

HIGIENE Y SANIDAD AMBIENTAL

Hig. Sanid. Ambient. **2**: 19-25 (2002)

Dirección

Prof. Miguel Espigares García

Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública. Facultad de Farmacia. Universidad de Granada.
Campus Universitario de Cartuja. 18071 Granada, España. Telf: 958 243 169. Fax: 958 249 958. E-mail:
mespigar@ugr.es

Comité de redacción

Prof. Milagros Fernández-Crehuet Navajas. E-mail: fcrehuet@ugr.es

Prof. Pablo Lardelli Claret. E-mail: lardelli@ugr.es

Prof. Obdulia Moreno Abril. E-mail: omoreno@ugr.es

Prof. José Antonio Pérez López. E-mail: japerez@ugr.es

Redacción

Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública. Facultad de Farmacia. Universidad de Granada.
Campus Universitario de Cartuja. 18071 Granada, España. Telf: 958 243 169. Fax: 958 249 958. Email:
mespigar@ugr.es

Depósito legal GR-222/2002

ISSN 1579-1734

Higiene y Sanidad Ambiental es una revista electrónica en español, de difusión gratuita, que publica trabajos de investigación originales, revisiones y procedimientos técnicos, con un contenido relativo al área científica de Higiene y Sanidad Ambiental: criterios de calidad ambiental; contaminación de agua, aire y suelo; análisis de riesgos y exposición ambiental, industrial y laboral; epidemiología ambiental; técnicas de saneamiento; higiene de los alimentos; higiene hospitalaria; antibióticos, desinfección y esterilización; tratamiento de aguas y residuos sólidos; etc. También podrán ser publicados artículos relativos a la docencia universitaria de estos contenidos.

Los artículos para la publicación en la revista *Higiene y Sanidad Ambiental*, deben ser enviados a la Dirección de la revista en soporte electrónico con formato de Microsoft Word (o compatible), con un estilo editorial internacionalmente aceptado en las publicaciones científicas (título, resumen, palabras clave, introducción, material y métodos, resultados, discusión, bibliografía, etc.).

Las suscripciones a la revista *Higiene y Sanidad Ambiental* son gratuitas y se pueden realizar mediante el envío de un correo electrónico dirigido a la Dirección o Comité de Redacción.

Algunos aspectos del mecanismo de transmisión hídrica en *Salmonella*

E. Espigares Rodríguez y A. Álvarez Alcántara

Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública. Facultad de Farmacia. Campus Universitario de Cartuja. 18071 Granada, España. Telf. 958 243 169. E-mail: mespigar@ugr.es

IMPORTANCIA SANITARIA DEL GÉNERO *SALMONELLA*

Las especies del género *Salmonella* son seguramente los patógenos más caracterizados, al ser una de las causas más importantes de gastroenteritis bacterianas (FERNÁNDEZ-CREHUET NAVAJAS y cols., 2001).

son ureasa negativos, habitualmente producen gas a partir de la glucosa y sulfhídrico en agar triple azúcar hierro. La lisina y ornitina decarboxilasas según el método de Møller suelen ser positivas. Como en todos los microorganismos de importancia epidemiológica, la clasificación del género *Salmonella* es enormemente compleja, como consecuencia de la necesidad de seguimiento de los procesos epidémicos mediante los marcadores adecuados.

La subdivisión del género *Salmonella* en los llamados subgéneros de Kauffman-White se realiza en función de las características bioquímicas que se exponen en la TABLA 1 (LE MINOR, 1984).

Desde un punto de vista sanitario, el subgénero I es el más importante, ya que incluye las cepas que se aíslan habitualmente en el hombre y animales endotermos.

Actualmente se consideran dos especies, como se expone en la TABLA 2 (POPOFF y cols., 2000). Son excepcionales en el hombre los casos de salmonelosis causados por otras subespecies distintas a *S. enterica*. Además, son muy raras en Europa las salmonelosis humanas producidas por subespecies diferentes a *S. enterica* subsp. *enterica*. En Norte América, *S. enterica* subsp. *arizonae* es un agente infeccioso ocasional en personas con afecciones subyacentes graves, que es muy frecuentemente adquirido por la población hispana a través de la

ingesta de carne de serpiente de cascabel, utilizada como remedio en la medicina popular (STOCK y WIEDEMANN, 2000).

