

## Influencia del tratamiento magnético en la turbidez, conductividad y pH del agua.

**Nuria de los Ángeles Vaillant López**E-MAIL: [nuriavl@civil.cujae.edu.cu](mailto:nuriavl@civil.cujae.edu.cu)

Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH). Universidad Tecnológica de La Habana.

**Rosmery Velázquez Díaz**E-MAIL: [vdrosmary97@gmail.com](mailto:vdrosmary97@gmail.com)

Empresa Constructora Integral Artemisa, San Cristóbal, Artemisa.

**Guillermo Ribeaux Kindelán**E-MAIL: [ribeaux@uo.edu.cu](mailto:ribeaux@uo.edu.cu)

Centro de Electromagnetismo Aplicado (CNEA), Universidad de Oriente, Santiago de Cuba.

### RESUMEN

El creciente déficit de agua potable ha motivado a la comunidad científica a incorporar nuevos métodos y tecnologías para elevar su calidad. El tratamiento magnético se presenta como una tecnología innovadora, económica, eficiente, amigable con el medio ambiente y de fácil aplicación. A partir de las características físico-químicas presentadas por las aguas analizadas, se evidencian efectos favorables y significativos con la aplicación del tratamiento magnético para la conductividad, el pH y la turbidez. Se observó que el pH a modo general aumenta sus valores hasta un 11.03 %, mientras que la turbidez disminuye hasta 44.44 %. En el caso de la conductividad los valores de la misma manifiestan aumentos y descensos reportando valores de 0.31 % y 2.79 % respectivamente. Estos resultados podrían ser el preámbulo para el estudio de los procesos de coagulación floculación.

**PALABRAS CLAVES:** [tratamiento magnético](#), [propiedades del agua](#), [conductividad](#), [pH](#), [turbidez](#)

## Influence of magnetic treatment on turbidity, conductivity and ph of water

### ABSTRACT

The growing deficit of drinking water has motivated the scientific community to incorporate new methods and technologies to raise its quality. Magnetic treatment is presented as an innovative, economical, efficient, environmentally friendly and easy-to-apply technology. Based on the physical-chemical characteristics presented by the analyzed waters, favorable and significant effects are evidenced with the application of magnetic treatment for conductivity, pH and turbidity. It was observed that the pH in general increases its values up to 11.03%, while the turbidity decreases up to 44.44%. In the case of conductivity, its values show increases and decreases, reporting values of 0.31% and 2.79% respectively. These results could be the preamble for the study of flocculation coagulation processes.

**KEYWORDS:** [magnetic treatment](#), [properties of water](#), [conductivity](#), [pH](#), [turbidity](#)

## 01 INTRODUCCIÓN

Las actividades del hombre han provocado una modificación en las características de los recursos hídricos, alcanzando niveles de contaminación que hacen el agua no apta para consumo humano. Por esta razón, los procesos de tratamiento de agua son cada vez más necesarios. Teniendo en cuenta que la mayoría de los tratamientos de potabilización se realizan con productos químicos no degradables, caros y de difícil almacenamiento, se hace necesario el estudio y uso de tecnologías económicas, amigables con el medio ambiente, basadas en métodos físicos, y de fácil aplicación como el tratamiento magnético (TM). Aunque conocida mundialmente desde inicios del siglo XX, su utilización es novedosa porque se siguen encontrando nuevas prácticas y procedimientos para su uso.

Durante los últimos años, se ha venido estudiando el uso del TM para el tratamiento de agua para consumo humano e industrial, y en el tratamiento de aguas residuales. El tema ha recibido mucha atención de la comunidad científica por la implicación que tiene en lo económico y en el cuidado del medio ambiente, conociendo que los tratamientos convencionales poseen los inconvenientes del uso de químicos y aguas de desecho contaminantes.

