



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 19 – JUNIO DE 2009

“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL AGUA TRATADA CON DIFERENTES FILTROS DE ÓSMOSIS INVERSA”

| |
|--|
| AUTORÍA MARÍA JESÚS MOLINERO LEYVA |
| TEMÁTICA SALUD AMBIENTAL: ANÁLISIS DE AGUA |
| ETAPA FORMACIÓN PROFESIONAL |

Resumen

La instalación de filtros de ósmosis inversa en los hogares para tratar el agua de consumo es una práctica cada vez más extendida, con este estudio se pretende analizar que parámetros del agua se ven afectados por estos filtros y comparar el agua con el agua de consumo humano que llega a nuestras casas.

Palabras clave

Agua de consumo humano, filtro, ósmosis inversa, conductividad, turbidez, temperatura, pH, amonio, dureza, calcio, magnesio, fosfatos, nitritos, nitratos, oxidabilidad, cobre, hierro, cloro residual libre, cloro residual combinado, cloro residual total, cloruros, potasio, sulfatos.

1. INTRODUCCIÓN

Esta experiencia se ha realizado con los alumnos y alumnas de primer curso del Ciclo Formativo de Grado Superior Salud Ambiental, en el módulo Aguas de Uso y Consumo, con los recursos disponibles en el laboratorio de nuestro instituto.

Ha sido una experiencia muy positiva ya que el alumnado se ha implicado y ha participado activamente en la realización de las prácticas, al ser un tema que ha despertado su interés.

La ósmosis consiste en la difusión del agua entre dos disoluciones de distinta concentración, separadas por una membrana semipermeable, la cual permite el paso del agua, pero no así el de los iones. El agua se difunde desde la disolución con menor concentración iónica a través de la membrana hacia la

solución más concentrada. Con este proceso se transforma el agua del grifo en agua de baja mineralización.

En el mercado podemos encontrar una gran variedad de sistemas de filtración de ósmosis inversa de diferentes calidades. Los usos principales que se le dan al agua tratada con estos sistemas son: bebida, elaboración de dietas, cocinar, elaboración de biberones del bebé, producción de hielo, riego de plantas delicadas, acuarios, planchas de vapor, etc. Por su uso es conveniente conocer la calidad de este tipo de agua.

2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

En diferentes días se han analizado diez muestras de agua, cinco muestras procedentes de la red de distribución de agua apta para el consumo humano y las otras cinco muestras correspondientes al agua tratada por distintos filtros de ósmosis inversa.

En las muestras se han determinado de 11 a 20 parámetros, analizando: conductividad, turbidez, temperatura, pH, amonio, dureza, calcio, magnesio, fosfatos, nitritos, nitratos, oxidabilidad, cobre, hierro, cloro residual libre, cloro residual combinado, cloro residual total, cloruros, potasio, sulfatos.

Los equipos utilizados para analizar los diversos parámetros son los siguientes:

1. Termómetro

CHECKTEMP1 (MODELO CELSIUS CON CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE FÁBRICA. MARCADO CE) HANNA INSTRUMENTS

Rango - 50.0 a 150.0°C
Resolución 0.1°C
Precisión ±0,3°C(-20a 90°C)
 ±0.5°C (fuera)
Desviación Típica ±0.3 °C



2. pH-metro

POCKET-SIZED pH METER MILWAUKEE

MARCADO CE EN 50081-1 Y 50082-1

Rango 0.0 a 14.0 pH
Resolución 0.1 pH
Precisión 0.1 pH (20 °C)
Desviación Típica ± 0.2 pH
Entorno 0 a 50 °C



3. Conductivimetro

CDWP Series CONDUCTIVITY/TDS METER CD600WP MILWAUKEE

MARCADO CE EN 50081-1 Y 50082-1

Rango 1999 ppm/ 0 ppp
Precisión ± 2 % máximo de la escala
Desviación Típica ± 2 % máximo de la escala
Entorno 0 a 50 °C
Compensación de temperatura: Automática



4. Turbidímetro

HI93703 MICROPROCESSOR TURBIDITY METER

Rango 0.00 – 1.000 FTU
Precisión 0.01
Compensación de temperatura: Automática



5. Oxímetro

OXÍMETRO OXI 45 ELECTRODO DurOx CRISON INSTRUMENTS

Escalas de medida, electrodo DurOx 325

0... 600 % de saturación.

