

El Ultrasonidos - Una solución para el control de las algas en las plantas de tratamiento de aguas

GOLOGAN DANIELA¹, ŞINCĂ ELENA ANDA²

1-Doctora en Ingeniería - Jefe del Laboratorio de Calidad del Agua de Voila - Operación del Sistema Zonal de Prahova

2-Bióloga del Laboratorio de Calidad del Agua de Voila - Operación del Sistema Zonal de Prahova

Este trabajo de investigación se ha publicado en Edilitatea Magazine n° 8/Marzo de 2022, páginas 65-72 | SSN 273-457



Resumen

La “floración” de algas acuáticas es una contaminación biológica, a la que siguen efectos negativos relacionados con la aparición de toxinas algales. Según su composición química, las toxinas de las algas son compuestos orgánicos complejos sin olor ni color, resistentes a la esterilización y en su mayoría solubles en agua. Durante los periodos de “floración”, la concentración de algas alcanza millones de células/ml, lo que aumenta los costos de operación en las plantas de tratamiento de agua al mismo tiempo que el deterioro de la calidad del agua en todo el flujo tecnológico. El control del crecimiento de algas en las plantas de tratamiento que utilizan agua superficial para beber es un componente esencial del cumplimiento de la calidad del agua suministrada según los requisitos legales y la optimización de los costos de operación.

Palabras clave: floración de algas, toxinas de algas, agua potable, ultrasonidos

1. Introducción

Las algas son componentes obligatorios de los ecosistemas acuáticos e influyen en la calidad de las aguas naturales. Existen más de 30.000 especies de algas, con ciclos de vida celulares de unas horas.

Las aguas superficiales no tratadas que abastecen las plantas de tratamiento proceden de embalses naturales o artificiales y están sujetas a eutrofización e inversión térmica. La importante concentración de algas de la fuente se propaga tanto en las tomas de agua como en las instalaciones tecnológicas - decantadores, filtros, balsas (la figura 1 muestra el crecimiento de algas en los decantadores de la planta de tratamiento de agua) causando toda una cadena de efectos negativos con impacto en la calidad del agua y en los costos de operación.

Especialmente peligrosa es la “floración” de algas verdeazuladas (Cyanophyta) en las fuentes de agua potable [1]. Las células moribundas de Cyanophyta liberan toxinas que pueden llegar al sistema de agua potable. La exposición prolongada a altos niveles de toxinas podría tener efectos crónicos a largo plazo en los seres humanos. Los primeros síntomas son: dolor de cabeza, fiebre, diarrea, dolor abdominal, náuseas y vómitos [2,3].

La Directiva 2184/UE/2020 relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano incluye el control de la microcistina LR para detectar posibles floraciones en la fuente de agua (aumento de la densidad celular de cianobacterias o posibilidad de floraciones). El LR de microcistina no debe superar 1 µg/l [4].



Figura 1 - Crecimiento de algas en plantas de tratamiento de aguas

Los precursores del crecimiento masivo de las algas verdeazuladas suelen ser las diatomeas y las algas verdes. Así, en comparación con las diatomeas y las algas verdes, las algas verdeazuladas realizan la fotosíntesis a intensidades de luz más bajas y utilizan mucha menos energía para respirar en la oscuridad. Estas algas tienen un alto potencial de reproducción: en 70 días durante la estación de crecimiento, una sola célula puede producir 10^{20} crías [5].

Las principales causas de la aparición de “floraciones” condicionadas por algas verdeazuladas son [5]:

- Cambio en el régimen hidrológico de los ríos - cambio brusco en la velocidad del flujo de agua, formación de zonas estacionarias de flujo lento.
- Régimen térmico. Las algas diatomeas prefieren las temperaturas bajas y suelen reproducirse a temperaturas inferiores a 16°C (primavera y otoño). En determinadas condiciones, las algas diatomeas provocan la “floración” del agua. Sin embargo, las proporciones son incomparables a las “floraciones” debidas a las algas verdeazuladas. Estas algas prefieren temperaturas más altas; su floración máxima se observa a $20\text{-}30^{\circ}\text{C}$. En los estanques acuáticos, el calentamiento intenso se produce en las secciones poco profundas de las zonas estáticas.
- Sobresaturación del estanque con compuestos de nitrógeno y fósforo. Por lo general, el fósforo es el biógeno limitante, pero el nitrógeno también puede serlo. El brote de “floración” comienza a una relación N/P ≈ 10 [5].

