Miguel Sánchez (masanchez@alcora.es)
Experto profesional en gestión de Sanidad Ambiental en Edificios
Director general
Alcora Salud Ambiental, S.A.

Microorganismos resistentes en el agua potable

Tratamiento de desinfección mediante una nueva generación de sistemas de ionización

En los últimos años, se han identificado diversos microorganismos en los hospitales, que por su propia naturaleza, morfología y ciertas condiciones de evolución genética, han desarrollado resistencias tanto a productos biocidas como a los medicamentos. En estos casos la ionización cobre-plata es un tratamiento en continuo que ha mostrado su eficacia a lo largo del tiempo siendo capaz de controlar este tipo de gérmenes.

Microorganismos multiresistentes

En las redes hidrosanitarias de los hospitales, microorganismos como *Legionella, Pseudomonas, Acinetobacter, Aspergillus, Enterococcus, Staphylococcus,* por citar sólo algunos de ellos, son capaces de subsistir aún en las condiciones más duras. Algunas especies de Legionella, son capaces de soportar los choques térmicos de 60 °C; de igual forma la hipercloración muestra cierta incapacidad de control frente a esta bacteria, lo cual a veces sucede incluso tras tres tratamientos repetitivos a lo largo de un mismo año.

Se ha llegado a cuantificar que *Pseudomonas aeruginosa* ya dedica el 0,3 % de su contenido genético a contrarrestar los medicamentos que hasta hace poco tiempo eran eficaces. Dentro de su capacidad de persistencia, se ha mostrado que esta bacteria es capaz de obtener energía de más de 80 compuestos orgánicos e inorgánicos. Su capacidad de generar biocapas, aún en superficies con escaso nivel de humedad, presenta otro factor favorable a su resistencia en un medio hostil. Las especies fúngicas en el agua potable, entre ellas Aspergillus, son una de las presencias poco conocidas hasta ahora en este medio, pero que ya representan un riesgo medible en instalaciones sanitarias, mostrando resistencia a algunos biocidas de amplio uso.

Por todo ello, el oír hablar hoy de las superbacterias, no es algo infrecuente, y las resistencias establecidas a la Meticilina *(Staphylococcus aureus)* o a la Vancomicina *(Enterococcus),* se pueden añadir como resistentes a una amplia gama de antibióticos *Pseudomonas aeruginosa* y *Acinetobacter baumannii,* que dificultan en gran medida su adecuado tratamiento, terminando en algunos casos con la muerte del paciente.

Estas resistencias que establecen los microorganismos frente a los medicamentos son perfectamente extrapolables a los biocidas y diversos trabajos publicados así lo determinan.

Si bien en los párrafos anteriores hablábamos de la resistencia de la *Legionella* a los choques térmicos y al cloro, también estas bacterias acompañantes de las biotas enquistadas en las tuberías y que subsisten en las redes hídricas de los hospitales, han mostrado resistencias tanto a los denominados biocidas de uso ambiental, como a los biocidas utilizados en el agua potable en sus diversas formas.

Los datos estadísticos proporcionados por el ECDC (European Centre for Disease Prevention and Control http://ecdc.europa.eu/pdf/ECDC_epi_report_2007.pdf) ha alertado sobre las infecciones producidas por bacterias resistentes y multirresistentes, manifestando que son uno de los mayores problemas en Europa para lograr el control de las enfermedades infecciosas. Asimismo, ha

estimado que en Europa al menos 3.000.000 de personas al año, de las cuales fallecen unas 50.000, presentan infecciones asociadas a instituciones de cuidados de salud, la mayoría por bacterias resistentes. Si a esto, de por sí ya de relieve, sumamos los edificios que presentan deficiencias y no están relacionados con los cuidados sanitarios, muestra una magnitud que debería al menos generar una atención especial en las condiciones de mantenimiento en los edificios.

En la mayoría de casos por falta de recursos, en otros por acumulación de tareas y en algunos, afortunadamente los menos, por dejadez, los materiales en las instalaciones envejecen convirtiéndose en refugio y aporte de nutrientes a estos indeseables *"ocupas"*.

