



Documentación

NTP 473: Estaciones depuradoras de aguas residuales: riesgo biológico

Stations d'épuration des eaux usées: Risques microbiologiques
Sewage treatment plant: Microbiologic hazards

Redactoras:

Angelina Constans Aubert
Ingeniero Técnico Químico

Rosa María Alonso Espadalé
Lda. en Biología

M^a Carme Martí Solé
Lda. en Farmacia

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

En esta Nota Técnica de Prevención se describen los riesgos biológicos asociados a las actividades de recogida y depuración de las aguas residuales. El tratamiento de dichas aguas en estaciones depuradoras puede generar la exposición de los trabajadores a agentes biológicos, además de a los agentes químicos empleados.

Introducción

Una herramienta básica de la protección medioambiental es la adecuada gestión de los residuos y vertidos. Un ejemplo de esta última es el tratamiento de las aguas residuales. Los contaminantes que transportan las aguas residuales pueden ser de tipo químico (iones metálicos, compuestos de azufre, compuestos nitrogenados, aldehídos, acetonas y ácidos) y de tipo biológico (microorganismos), y hallarse en forma sólida, líquida o gaseosa. La adecuada gestión de las instalaciones de recogida y tratamiento de aguas residuales, además de la protección del medio ambiente, ha desarrollado una creciente preocupación por la protección de los trabajadores de las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) frente a los riesgos de exposición a agentes biológicos.

El **Anexo I de Real Decreto 664/97** sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo, incluye una lista de actividades en la que el trabajo en instalaciones depuradoras de aguas residuales figura como una de las actividades en las cuales no se trabaja deliberadamente con agentes biológicos, pero sí puede existir exposición.

Las aguas residuales suelen transportar bacterias, virus, hongos y parásitos procedentes de reservorios humanos o animales. En general estos microorganismos son de origen fecal y no patógenos y pueden vivir de forma natural en el agua y en el suelo, aunque la mayoría están unidos a los materiales en suspensión, lo que explica su concentración en los lodos de decantación. Otros microorganismos pueden estar asociados a la presencia de animales que viven en este entorno (ratas e insectos) o bien asociados a objetos

contaminados con fluidos biológicos (jeringas, preservativos, compresas higiénicas, apósitos, etc.).

La concentración de los agentes biológicos en las aguas residuales está en función del reservorio humano o animal, de su dilución en los efluentes y de su supervivencia en el medio. En general, las aguas residuales de procedencia doméstica tienen una composición relativamente estable. Sin embargo, su contenido puede variar por distintas causas, sobretodo cuando la recogida es en una red única: existencia de residuos agrícolas, de producción de alimentos o dilución con aguas pluviales, entre otras. También a causa de epidemias (humanas o animales) pueden variar las concentraciones y aumentar temporalmente la contaminación de las aguas residuales por el microorganismo causante.

Por otro lado, las aguas residuales industriales presentan los problemas propios de contaminación en función de su actividad. Cuando el efluente industrial sea común con el doméstico, habrá que tenerlo en cuenta de cara a la estimación de las características finales del mismo.

Tratamiento de aguas residuales

Una estación depuradora comprende varias etapas de tratamiento colocadas en serie. Paralelamente a este tratamiento, un laboratorio de análisis, se encarga de controlar la calidad de los efluentes entrantes y salientes de la estación, así como de los parámetros de funcionamiento del procedimiento.

Fases del tratamiento

En general la depuración de las aguas residuales consta de las siguientes operaciones:

- **Llegada del efluente:** canal de llegada y recogida de las aguas residuales a la estación depuradora.
- **Pretratamiento:** consiste en una sucesión de etapas físicas y mecánicas destinadas a separar las aguas de las materias voluminosas en suspensión; después de esta fase sólo permanecen las partículas con un diámetro inferior a 200 mm. También tiene lugar la separación de grasas.
- **Decantación primaria:** Puede ser por decantación simple o bien por tratamiento fisicoquímico. Afecta a las partículas de diámetro superior a 100 mm. Las materias decantadas obtenidas por separación del efluente constituyen los lodos primarios. También se lleva a cabo la eliminación de la polución coloidal y del fósforo.
- **Tratamiento biológico:** Consiste básicamente en una degradación de los compuestos orgánicos presentes en el efluente por microorganismos que se alimentan de la contaminación orgánica disuelta (lodos activados, lecho bacteriano, biofiltro). Dispositivos de aireación permiten a las bacterias aerobias utilizadas incrementar su metabolismo y, en consecuencia, su acción.
- **Decantación secundaria:** Una nueva etapa de decantación permite la separación de los lodos secundarios formados antes de obtener el agua depurada (filtrada y posteriormente desinfectada).
- **Tratamiento de lodos:** El tratamiento de lodos es una instalación fundamental de la estación depuradora. Su objetivo es reducir la masa orgánica y el volumen de los