0.0... 60.0 mg/l de concentración.

Temperatura 0.0...50.0°C.

Error de medida (± 1 dígito)

O. D.: ≤ 0.5 % del valor medido.

Temperatura: ≤ 0.2 °C.

Reproducibilidad (± 1 dígito)

O.D.: ≤ 0.2 % del valor medido.

Temperatura ≤ 0.1 °C.

Resolución 1 % de saturación de oxígeno disuelto.



6. Fotómetros multiparamétricos

C 200 SERIES FOTÓMETRO MULTIPARAMÉTRICO HANNA INSTRUMENTS

Principio de funcionamiento

El análisis colorimétrico está basado en el principio de que componentes específicos reaccionan con otros para formar un color, la intensidad del cual es proporcional a la concentración de la sustancia a medir. Cuando una sustancia es expuesta a un haz de luz de intensidad I_0 , una parte de la radiación es absorbida por las moléculas de la sustancia y se emite una radiación de intensidad I , menor que I_0 . La cantidad de radiación absorbida se obtiene por la ley Lambert-Beer:

$$\log I_0/I = \epsilon_{\lambda} \cdot c \cdot d$$

Donde $\log I_0/I = \text{Absorbancia (A)}$

$\epsilon_\lambda = \text{coeficiente de extinción molar de la sustancia a la longitud de onda } \lambda$

$c = \text{concentración molar de la sustancia}$

$d = \text{distancia óptica de la luz a través de la muestra}$

Por tanto, la concentración “c” puede calcularse a partir de la intensidad de color de la sustancia determinada por la radiación emitida I, dado que los otros factores son conocidos.



Tras analizar las diez muestras de agua se han comparado todos los datos obtenidos con los valores paramétricos establecidos por la legislación para el agua apta para consumo humano, concretamente con los parámetros marcados por el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. En el caso de los parámetros que no recoge la reglamentación actual como dureza o potasio se han cogido como referencia los niveles guía y las concentraciones máximas admisibles recogidas en la reglamentación anterior.

Posteriormente los alumnos y alumnas han trabajado en el aula contrastando los parámetros del agua de cada filtro de ósmosis inversa con el agua de la red de distribución y discutiendo si es conveniente o no la instalación de este tipo de equipos.

3. PARÁMETROS OBTENIDOS

3.1. Filtro A

| PARÁMETRO | VALOR PARAMÉTRICO | AGUA PREFILTRADA | AGUA FILTRADA |
|-----------------------------|---|------------------------------|------------------------------|
| Conductividad | 2500 $\mu\text{S/cm}$ a 20 ° C | 628 $\mu\text{S/cm}$ | 75 $\mu\text{S/cm}$ |
| Turbidez | Salida ETAP: 1 UNF Red de Distribución: 5 UNF | 0 UNF | 0,21 UNF |
| Temperatura | 8-15 °C óptimo 10 °C | 18,1 °C | 18,6 °C |
| pH | Mínimo: 6,5 unidades de pH Máximo: 9,5 unidades de pH | 7,38 | 7,61 |
| Amonio | 0,5 mg/l | 0,2 mg/l | 0,2 mg/l |
| Dureza Total | NG: 150 mg/l Dureza deseable: 150-500 mg/l | 186 mg/l | 29 mg/l |
| Fosfatos | CMA: 500 $\mu\text{g P}_2\text{O}_3/\text{l}$ NG: 400 $\text{P}_2\text{O}_3 \mu\text{g/l}$ | 1000 $\mu\text{g /l}$ | 0 $\mu\text{g /l}$ |
| Nitratos | 50 mg/l | 40 mg/l | 40 mg/l |
| Nitritos | Salida ETAP: 0,1 mg/l Red de Distribución: 0,5 mg/l | 0 mg/l | 0 mg/l |
| Oxidabilidad | 5 mg O_2/l | 7,9 mg O_2/l | 7,8 mg O_2/l |
| Cloro Residual total | 3 mg/l | 0,4 mg/l | 0,1 mg/l |
| Sulfatos | 250 mg/l | 80 | < 25 |