TABLA 1. Características diferenciales de los subgéneros del género *Salmonella*

| PRUEBAS BIOQUÍMICAS | SUBGÉNEROS | | | | |
|--------------------------------------|------------|-------|-------|-------|---|
| | I | II | III | IV | V |
| β-galactosidasa (test de ONPG) | - | - / d | + | - | + |
| Producción de ácido a partir de : | | | | | |
| Lactosa | - | - | + / d | - | - |
| Dulcitol | + | + | - | - | + |
| Mucato | + | + | v | - | + |
| Galacturonato | - | + | v | + | + |
| Utilización de: | | | | | |
| Malonato | - | + | + | - | - |
| d-tartrato | + | - / d | - / d | - / d | - |
| Hidrólisis de la gelatina | - | - | - | + | + |
| Hábitat de la mayoría de las cepas | | | | | |
| Animales endotermos | + | - | - | - | - |
| Animales ectotermos y medio ambiente | - | + | + | + | + |

Símbolos
+: positiva para más del 90 % de las cepas en 1-2 días.
- : negativa para más del 90 % de las cepas en 1-2 días.
d : débil, es decir, tardía e irregularmente positiva (3-7 días).
v : variable, es decir, positiva para el 11-89 % de las cepas en 1-2 días.

El género *Salmonella* pertenece a la familia *Enterobacteriaceae*, siendo bacilos Gram negativos, generalmente móviles mediante flagelos peritricos, anaerobios facultativos, reducen los nitratos a nitritos,

TABLA 2. Especies y subespecies del género *Salmonella* (POPOFF y cols., 2000).

Salmonella enterica, con seis subespecies:
 Subespecie I: *enterica*.
 Subespecie II: *salamae*.
 Subespecie IIIa: *arizonae*.
 Subespecie IIIb: *diarizonae*.
 Subespecie IV: *houtenae*.
 Subespecie VI: *indica*.
Salmonella bongori: es la antigua subespecie V

TABLA 3. Fórmula antigénica de los serotipos de *Salmonella* de mayor importancia en patología humana, según el esquema de Kauffman-White

| | SEROGRUPO | ANTÍGENOS SOMÁTICOS (O) | ANTÍGENOS FLAGELARES Fase 1 | ANTÍGENOS FLAGELARES Fase 2 |
|-----------------------|----------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <i>S. paratyphi A</i> | A | <u>1</u> ,2,12 | a | [1,5] |
| <i>S. paratyphi B</i> | B | <u>1</u> ,4,[5],12 | b | 1,2 |
| <i>S. typhimurium</i> | B | <u>1</u> ,4,[5],12 | i | 1,2 |
| <i>S. heidelberg</i> | B | <u>1</u> ,4,[5],12 | r | 1,2 |
| <i>S. paratyphi C</i> | C ₁ | 6,7,[Vi] | c | 1,5 |
| <i>S. virchow</i> | C ₁ | 6,7 | r | 1,2 |
| <i>S. hadar</i> | C ₂ | 6,8 | z ₁₀ | e,n,x |
| <i>S. newport</i> | C ₂ | 6,8 | e,h | 1,2 |
| <i>S. typhi</i> | D ₁ | 9,12,[Vi] | d | - |
| <i>S. enteritidis</i> | D ₁ | <u>1</u> ,9,12 | g,m | [1,7] |

Símbolos:

 : los factores somáticos subrayados indican que su presencia está ligada a conversión lisogénica.

[] : puede estar ausente.

A partir de los antígenos O (somáticos), H (flagelares) y Vi, se establecen más de 2 000 serotipos de *Salmonella*, la mayoría de los cuales, incluidos *S. typhi* y *S. paratyphi*, pertenecen a la subespecie *enterica*. Esta clasificación en serotipos es la más utilizada desde un punto de vista epidemiológico.

Para la clasificación en serotipos se sigue el esquema de Kauffman-White, en el que se incluyen los antígenos de importancia diagnóstica y no una relación completa de los antígenos presentes en cada serotipo (LE MINOR, 1984). Los serotipos que tienen algunos antígenos comunes constituyen serogrupos. La fórmula antigénica representa: [antígenos O : antígenos H en fase 1 : antígenos H en fase 2]. Así, por ejemplo, la fórmula antigénica 6,7:r:1,2 corresponde al serotipo *S. virchow*, y 1,9,12:g,m:[1,7] al serotipo *S. enteritidis*. La actualización de este

esquema es responsabilidad de un Centro de Referencia dependiente de la OMS ¹.

El antígeno Vi es un antígeno diferente y más superficial que el antígeno O y que, cuando está presente, impide la aglutinación con el antígeno O. El antígeno Vi está presente sólo en los cultivos de las cepas recientemente aisladas de los serotipos *S. typhi* y *S. paratyphi C* (MOUSTARDIER, 1972).