El fenómeno de la “floración” tiene varias consecuencias negativas para la calidad del agua:

- Aparición de alteraciones organolépticas (color, sabor, olor)
- Obstrucción biológica del estanque, decantadores que resulta en una reducción del volumen útil debido al aumento del contenido de materia orgánica en el fondo del estanque/decantador.
- Incapacidad de circulación y transformación de la materia orgánica por exceso de la misma.
- Reducción drástica del contenido de oxígeno disuelto debido al aumento de las reacciones de descomposición de la materia orgánica.
- Reducción de la eficacia de los coagulantes, floculantes y desinfectantes utilizados en el proceso de tratamiento del agua
- Obstrucción del filtro y crecimiento bacteriano secundario en la capa filtrante
- Mayor consumo tecnológico de agua (sifonaje de decantadores, lavado de filtros)
- Aumento de los costos de operación
- Deterioro de la calidad del suministro de agua

2. Materiales y métodos

Con el fin de evaluar la eficacia de los ultrasonidos en la reducción de la concentración de algas, en 2015 se adquirió un dispositivo de ultrasonidos de LG Sonic-Holland y se instaló en uno de los decantadores radiales que proporcionan el flujo tecnológico para el tratamiento del agua potable en la planta de tratamiento de Paltinu-Voila-Campina (perteneciente a la Operación del Sistema Zonal de Prahova).

La tecnología de ultrasonidos controla el crecimiento de las algas inundándolas con una corriente de ultrasonidos que tiene una frecuencia de resonancia con la de las células de las algas, influyendo así en la estructura celular. Las algas verdeazuladas tienen un sistema de vesículas gaseosas con cientos o miles de orgánulos por célula, que son fácilmente alterados por las ondas sonoras ultrasónicas.

Esto hace que las algas pierdan flotabilidad y se hundan, interrumpiendo los procesos de su ciclo de vida [5].

Las algas móviles (verdes, doradas, filamentosas) no tienen vesículas de gas, pero la unidad de ultrasonidos afecta a la membrana celular interna del alga, haciendo que se separe de la membrana externa.

Cuando se completa la separación, la célula ya no puede obtener nutrientes, controlar la presión interna ni eliminar residuos a través de vacuolas contráctiles [6].

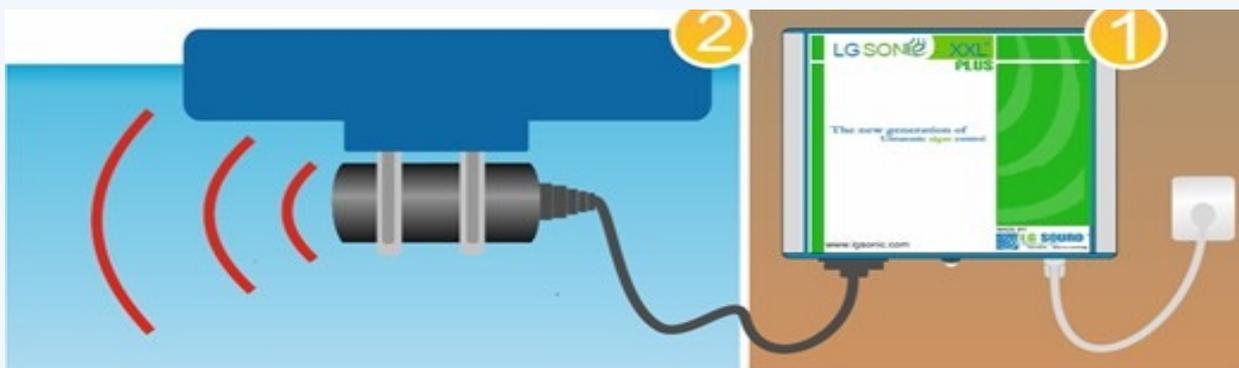


Figura 2- Tipo de dispositivo ultrasónico de LG Sonic (1 - Controlador con 12 canales de frecuencia diferentes, 2- Transmisor)

Hay que señalar que un solo transmisor no cubre toda la superficie del decantador, sino sólo alrededor del 30-35% de la superficie, como se muestra en la figura 3.