lodos primarios y secundarios recogidos tras las dos etapas de decantación. Comprende dos fases: en primer lugar se procede a reducir la masa orgánica mediante estabilización por digestión aerobia o anaerobia, pasteurización y estabilización química; a continuación se reduce el volumen de los lodos: por prensado, por deshidratación, por secado térmico o por incineración.

Riesgos biológicos en las depuradoras de aguas

El riesgo biológico de las depuradoras de aguas residuales está ligado a los agentes patógenos susceptibles de ser transportados por las aguas residuales, cuya naturaleza depende de las condiciones climáticas, del nivel de higiene y de las enfermedades endémicas de personas y animales. Por otro lado, los microorganismos implicados en el tratamiento biológico pertenecen, en principio, al grupo 1 de la clasificación del **R.D. 664/1997** (microorganismos que no se han descrito como agente causal de enfermedades en el hombre y que no constituyen una amenaza para el entorno).

Las aguas residuales constituyen no sólo un vector para numerosos microorganismos sino que además pueden ser un medio de proliferación para muchos de ellos. El riesgo de contaminación biológica dependerá de que el microorganismo esté presente en las aguas residuales en cantidades significativas, de que sobreviva dentro del entorno conservando su poder infeccioso, así como de los diferentes grados de exposición.

El riesgo de infección existe si el trabajador es receptivo y si el microorganismo encuentra una vía de entrada al organismo. Cada uno de estos elementos por si solo no es suficiente para provocar la infección, pero si coinciden varios de ellos pueden originarla. En la tabla 1 figuran los agentes biológicos más comunes que se encuentran en las aguas residuales.

Tabla 1: Agentes biológicos habituales en aguas residuales

BACTERIAS	
• Klebsiellae pneumoniae	• Leptospira interrogans
• Escherichia coli	
• Salmonella spp	• Legionella spp
• Shigella spp	
• Vibrio cholerae	• Yersinia enterocolitica
• Mycobacterium tuberculosis	
• Bacillus anthracis	• Pseudomonas aeruginosa
• Actinomyces	
	• Clostridium tetani
	• Clostridium perfringens
	• Clostridium botulinum
VIRUS	
• Influenzavirus	• Rotavirus
• Enterovirus:	• Adenovirus
○ Coxsackie A y B	
○ Echovirus	• Reovirus
○ Poliovirus	• Parvovirus
• Virus de la hepatitis A	• Coronavirus

HONGOS	
• Candida albicans	• Trichophyton spp
• Cryptococcus neoformans	• Epidermophyton spp
• Aspergillus spp	
PARÁSITOS	
• Protozoos	
○ Entamoeba histolytica	
○ Giardia lamblia	
○ Balantidium coli	
• Helmintos	
○ Ascaris lumbricoide	○ Fasciola hepatica
○ Ankylostoma duodenale	○ Taenia saginata
○ Anguillula intestinalis	○ Taenia solium
○ Toxocara canis	○ Hymenolepis nana
○ Toxocara cati	○ Toxoplasma gondii
○ Trichiuris tricgiura	○ Echinococcus spp

Vías de contaminación

Poner de manifiesto la presencia de uno o más agentes patógenos en un medio no significa forzosamente un riesgo de infección para el hombre en contacto con este medio. Como ya se ha comentado en el apartado anterior, son varios los factores que definen el poder infeccioso de los microorganismos: patogenicidad, virulencia, estabilidad biológica, formas de transmisión, endemicidad, respuesta inmunológica del individuo, etc. Además, una infección no es sinónimo de enfermedad, ya que existen los portadores sanos, que indemnes de todo síntoma, juegan un papel importante en la propagación de una infección.

