

Estudios sobre el efecto del tratamiento electromagnético en la precipitación de carbonato cálcico usando aguas de diferentes calidades

INTRODUCCIÓN

- La formación de incrustaciones calcáreas en sistemas que trabajan con agua caliente es un grave problema, ya que causan pérdidas económicas a largo plazo, tanto en instalaciones domésticas como industriales.
- Las técnicas clásicas para ablandar el agua modifican la composición química.
- Las técnicas electromagnéticas (EM) se utilizan como alternativa, ya que no alteran la calidad del agua [1].
- El equipo EM TK3K ha sido utilizado en este estudio (Figura 1). Está patentado por la empresa Ecotécnica Energy System S.L. y siendo instalado por el grupo Rosan, que avala su efectividad al evitar incrustaciones.



Figura 1. Equipo de tratamiento electromagnético TK3K

TEST DE PRECIPITACIÓN RÁPIDA CONTROLADA

- Se preparó agua sintética disolviendo CaCO₃ en agua destilada (320 ppm) y burbujeando CO₂.
- Se generó una solución sobresaturada en CO₂ a un pH de aproximadamente 5.8.
- Esta solución se recirculó en el montaje experimental (Figura 2) hasta alcanzar pH=7 (Figura 3a).
- Se utilizó agua sintética tratada y no tratada con el equipo TK3K para realizar por duplicado ensayos de precipitación rápida controlada [2], en las siguientes condiciones:
 - 500 mL de agua sintética agitada a diferentes rpm durante 3 horas
 - Temperatura ambiente 23 ± 0.3 °C
 - Humedad relativa 30-35 %
 - Concentración de CO₂ ambiental 400 - 450 ppm
- En estos ensayos, la agitación transfiere CO₂ disuelto a la atmósfera, elevando el pH del medio y produciendo la precipitación de CaCO₃ (Figura 3b), según las siguientes reacciones:
$$2HCO_3^- \leftrightarrow CO_2 + CO_3^{2-} + H_2O$$
$$CaCO_3 \downarrow \leftrightarrow Ca^{2+} + CO_3^{2-}$$
- Se midió la conductividad durante las 3 h de duración del experimento (Figura 4).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN: TEST DE PRECIPITACIÓN RÁPIDA CONTROLADA

- A menor agitación del ensayo, menor eliminación de CO₂, a su vez la precipitación de carbonato se retrasa y la conductividad tarda más en descender.
- No existe diferencia entre las aguas tratadas y sin tratar cuando la agitación es elevada (1100 rpm).
- A velocidades de agitación de 600 y 900 rpm, las muestras tratadas se diferencian de las no tratadas porque su conductividad se mantiene alta durante más tiempo, lo que indicaría que el tratamiento retrasa la eliminación de CO₂.