Para evaluar el efecto de este dispositivo ultrasónico en la concentración de algas, entre mayo y octubre de 2015 se inició una serie de análisis biológicos comparativos del fitoplancton de los dos decantadores radiales (uno con dispositivo ultrasónico y otro sin él).

Las muestras de fitoplancton se recogieron en los puntos de muestreo de los decantadores utilizando la red de plancton. La identificación de las especies de algas se realizó con el microscopio Olympus CX 41 y determinadores específicos.

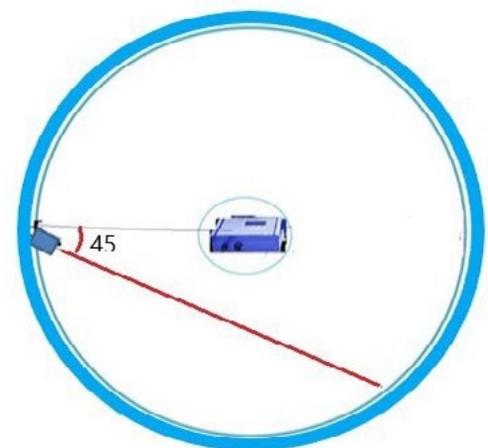


Figura-3- Montaje de un transmisor LG Sonic en el decantador radial

3. Resultados y comentarios

Las investigaciones sobre el fitoplancton en los decantadores radiales permitieron identificar 19 taxones, la mayoría pertenecientes al filo Bacillariophyta. El mayor número de taxones se registró en el filo Bacillariophyta, donde se identificaron las siguientes especies: Diatoma, Navicula y Synedra - especies dominantes seguidas de Cymbella, Gyrosigma, Fragillaria, Asterionella, Tabellaria, Meridion y Cymatopleura. En la composición del filo Chlorophyta, la especie dominante era Oedogonium, seguida de Ulothrix, Cosmarium y Scenedesmus.

El filo Cyanophyta destacó por la presencia de especies de Oscillatoria y la menor presencia de especies de Pseudanabaena y Merismopedia. El filo Chrysophyta estaba representado por Ceratium, que mostró un crecimiento máximo en junio y Dinobryon con un crecimiento máximo en julio.

Comparando los dos decantadores, se observa una reducción del número de células en el caso del decantador radial en el que está montado el equipo de ultrasonidos - figura 4.

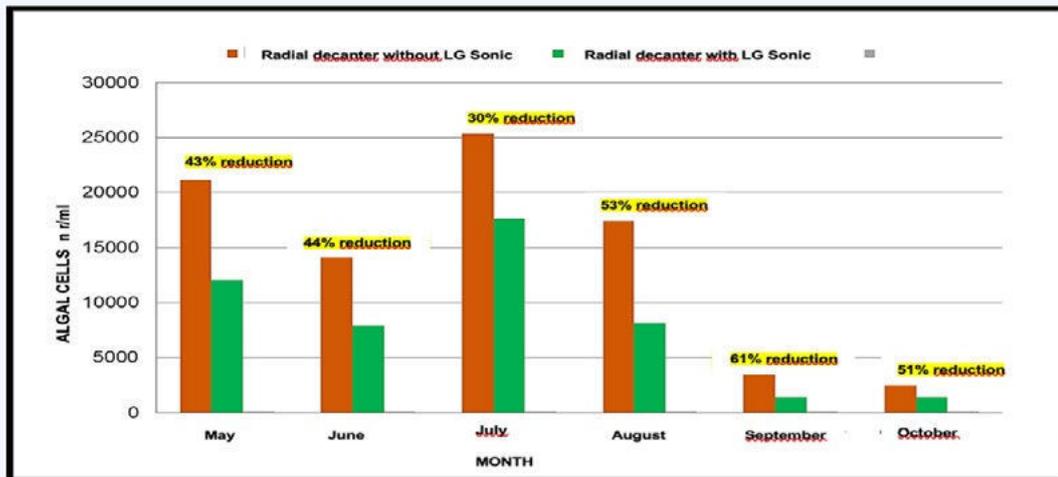


Figura 4- Variación comparativa de la concentración de células de algas en decantadores radiales con y sin dispositivos ultrasónicos de control de algas.