La contaminación por la vía digestiva o cutáneomucosa es teóricamente posible a lo largo de toda la cadena del tratamiento del agua, mientras que el riesgo de contaminación por la vía respiratoria es mayor en las zonas con posibilidad de generación de aerosoles, sobretodo en la proximidad de los sistemas de aireación de las piscinas, de pulverización, saltos de agua y zonas de impacto en los efluentes y los lodos.

Vía cutánea-mucosa

La entrada en el organismo puede producirse por contacto directo con el foco de contaminación, donde los gérmenes pueden penetrar a través de heridas, directamente a través de la dermis como es el caso de Anquilostoma, o a través de las mucosas conjuntivas en el caso de que se produzcan salpicaduras en los ojos.

También se han descrito dermatitis de irritación de la piel por el contacto con las aguas residuales y con el polvo de los lodos, así como eczemas alérgicos debidos a los productos químicos.

Vía respiratoria

La contaminación respiratoria está provocada esencialmente por los aerosoles producidos en los dispositivos de aireación de los lodos y en la dispersión aérea de los lodos secos, que pueden transportar diversos microorganismos como algunos de los que figuran en la tabla 1, que, inhalados a través del aparato respiratorio pueden resultar patógenos para el hombre, como por ejemplo: *Klebsiella pneumoniae*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Influenzae virus*, *Myxovirus*, *Aspergillus fumigatus*, *Legionella*, etc.

Para producir contaminación respiratoria efectiva, los aerosoles conteniendo microorganismos infecciosos deben cumplir una serie de requisitos:

- a. Poseer un tamaño comprendido entre 1 y 30 μm de diámetro.
- b. Viabilidad de los gérmenes en los aerosoles (las formas no encapsuladas o no esporuladas son las más frágiles).
- c. Características propias de los gérmenes (p.e., los parásitos, por su tamaño, no pueden ser transportados por las microgotas del aerosol).
- d. Diámetro de las microgotas: las que tienen un diámetro $<3 \mu\text{m}$, no pueden alcanzar los alvéolos pulmonares; las de diámetro $>3 \mu\text{m}$, son captadas por el epitelio ciliado, evacuadas hacia la región aerodigestiva siendo después deglutidas. La contaminación, en este caso, pasa a ser digestiva.
- e. Las condiciones meteorológicas locales, tales como la temperatura ambiente, la humedad, la velocidad y dirección del viento, así como la insolación intervienen en la difusión del aerosol.

El polvo de los lodos contiene una flora variada y abundante, predominando el género *Aspergillus*, concretamente la especie *A. fumigatus*, cuya concentración es mayor en la zona de desecación de lodos, con el consecuente riesgo de dispersión aérea masiva. Este germen, de tamaño pequeño, con un diámetro de 2,5-3 μm , hace que sus esporas sean fácilmente inhalables y en algunos casos pueden llegar a afectar los alvéolos. Saprófito de vías aéreas superiores, su patogenicidad es generalmente débil en los individuos sanos, aunque puede ocasionar: Asma aspergilar (hipersensibilidad de tipo I), aspergilosis broncopulmonar alérgica y alveolitis aspergilar (alveolitis alérgica extrínseca, relacionada con enfermedad del pulmón de granjero). En cambio, es altamente patógeno en el caso de individuos inmunodeprimidos (riesgo de aspergilosis pulmonar invasiva, septicemia, etc), pudiendo originar también la formación de un aspergiloma (injerto aspergilar en una cavidad pulmonar preexistente, secuela de tuberculosis o cavidad neoplásica, por ejemplo).

También se han constatado neumopatías por inhalación de virus aerotransportados de tipo enterovirus (coxsackies y echovirus). Este hecho también ha sido descrito en instalaciones de compostaje de lodos; en cambio, no se ha descrito riesgo de legionelosis.

Vía digestiva

Esta contaminación ocurre esencialmente a través de las manos, directamente (manos sucias llevadas a la boca) o indirectamente (a través de alimentos y cigarrillos), aunque también puede darse de forma accidental por caída dentro del agua o proyección. También, como ya se ha comentado, puede tener lugar por la deglución de agentes

patógenos inicialmente inhalados y secundariamente evacuados por la película mucociliar hacia la región aéreodigestiva.