De forma general, no existen dudas de la efectividad del TM, pero si coexisten discrepancias en la explicación del fenómeno que se observa, existiendo incógnitas en la explicación teórica de la influencia del campo magnético (CM) sobre las propiedades de los sistemas acuosos. Este asunto se complejiza si tiene en cuenta la influencia de parámetros externos como la temperatura, el material de las tuberías y el amplio rango de frecuencias, intensidad, tiempo de exposición y velocidad del fluido, entre otros. Muchos artículos describen diferentes tipos de mecanismos de acción del CM, y varios de ellos incluso, están en conflicto entre sí. En el área de las aplicaciones industriales, el TM se utiliza esencialmente como método físico alternativo en la prevención o disminución de deposiciones de incrustaciones. (Vaillant et al. 2022)

Se conoce que los efectos del TM en sistemas acuosos provocan variaciones en las propiedades de éstos, conllevan a cambios en la cinética de todos los procesos físico-químicos y, por tanto, en los procesos tecnológicos y biológicos. Estas variaciones generalmente son pequeñas, sin embargo, las consecuencias en los ámbitos industrial y biológico son muy significativas (Alfonso et al., 2009). El Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA) líder del desarrollo de esta tecnología, la ha aplicado en sistemas ingenieros industriales desde 1992, en el sector agrícola desde el 2000 y en el pecuario-avícola desde el 2009, con ejemplos bien documentados que muestran que es un método eficiente para prevenir y reducir las incrustaciones, el tratamiento de combustibles, mejorando el intercambio de calor, ahorrando energía, y recursos materiales. (Arias et al. 2018; Campo et al. 2015; Ribeaux 2012);

Los acondicionadores magnéticos se ubican en sistemas donde circula el fluido a través del CM, en el que interactúan las líneas de inducción magnética directamente con el fluido (Figura 1). Para garantizar un tratamiento eficiente deben cumplirse fundamentalmente dos requerimientos: el primero es lograr la perpendicularidad de líneas de inducción magnética  $B^{\rightarrow}$  con respecto a la velocidad del fluido. El segundo requerimiento está relacionado con el tiempo de exposición del fluido al CM, que se logra instalando el acondicionador magnético un ángulo de 90° respecto a la línea de flujo (Vaillant et al. 2022).

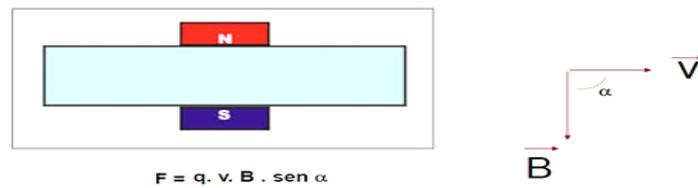


Figura 1. Diagrama de circulación de un fluido por el CM. (Nuñez et al. 2018)

## 02 DISEÑO EXPERIMENTAL Y MATERIALES

La fuente de CM utilizada fueron dos dispositivos acondicionadores magnéticos de la marca NOVAMAG, diseñados y construidos por el CNEA, los cuales son a base de imanes de tierras raras, hechos de una aleación de neodimio, hierro y boro: ( $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ ). Estos dispositivos fueron acreditados en el laboratorio de caracterizaciones magnéticas del CNEA y las características en correspondencia con las condiciones experimentales establecidas son las siguientes: En las figuras 2, 3 y 4 se muestran el mapa de los valores de inducción de CM en la zona de trabajo obtenidos mediante simulación en realizada con el software profesional COMSOL Multiphysics 3.2.

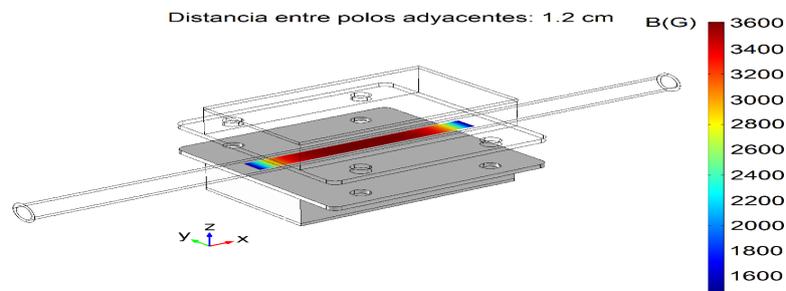


Figura 2. Mapa de escala de valores de inducción de CM para una distancia entre polos de 1,2 cm.

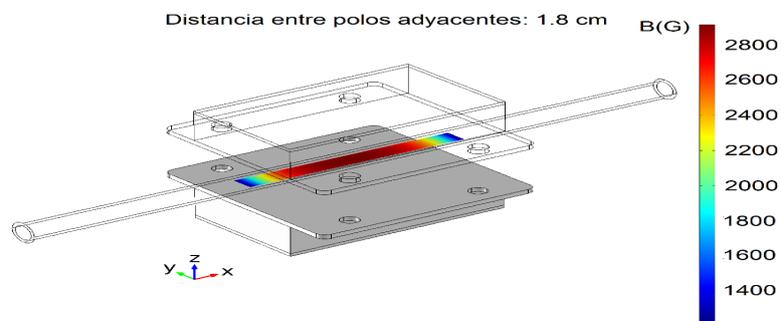


Figura 3. Mapa de escala de valores de inducción de CM para una distancia entre polos de 1,8 cm.