En la TABLA 3 se expone la composición antigénica, según el esquema de Kauffman-White, de los serotipos de *Salmonella* más importantes en patología humana. Por ejemplo, el 60 % de los casos declarados en 1995 en EEUU han sido causados por 4 serotipos: *S. enteritidis* (24.7 %), *S. typhimurium* (23.5 %), *S. newport* (6.2 %) y *S. heidelberg* (5.1 %). También estos 4 serotipos representan el 46.4 % de las cepas aisladas de otras fuentes en ese mismo año. Incluso, el predominio de algunos serotipos es aún más pronunciado en Alemania, donde *S. enteritidis* y *S. typhimurium* suman el 80 % de las cepas aisladas en 1995 (RABSCH y cols., 2001).

En España, durante el periodo de 1994 a 1998, la mayor frecuencia ha correspondido al serotipo *S. typhimurium* que ha sufrido un incremento desde 25.5 % en el año 94 hasta 30.6 % en el 98. Por otra parte, *S. virchow* sufrió oscilaciones en este mismo periodo de tiempo, aumentando en 94 y 95, decreciendo hasta el 1.6 % en 1996 y en 1997, y volviendo a incrementarse en el año 98. Sin embargo, el serotipo *S. enteritidis* ha ido disminuyendo cada año.

En el año 1999, los serotipos de *Salmonella* de origen humano aislados con más frecuencia fueron *S. enteritidis* (46.1 %) y *S. typhimurium*, aunque el número de casos disminuyó respecto al año anterior (20.3 % frente al 30.6 %). También se produjo un aumento de *S. hadar*, serotipo 4,5,12:i-(I), *S. virchow* y el serotipo *S. grumpensis* debido a un brote local (USERA y cols., 2000).

Algunos factores antigénicos están ligados a la presencia de un profago, de tal forma que la lisogénesis de cepas de *Salmonella* permite, en ocasiones, la adquisición de un factor antigénico O

¹ WHO Collaborating Centre for Reference and Research on *Salmonella*. Institut Pasteur, 75724 Paris cedex 15, France.

que previamente no poseían. Esto, provoca a veces un cambio en el serotipo (MOUSTARDIER, 1972).

Otra característica epidemiológica muy utilizada es la diferenciación en fagotipos, también denominados lisotipos, que se basan en la sensibilidad frente a un grupo de bacteriófagos. Esta caracterización permite determinar un cierto número de fagotipos diferentes para cada serotipo, lo que tiene un gran interés epidemiológico, ya que representa una gran ayuda en la investigación de brotes epidémicos (PUMAROLA, 1987).

Las infecciones por *Salmonella* constituyen un importante problema sanitario que afecta, tanto a los países en vías de desarrollo, como a los países desarrollados. En EEUU, se declaran anualmente alrededor de 40 000 casos de salmonelosis a los CDC.² Este número subestima la magnitud del problema, pues muchos enfermos no acuden al médico, no se realizan análisis o no se consigue el aislamiento de la cepa de *Salmonella* y otros muchos casos no se declaran. Considerando estas circunstancias, se estima que en EEUU se producen anualmente 1.4 millones de casos (RABSCH y cols., 2001). En España de acuerdo con los datos

MECANISMO DE TRANSMISIÓN HÍDRICA EN LAS TOXIINFECCIONES POR *SALMONELLA*

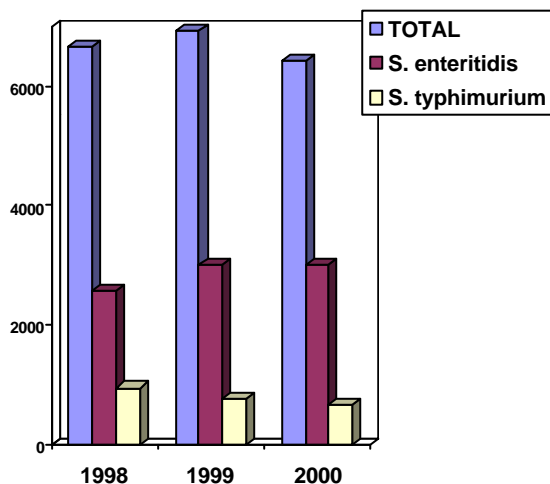
Las bacterias patógenas más importantes que se transmiten por el agua son *Salmonella typhi* y *Vibrio cholerae*. Aunque la fiebre tifoidea puede adquirirse también por alimentos contaminados y por contacto directo con personas infectadas, la forma más frecuente de transmisión es a través del agua. Las especies de *Salmonella* distintas a *S. typhi* producen procesos patológicos menos severos y son responsables, con mayor frecuencia, de brotes epidémicos de transmisión hídrica (MADIGAN y cols., 1997). La incidencia de infecciones por *Salmonella* ha disminuido en muchas partes del mundo, principalmente como resultado de la aplicación de métodos eficaces para el tratamiento del agua de consumo público. De acuerdo con los datos notificados de infecciones por *Salmonella*, al Sistema de Información Microbiológica (MUÑOZ ALCÁÑIZ y CANO PORTERO, 1999), en 1999 se declararon 6 919, un 3.99 % más que en el año anterior (FIGURA 1), siendo los serotipos más frecuentes *S. enteritidis* (43.37 %) y *S. typhimurium* (11.14 %).