3.2. Filtro B

| PARÁMETRO | VALOR PARAMÉTRICO | AGUA PREFILTRADA | AGUA FILTRADA |
|-----------------------------|---|------------------------------|------------------------------|
| Conductividad | 2500 $\mu\text{S/cm}$ a 20 ° C | 508 $\mu\text{S/cm}$ | 59 $\mu\text{S/cm}$ |
| Turbidez | Salida ETAP: 1 UNF Red de Distribución: 5 UNF | 0 UNF | 0,38 UNF |
| Temperatura | 8-15 °C óptimo 10 °C | 17,6 °C | 17,9 °C |
| pH | Mínimo: 6,5 unidades de pH Máximo: 9,5 unidades de pH | 8,09 | 7,47 |
| Amonio | 0,5 mg/l | 0,2 mg/l | 0,2 mg/l |
| Dureza Total | NG: 150 mg/l Dureza deseable: 150-500 mg/l | 184 mg/l | 21 mg/l |
| Fosfatos | CMA: 500 $\mu\text{g P}_2\text{O}_3/\text{l}$ NG: 400 $\text{P}_2\text{O}_3 \mu\text{g/l}$ | 200 $\mu\text{g/l}$ | 0 $\mu\text{g/l}$ |
| Nitratos | 50 mg/l | 40 mg/l | 40 mg/l |
| Nitritos | Salida ETAP: 0,1 mg/l Red de Distribución: 0,5 mg/l | 0 mg/l | 0 mg/l |
| Oxidabilidad | 5 mg O_2/l | 9,3 mg O_2/l | 9,2 mg O_2/l |
| Cloro Residual total | 3 mg/l | 0,3 mg/l | 0,1 mg/l |
| Sulfatos | 250 mg/l | 80 mg/l | < 25 mg/l |

3.3. Filtro C

| PARÁMETRO | VALOR PARAMÉTRICO | AGUA PREFILTRADA | AGUA FILTRADA |
|--------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|
| Conductividad | 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20 ° C | 770 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ | 774 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ |
| Turbidez | Salida ETAP: 1 UNF Red de Distribución: 5 UNF | 1,03 UNF | 0,53 UNF |
| Temperatura | 8-15 °C óptimo 10 °C | 18,8 °C | 19,3 °C |
| pH | Mínimo: 6,5 unidades de pH Máximo: 9,5 unidades de pH | 7,85 | 7,3 |
| Amonio | 0,5 mg/l | 0,5 mg/l | 0,5 mg/l |
| Dureza Total | NG: 150 mg/l Dureza deseable: 150-500 mg/l | 212 mg/l | 190 mg/l |
| Fosfatos | CMA: 500 $\mu\text{g P}_2\text{O}_3/\text{l}$ NG: 400 $\text{P}_2\text{O}_3 \mu\text{g}/\text{l}$ | 700 $\mu\text{g} /\text{l}$ | 500 $\mu\text{g} /\text{l}$ |
| Nitratos | 50 mg/l | 25 mg/l | 25 mg/l |
| Nitritos | Salida ETAP: 0,1 mg/l Red de Distribución: 0,5 mg/l | 0 mg/l | > 0,5 mg/l |
| Oxidabilidad | 5 mg O_2/l | 8 mg/l | 6,2 mg/l |
| Cobre | 2 mg/l | 0 mg/l | 0 mg/l |
| Hierro | 200 $\mu\text{g}/\text{l}$ | 40 $\mu\text{g}/\text{l}$ | 0 $\mu\text{g}/\text{l}$ |
| Cloro Residual Libre | 1 mg/l | 0,2 mg/l | 0,1 mg/l |
| Cloro Residual Combinado | 2,0 mg/l | 0,05 mg/l | 0,2 mg/l |