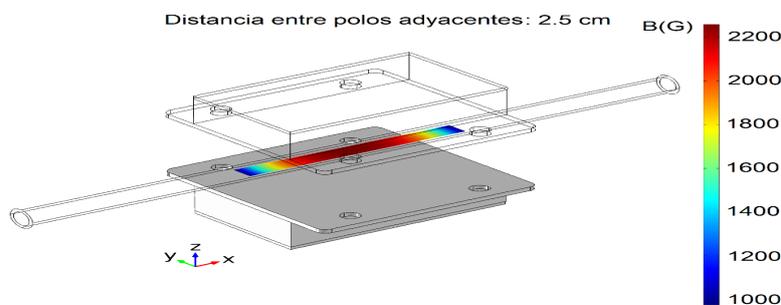


Figura 4. Mapa de escala de valores de inducción de CM para una distancia entre polos de 2,5 cm.

### Sistema experimental

El sistema experimental del presente estudio, (Figura 5) estuvo conformado por una bomba peristáltica (Thermo Fisher Scientific, FH 100) para generar el flujo del fluido; una tubería de silicona de 2,85 m de longitud y 0,7 cm de diámetro interior, dos vasos de precipitado con capacidad de 1 000 mL cada uno y dos pares de imanes permanentes, (acondicionadores magnéticos de marca NOVAMAG, con No. Serie IP 17-06669 que fueron descritos anteriormente) con polos norte y sur, ubicados uno frente al otro para generar un CM homogéneo. El tamaño de cada uno de los imanes es de 5 cm x 3 cm x 0,1 cm (largo, ancho y alto) y la separación entre cada par fue de 6,5 cm orientados en repulsión.



Figura 5. Sistema experimental. (elaboración propia)

El tiempo promedio que tardó en circular un litro de agua fue 354 segundos para un área de sección transversal del conducto de  $3.85 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$ , con un gasto de  $2.82 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$ , siendo la velocidad de circulación del flujo 0.16 m/s. Para uno, dos y tres pases de la muestra por los acondicionadores magnéticos el tiempo de estancia del agua en los mismos es de 1.36, 2.73 y 4.09 s respectivamente.

La temperatura de las muestras se mantiene constante a  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  durante el proceso de medición, las mismas fueron conservadas a bajas temperaturas para el análisis de la memoria magnética a las 48 h y 72 h luego de recibir el TM. La tabla 1 resume el número de muestras tomadas para analizar cada propiedad, en función de la intensidad del CM, la separación entre imanes y el número de pases. La muestra en blanco (MB, en adelante) corresponde al agua que no fue tratada.

Tabla 1. Número de muestras para análisis de las propiedades físico-químicas. [fuente: elaboración propia]

Muestras	Intensidad de CM (Gauss)	Separación entre imanes (cm)	Número de pases de la muestra por el CM
1 TM 1	3250	1,2	1
1 TM 2			2
1 TM 3			3
2 TM 1	2678	1,8	1
2 TM 2			2
2 TM 3			3
3 TM 1	2170	2,5	1
3 TM 2			2
3 TM 3			3
Muestra en blanco (MB)		-	-

La investigación se llevó a cabo en tres etapas:

Primera etapa: análisis de las propiedades de la muestra en blanco (sin exposición magnética).

Segunda etapa: aplicación del CM a intensidades y tiempos de exposición diferentes a las muestras restantes y análisis de la conductividad, pH y turbidez luego de su exposición al CM.

Tercera etapa: estudio de la memoria magnética en las muestras con TM, luego de haber transcurrido 48 h y 72 h de su exposición al CM.

Durante los ensayos de laboratorio se mantiene constante la temperatura de las muestras a 23-+1°C, las mismas fueron conservadas en frascos de vidrio herméticos.