Con frecuencia, los brotes epidémicos surgen por fallos en la depuración, por contaminación cruzada de tuberías de la red de distribución con aguas residuales de la red de alcantarillado, y a causa de la contaminación del agua durante las inundaciones y terremotos. Las aguas residuales son muy importantes en la transmisión hídrica de *Salmonella*. La concentración de microorganismos patógenos entéricos durante las gastroenteritis puede llegar a ser de hasta 10^{12} por gramo de heces.

Existen diversos estudios que confirman la importancia de las aguas residuales en la transmisión de *Salmonella*. Así, en un estudio de infección realizado en niños de Mendoza (Argentina) se comprobó que la incidencia era del 23 % en el grupo de expuestos comparado con el 4% en el grupo control (BERTRANOU y cols., 1983). Más recientemente en la zona de Marraquesh (Marruecos), comparando los casos de infección por *Salmonella* en niños en una zona de riesgo y dispersión de aguas residuales frente a otra zona control, se obtuvo una prevalencia de 32.6 % en el grupo expuesto, que muestra diferencias significativas con una prevalencia de 1.1 % en el grupo control. También se ha observado que en la zona irrigada con aguas residuales, los niños de los trabajadores agrícolas tienen una tasa de infección mayor que los hijos de los no agricultores (AIT MELLOUL y HASSANI, 1999).

Las aguas superficiales son con frecuencia contaminadas con el vertido de aguas residuales urbanas, por efluentes de industrias cárnicas y con aguas residuales de explotaciones ganaderas contaminadas con diferentes serotipos de *Salmonella*, cuya vida media en estas aguas es de 2.4 a 9.2 horas a 9-12 °C (RUSIN y cols., 2000). Los tratamientos

FIGURA 1. Infecciones por *Salmonella* notificadas al Sistema de Información Microbiológica en España



suministrados por el Sistema de Información Microbiológica se han declarado, con la identificación bacteriana, 6 919 casos de salmonelosis en 1999 y 6 415 casos en el año 2000 (B.E.S., 2000).

² CDC: Centres for Disease Control and Prevention.

FIGURA 2. Serotipos más frecuentes de cepas de *Salmonella* aisladas en muestras ambientales en 1997 (España)

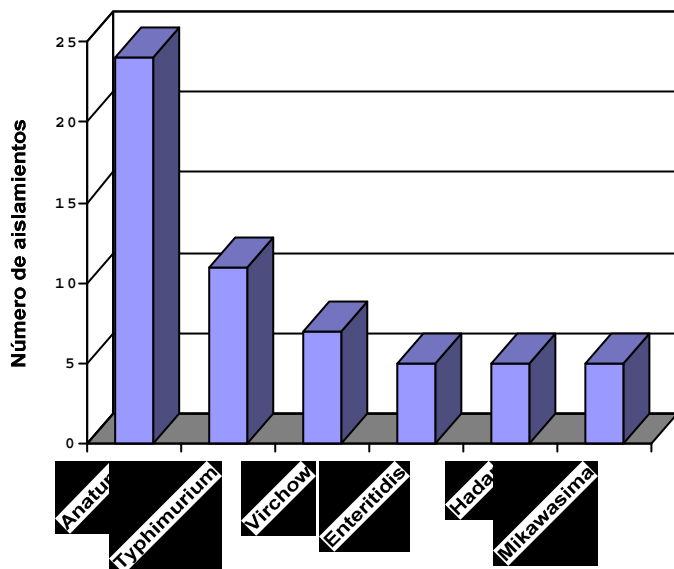
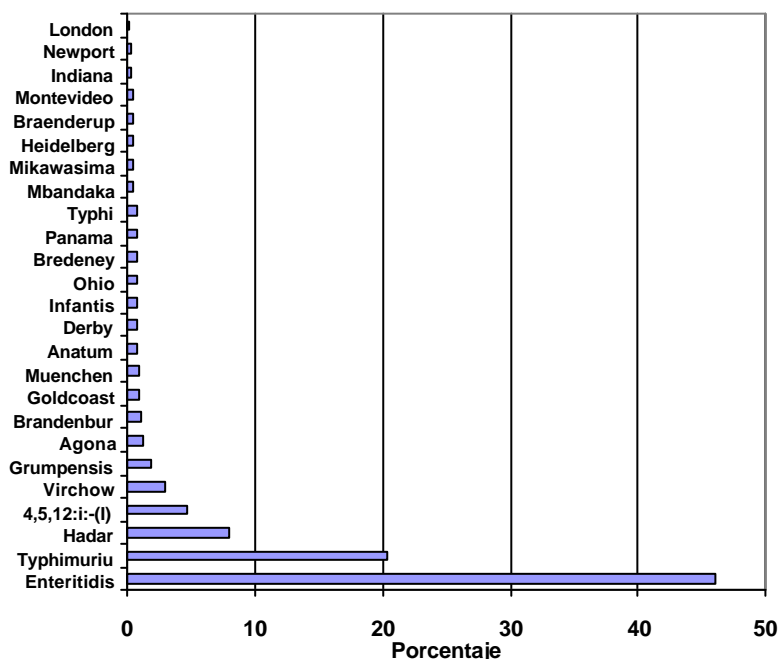