Dependiendo el periodo de tiempo, la población de algas se redujo entre un 30 y 60%, entre el decantador que contaba con el dispositivo y el que no. Así, en julio, cuando el crecimiento de algas fue más significativo, al verse favorecido por las condiciones climáticas, la reducción fue la más baja, de ~30%. Esto también está estrechamente relacionado con la naturaleza de las algas, ya que el dispositivo ultrasónico es más eficaz con las algas pequeñas.

Las algas verdes filamentosas son más difíciles de penetrar.

En el decantador donde el dispositivo no está instalado, las especies de algas han formado muchas más colonias - Figuras 5a, 6a, mientras que en el decantador donde el dispositivo ultrasónico está instalado las colonias son más pequeñas y menos numerosas, con presencia de células solitarias - Figuras 5a, 6a.

Figura 5. a

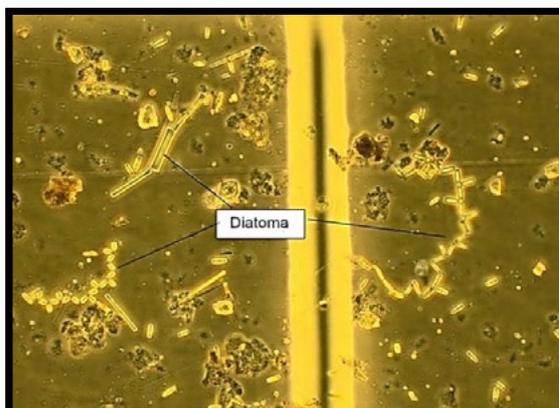


Figura 5. b

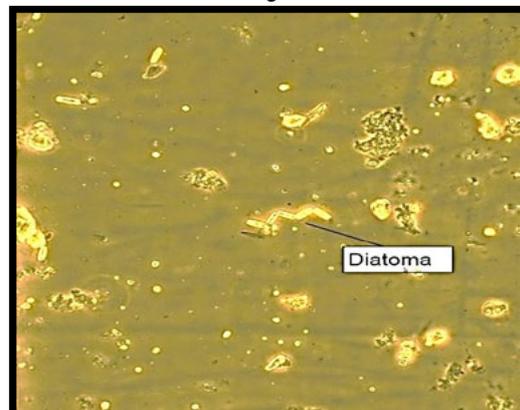


Figura 5. a - colonias de la especie Diatoma decantador sin LG Sonic;
b - colonias de la especie Diatoma decantador con LG Sonic

Figura 6. a

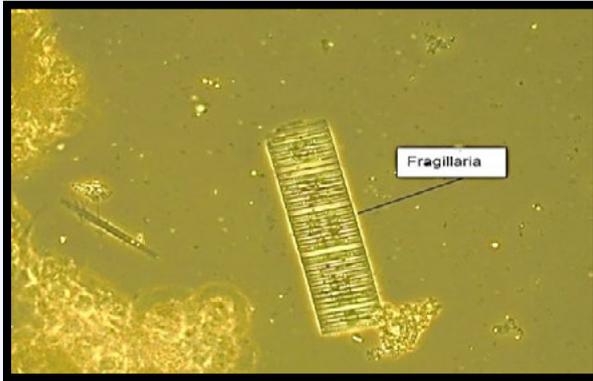


Figura 6. b

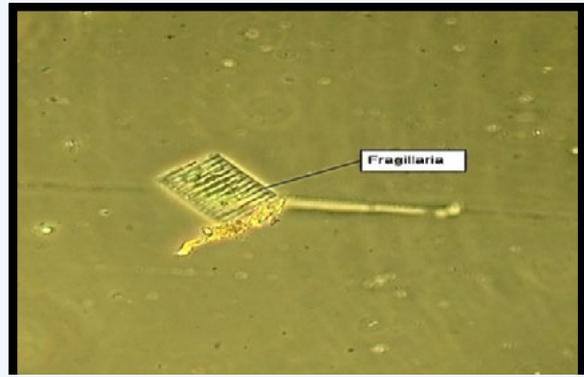


Figura 6- a - colonias de la especie Fragillaria decantador sin LG Sonic;
b - colonias de la especie Fragillaria decantador con LG Sonic.