#### **Determinación de conductividad, pH y turbidez**

La conductividad refleja la capacidad de la solución para conducir la electricidad de acuerdo con la concentración y movilidad de los iones y la temperatura del agua. En el presente estudio, la temperatura del agua se mantuvo estable para garantizar que la conductividad sólo refleja la concentración real de iones. La conductividad se determinó mediante el uso de un conductímetro con microprocesador ASIC – COND 51+ (Fig. 6). Fabricante Instruments XS.

Para la determinación del pH se usó el sensor digital pHmetro de sobremesa pH 50+ DHS Fabricante Instruments XS. La turbidez se determinó mediante el uso de un turbidímetro nefelométrico del modelo D-110, siguiendo las recomendaciones de uso especificadas en el manual del instrumento. Fabricado por DINKO Instruments. (figura 6)



Figura 6. Conductímetro, pHmetro y Turbidímetro nefelométrico. (elaboración propia)

## **03 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En la tabla 2 se muestran los valores de conductividad, pH y turbidez, obtenidos en el laboratorio para la muestra en blanco y las muestras tratadas bajo diferentes condiciones de tiempo, intensidad de campo, y número de pases. Los resultados obtenidos durante los ensayos se basan fundamentalmente en el promedio de las mediciones efectuadas y son admisibles de acuerdo con los valores de límite máximo admisible (LMA, en adelante) establecidos por la NC 827: 2012 para agua potable.

Tabla 2. Resultados de los análisis realizados a las aguas de la fuente Cosculluela para la MB y las muestras con TM.

	Intensidad de campo (Gauss)	Separación entre imanes (cm)	Número de pases	Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	PH	Turbidez (NTU)
MB				645,00	7,08	1,98
0 h	3 250	1,2	1	646,00	7,33	1,83
			2	643,00	7,34	1,78
			3	640,67	7,32	1,89
	2 678	1,8	1	647,00	7,31	1,91
			2	643,00	7,37	1,90
			3	644,67	7,34	1,86
	2 170	2,5	1	641,33	7,31	1,86
			2	641,33	7,32	1,89
			3	640,67	7,40	1,90
48 h	3 250	1,2	1	638,00	7,62	1,10
			2	640,67	7,65	1,20
			3	640,00	7,82	1,56
	2 678	1,8	1	643,67	7,61	1,81
			2	641,33	7,65	1,63
			3	644,67	7,52	1,28
	2 170	2,5	1	642,67	7,55	1,45
			2	645,67	7,47	1,27
			3	642,00	7,49	1,26
72h	3 250	1,2	1	638,33	7,68	1,88
			2	638,33	7,77	1,94
			3	627,00	7,82	1,81
	2 678	1,8	1	639,00	7,82	1,70
			2	637,00	7,82	1,89
			3	630,67	7,80	1,80
	2 170	2,5	1	637,33	7,86	1,70
			2	642,67	7,70	1,76
			3	641,00	7,76	1,83

**Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )**

La figura 7 muestra la alteración de la conductividad. Las mayores variaciones se observan en la muestra con 3 250 G y tres pases a las 72 h, con disminución del 2,8 % respecto a la MB. También se observó un ligero aumento de 0,31 % respecto a la MB en la muestra con 2 678 G y un pase a las 0 h.