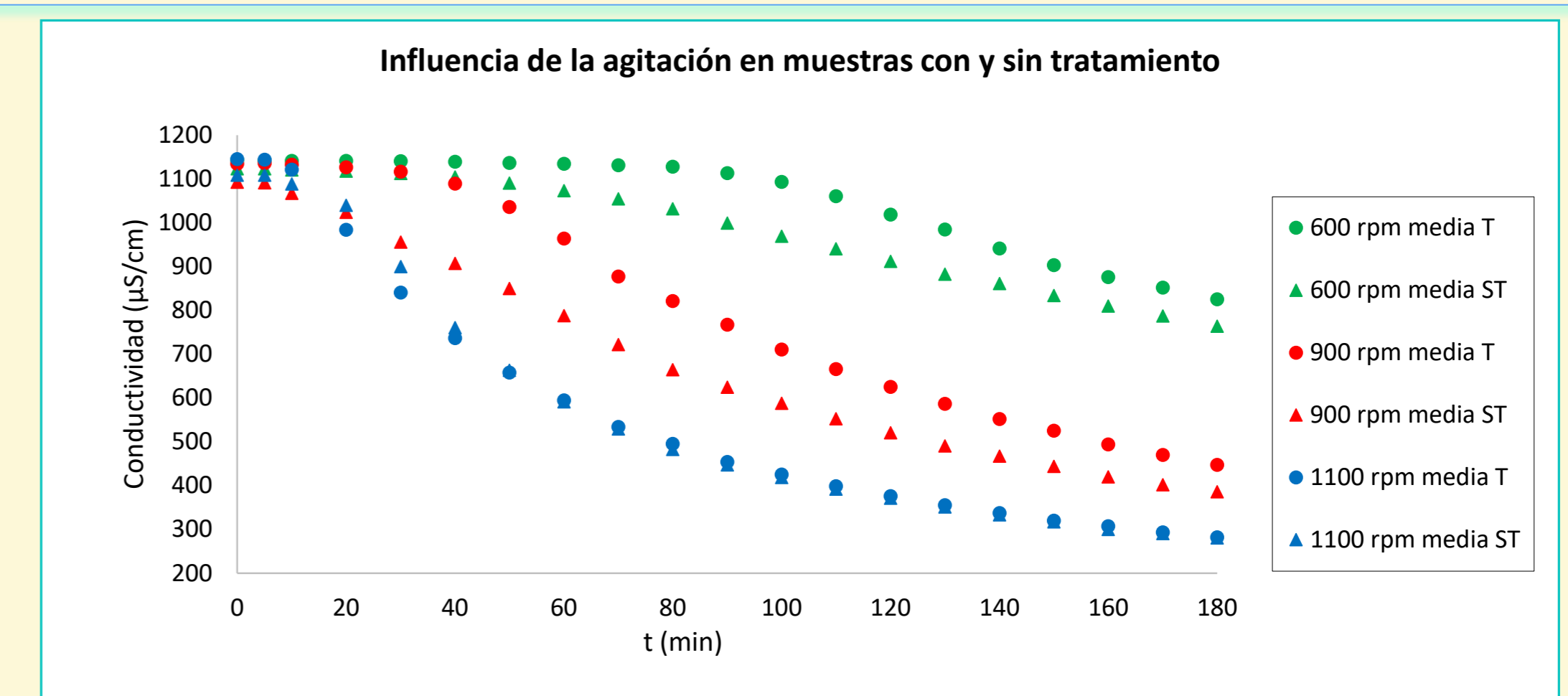


Figura 4. Comparación de las conductividades obtenidas en los ensayos de precipitación rápida controlada a diferentes velocidades de agitación



Figura 2. Montaje experimental para recircular el agua con y sin el equipo en funcionamiento

