anguillarum* son de 20-25°C y pH de 6.8.

***Aeromonas* sp.**

Los organismos del género *Aeromonas* se encuentran en fuentes naturales de agua y en el suelo y produce con frecuencia procesos patológicos en animales marinos de sangre fría y en animales de agua dulce.

Morfológicamente son bacilos rectos, Gram negativos, de cápsula delgada, o cocobacilos, de 1 a 4.4 μm que pueden encontrarse aislados, en pares y en cadenas cortas.

Crece entre 21-40°C a un pH de 5.5 a 9. Son oxidasa positivas y presentan movilidad gracias a la presencia de un flagelo polar. Produce un pigmento

característico de color pardusco, soluble en agua; pero tanto su crecimiento como producción de pigmento disminuyen cuando hay carencia de oxígeno (Davis, 1985; Brock y Madigan, 1993).

Se conocen 3 especies móviles, *A. hydrophila*, *A. caviae* y *A. sobria*, y 3 especies no móviles, *A. salmonicida* subespecies *salmonicida*, *achromogenes* y *masoucida* de las cuales *A. hydrophila* y *A. salmonicida* subespecie *salmonicida* han sido frecuentemente reportados como patógenos de peces. Pueden infectar además otros animales como ranas y mamíferos, incluyendo al hombre.

Producen un gran número de enzimas extracelulares, incluyendo proteasas, amilasa, lipasa, nucleasa, entre otras. El papel de estas enzimas en la patogenicidad de las infecciones por *Aeromonas* no ha sido definido. La adherencia puede servir como un factor de virulencia (Sneath, 1986).

***Renibacterium* sp.**

La única especie que se encuentra dentro de éste género es:
Renibacterium salmoninarum.

***Renibacterium salmoninarum*.**- Es un organismo Gram positivo, no móvil, no encapsulado y aeróbico. Morfológicamente son bacilos cortos, miden aproximadamente. 0.3-1.0 x 1.0-1.5 μm , generalmente se presentan en pares, aunque

algunas veces se observan cadenas cortas. Su crecimiento óptimo ocurre entre 15 y 18°C.

Este microorganismo es un patógeno obligado de peces salmónidos. Invade intracelularmente y produce una infección crónica que se desarrolla lentamente caracterizada por abscesos necróticos de color blanco-grisáceos restringidos al riñón durante las primeras etapas de la infección. Las infecciones se desarrollan en un rango de temperatura de agua entre 4 y 20°C. Los cambios patológicos observados en el glomérulo y túbulos renales del riñón son muy similares a los observados en el síndrome nefrótico y glomerulonefritis en mamíferos.

Renibacterium salmoninarum es sensible a varios antibióticos de los cuales eritromicina y sulfamidas son los que han dado mejores resultados; sin embargo, se ha observado que cuando éstas drogas dejan de administrarse la enfermedad reaparece.

Esta bacteria ha sido aislada de miembros de la familia Salmonidae en Norte América, Europa y Japón. Las 12 especies de peces de las cuales se ha aislado son: *Oncorhynchus tshawytscha*, *O. kisutch*, *O. nerka*, *O. masou*, *O. keta*, *O. gorbuscha*, *Salmo gairdneri*, *S. clarki*, *S. trutta*, *S. salar*, *Salvelinus fontinalis* y *S. namaycush* (Sneath, 1986).

***Edwardsiella* sp.**

El género *Edwardsiella* comprende un grupo de microorganismos móviles, productores de H₂S, lactosa negativos, que se parecen a las salmonelas en algunas características, a veces en la patogenicidad (Davis, 1985).

Son bacilos pequeños (1.2-5 µm x 0.5-0.75 µm), rectos, Gram negativos. Son aislados frecuentemente de animales de sangre fría y sus ambientes, particularmente de agua dulce. Patógenos para anguilas, bagre, y otros animales; pueden llegar a causar importantes pérdidas económicas. En humanos actúan como patógenos oportunistas. Se conocen dos especies patógenas para peces, *Edwardsiella tarda* y *E. ictaluri* (Sneath, 1986).