Qué duda cabe que al realizar tres tratamientos seguidos de forma agresiva en las instalaciones sanitarias, el daño se manifiesta de forma rápida en la instalación y el acortamiento de vida de los materiales sanitarios se pone de manifiesto. Esto debe plantear un nuevo enfoque y permitir en un futuro un tipo de materiales adaptados a este tipo de tratamientos, una ayuda en la duración de los materiales, limitando los tratamientos agresivos. Sería establecer de una forma más clara, qué nivel de presencia exige un tratamiento de toda una red o cuando es más recomendable realizar un tratamiento localizado.

Cuando se realiza un estudio en profundidad de la condición de las instalaciones hídricas en los edificios, aparecen siempre elementos que han terminado su vida útil, y a veces, se ha permitido su existencia en el sistema de fontanería, en condiciones obsoletas por decenas de años. Estos elementos contribuyen de una forma decisiva a elevar la biota existente en las redes, permitiendo nichos ecológicos donde los microorganismos adquieren resistencias notables frente a los tratamientos tradicionales.

Ionización metálica cobre-plata

Dentro de la experiencia que se ha desarrollado tras estos estudios, se ha podido determinar que el tratamiento en continuo con ionización cobre-plata ha permitido establecer un tratamiento seguro, económico y menos agresivo para los materiales que los aportados por el cloro o la elevación de temperatura. A todo ello, se debe añadir, que cuando se utiliza este procedimiento de ionización, no se producen resistencias por parte de estos microorganismo que si son resistentes a otros biocidas.

La condición bactericida y fungicida de ambos metales (cobre y plata) ya quedó establecida en el siglo XIX. El tratamiento de microorganismos por medio de ionización cobre-plata comienza a finales de los años ochenta del siglo pasado.

La incorporación a estos sistemas de unidades de control inteligentes y de medidores de flujo por ultrasonidos, permiten establecer los consumos de agua de un sistema en todo momento, proporcionando datos exacto a la unidad de control; la evolución y disposición de los electrodos también han contribuido, con un diseño más avanzado. Estos avances tecnológicos, han permitido de un lado un aprovechamiento máximo de estos recursos y de otro lado una dosificación exacta, mantenida en el tiempo, aún cuando se produzcan consumos punta de agua muy altos.

La ionización metálica en su base es ni más ni menos que una electrolisis, llevada en la actualidad a niveles tecnológicos avanzados. La aplicación eléctrica de corriente continua a electrodos sumergidos en un liquido que actúa como dieléctrico, en este caso el agua corriente que circula por las tuberías, provoca una aportación de iones, en este caso de cobre y plata, que en su positividad son atraídos por las membranas celulares que presentan todas ellas una carga de magnitud negativa.

Su acción letal sobre los microorganismos está ampliamente probada por varios estudios científicos, estableciendo Thurmann R. B. and Gerba C.P. una descripción sencilla de su acción letal en los microorganismos. Este mismo estudio además de mostrar esta capacidad desinfectante, señala que al actuar ambos metales juntos se produce un efecto sinérgico, lo cual también establece la OMS en su Agenda 2011 sobre tratamientos de aguas potables.

La mayoría de los estudios científicos publicados se refieren a sus condiciones y eficacia para el control de la bacteria *Legionella,* pero no obstante desde hace unos años nuevos estudios se han incorporado, mostrando su capacidad para el control de otros microorganismos resistentes a los desinfectantes como son *Pseudomonas, Aspergillus, Acinetobacter, Enterococcus, Klebsiella* y otros.

Cuando se produce el tratamiento de ionización. el agua no modifica sus características organolépticas y los residuales de biocida no alteran su potabilidad.

La toxicidad de los metales cobre y plata en los microorganismos patógenos sucede entre otras causas, por inhibición de la actividad enzimática y precipitaciones no específicas de las proteínas. No hay que olvidar que las proteínas son el principal constituyente de todas las membranas y su acción presenta una de las barreras a franquear.