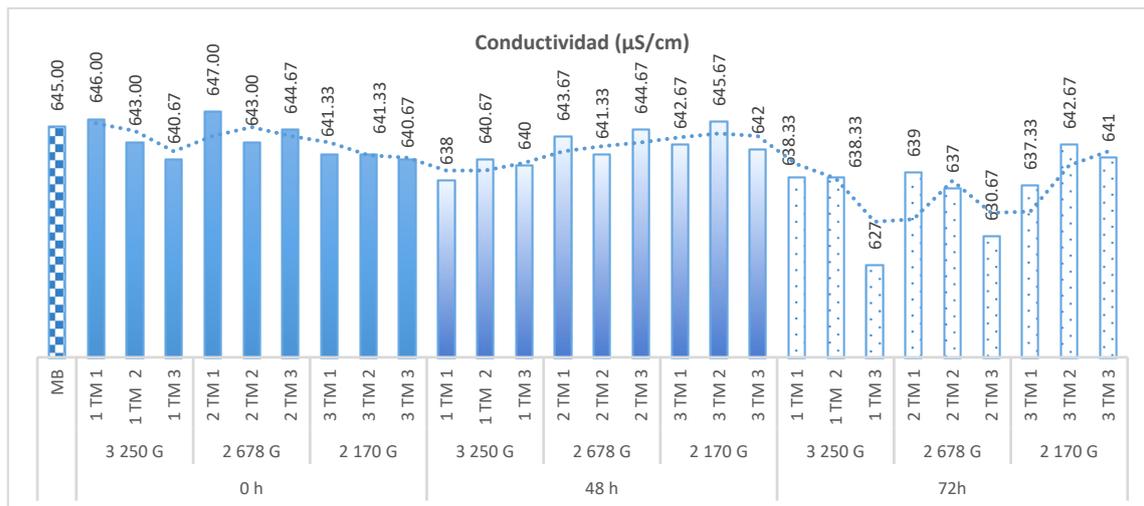


Figura 7. Valores de conductividad alcanzados por las muestras a las 0 h, 48 h y 72 h de aplicado el TM vs MB

### pH

En el caso del pH, las muestras con TM aumentaron significativamente los valores respecto a la MB, esto se evidencia en la figura 8. El mayor aumento ocurre para la muestra a 2 170 G, de un pase y que fue analizada a las 72 h de aplicado el TM. (11%). En general, las mayores variaciones ocurren a las 72h luego del TM, con lo cual también se evidencia la existencia de un efecto del CM a largo plazo, lo que se conoce como memoria magnética.

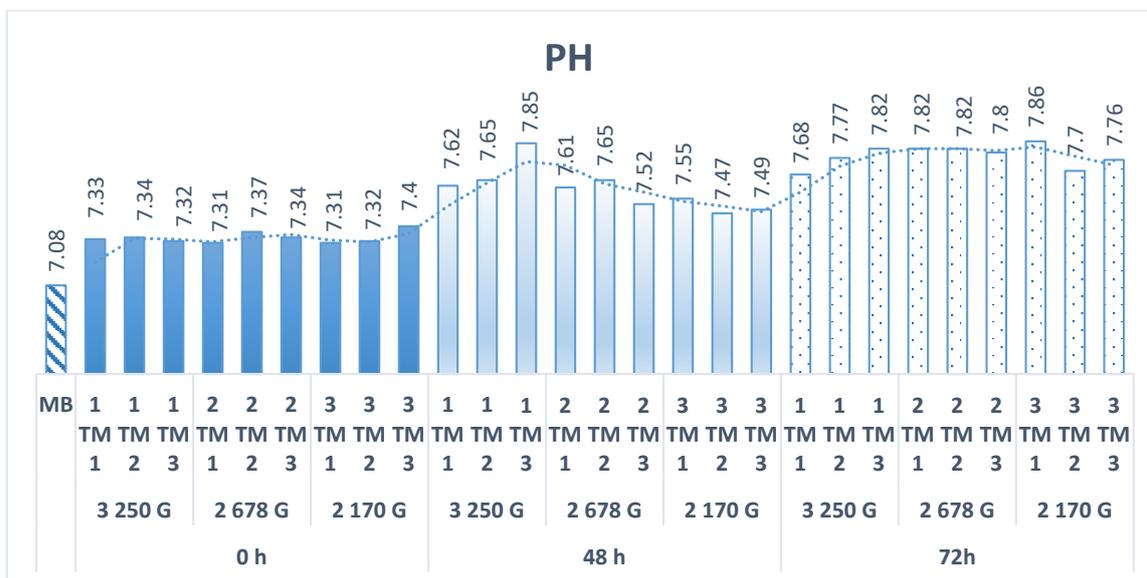


Figura 8. Valores de pH alcanzados por la muestra a las 0 h, 48 h y 72 h de aplicado el TM vs MB  
Turbidez (NTU)

### Turbidez (NTU)

El porcentaje de remoción de turbiedad indica la eficiencia de los sistemas de tratamiento de agua. El estudio de su comportamiento puede contribuir al ahorro de coagulantes en los procesos de clarificación. El comportamiento de este parámetro muestra resultados con diferencias significativas

al compararlas con la MB (figura 9). Bajo la influencia de CM la turbidez tiende a disminuir de forma significativa, tanto para las 0 h, como a las 48 h y 72 h de aplicarse el TM. El mayor porcentaje de variación ocurre al disminuir hasta 1.10 ntu para la muestra a las 48 h con intensidad de 3250G y 1 pase. (44.4%). De forma general las muestras con mayores disminuciones fueron las analizadas a las 48 h luego del TM.