Varios estudios han mostrado patologías digestivas banales (diarreas, náuseas, vómitos) y riesgos de parasitosis intestinales en los trabajadores de estaciones depuradoras y de alcantarillas. La destrucción de bacterias gram negativas puede emitir endotoxinas que pueden asociarse a síntomas gastrointestinales agudos de los trabajadores de aguas residuales, incluyendo, además, fiebre, inflamación de los ojos y fatiga.

Medidas preventivas

La exposición a los agentes biológicos tiene gran importancia en este medio laboral, por lo que, de entrada, deben imponerse medidas de prevención primaria. Han de priorizarse las técnicas que no generen aerosoles y suprimirse, en la medida de lo posible, las operaciones con riesgo. El nivel de exposición depende de la duración y de la frecuencia de las intervenciones, así como de su intensidad, existiendo una dosis umbral que puede provocar una infección. En consecuencia, las medidas a tomar se basarán, tanto en el plan individual como colectivo, en el respeto de la reglas de higiene y seguridad. El personal debe estar formado e informado de los peligros de una posible contaminación y de todos los medios que deben utilizar para evitarla.

Medidas generales de higiene

Las medidas de higiene personal, el empleo de ropa de trabajo adecuada y la protección individual deben de ser respetadas. Estará prohibido comer, beber o fumar durante el trabajo, siendo indispensable un lavado de manos a conciencia y un cepillado de las uñas antes de las comidas, así como una ducha después del trabajo. También es fundamental tanto la limpieza como el mantenimiento de los locales y de las instalaciones.

Medidas de protección

Se definirán las reglas de utilización de los equipos de protección individual y especialmente los de protección respiratoria, prestando especial atención a la gestión de los mismos.

El uso correcto de guantes es indispensable, asegurando su impermeabilidad y evitando que se manche el interior de los mismos. Es necesario usar botas impermeables y adecuadas. La limpieza y la desinfección de las botas, guantes y ropa debe de ser meticulosa.

La vacunación como herramienta preventiva

El Real Decreto 664/97, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo, en el **punto 3 del Artículo 8**, se refiere al ofrecimiento de vacunas, cuando las haya y sean eficaces, por parte del empresario y teniendo en cuenta las recomendaciones prácticas contenidas en el Anexo VI de dicho Real Decreto. Sin embargo, la vacunación no debe en ningún caso sustituir o restringir la aplicación de medidas no específicas.

Vacunación recomendada de carácter general

Gripe

Su justificación sería doble; por un lado, la elevada incidencia de la misma (es la segunda causa de incapacidad transitoria por enfermedad común) y el gran número de horas de trabajo perdidas por esta causa y, por otro, la exposición de los trabajadores con aguas residuales a niveles de humedad elevados.

Tétanos

Al revés de lo que pasa con la gripe, el tétanos tiene una incidencia muy baja en España; sin embargo, su alta tasa de letalidad aconseja la vacunación, sobre todo en estos trabajadores donde se pueden producir heridas y soluciones de continuidad en la piel y contacto con material contaminado.

Difteria

Esta vacuna tiene la ventaja de poder ser suministrada con la vacuna del tétanos. Según expertos (Grupo de trabajo de vacunación en el adulto; la Task Force Canadiense y el U.S. Preventive Services Task Force, entre otros) es recomendable la administración de refuerzo del toxoide tétanosdifteria, al menos una vez cada 10 años.

Poliomielitis

Por un lado, en el uno por ciento de los casos de polio, se produce una lesión del sistema nervioso apareciendo parálisis e incluso llevando a la muerte. Por otro lado, su presencia en las aguas residuales no es del todo infrecuente ya que el único reservorio del virus (el hombre) lo elimina por las heces. Además, la supervivencia del virus en medios hídricos es ciertamente elevada. Todas estas razones llevan a la comunidad científica a recomendar la vacunación de los trabajadores con aguas residuales.

Comentarios a vacunaciones recomendadas con carácter específico

Tuberculosis

No está justificada ni médica ni epidemiológicamente.

Hepatitis A

Existen argumentos a favor y en contra de hacer sistemática la vacuna antihepatitis A. La mayoría de autores aconsejan vacunar sistemáticamente a aquellos trabajadores que inician su actividad en este trabajo, realizando un estudio serológico previo si tienen más de 35 años y sin estudio serológico en el caso de trabajadores de menos de 35 años que provienen de países donde la enfermedad no es endémica.