La membrana celular puede considerarse un obstáculo, pero no obstante es permeable selectivamente a una serie relativamente grande de sustancias. A través de la misma puede difundir el agua ionizada, por su condición osmótica, desde zonas de menor concentración de solvente a zonas de mayor concentración.

En el interior del microorganismo existen siempre diferencias entre la concentración iónica del citoplasma y la del medio extracelular y si bien el microorganismo tiende a establecer ciertos equilibrios bioquímicos, esta condición puede hacer llegar diversos elementos que ayuden a la entrada de iones metálicos en el ADN provocando su destrucción.

En la figura 1 se pueden apreciar las tres capas de una membrana celular y como se produce la entrada a través de la misma de los iones de cobre y plata, que a su vez, producen un cambio bioquímico en la propia membrana, esto sucede por medio de la deposición de los iones de plata en su superficie externa. Este cambio bioquímico altera el denominado equilibrio de Gibbs-Donnan al establecer cargas bioquímicas diferentes que no pueden ser compensadas por el microorganismo.

Una de las cuestiones debatidas con relación a la interferencia de los iones de cobre en los enlaces de hidrógeno de los ácidos nucléicos, figura 2, es si tienen mayor importancia en la muerte del microorganismo que la ruptura del equilibrio de la membrana celular, pero esto en si mismo lo que sugiere es que el microorganismo al verse alterado de forma severa en dos de sus bases críticas de subsistencia, no tiene capacidad para reaccionar en los dos frentes; esta cuestión aclararía el sinergismo de ambos iones que les permite ser más eficaces en menos tiempo cuando se utilizan juntos en el control de los microorganismos, que por separado.

Después de más de 30 años del uso de la ionización metálica cobre-plata en instituciones sanitarias, este procedimiento, sigue siendo el más eficaz de los utilizados hasta ahora para el tratamiento de las redes sanitarias de los edificios, todo ello con relación a la prevención y control de la bacterias resistentes tales como: *Legionella, Pseudomonas, Acinetobacter,* etc. que han mostrado su resistencia frente a los tratamientos tradicionales.

La experiencia en el uso de la ionización cobre-plata muestra que cuando el diseño, la instalación y el mantenimiento ha sido hecho de acuerdo con las instrucciones del fabricante, los resultados han sido óptimos mejorando de forma notable los obtenidos por cualquier otro sistema. Sin duda la utilización de dos iones de distinta naturaleza que actúan de forma diferente en la célula bacteriana ha contribuido a ello evitando resistencias por parte de los microorganismos.

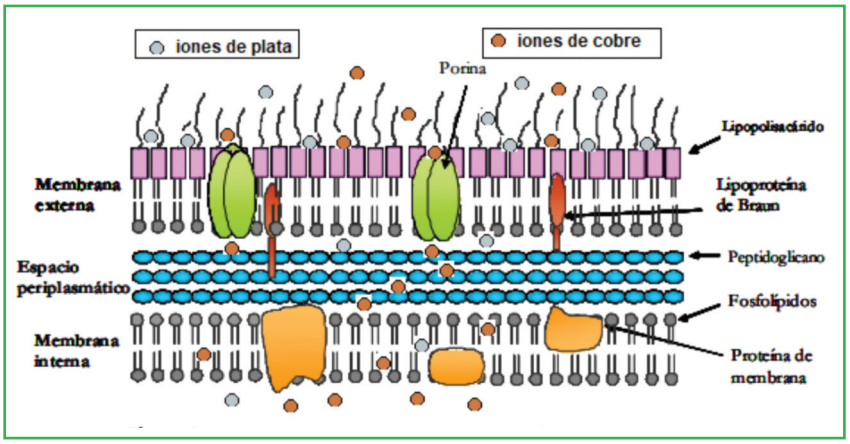

Figura 1. Entrada y efectos de los iones en la célula.