FIGURA 3. Cepas de *Salmonella* aisladas en España en 1999 procedentes de muestras clínicas de origen humano



convencionales de aguas residuales y aguas de consumo deben eliminar las bacterias patógenas, con lo que se evitaría el riesgo de transmisión hídrica.

De acuerdo con los datos de 1998, publicados en el Boletín Epidemiológico Semanal (USERA y cols., 1999), en el Laboratorio Nacional de Referencia de *Salmonella* y *Shigella* de España, en 1997 se recibieron 106 cepas procedentes de muestras ambientales que incluían aguas de río, mar y playa, captación y residuales. Los datos (FIGURA 2)

muestran que, como es habitual en las cepas de origen ambiental, la variedad de serotipos es muy amplia. Considerando estos datos, los serotipos más frecuentes son *S. anatum*, *S. typhimurium* y *S. virchow*. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el mayor número de aislamientos proceden de muestras de aguas marinas y playa (37 muestras), aislándose el serotipo *S. anatum* en 19 de ellas (51.4 %).

En cambio, en las muestras de aguas de río y residuales se aísla con mayor frecuencia *S. typhimurium*, uno de los serotipos más habituales en muestras humanas, mientras que *S. enteritidis* sólo representa el 4.3 % de las procedentes de aguas de río.

En un estudio realizado en una zona mediterránea de la costa francesa (BAUDART y cols., 2000), de las cepas aisladas en todos los ambientes acuáticos evaluados, aparece con mayor frecuencia *S. typhimurium*, seguida de *S. newport*, *S. indiana*, *S. brandenburg*. Con respecto a los serotipos aislados en aguas residuales se aísla más frecuentemente *S. newport*, *S. Saint-Paul* y *S. brandenburg*; más escasamente se aíslan *S. typhimurium*, *S. virchow* y *S. hadar*; y no se describen aislamientos de *S. anatum*, *S. enteritidis* y *S. mikawasima*.

En el año 1999 en el Laboratorio de Referencia de *Salmonella* y *Shigella* en España se recibieron 5 831 cepas de *Salmonella* spp. de muestras clínicas de origen humano, enviadas de diferentes laboratorios de la mayoría de las Comunidades Autónomas (FIGURA 3). En este estudio se observó un aumento en el serotipo *S. enteritidis* (46.1 % en 1999 frente a 39.5 % en 1998), una disminución del serotipo *S.*

typhimurium (20.3 % en 1999 frente a 30.6 % en 1998), *S. hadar* vuelve a aumentar al igual que los serotipos 4,5,12:i:- (I) y *S. virchow*. El serotipo *S. grumpensis* también ha aumentado debido a la aparición de un brote local. Las cepas de este estudio proceden de heces (89 %), sangre (3.2 %), orina (0.8 %), y el resto de otros orígenes (USERA y cols., 2000).

SENSIBILIDAD DE *SALMONELLA* A LOS ANTIBIÓTICOS

Los antibióticos actúan sobre dianas específicas de las células bacterianas, donde llevan a cabo su efecto. Alteraciones en la diana, como las que producen las mutaciones, dan lugar a la aparición de resistencias frente a los antibióticos usados.

Todas las especies bacterianas, e incluso las diferentes cepas, presentan intrínsecamente un patrón de resistencia a los antibióticos. En el caso de *S. enterica*, se ha comprobado que presenta resistencia intrínseca a bencil-penicilina y oxacilina,³ antibióticos macrólidos,⁴ rifampicina, lincosamidas, estreptograminas, glicopéptidos y ácido fusídico (STOCK y WIEDEMANN, 2000).

