

Evaluación de la purificación del agua mediante el uso de jarras filtrantes.

M. Ramos-Payán, N. Aranda-Merino, J.A. Ocaña-González, A.M. Naz, A. Lara, G. Cárdenas, A. Guillén, I. Pérez, A. Quero

Resumen—Una de las principales cualidades del agua es su capacidad para disolver un gran número de sustancias. La mayor parte de las sustancias disueltas en aguas minerales naturales son sales como cloruros, carbonatos, bicarbonatos y sulfatos de calcio, potasio, sodio y magnesio. En menor medida también pueden encontrarse otras sales como nitratos, fosfatos o silicatos de cobre, sales de zinc o hierro, etc, cuya presencia es no deseable si el agua está destinada al consumo humano. Estas últimas conferir mal sabor al agua o incluso, en algunos casos, poseer efectos directamente nocivos para la salud. La finalidad de este Proyecto es estudiar el funcionamiento de la tecnología que emplean las jarras filtrantes de uso doméstico, la efectividad de los filtros que emplean y evaluar si estos sistemas de tratamiento de agua cumplen con la finalidad para la que han sido diseñados.

Palabras Claves — Agua, Conductividad, Dureza, Jarras filtrantes, pH

1. INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento de la naturaleza indispensable para el desarrollo de los procesos biológicos que hacen posible la vida en la Tierra. Así mismo, su elevado uso a nivel industrial la convierte en una herramienta fundamental para el desarrollo, mantenimiento y crecimiento económico y social. Tal es así, que el propio bienestar de la población está necesariamente ligado a la posibilidad de disponer de agua potable y limpia para la higiene y el saneamiento [1].

El término “calidad del agua”, hace referencia a sus características físicas, químicas y biológicas en relación con el uso que se le va a dar, los requisitos de una o más especies bióticas o cualquier necesidad humana. Según el artículo 4 de la Carta Europea del Agua [2], “la calidad del agua debe mantenerse en condiciones suficientes para cualquier uso; sobre todo, debe satisfacer las exigencias de la salud pública”. De este modo, la calidad del agua establece un conjunto de condiciones, entendidas como niveles aceptables, que deben cumplirse para asegurar tanto la protección del recurso hídrico como la salud de los habitantes de un territorio dado. Los parámetros de calidad del agua normalmente se establecen en base a criterios físicos, químicos y biológicos y en función de los diferentes usos a los que se pretenda destinar el recurso (consumo humano, riego, industria, ganadería, actividades recreativas, vida acuática, etc.). Así, los parámetros o índices que se emplean para medir o estimar la calidad del agua pueden ser de diferente tipología [3]. En lo que a la legislación española se refiere, según el Real Decreto 3/2023 [4], el “agua de consumo deberá ser salubre y limpia en el punto de cumplimiento”, entendiéndose como tal un agua libre de sustancias microorganismos a niveles que puedan resultar perjudiciales para la salud humana, estableciendo una serie de valores aceptables para toda una serie de parámetros que incluyen a (pero no se limitan a) una conductividad no superior a 4000 $\mu\text{s}/\text{cm}$, un pH en un rango de 4.5 – 10.0 y una concentración de hierro

no superior a 600 mg/L; establece además un valor de referencia de dureza total de 500 mg/L de CaCO_3 . Por otro lado, el Real Decreto también advierte que las medidas encaminadas a su cumplimiento no deben producir un deterioro en la calidad de agua de consumo ni aumentar su contaminación.

El uso de sistemas domésticos de filtración de agua resulta cada vez más habitual, ya sea por cuestiones de salud, por cuestiones organolépticas, o por el deseo de incrementar la calidad y pureza del agua consumida. En la última década las jarras purificadoras de agua se han ido introduciendo poco a poco en los hogares españoles, hasta llegar a convertirse en la tecnología de filtrado de agua más empleada. Dependiendo de su aplicación o de lo que pretenda eliminar (bacterias, minerales, sólidos en suspensión, etc.), el proceso se puede realizar de diferentes formas, cada una con sus particularidades y adaptándose a las características del agua de cada región.

2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los principales objetivos de este Proyecto han sido:

A) Evaluar la calidad de una serie de muestras de agua. Para ello, se analizarán los siguientes parámetros: dureza, conductividad, pH y contenido en hierro.

B) Comprobar la eficacia de diferentes filtros de jarra filtrante en la eliminación de calcio y magnesio (y, con ello, en la reducción de la dureza del agua) y las modificaciones que pueden introducir en su conductividad, pH y contenido en hierro.

3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1. Parámetros de Calidad del Agua

Los parámetros de calidad del agua normalmente se establecen en base a criterios físicos, químicos y biológicos [5], [6] en función de los usos a los que se pretenda destinar dicho recurso (consumo humano, riego, industria, ganadería, actividades recreativas, vida acuática, etc.). En

la siguiente tabla (Tabla 1) se resumen y clasifican los principales parámetros de calidad del agua según su tipología [5].