La nueva generación de ionización metálica cobre-plata ha conseguido un mejor uso. La introducción en las redes de sistemas de dosificación inteligentes, permiten establecer de forma exacta la cantidad necesaria de cobre y plata en cada momento, todo ello según el consumo de agua de la instalación. Los grandes consumos que conllevaban decenas de células de ionización ya son historia, hoy en día una sola célula de ionización es capaz de sustituir a más de 20 células de los modelos antiguos, abaratando los equipos en su compra así como en su mantenimiento.

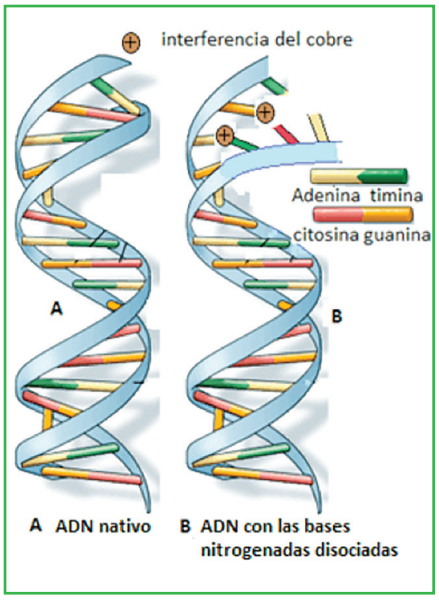

Figura 2.

Control de la biocapa en los sistemas hídricos

La resistencia adquirida de los microorganismos en las redes de agua de los hospitales, tiene como factor de relieve en su subsistencia, su enquistamiento en las biocapas. El microorganismo permanece en la misma en estado latente y cuando el entorno le es favorable pasa a su fase planctónica. Se reconoce que las *Pseudomonas* tienen una capacidad notable en la generación de biocapas, pero realmente la falta o escasez de flujo y una velocidad de paso lento del agua, permiten un rápido enquistamiento de multitud de microorganismos, posibilitando esta fijación a los materiales utilizados en la fontanería de los edificios.

Uno de los factores que tienen importancia en la eficacia de la ionización, es su capacidad para eliminar las biopelículas acumuladas, a veces, durante decenas de años en el interior de las tuberías. En la figura 3, se pueden apreciar cómo se acumulan y suceden las biopelículas en una tubería. Los iones de cobre y plata, en su acción letal, penetran en la biopelícula y conforme van eliminando los microorganismos estos dejan de segregar las sustancias que los mantienen adheridos en este sustrato.

Persistencia de los iones metálicos

Uno de los problemas de los sistemas de desinfección en continuo, se produce por una avería en los equipos de desinfección. Esto lo resuelve la ionización

permitiendo una residualidad de hasta 6 semanas, por lo que la ionización metálica se puede considerar el sistema preventivo idóneo frente a *Legionella, Pseudomonas, Aspergillus,* etc, ya que a su eficacia en continuo se une la residualidad por largos periodos en caso de avería de los dispositivos.

Efecto bacteriostático de los iones de cobre y plata

La condición de las nanopartículas de cobre y plata de acomodarse, una vez eliminada la biocapa, en la superficie interior de las tuberías, permite establecer un efecto bacteriostático impidiendo nuevos crecimientos de biopelículas en esta superficies y esto sucede aún en las zonas de menor velocidad del agua.

Instalación de los equipos de ionización

La instalación de los equipos se resuelve fácilmente, permitiendo instalarlos en un solo día y sin alterar el funcionamiento de la red del hospital, simplemente estableciendo un by-pass en la línea de aporte general del agua o en una instalación en particular, esta sencillez se puede apreciar en la figura 4.

En definitiva la ionización metálica hoy en día es un elemento de un precio asumible en una instalación, fácil de mantener y que sin duda la experiencia acumulada por más de 30 años en los centros sanitarios ha demostrado una fiabilidad muy por encima de los distintos procedimientos de desinfección en continuo comercializados hasta ahora.