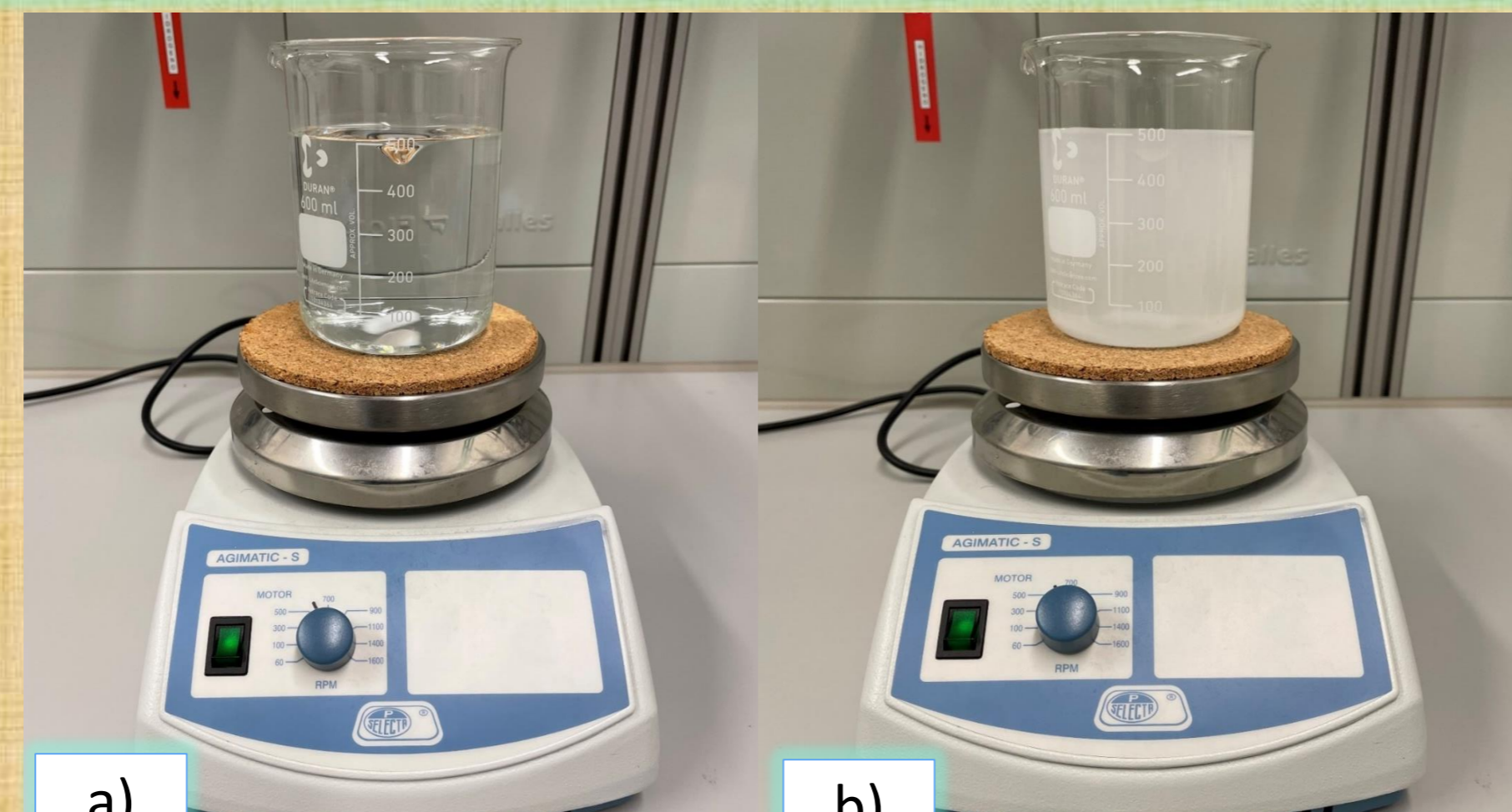


Figura 3. Test de precipitación rápida controlada: a) inicial b) final

TEST DE PRECIPITACIÓN FORZADA

- La muestra de los diferentes tipos de aguas potables se mantienen en un baño termostático a 23 ± 0.3 °C.
- Se provoca la precipitación de carbonato cálcico mezclando con ellas disoluciones de Ca(NO₃)₂ y Na₂CO₃ [3].
- Se añade la cantidad de cada disolución en la celda de medida sobre la muestra, para tener una concentración sobresaturada en carbonato cálcico.
- Se obtuvieron medidas de absorbancia y turbidez durante 30 min (Figura 5).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN: TEST DE PRECIPITACIÓN FORZADA

- Las muestras sin tratar presentan mayor turbidez que las tratadas, que poseen comportamientos más similares entre sí, independientemente del tiempo de tratamiento.

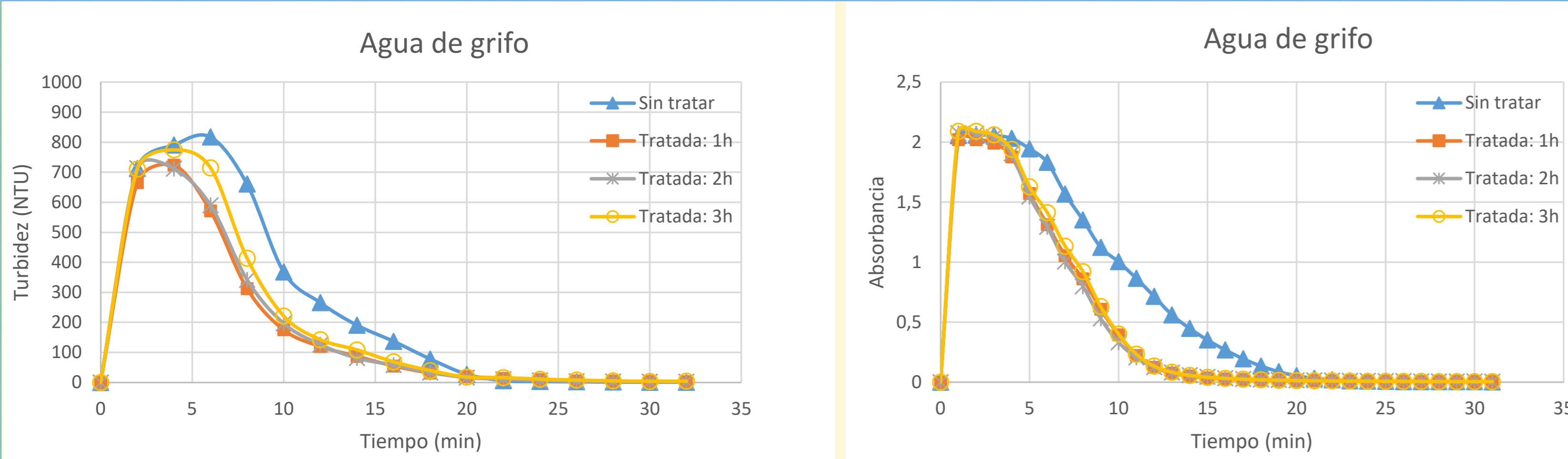


Figura 5. Comparación de absorbancia y turbidez obtenidas en los ensayos de precipitación forzada para agua potable no tratada y tratada con TK3K a diferentes tiempos