E. tarda ha sido aislada de muchos animales incluyendo animales domésticos, animales en zoológicos, ranas, tortugas, peces y otros animales marinos. Es encontrada frecuentemente en el ambiente, particularmente donde viven estos animales. La temperatura óptima de crecimiento es de 35°C. Se mueve por medio de flagelos peritricos.

El reservorio natural de *Edwardsiella* parece ser el intestino de animales, desde el cual, por medio de las heces se disemina al medio ambiente. La mayoría de las infecciones humanas causadas por *E. tarda* probablemente resultan del contacto con el organismo en el ambiente.

E. ictaluri originalmente llamada *Edwardsiella* grupo "GA 7752" ha sido causante de numerosos brotes de septicemia entérica del Bagre. No se han reportado aislamientos en humanos. Crece muy lentamente en medios artificiales, frecuentemente requiere 2 ó 3 días de incubación para desarrollar colonias de 1 mm. de diámetro. Prefiere bajas temperaturas aunque las reacciones bioquímicas características son aparentemente a 36°C. Bioquímicamente es la especie menos activa del género.

Otras bacterias

Pseudomonas sp. El género *Pseudomonas* se compone de bacilos rectos Gram negativos que miden 0.5-1.0 μm por 1.5-4.0 μm y tienen flagelo polar, único o múltiple (Figura 11).

La mayoría de las especies de *Pseudomonas* tienen requerimientos nutricionales muy sencillos y se desarrollan adecuadamente a valores neutros de pH y a temperaturas entre los límites de las mesófilas (25-40°C).

Son aerobios, no fermentativos que se encuentran en los suelos y aguas y en ocasiones en peces en descomposición. En su hábitat natural, éstos microorganismos ampliamente distribuidos desempeñan un papel importante en la descomposición de materia orgánica. Diversas especies son importantes patógenos vegetales, mientras que otras pueden infectar animales; en peces se consideran

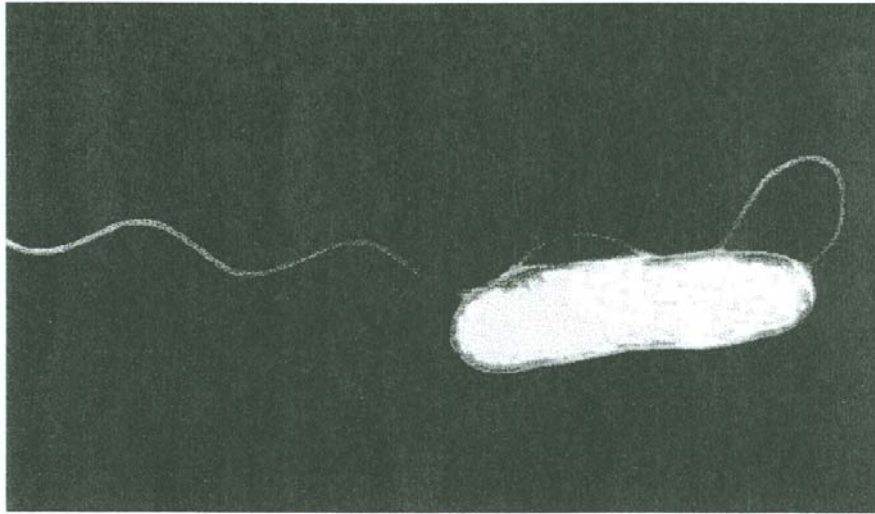


Figura 11. *Pseudomonas* sp. Fuente: Tortora *et al.*, 1992.

patógenos secundarios ya que actúan como oportunistas (Joklik *et al.*, 1992; Brock, 1993).

Staphylococcus sp. Los estafilococos son cocos Gram positivos que se observan generalmente en forma de racimos (Figura 12). Son organismos anaerobios facultativos. Son capaces de desarrollarse bien en condiciones de alta presión osmótica. La temperatura óptima de crecimiento es de 37°C. Son parásitos frecuentes del hombre y animales y en ocasiones originan infecciones serias (Tortora *et al.*, 1992).

Streptococcus sp. Los miembros de este género se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza, generalmente son saprófitos y se encuentran en el tracto respiratorio, genital o digestivo del hombre y de los animales; por lo tanto no es difícil encontrarlos en el agua. La infección en peces es de naturaleza secundaria (Jiménez-Guzmán *et al.*, 1990).