Pero, además, la resistencia a los antibióticos de las bacterias, en general, y de las cepas de *Salmonella*, de una forma particular, constituye actualmente un problema de mayor magnitud, ya que están implicados numerosos mecanismos relacionados con elementos genéticos móviles, tales como plásmidos, transposones e integrones, que juegan un papel muy importante en la diseminación de estas resistencias. Estos elementos genéticos contribuyen a una rápida difusión de la resistencia debido a que poseen unos genes que codifican para la resistencia a diversos biocidas, tales como compuestos de amonio cuaternario, metales pesados y antibióticos, de manera que esta propiedad puede transferirse de una célula a otra y pueden heredarla las células hijas (WHITE y MCDERMOTT, 2001). Existen cepas del género *Salmonella* procedentes de ambientes acuáticos que presentan factores de resistencia, que pueden ser transferidos a otras cepas sensibles, transformándolas en resistentes. Estos factores también pueden ser responsables de la enteropatogenicidad en coliformes (ARVANITIDOU y cols., 1996).

En los años 60 empiezan a describirse cepas de *Salmonella* resistentes a 4 ó más antibióticos, y se demuestra que estas resistencias eran consecuencia del uso masivo e indiscriminado en ganadería. Aunque se describe por primera vez en 1963 en Inglaterra una cepa de *S. typhimurium* fagotipo DT29 multirresistente de origen humano, ya en 1965 el 99.7 % de los aislamientos de este fagotipo eran resistentes a varios antibióticos, siendo el patrón de resistencia más frecuente furazolidona, ampicilina, cloranfenicol, kanamicina, neomicina, estreptomycin, sulfamidas y tetraciclinas (RABSCH y cols., 2001).

Las resistencias extracromosómicas a los antibióticos son actualmente muy frecuentes. En un estudio realizado en Escocia sobre 58 cepas de *S. enteritidis*, se comprobó que 11 de ellas (19 %)

contenían un integrón que les confería resistencia a antibióticos aminoglucósidos mediante un enzima *ant(3'')-Ia*, y 7 de estas 11, además, eran portadoras de un plásmido de 1 100 pb que codificaba una β -lactamasa de tipo TEM (BROWN y cols., 2000).

Durante el periodo de 1989-1994, se estudió la resistencia frente a 20 antibióticos de 79 cepas de *Salmonella* aisladas en el norte de Grecia, presentando resistencia a un antibiótico (12,7 %), dos antibióticos (6,3 %) y más de dos antibióticos (5.1 %), debido a la transferencia de factores de resistencia. El 16.5 % de las cepas presentaban resistencia no transferible a estreptomycin, que podría ser causada por resistencia ribosómica, disminución de la permeabilidad, o la presencia de enzima *ant(3'')-(9)*. Esta enzima, producida por transposones integrados en los cromosomas, confiere resistencia a estreptomycin y espectinomycin. La resistencia a ampicilina se debe a un plásmido muy frecuente que produce una β -lactamasa de tipo TEM (ARVANITIDOU y cols., 1996).

Durante el periodo de 1998-1999, se realizó en Polonia un estudio acerca de la susceptibilidad de los tipos más frecuentes de *Salmonella* aisladas en el hombre. Se usaron 326 cepas, entre ellas *S. enteritidis*, *S. typhimurium*, *S. hadar*, *S. infantis* y *S. virchow*, que fueron expuestas a 13 agentes antimicrobianos. El 91.4 % y 86.8 % fueron resistentes a tetraciclina y estreptomycin respectivamente, el 42.6 % a ácido nalidíxico, el 34% a sulfonamidas, 26.4 % a ampicilina y 21.5% a furazolidona y no se detectó a resistencia a ciprofloxacina. Un total de 49.4 % de cepas fueron resistentes a 2 ó más antibióticos entre los que destacan *S. typhimurium*, *S. Hadar* y *S. virchow*. El 55 % de las cepas de estos serotipos son resistentes a ampicilina y 93 % de cepas de *S. virchow* fueron resistentes a furazolidona. El estudio también muestra que la incidencia de cepas de *Salmonella* aisladas productoras de β -lactamasas de amplio espectro ha aumentado mucho durante este periodo de tiempo (SZYCH y cols., 2001).

En el año 1999 se recibieron en el CDC un total de 1 514 cepas de *Salmonella* no tifoidea. Entre las cepas aisladas, el 26 % fueron resistentes a uno ó más antibióticos y el 21 % fue resistente a dos ó más antibióticos. De las cepas de *S. typhimurium* aisladas, el 49 % fue resistente a uno ó más agentes antimicrobianos, el 19 % fueron resistentes a tetraciclina, el 18 % a sulfametazol, el 17 % a estreptomycin, el 16 % a ampicilina, el 0.1 % a ciprofloxacina (*S. senftenberg*), el 1 % a ácido nalidíxico y el 0.4 % a ceftriaxona.