En el decantador sin dispositivo ultrasónico se puede observar -figura 7- un floramiento algal (especie Dinobryon) detectado en julio, comparado con la detección de sólo fragmentos de algas -figura 8- en el decantador equipado con LG Sonic.

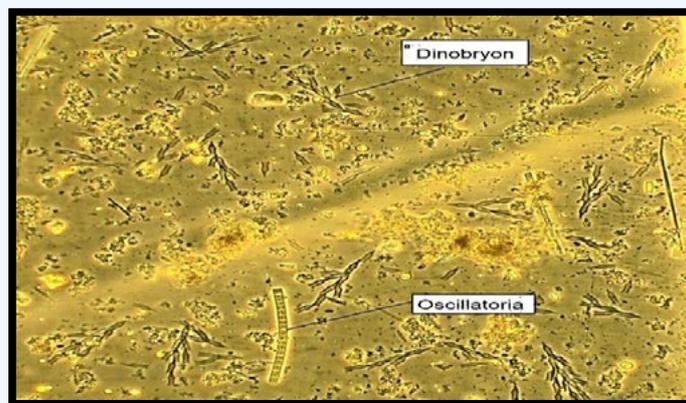


Figura 7- Floración de Dinobryon en decantador sin LG Sonic

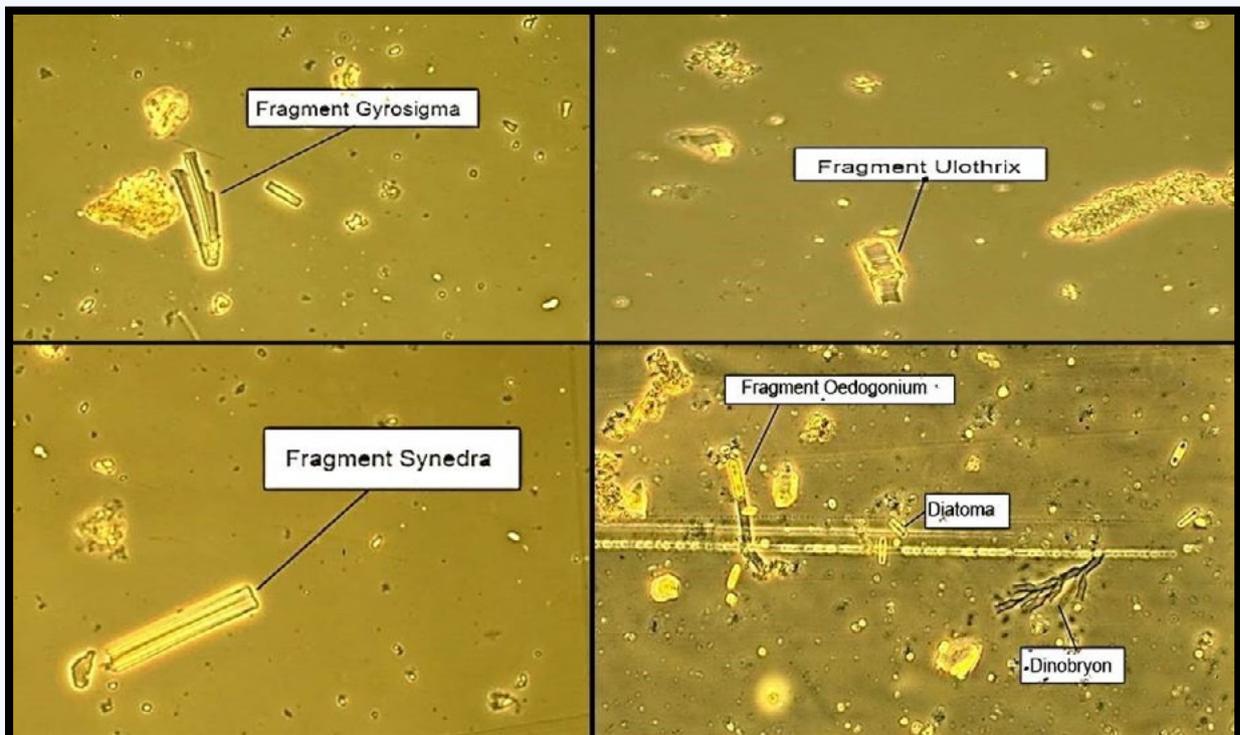


Figura 8- Fragmentos de algas en el decantador equipado con LG Sonic

En el proceso de reducción de la población de algas mediante la tecnología de ultrasonidos influyen los siguientes factores: el grado de cobertura del decantador por el emisor de ultrasonidos, el tiempo de exposición del agua a los ultrasonidos, la concentración de algas implicada, los depósitos (sedimentos) en el decantador que favorecen el crecimiento y desarrollo de las algas.