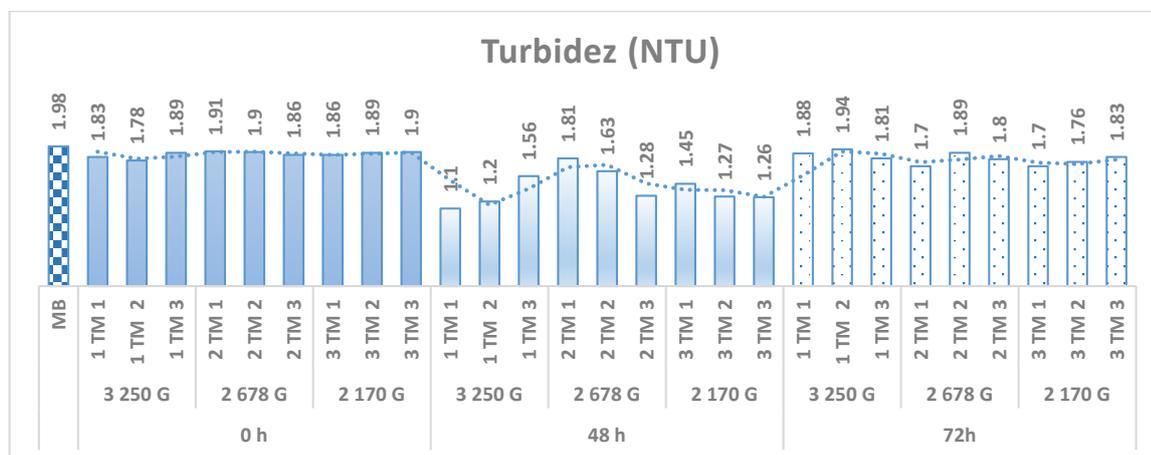


Figura 9. Valores de turbidez alcanzados por la muestra a las 0 h, 48 h y 72 h de aplicado el TM vs MB

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Una vez obtenidos los datos de los resultados experimentales se procedió a su procesamiento estadístico utilizando el Software Statgraphics Versión 15. Con el mismo se determinó Promedio, Sesgo Estandarizado y Curtosis Estandarizada de las tres intensidades de CM y pases aplicados en la investigación. Para determinar si existe diferencia estadísticamente significativa entre los diferentes tratamientos magnéticos y MB se aplicó la una prueba de Análisis de Varianza (ANOVA) y el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher.

Como resultado final del análisis estadístico, se determinó que tratamiento de intensidad 2170 G y un pase, es el óptimo en cuanto al nivel de CM y número de pases, resultado importante desde el punto de vista técnico y de aplicación ingenieril.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

Es ampliamente conocido que el pH influye en la saturación y precipitación del CaCO<sub>3</sub> en la solución. Por lo que el estudio del comportamiento del pH para aguas con TM adquiere importancia técnica económica para la industria.

Miao Xuefei (2013) investigó la efectividad de los campos electromagnéticos en la prevención del calcio en agua de refrigeración. Cuatro frecuencias diferentes y dos voltajes diferentes fueron adoptados para inducir campos electromagnéticos directamente en el agua con temperatura y velocidad de flujo constante. Las conductividades de la solución disminuyeron entre un 17% y un 25% de sus valores iniciales en los casos de TM, dependiendo de las diferentes frecuencias de pulsos eléctricos, mientras que en el caso no tratado se redujo en un 31%.

Hon Siau Shi (2014) investigó varios parámetros como pH, turbidez y sólidos suspendidos totales (SST), en agua sin TM y agua con 3 densidades de flujo magnético y velocidades de flujo diferentes, donde se obtuvo que el campo magnético redujo la turbidez y los SST de la muestra de agua alrededor

del 50% y 20% respectivamente. En la salida de la muestra de agua del sistema con CM, la concentración de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  fue 90% y 20% más alta que el sistema sin CM. Además, a mayor caudal (1.5 ml/s), con dispositivos magnéticos invertidos, en la salida de muestra de agua se obtuvieron concentraciones 40% mayores que con los magnetizadores no invertidos. También, para mayor densidad de flujo magnético (0,4 T) se eliminó 40% más de calcio y magnesio. Concluyendo, la presencia de TM mejora la eliminación de incrustaciones y redujo la turbidez y SST, a mayor densidad de flujo magnético y mayores caudales.