EFFECTOS DEL TRATAMIENTO SANITARIO DE LAS AGUAS RESIDUALES

El tratamiento sanitario de las aguas residuales tiene dos objetivos prioritarios (ESPIGARES

³ Entre otras causas, porque produce pequeñas cantidades de β -lactamasas codificadas cromosómicamente.

⁴ Excepto azitromicina.

GARCÍA y PÉREZ LÓPEZ, 1995): a) Mejorar las características físico-químicas del agua para evitar malos olores, turbidez, potencial tóxico y el deterioro de los recursos hídricos donde los efluentes son vertidos, y así preservar de esta forma la calidad de las aguas que posteriormente podrán ser utilizadas para el consumo. Dadas las circunstancias actuales, no es menos importante la conservación del medio ambiente, en el que con mucha frecuencia se supera la capacidad de autodepuración de las masas hídricas receptoras; b) Eliminar los microorganismos patógenos que puedan encontrarse en las aguas residuales, como consecuencia de la contaminación fecal, para que, como se ha señalado anteriormente no constituyan el mecanismo de transmisión fecohídrica en las infecciones gastrointestinales.

Actualmente, las EDAR⁵ suelen realizar un tratamiento primario, consistente en una decantación, seguido de un tratamiento secundario, mediante digestión aerobia del agua seguida de decantación secundaria para clarificar el efluente. La digestión o estabilización de los fangos obtenidos en las decantaciones primaria y secundaria es otro procedimiento añadido que viene a complicar el tratamiento. Los parámetros que habitualmente se utilizan para el control de los tratamientos son DQO (demanda química de oxígeno), DBO₅ (demanda bioquímica de oxígeno en 5 días), y sólidos en suspensión.

Por otra parte, los tratamientos señalados deben eliminar los microorganismos patógenos de las aguas residuales, ya que la decantación primaria eliminará un gran número de microorganismos, y el tratamiento secundario, mediante procesos de competición ecológica y antibiosis, completará la desinfección del agua.

No obstante, esto es sólo parcialmente cierto. En un estudio recientemente realizado en el Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública de la Universidad de Granada, se han observado EDARs que funcionan con un rendimiento muy bueno, con reducciones de 76 % en DQO y DBO₅, y de 82 % en sólidos en suspensión. Sin embargo, esta efectividad no se manifiesta de igual forma en la reducción de los componentes microbiológicos de interés sanitario: los efluentes presentan contenidos de 10⁶ coliformes totales/100 mL, y similares concentraciones de estreptococos fecales. Especialmente reveladores son los datos relativos al contenido en *Salmonella*: el agua residual presentaba un NMP/100 mL de 267, mientras que el efluente aún contenía 45, lo que indica que aunque se ha producido una reducción del 83 %, no se ha conseguido la desinfección.

Datos muy similares a éstos han sido obtenidos por otros autores (BAHLAOUI y cols., 1997; SALEEM y cols., 2000), confirmando que el tratamiento convencional de aguas residuales no es

suficiente para eliminar el riesgo microbiológico de los efluentes.

Estos resultados sugieren la posibilidad de que puedan surgir diversos problemas en los efluentes, no sólo por la presencia de microorganismos patógenos, sino por los efectos que sobre éstos pueda ejercer la presión de selección o los intercambios de material genético extracromosómico a que se ven sometidos durante el tratamiento, en un ecosistema complejo como es el reactor aerobio de fangos activados.

BIBLIOGRAFÍA

- AIT MELLOUL, A. and HASSANI, L. (1999): *Salmonella* infection in children from the wastewater-spreading zone of Marrakesh city (Morocco). *J. Appl. Microbiol.* 1999. **87**: 536-539.
- ARVANITIDOU, M.; TSAKRIS, A.; CONSTANTINIDIS, T.C. and KATSOUYANNOPOULOS, V.C. (1996): Transferable antibiotic resistance among *Salmonella* strains isolated from surface waters. *Wat. Res.* **31**: 1112-1116.
- BAHLAOUI, M. A.; BALEUX, B. and TROUSSELLIER, M. (1997): Dynamics of pollution-indicator and pathogenic bacteria in high-rate oxidation wastewater treatment ponds. *Wat. Res.* **31**: 630-638.
- BAUDART, J.; LEMARCHAND, K.; BRISABOIS, A. and LEBARON, P. (2000): Diversity of *Salmonella* strains isolated from the aquatic environment as determined by serotyping and amplification of the ribosomal DNA spacer regions. *Appl. Environ. Microbiol.* **66**:1544-1552.
- BERTRANOU, A., LLOP, A. and VAZQUEZ AVILLA, A.J. (1983): Water use and reuse management in arid zones. The case of Mendoza, Argentina. *Water International.* **8**: 2-12.
- B.E.S. (2000): Resultados de las principales identificaciones bacterianas declaradas al Sistema de Información Microbiológica. *B.E.S.* **8**: 265-276.
- BROWN, A.W.; RANKIN, S.C. and PLATT, D.J. (2000): Detection and characterisation of integrons in *Salmonella enterica* serotype Enteritidis. *FEMS Microbiol. Lett.* **191**: 145-149.
- ESPIGARES GARCÍA, M. y PÉREZ LÓPEZ, J.A. (1995): Aguas residuales: Composición. In PÉREZ LÓPEZ, J.A. y ESPIGARES GARCÍA, M. *Estudio sanitario del agua*. Pp: 309-330. Ed. Universidad de Granada. Granada.
- FERNÁNDEZ-CREHUET NAVAJAS, J., PINEDO SÁNCHEZ, A. y CARNERO VARO, M. (2001): Intoxicaciones y toxiinfecciones alimentarias. In GÁLVEZ VARGAS, R. y cols.: *Piédrola Gil, Medicina Preventiva y Salud Pública*. Pp: 481-490. 10ª ed. Masson. Barcelona.
- LE MINOR, L. (1984): Genus III. *Salmonella*. In KRIEG, N.R. y HOLT, J.G. (eds.): *Bergey's*