Como resultado de los hallazgos, durante 2016-2021 los decantadores radiales fueron equipados con dispositivos de ultrasonidos, 4 transmisiones por decantador, de modo que se cubre toda la superficie del mismo-figura 9a. Para optimizar el proceso de reducción de la concentración de algas en la toma de agua sin tratar, también se instalaron dispositivos de este tipo en las tomas de agua-figura 9b.

Figura 9. a

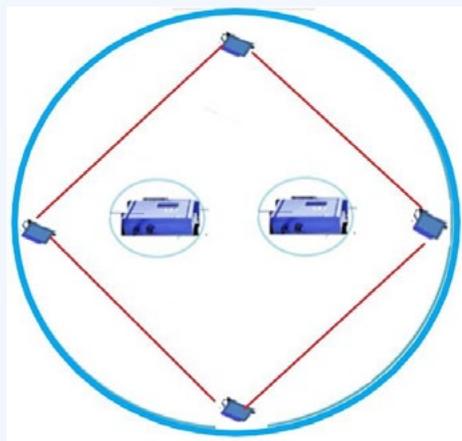


Figura 9. b



Figura-9- a- montaje del transmisor 4 LG Sonic en el decantador radial
b- montaje del transmisor LG Sonic en el estanque de salida de agua

Después de montar los 4 transmisores en cada decantador radial, la eficacia de reducción de la concentración de algas aumentó, oscilando entre el 50 y el 90%, dependiendo de la especie implicada. Las Figuras 10 y 11 muestran una comparación de la concentración de algas en el agua,

donde se detectaron 24950 células de algas/ml (Figura 10) y a la salida de los decantadores radiales equipados con 4 transmisores LG Sonic -Figura 11 donde los ejemplares detectados son 2520 células de algas/ ml, lo que representa una reducción de ~89%.