Los experimentos de Karel Bartušek et al. (2017) muestran que la exposición de una muestra de agua desmineralizada a un campo magnético con gradiente en espiral durante 5 minutos dará como resultado una disminución de la conductividad iónica del agua, que probablemente se deba tanto a una variación en la disposición de las moléculas de agua como al campo electromagnético alterado en sus proximidades. La estabilidad temporal del cambio estructural de las moléculas no fue monitoreada; sin embargo, las mediciones repetidas no mostraron ningún signo de que se restauró la disposición original. En este contexto, no detectaron variaciones en los parámetros físicos, mecánicos y químicos del agua.

## MEMORIA MAGNÉTICA

Por último, y como aspecto de interés, se destaca el hecho de que los efectos a largo plazo del CM, “Memoria Magnética”, en las condiciones establecidas se manifestaron a las 48 y 72 horas del TM.

En el 2012, Coey (2012) quien desde el 2002 y hasta la actualidad, viene haciendo aportaciones en este tema, agrega a sus estudios que el campo magnético no solo influye en la estructura y morfología del  $\text{CaCO}_3$  sino también que el agua podría adquirir una impresión magnética de larga duración (memoria). Aunque reconoce que los efectos de la memoria en el agua tienen una historia infeliz, su artículo se basa en la evidencia de un mecanismo de nucleación no clásico para el  $\text{CaCO}_3$  y se recopilan trabajos en los cuales se pone en duda la teoría clásica de nucleación, sugiriendo una teoría en la que las soluciones de  $\text{CaCO}_3$  (no saturadas) contienen racimos o grupos pre-nucleados termodinámica-estables llamados DOLLOPs (Dynamically-Ordered Liquid-Like Oxyanion Polymers). Estos DOLLOPs, serían los que, cuando están sujetas a un campo magnético alteran su composición y se deforman, favoreciendo un cierto tipo de estructura de racimo, y estos son los que permiten tener una gran memoria magnética en la solución.

En el 2014 los resultados obtenidos del trabajo de investigación de Vaca Jiménez (2014) parecerían indicar que se cumple la condición de cambio de velocidad de flujo cercano a los bordes de la tubería (al disminuir las incrustaciones en la primera experimentación). Además, en lo que respecta a la segunda parte de la experimentación, parece comprobarse la teoría de cambio estructural de las sales disueltas y lo correspondiente a la memoria magnética debido a la presencia de los DOLLOPs, ya que la disminución de incrustaciones en la caldera no corresponde a un cambio de régimen de flujo en el equipo.

En el 2018, Emil Chibowski Aleksandra Szcześ realizan una revisión de los enfoques más recientes de la última década. En general, se tuvieron en cuenta los cambios en la estructura del agua a través de los cambios de enlaces de hidrógeno, así como en los intraclusters y entre los interclusters, destacando que el progreso más notable fue logrado en 2012 por Coey, quien aplicó la teoría no clásica del mecanismo de nucleación de la formación de líquidos ordenados dinámicamente como polímeros de oxianión (DOLLOP) para explicar la acción del campo magnético. Su criterio para que

ocurra el efecto del campo magnético fue verificado experimentalmente (Chibowski and Szcześ 2018).

## 05 CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que el CM influye significativamente en cada una de las propiedades estudiadas (conductividad, pH y turbidez), en las condiciones establecidas de niveles de inducción de CM y número de pases, lo que se encuentra en correspondencia con los resultados obtenidos por diferentes autores consultados en la bibliografía.

Con el efecto del CM, los valores de la conductividad y la turbidez pueden disminuir hasta 2.8 % y 44,4% respectivamente; y el pH puede aumentar hasta un 11% respecto a la muestra en blanco.

El TM con intensidad 2 170 G y un pase, es el óptimo (mayores variaciones), en cuanto al nivel de inducción magnética y número de pases, resultando importante este resultado desde el punto de vista técnico económico y de aplicación ingenieril para la toma de decisiones.

Los efectos a largo plazo del CM (Memoria Magnética), en las condiciones establecidas en esta investigación, se manifestaron visiblemente a las 48 y 72 h del TM.

## RECONOCIMIENTO

Los autores agradecen la colaboración del Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA) y los laboratorios de calidad del agua de Aguas de la Habana, sin los cuales hubiera sido casi imposible la obtención de los resultados referidos en el artículo.