Leptospirosis

Estudios recientes tienden a minimizar la probabilidad que tienen los trabajadores de las EDAR de contraer leptospirosis; el claro descenso de los casos referenciados en la bibliografía consultada se explica por la puesta en práctica de medidas de prevención. Actualmente, los colectivos más expuestos son los trabajadores agrícolas y los trabajadores de red de alcantarillado.

En cualquier caso, la idoneidad de la vacunación deberá estudiarse en función de la evaluación del riesgo de contacto, directo o indirecto, con las orinas de las ratas en el puesto de trabajo. La decisión debería tomarse individualmente (caso por caso) en función

de la duración de las tareas con riesgo y de la frecuencia de realización de las mismas. La eficacia de esta vacuna está en estudio. En ciertos países europeos, Japón e Israel se ha utilizado en el colectivo de trabajadores de la red de alcantarillado con buenos resultados.

Fiebre tifoidea

La eficacia de la vacuna contra la fiebre tifoidea no es muy elevada existiendo tratamiento antibiótico eficaz. La decisión de proceder a la inmunización de los trabajadores de aguas residuales de una empresa o zona determinada debería estar ligada a patologías observadas en años anteriores o a un aumento de la incidencia de la misma.

Hepatitis B

La vacunación de los trabajadores es aconsejable, no en virtud de la presencia del virus en las aguas residuales sino por la existencia del riesgo de contacto con objetos potencialmente contaminados como jeringas abandonadas, preservativos o compresas.

Bibliografía

(1) ALTMAYER, N., y otros.

Risques microbiologiques et travail dans les stations d'épuration des eaux usées.
DMT nº 44, INRS, París, 1990.

(2) ABADIA, G., ALTMAYER, N.

Risques microbiologiques en station d'épuration biologique des eaux usées.
Trav. Sec., 486: 186187, 1991.

(3) ABADIA, G., y otros.

Risques microbiologiques en stations d'épuration.
DMT nº 67, INRS, París, 1996.

(4) ALONSO, R.M.; MARTÍ SOLÉ, M.C.

La inmunización activa: una herramienta de prevención.
Notas Técnicas de Prevención (384). INSHT, Barcelona, 1991.

(5) CADILHAC, P., ROUDOTTHORAVAL, F.

Évaluation de la séroprévalence du virus de l'hépatite A, chez une population d'égoutiers de la région parisienne.

Communications. XXIV Journées Nationales de Médecine du Travail, France, 1997.

(6) GUENZI, C., y otros.

Stations biologiques de traitements des eaux usées: enregistrement de syndromes fébriles.

DMT nº 53, INRS, París, 1993.

(7) INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SÉCURITÉ (INRS)

Usines de dépollution des eaux résiduaires et ouvrages d'assainissement.

Cahiers de notes documentaires hygiène et sécurité du travail, nº 169, INRS, París, 1997.

(8) MAES, M.

Les agressions subies par l'homme au poste de travail. Nuisances spécifiques a la station d'épuration.

Revue de la sécurité, 148: 421, 1978.

(9) MARTÍ, M.C., y otros.

Riesgos biológicos en el laboratorio.

INSHT, Madrid, 1997.

(10) LACHARMOISE, J.L., y otros.

Risques biologiques dans le bâtiment et les travaux publics. Communications. XXIV Journées Nationales de Médecine du Travail, France, 1997.

(11) NOEUVEGLISE, J.

Travaux en égouts et stations d'épurations.

Cahiers Comites, 1: 4750, 1987.

(12) SHLOSSER, O.

Parasitoses intestinales chez le personnel exposé aux eaux usées.

Communications. XXIV Journées Nationales de Médecine du Travail, France, 1997.

(13) SHLOSSER, O., LACHARMOISE, J. L.

Risques microbiologiques au contact des eaux usées: méthode d'évaluation.

Communications. XXIV Journées Nationales de Médecine du Travail, France, 1997.

(14) SOLÉ, M.D.

Inmunización y seguimiento de los trabajadores de abastecimiento de aguas y red de alcantarillado. (ITB/59.98).

Barcelona, CNCT, 1998.

Legislación:

Real Decreto 664/1997 de 125 (M. de la Presidencia, B.O.E. 2451997) sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.

Orden de 25.3.1998 (M. de Trabajo y Asuntos Sociales, B.O.E. 30.3.1998) por la que se adapta al progreso técnico el Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.