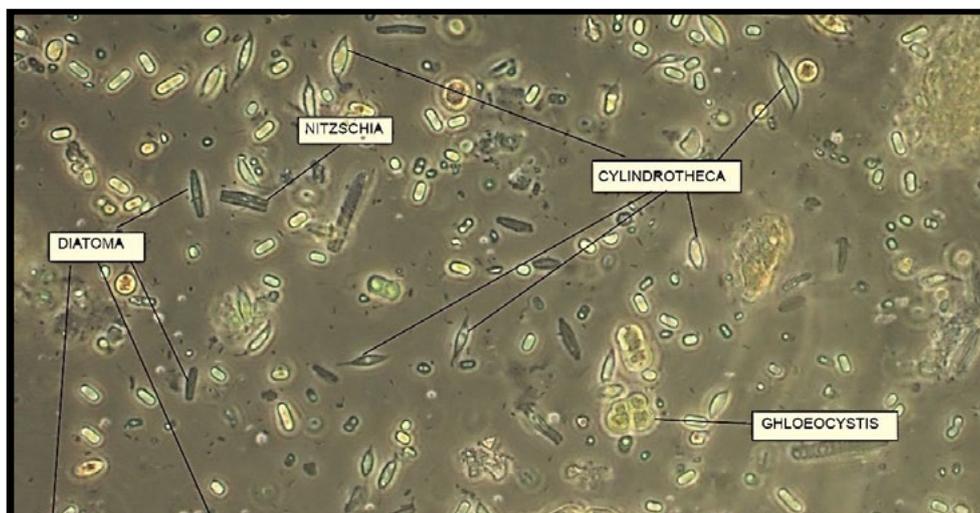


Figura 10- células de algas - agua sin tratar

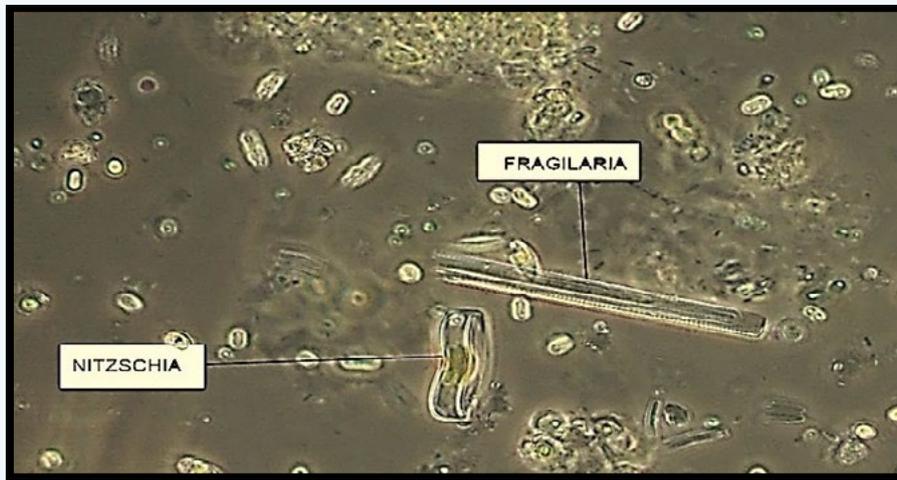


Figura 11- células de algas - después de la fase de sedimentación

La eficacia de los dispositivos ultrasónicos antialgas se pone de manifiesto en la figura 12, que muestra imágenes de la canaleta colectora de los decantadores radiales cuando se apagan y se vacían para iniciar el procedimiento de lavado y desinfección, antes y después de la instalación del LG Sonic.



Figura 12- Canales colectores radiales cuando están parados para su lavado y desinfección

4. Conclusiones

Los dispositivos ultrasónicos LG Sonic son eficaces para reducir la carga de algas en función de la especie que se trate y del grado de cobertura de la instalación respectiva por el flujo ultrasónico. Así, su eficacia resulta elevada (80~90%) en la reducción de algas diatomeas y pequeñas algas verdeazuladas, y menor en el caso de las algas verdes filamentosas.

El coagulante y el floculante utilizados desempeñan un papel importante en la reducción de la población de algas en los tanques de sedimentación, su capacidad para atrapar las células de algas bombardeadas por ultrasonidos en el interior de los flóculos y su deposición. Como puede verse, el proceso de reducción de la población de algas en los decantadores es complejo, y la tecnología de ultrasonidos interviene directamente en el proceso de coagulación-floculación.

El control de las algas en las plantas de tratamiento que utilizan aguas superficiales sujetas a potabilización es un componente esencial para cumplir los requisitos legales de calidad del agua y optimizar los costes de explotación.

La aplicación de la tecnología de ultrasonidos combinada con un programa riguroso de lavado y desinfección de todas las instalaciones de tratamiento (decantadores, filtros, depósitos, balsas) y el uso de reactivos de coagulación-flotadores de alto rendimiento permiten controlar las células algales en el proceso tecnológico, en un contexto en el que el cambio climático tiene un gran impacto de aceleración del grado de eutrofización de las fuentes superficiales sujetas a tratamiento de agua potable.

Bibliografía

1. ARASH ZAMYADI, SHERRI L. MACLEOD "Toxic cyanobacterial breakthrough and accumulation in a drinking water plant: A monitoring and treatment challenge", water research 46 (2012) pp. 1511-1523.
2. KEVIN WESTERLING "Could Tap Water cause Lou Gehrig's Disease"- www.wateronline.com-newsletter 12/01/2012;
3. SARA JEROME "Algal Bloom May Be Linked To Alzheimer's, www.wateronline.com- newsletter 10/02/2016;
4. DIRECTIVA (UE) 2020/2184 a Parlamentului European din 16 decembrie 2020 privind calitatea apei destinate consumului uman;
5. MARIUS GHEJU "Chimia apelor naturale" ISBN: 978-973-36-0546-1. Editura de Vest 2012;
6. GEORGE HUTCHINSON "Sound Water Practices Ultrasonic Technology Controls Algae and Biofilm" Vol.34, No.4(April2008), pp. 18-19, <https://www.jstor.org/stable/opflow.34.4.18>;