## 06 REFERENCIAS

- Alfonso D., Pérez C., Pérez I. y Silveira E. A.** (2009). "Efecto del agua tratada magnéticamente sobre los procesos biológicos". Revista Electrónica de Veterinaria. Vol 10 (4), 24pp. Málaga, España. ISSN: 1695-7504. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n040409.html>
- Arias Gilart R., Berenguer Ungaro M., Vázquez Nigorenko J.A., Silveira Font J. y Alfaro Rodríguez C.E.** (2018). "Disminución de las emisiones de monóxido de carbono con el tratamiento magnético del combustible". Centro Azúcar. Cuba 45:21-31. ISSN: 2223-4861. <https://centroazucar.uclv.edu.cu/>
- Campo Sofia M., Moro-Martínez A., León-Cañet M., Silveira-Font Y. y Falcón-Hernández J.** (2015). "Tratamiento magnético sobre parámetros físico-químicos de muestras de petróleo", Tecnología Química 35 (3): 271-281. ISSN: 0041-8420. Facultad de Ingeniería Química. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.
- Chibowski E. and Szcześ A.** (2018). "Magnetic water treatment-a review of the latest approaches". Chemosphere. Vol 203. 54-67pp. Elsevier Ltd. ScienceDirect, Online ISSN: 1879-1298. Impresión ISSN: 0045-6535. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.03.160>.
- Coey J.M.D.** (2012) "Magnetic water treatment - how might it work?" Philosophical Magazine. Editorial Taylor & Francis. London, United Kingdom. Vol 92 (31). 1-9pp. ID Corpus: 96367372. DOI:10.1080/14786435.2012.685968
- Karel Bartušek P.M., Fiala P., Máca J. and Dohnal P.** (2017). "The effect of spiral gradient magnetic field on the conductivity of water". Water. Vol 9 (9) 664. Basilea, Suiza ISSN: 2073-4441 <https://doi.org/10.3390/w9090664>
- Núñez Alvarez J., Berenguer Ungaro M., Llosas Albuérne Y. y Conde García R.** (2018) "Tratamiento magnético en instalaciones turísticas: aportes desde le energía y el medioambiente" Nueva

Agenda Urbana: Energía, Atmosfera y Adaptación Humana. Barranquilla. Colombia. DOI:10.22517/23447214.1677. <https://www.researchgate.net/publication/329541497/>

**Ribeaux Kindelán G.** (2012). "Efecto de un campo magnético estático sobre la cristalización de la sacarosa en solución. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado. Editorial Universitaria. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba.

**Shi H.S.** (2014). "Effect of magnetic field on scale removal in drinking water pipeline". Master Thesis. Faculty of Civil Engineering Universiti Teknologi Malaysia. 26pp. <http://eprints.utm.my/id/eprint/77666/1/HonSiauShiMFKA20141.pdf>

**Vaillant López , N. ., Carreras Fernández, G. ., & Ribeaux Kindelán, G.** (2022). Efectos del campo magnético en la dureza total, calor específico y punto de ebullición del agua. Ingeniería Hidráulica Y Ambiental, Vol 43(4), 76–87pp. Universidad Tecnológica de La Habana. Cuba. <https://riha.cujae.edu.cu/index.php/riha/article/view/611>

**Xuefei M., Lan. X., Jiapeng. C., Zikang Y. and Wei H.** (2013). "Experimental study on calcium carbonate precipitation using electromagnetic field treatment". Water Science & Technology. Vol 67(12). 2784-2790pp. London, Reino Unido. ISSN 0273-1223 EISSN 1996-9732 <https://doi.org/10.21.2166/wst.2013.161>

**Vaca Jiménez S.D.** (2014). "Aplicación de un campo magnético ortogonal al flujo en sistemas de agua para reducir la formación de incrustaciones". Revista de la Facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Cuenca. Ecuador. No.10. ISSN: 1390-1869, ISSN-e: 2631-2948. <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/quimica/article/view/355>

#### CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

#### CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

**Nuria Vaillant López**

<https://orcid.org/0000-0001-7362-084X>

Participó en la búsqueda y organización de la información, diseño experimental, corridas experimentales, análisis estadísticos, la redacción y revisión del trabajo.

**Rosmery Velázquez Díaz**

<https://orcid.org/0009-0000-5849-8540>

Participó en la realización de las corridas experimentales y búsqueda de información.

**Guillermo Ribeaux Kindelán**

<https://orcid.org/0000-0002-3296-3536>

Participa en la orientación del enfoque de la investigación y el diseño experimental y la revisión del documento final.