Morfológicamente son bacterias esféricas Gram positivas. Se agrupan en cadenas que contienen por lo general de 4 a 6 cocos, pueden encontrarse cadenas de hasta 50 o más cocos (Figura 13) (Tortora *et al.*, 1992).

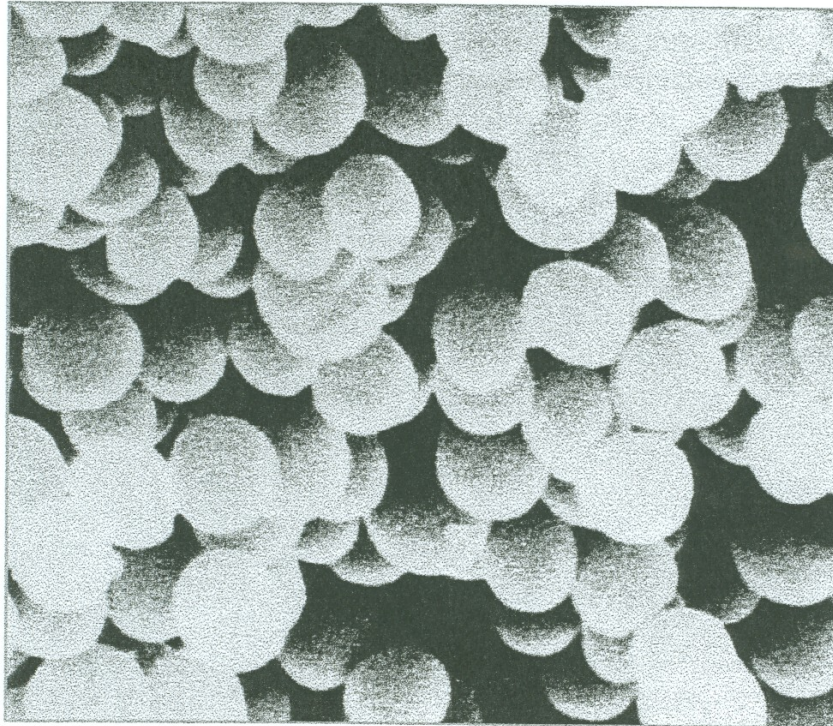


Figura 12. *Staphylococcus* sp. Fuente: Tortora *et al.*, 1992.

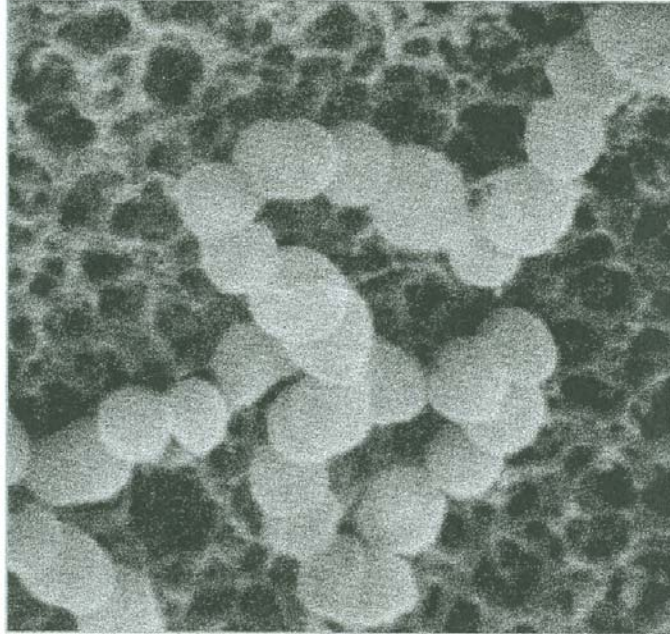


Figura 13. *Streptococcus* sp. Fuente: Tortora *et al.*, 1992.

La temperatura óptima para el desarrollo de los estreptococos es de 37°C pero también puede crecer a temperaturas bajas; por lo tanto, las infecciones causadas por estos microorganismos pueden ocurrir tanto en peces de aguas frías como templadas.