

## Relación asociativa entre la capacidad antioxidante de las aguas Minero-medicinales y su composición iónica

Hernández Torres A\*, Polo de Santos MM\*, Pérez-Rodríguez ML\*\*

\* Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias (AETS). Instituto de Salud Carlos III // Fundación "BILBILIS". Plaza del Fuerte, 8 – 1º (50.300 – Calatayud) (Zaragoza)  
[hertoran@fundacionbilbilis.es](mailto:hertoran@fundacionbilbilis.es)

\*\* Departamento de Nutrición y Bromatología II. Bromatología. Facultad de Farmacia. UCM. Madrid

**Keywords:** Capacidad antioxidante, balneoterapia, composición iónica, Aguas minero-medicinales. Antioxidant capacity, balneotherapy, ionic composition, minero-medicinal waters

### Introducción

#### Objetivos

Averiguar si existe asociación entre la composición iónica de las aguas minero-medicinales (AMm) y su capacidad antioxidante (CAO), y conocer qué componentes de estas AMm están más asociados a ella.

#### Método

Con los datos de las analíticas físico-químicas de 82 AMm españolas (30 de ellas con CAO detectada), se realizó un exhaustivo análisis estadístico: 1) descriptivo (media, error estándar, mediana, valores mínimo y máximo); 2) coeficientes de correlación por rangos de Spearman (para examinar la dirección y magnitud de la asociación entre dos variables cuantitativas); y 3) regresión logística (para conocer si los valores de cualquier variable independiente explican la asociación con la dependiente). Las variables independientes fueron 27 parámetros físico-químicos y la variable dependiente fue la CAO. Para el análisis se utilizaron los programas estadísticos SAS y SPSS.

#### Resultados

El análisis descriptivo mostró que las AMm con CAO tienden a ser alcalinas: pH=8,14 vs 7,35, con mayor concentración de H<sub>2</sub>S (4,2 vs 0,2 mg/L), HS<sup>-</sup> (6,0 vs 0,5 mg/L) y F<sup>-</sup> (8,4 vs 2,9 mg/L) (p<0,000); y también de SiO<sub>2</sub> (61,7 vs 37,4 mg/L) y NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (0,6 vs 0,2 mg/L) (p<0,05), que las aguas sin CAO. Éstas son neutras, con mayor concentración iónica, y más ricas en sales y por tanto con mayor valor de residuo seco a 180°C (951,1 vs 1821,1 mg/L) y conductividad (2049,4 vs 2649,5 microS/cm). El análisis de

correlación de Spearman mostró que existe asociación directa fuerte entre CAO y el contenido en H<sub>2</sub>S (r=0,784) y en HS<sup>-</sup> (r=0,726) (p=0,000); y directa moderada con F<sup>-</sup> (r=0,469 p=0,000), pH (r=0,404), SiO<sub>2</sub> (r=0,388) y NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (r=0,420) (p<0,05). Igualmente, existe asociación indirecta moderada entre CAO y Mg<sup>++</sup> (r=-0,498), Ca<sup>++</sup> (r=-0,423), SO<sub>4</sub><sup>=</sup> (r=-0,386) y dureza del agua (r=-0,365) (p<0,005). Por último, la regresión logística mostró que el elemento más asociado a la CAO de las AMm es el HS<sup>-</sup> (OR=1,556, IC95%: 1,218-1,986) seguido del ion F<sup>-</sup> (OR=1,359, IC95%: 1,27-1,640).

#### Conclusiones

La composición iónica de las aguas mineromedicinales influye en su capacidad antioxidante. El azufre, en forma de H<sub>2</sub>S o HS<sup>-</sup>, seguido del F<sup>-</sup> es el elemento más fuertemente asociado a la presencia de capacidad antioxidante.

#### Referencias Bibliográficas:

- 1.- Polo de Santos MM, Tesis Doctoral, "Estudio de la actividad antioxidante total de las Aguas Mineromedicinales". Facultad de Farmacia. UCM. Madrid  
Directores: Hernández Torres A, Pérez Rodríguez ML, Casado Moragón A  
Calificación: (sobresaliente Cum Laude) (Dic. 2015)
- 2.- Hernández-Torres A et al. "Técnicas y Tecnologías en Hidrología Médica e Hidroterapia". Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias. Instituto de Salud Carlos III - Ministerio de Sanidad y Consumo. Informe Público de Evaluación IPE 06/50. 2ª edición. Madrid. Junio 2008;
- 3.- Polo de Santos MM, Pérez Rodríguez ML, Hernández Torres A, Ramón Jiménez JR, Casado Moragón A, Cuenca Giralde E; "Detección de la actividad antioxidante total de las aguas mineromedicinales". Rev Esp Geriatr Gerontol. 2005; 40 (Supl 1):9-62