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 19 – JUNIO DE 2009

| | | | |
|-----------------|-----------------------------|-----------|----------|
| Cloruros | 250 mg/l | > 60 mg/l | 60 mg/l |
| Potasio | CMA: 12 mg/l NG: 10 mg/l | 3 mg/l | 15 mg/l |
| Sulfatos | 250 mg/l | 135 mg/l | 135 mg/l |

3.4. Filtro D

| PARÁMETRO | VALOR PARAMÉTRICO | AGUA PREFILTRADA | AGUA FILTRADA |
|----------------------|--|---------------------|---------------------|
| Conductividad | 2500 μ S/cm a 20 ° C | 94 μ S/cm | 65 μ S/cm |
| Turbidez | Salida ETAP: 1 UNF Red de Distribución: 5 UNF | 0.84 UNF | 0.16UNF |
| Temperatura | 8-15 °C óptimo 10 °C | 16.6°C | 16.2°C |
| pH | Mínimo: 6,5 unidades de pH Máximo: 9,5 unidades de pH | 7.43 unidades de pH | 7.73 unidades de pH |
| Amonio | 0,5 mg/l | 0 mg/l | 0 mg/l |
| Dureza Total | NG: 150 mg/l Dureza deseable: 150-500 mg/l | 86 mg/l | 42 mg/l |
| Calcio | NG: 100 mg/l | 13,62 mg/l | 16,03 mg/l |
| Magnesio | CMA: 50 mg/l NG: 30 mg/l | 12,64 mg/l | 0,4 mg/l |
| Fosfatos | CMA: 500 μ g P ₂ O ₃ /l NG: 400 P ₂ O ₃ μ g/l | 0,2 mg/l | 0,2 mg/l |
| Nitratos | 50 mg/l | 0,3 mg/l | 0 mg/l |

| | | | |
|---------------------------------|--|--------------|--------------|
| Nitritos | Salida ETAP: 0,1 mg/l Red de Distribución: 0,5 mg/l | 0,01 mg/l | 0,01 mg/l |
| Oxidabilidad | 5 mg O ₂ /l | 73%- 6.7mg/l | 72%- 6.5mg/l |
| Cobre | 2 mg/l | 0 mg/l | 0 mg/l |
| Hierro | 200 µg/l | 0 µg/l | 0 µg/l |
| Cloro Residual Libre | 1 mg/l | 0.1 mg/l | 0.1 mg/l |
| Cloro Residual Combinado | 2,0 mg/l | 0.1 mg/l | 0.0 mg/l |
| Cloruros | 250 mg/l | 20 mg/l | 20 mg/l |
| Potasio | CMA: 12 mg/l NG: 10 mg/l | < 2 mg/l | < 2 mg/l |
| Sulfatos | 250 mg/l | < 25 mg/l | < 25 mg/l |

3.5. Filtro E

| PARÁMETRO | VALOR PARAMÉTRICO | AGUA PREFILTRADA | FILTRO B |
|----------------------|--|-------------------------|--------------------|
| Conductividad | 2500 µS/cm a 20 ° C | 685 µS/cm | 32,465 µS/cm |
| Turbidez | Salida ETAP: 1 UNF Red de Distribución: 5 UNF | 1.21 UNF | 0.27 UNF |
| Temperatura | 8-15 °C óptimo 10 °C | 11.0 °C | 10.0 °C |
| pH | Mínimo: 6,5 unidades de pH Máximo: 9,5 unidades de pH | 8.0 unidades de pH | 7.0 unidades de pH |