Una ventaja añadida es la de cumplir con la necesidad de incorporar biocidas residuales como desinfectantes del agua en los aljibes contra incendios y que estos residuales se mantengan en continuo, lo cual presenta una dificultad no exenta de riesgos o de procedimientos onerosos. La posibilidad que ofrece hoy en día la ionización cobre-plata, presenta en la residualidad una de sus mayores virtudes, ya que con tan solo unas horas de funcionamiento al mes, permiten establecer residuales biocidas suficientes para mantener este agua bajo control.

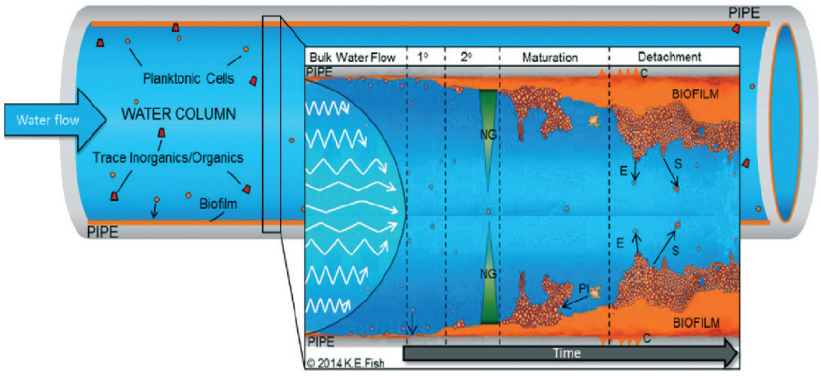

Figura 3.

Disposición de elementos en un sistema de ionización cobre-plata

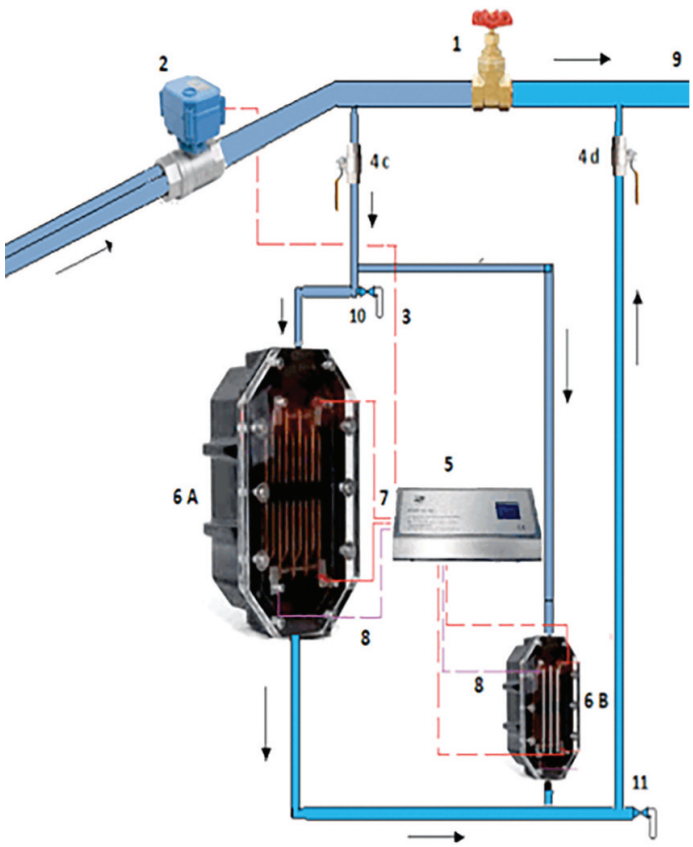

Figura 4.

1. Válvula de regulación.
2. Medidor de flujo.
3. Conexión datos medidor.
4. Entrada de agua en el bypass
5. Cuadro de control.
6A. Célula de ionización Cu.
6B. Célula ionización Ag.
7. Cables con corriente regulada.
8. Cables información célula.
9. Tuberias a puntos de uso y/o ACS.
10. Toma de muestras y aireador.
11. Toma de muestras y drenaje.