⁵ EDAR: Estaciones depuradoras de aguas residuales.

- manual of systematic bacteriology*. Vol. 1. Pp: 427-446. Williams & Wilkins. Baltimore.
- MADIGAN, M. T., MARTINKO, J. M. y PARKER, J. (1997): *Brock Biología de los Microorganismos*. 8ª ed. Prentice Hall Iberia. Madrid.
- MOUSTARDIER, G. (1972): *Bactériologie médicale*. 4ª ed. Librairie Maloine S.A. Éditeur. Paris.
- MUÑOZ ALCAÑIZ, A. I. y CANO PORTERO, R. (1999): Infecciones por *Salmonella* notificadas al Sistema de información Microbiológica. Años 1998 y 1999. *B. E. S.* **20**: 209-220.
- POPOFF, M. Y., BÖCKEMÜHL, J. y Brenner, F. W. (2000): Supplement 1999 (no. 43) to the Kauffman-White scheme. *Res. Microbiol.* **151**: 893-896.
- PUMAROLA, A. (1987): *Salmonella*. In PUMAROLA, A., RODRÍGUEZ-TORRES, A., GARCÍA-RODRÍGUEZ, J. A. y PIÉDROLA-ANGULO, G. *Microbiología y parasitología médica*. Pp. 422-430. 2ª ed. Salvat. Barcelona.
- RABSCH, W., TSCHÄPE, H. and BÄUMLER, A.J. (2001): Non-typhoidal salmonellosis: emerging problems. *Microb. Infection*, **3**: 237-247.
- RUSIN, P., ENRIQUEZ, C. E., JONSON, D. y GERBA, CH. P. (2000): Environmentally transmitted pathogens. In MAIER, R. M., PEPPER, I. L. y GERBA, CH. P. *Environmental microbiology*. Pp. 447-489. Academic Press. San Diego.
- SALEEM, M.; BUKHARI, A.A. and AL-MALACK, M.H. (2000): Removal efficiencies of indicator micro-organisms in the Al-Khobar wastewater treatment plant. *Environ. Eng. Sci.*, **17**: 227-232.
- STOCK, I. and WIEDEMANN, B. (2000): Natural antibiotic susceptibility of *Salmonella enterica* strains. *Int. J. Antimicrob. Ag.* **16**: 211-217.
- SZYCH, J.; CIESLIK, A.; PACIOREK, J. and KALUZEWSKI, S. (2001): Antibiotic resistance in *Salmonella enterica* subsp. *Enterica* strains isolated in Poland from 1998 to 1999. *Int. J. Antimicrob. Ag.* **18**: 37-42.
- USERA, M.A., ALADUEÑA, A., DÍEZ, R., DE LA FUENTE, M., CERDÁN, P., GUTIÉRREZ, R. y ECHEITA, A. (1999): Análisis de las cepas de *Salmonella* spp. aisladas de muestras de origen no humano en España en el año 1998. Años 1998 y 1999. *B. E. S.* **7**: 93-104.
- USERA, M.A., ALADUEÑA, A., DÍEZ, R., DE LA FUENTE, M., GUTIÉRREZ, R., CERDÁN, P. y ECHEITA, A. (2000): Análisis de las cepas de *Salmonella* spp. Aisladas de muestras clínicas de origen humano en España en el año 1999 (I). *B. E. S.* **8**: 45-52.
- WHITE, D.G. y MCDERMOTT, P.F. (2001): Biocides, drug resistance and microbial evolution. *Current Opinion Microbiology* **4**: 313-317.