OBSERVACIÓN DE CRISTALES CON MICROSCOPIO ÓPTICO DE LUZ POLARIZADA

- Los cristales formados en estos ensayos se pueden observar con un microscopio electrónico de barrido (SEM).
- Se ha comprobado que estos cristales también son visibles con un microscopio óptico (OPTIKA NP-400T), técnica más asequible que el SEM y que permite obtener resultados de forma inmediata.
- El microscopio óptico permite diferenciar el tipo de cristalización del carbonato cálcico: calcita (romboédrica, incrustante) y aragonito (ortorrómbica, no incrustante) (Figura 6).

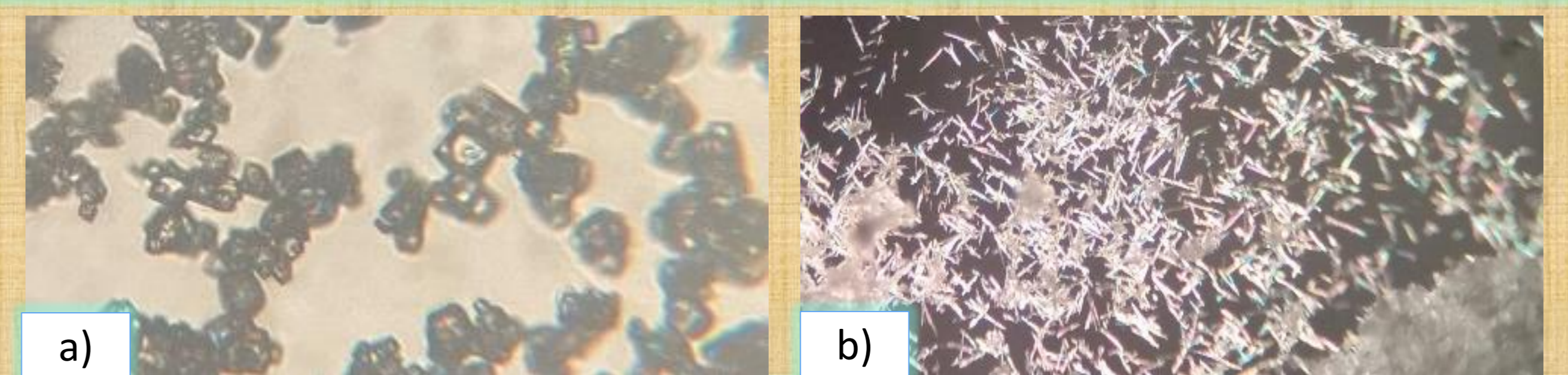


Figura 6. Imágenes de calcita (a) y aragonito (b) observadas con microscopio óptico de luz polarizada

RESULTADOS Y DISCUSIÓN: OBSERVACIÓN DE CRISTALES

- Tanto en las muestras tratadas como sin tratar los cristales observados fueron de calcita, por lo que el tratamiento electromagnético no provoca en estos ensayos ninguna transformación entre fases cristalinas.

REFERENCIAS

- [1] Martínez Moya, S.; Boluda Botella, N. Review of Techniques to Reduce and Prevent Carbonate Scale. Prospecting in Water Treatment by Magnetism and Electromagnetism. *Water*, **2021**, *13*, 2365.
- [2] Mahmoud, B.; Yosra, M.; Nadia, A. Effects of magnetic treatment on scaling power of hard waters. *Separation and Purification Technology*, **2016**, *171*, 88-92.
- [3] C. Piyadasa, a T. R. Yeager, a S. R. Gray, M. B. Stewart, a H. F. Ridgway, C. Pelekanic and J. D. Orbell. The influence of electromagnetic fields from two commercially available water-treatment devices on calcium carbonate precipitation. *Environmental Science Water Research & Technology*, **2017**, *3*, 566-572.

AGRADECIMIENTOS

- Este estudio se ha realizado gracias a la financiación de la Generalitat Valenciana (FEDEGEN/2018/005) y la empresa ECOTÉCNICA ENERGY SYSTEMS S.L.