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 19 – JUNIO DE 2009

| | | | |
|---------------------------------|--|----------|-----------|
| Amonio | 0,5 mg/l | 0,2 mg/l | 0,3 mg/l |
| Dureza Total | NG: 150 mg/l Dureza deseable: 150-500 mg/l | 215 mg/l | 110 mg/l |
| Fosfatos | CMA: 500 µg P ₂ O ₃ /l NG: 400 P ₂ O ₃ µg/l | 0,7 mg/l | 0,0 mg/l |
| Nitratos | 50 mg/l | 0,3 mg/l | 25 mg/l |
| Nitritos | Salida ETAP: 0,1 mg/l Red de Distribución: 0,5 mg/l | 0,0 mg/l | 0,0 mg/l |
| Oxidabilidad | 5 mg O ₂ /l | 11 mg/l | 9 mg/l |
| Cobre | 2 mg/l | 0 mg/l | 0,1 mg/l |
| Hierro | 200 µg/l | 0 µg/l | 0 µg/l |
| Cloro Residual Libre | 1 mg/l | 0.2 mg/l | 0.1 mg/l |
| Cloro Residual Combinado | 2,0 mg/l | 0.0 mg/l | 0.0 mg/l |
| Cloruros | 250 mg/l | 60 mg/l | 12 mg/l |
| Potasio | CMA: 12 mg/l NG: 10 mg/l | < 2 mg/l | < 2 mg/l |
| Sulfatos | 250 mg/l | 103 mg/l | < 25 mg/l |

Notas

Dureza Total: Si el agua se ha sometido a un tratamiento de ablandamiento 60 mg/l

Nitratos y nitritos: Se cumplirá la condición de que $\text{nitrato}/50 + \text{nitrito}/3 < 1$. Donde los corchetes significan concentraciones en mg/l para el nitrato (NO₃) y para el nitrito (NO₂).



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 19 – JUNIO DE 2009

4. CONCLUSIONES

Algunas de las conclusiones que se han obtenido tras la experiencia se exponen a continuación:

- En el agua tratada por todos los filtros se puede observar una disminución considerable de la conductividad, lo que sugiere una disminución de los iones presentes en el agua de la red de distribución.
- Tres de los cinco filtros disminuyen la turbidez del agua.
- La temperatura no es significativa ya que no se ha medido in situ y ha variado en función de las condiciones de transporte del lugar de toma de muestra al laboratorio.
- Tres de los cinco filtros producen una disminución del pH del agua.
- El amonio no es modificado por los filtros.
- Todos los filtros producen una disminución de la dureza total del agua, lo que implica una disminución en la concentración de calcio y magnesio. Esta disminución es más acusada en los filtros A, B y E.
- Los filtros A, B, C y E disminuyen la concentración de fosfatos, en tres casos eliminándolos completamente. En el agua del filtro D se mantiene la concentración de fosfatos.
- Las variaciones de la concentración de cloro residual libre, total o combinado no son significativas.
- La concentración de sulfatos permanece igual o disminuye en las muestras de agua filtrada respecto al agua de la red de distribución.
- En las muestras de agua en las que se ha analizado la concentración de hierro y cobre no se modifican o no lo hacen de forma significativa.
- Los cloruros disminuyen el agua procedente de los filtros C y E.
- La concentración de potasio no cambia en el agua procedente de los filtros C y E, pero aumenta en el agua procedente del filtro D.
- Los filtros A, B y E no alteran la concentración de nitratos ni la de nitritos, en cambio el filtro C incrementa en más de 0,5 mg/l (fuera de escala) la concentración de nitritos, dato que supera el valor paramétrico marcado por la legislación para este parámetro. El filtro E incrementa la concentración de nitratos, pero no llega a superar el valor paramétrico marcado.

En ambos casos se ha contactado con las empresas que instalaron los sistemas de ósmosis inversa y los han reemplazado completamente por un fallo en el funcionamiento, ya que de forma global empeoraban las propiedades del agua, en lugar de mejorarlas llegando a ser incluso perjudiciales para la salud.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 19 – JUNIO DE 2009

5. BIBLIOGRAFÍA

- *Real Decreto 1138/1990, de 14 de septiembre*, por el que se aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público. (BOE n. 226 de 20/9/1990)
- *Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero*, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. (BOE n. 45 de 21/2/2003).

Autoría

- Nombre y Apellidos: María Jesús Molinero Leyva
- Centro, localidad, provincia: I.E.S. La Zafra, Motril, Granada
- E-mail: mariajesusml@hotmail.com