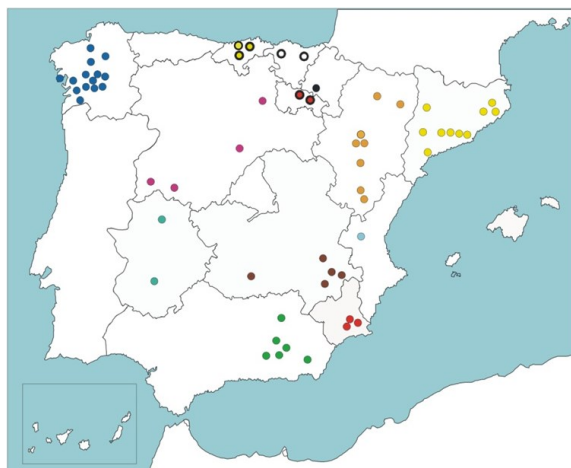


Figura 1.- Localización de las AMm estudiadas

Variable	N	Intervalo
Tª medida (°C)	77	8,00 - 72,00
pH	70	5,10 - 9,40
Conductividad (µS/cm)	68	67,70 - 15.720,00
Oxidabilidad (mgO/L)	40	0,10 - 8,23
Turbidez (UN)	57	0,00 - 5,20
RS 180°C (mg/L)	67	39,00 - 11.840,00
Altitud (m)	78	5,00 - 1.720,00
Radiactividad (Bq/L)	55	0,00 - 1.868,00
SiO <sub>2</sub> (mg/L)	56	0,00 - 126,2
H <sub>2</sub> S (mg/L)	60	0,00 - 20,50
CO <sub>2</sub> (mg/L)	62	0,00 - 440,00
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	68	1,20 - 3.910,00
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	68	0,00 - 2.110,60
CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> (mg/L)	66	0,00 - 24,00

Tabla2.- Intervalo valores de las variables estudiadas

	OR	P valor	IC95%
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	3,604	0,040	1,060-12,528
pH	3,239	0,001	1,585-6,604
H <sub>2</sub> S	2,489	0,002	1,386-4,467
HS <sup>-</sup>	1,424	0,001	1,158-1,751
F <sup>-</sup>	1,198	0,001	1,078-1,332
SiO <sub>2</sub>	1,022	0,016	1,004-1,040

Tabla1.- Variables seleccionadas análisis bivalente

RESULTADOS (III)	
<i>Parámetros físico-químicos de las AMm en relación con su CAO correspondiente</i>	
CAO=0	CAO>0
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Neutras (pH=7,35)</li> <li>- &gt; concentración iónica</li> <li>- &gt; residuo seco 180°C</li> <li>- &gt; conductividad</li> <li>- Más ricas en CO<sub>2</sub>, SO<sub>4</sub><sup>=</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>=</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, K<sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y dureza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tendencia a alcalinidad (pH=8,14)</li> <li>- &lt; concentración iónica</li> <li>- &gt; radiactividad</li> <li>- Más ricas en SiO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CO<sub>3</sub><sup>=</sup>, HS<sup>-</sup>, F<sup>-</sup>, Fe, Mn<sup>++</sup> y NH<sub>4</sub><sup>+</sup></li> </ul>
p < 0,001; p < 0,05	

Tabla 3. Características de las AMm con y sin CAO

**1.- Análisis descriptivo: -**

- Test de Kolmogorov-Simov: Tª medida, pH y Altitud siguen distribución normal
- Valoración estadística compleja: gran variabilidad y dispersión de los datos (Tabla2)

Las AMm con CAO tienden a ser alcalinas: pH=8,14 vs 7,35, con mayor concentración de H2S (4,2 vs 0,2 mg/L), HS- (6,0 vs 0,5 mg/L) y F- (8,4 vs 2,9 mg/L) (p<0,000); y también de SiO2 (61,7 vs 37,4 mg/L) y NH4+ (0,6 vs 0,2 mg/L) (p<0,05), que las aguas sin CAO.

Éstas son neutras, con mayor concentración iónica, y más ricas en sales y por tanto con mayor valor de residuo seco a 180°C (951,1 vs 1821,1 mg/L) y conductividad (2049,4 vs 2649,5 microS/cm) (Tabla 3)

**2.- Coeficiente de correlación de Spearman (Tabla 4):**

- Existe asociación directa fuerte entre CAO y el contenido en H2S (r=0,784) y en HS- (r=0,726) (p=0,000); y directa moderada con F- (r=0,469 p=0,000), pH (r=0,404), SiO2 (r=0,388) y NH4+ (r=0,420) (p<0,05).
- Existe asociación indirecta moderada entre CAO y Mg++ (r=-0,498), Ca++ (r=-0,423), SO4= (r=-0,386) y dureza del agua (r=-0,365) (p<0,005)

**Coeficiente de correlación de Spearman**

Asociación significativa:

	H <sub>2</sub> S	HS <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	pH	SiO <sub>2</sub>
CAO	0,784 0,000	0,726 0,000	0,469 0,000	0,420 0,004	0,404 0,001	0,388 0,003

	Mg <sup>++</sup>	Ca <sup>++</sup>	Dureza	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	RS180°	K <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Conduct.
CAO	-0,498 0,000	-0,423 0,000	-0,365 0,004	-0,386 0,001	-0,292 0,017	-0,291 0,016	-0,285 0,019	-0,289 0,017	-0,260 0,033

Asociación inversa significativa:

Tabla4.- Coeficientes de correlaciones de Spearman

**3.- Regresión logística:**

-El elemento más fuertemente asociado a la CAO de las AMm es el HS- (OR=1,556, IC95%: 1,218-1,986) seguido del ion F- (OR=1,359, IC95%: 1,127-1,600) (Tabla 5)

-El modelo final obtenido es el que incluye las variables HS- y F-, con una buena bondad de ajuste

-La curva ROC indica que el modelo tiene buen poder predictivo y de discriminación (Imagen 2)

**Regresión logística**

El modelo final obtenido es el que incluye las variables HS<sup>-</sup> y F<sup>-</sup>, con una buena bondad de ajuste y buen poder

Variables	B	OR	P	IC95%	Hosmer-Lemeshow	ROC
HS <sup>-</sup>	0,442	1,556	0,000	1,218-1,986	0,859	0,929
F <sup>-</sup>	0,307	1,359	0,001	1,127-1,600		
Constante	-3,722	0,024	0,000			

Tabla5.- Modelo final regresión logística