TABLA 1. PRINCIPALES PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

Parámetros Físicos	Parámetros Biológicos
Color	Algas
Sabor y Olor	Bacterias
Sólidos	Protozoos
Temperatura	Virus
Turbidez	
Parámetros Químicos	
Acidez	Hierro
Alcalinidad	Manganeso
Conductividad	Nitratos & nitritos
Cloro libre	Nitrógeno
Cloruros	Oxígeno disuelto
Cobre	pH
Demanda biológica de oxígeno (DBO)	Radiactividad
Demanda química de oxígeno (DQO)	Sulfatos
Dureza	Sustancias tóxicas inorgánicas (metales pesados)
Fluoruros	Sustancias tóxicas orgánicas (PAHs, plaguicidas, compuestos orgánicos volátiles, etc.)

Los parámetros seleccionados para evaluar la eficacia de los filtros de uso doméstico fueron: dureza, conductividad eléctrica, pH y contenido en hierro.

3.1.1. Dureza

El término dureza se utiliza para expresar las propiedades de las aguas altamente mineralizadas. De este modo, la dureza del agua mide la concentración de los minerales que contiene en disolución. De forma general, la dureza del agua se establece a partir de la concentración total de iones alcalinotérreos presentes en la misma. Como la concentración de iones calcio y magnesio es, normalmente, mucho mayor que la de otros iones alcalinotérreos, se considera que la dureza total es la suma de las concentraciones de iones calcio y magnesio presentes en el agua. Así, un agua natural que contenga en disolución grandes cantidades de compuestos de calcio y magnesio se denomina "agua dura" mientras que "el agua blanda" es aquella que los contiene en menor cantidad [7]. Una de las formas más comunes de expresar la dureza del agua es en función de la concentración de carbonato cálcico (mg CaCO₃/l). En la Tabla 2 se indica la clasificación del agua en función de su dureza según la escala de Merk.

TABLA 2. ESCALA DE MERK PARA LA DUREZA DEL AGUA^a

Dureza total según la concentración de CaCO ₃ (mg/l)	Clasificación del agua ^a
0 a 79	Muy blanda
80 a 149	Blanda
150 a 329	Semi dura
330 a 549	Dura
> 550	Muy dura

3.1.2. pH

El pH del agua determina en gran medida su compor-

tamiento tanto en procesos químicos como biológicos, por lo que resulta de capital importancia a la hora de establecer la calidad del agua [8]. Se define como la medida del grado de acidez o alcalinidad de una sustancia o disolución acuosa. Más concretamente, el pH mide o indica la cantidad de iones de hidrógeno (protones) presentes en el medio. Matemáticamente, se define como el logaritmo negativo de la concentración de protones y se expresa según la ecuación:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \quad (1)$$

Se trata de un número adimensional que indica la fuerza ácida o básica del medio en cuestión.

3.1.3. Conductividad

La conductividad eléctrica (CE) se define como la medida de la capacidad de un material o sustancia para dejar pasar la corriente eléctrica a través de él. Se expresa en siemens por metro (S/m o $\Omega^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$) [9]. En el caso del agua, la conductividad eléctrica determina la capacidad de ésta para transportar o conducir una corriente eléctrica a través de los iones disueltos en ella. Dicha corriente eléctrica, es transportada por los iones en disolución por lo que el valor de la conductividad dependerá, principalmente, de la concentración total de iones, la movilidad iónica y la valencia, así como de la temperatura de medición [9], [10].

3.2. Sistemas domésticos para el tratamiento de agua

Las características que debe reunir el agua de grifo para ser considerada apta para el consumo humano en España están reguladas a través de los Reales Decretos 140/2003 de 7 [11] de febrero, 314/2016 de 29 de julio [12] y 902/2018 de 20 de julio [13]. Así, cualquier agua que cumpla con los requisitos establecidos en la legislación es garantía de salubridad, calidad y limpieza. Pese a ello, es cada vez más común que la población opte por el uso de sistemas domésticos de filtración de agua ya sea por necesidades médicas o para incrementar la calidad y pureza del agua que se consume. Dependiendo de su aplicación o de lo que pretenda eliminar (bacterias, minerales, sólidos en suspensión, etc.), existen distintos tipos de filtros de agua. Entre los más empleados a nivel doméstico cabe destacar:

- **Filtros de intercambio iónico:** Formados por partículas sólidas cuyas propiedades estructurales permiten la interacción y retención de los distintos iones presentes en el agua de forma que queda eliminados una vez que el agua ha sido filtrada. Dichas partículas están formadas por una resina que emplea un procedimiento de intercambio iónico para eliminar del agua los compuestos no deseados.
- **Filtros de adsorción:** Formados por partículas o granos de minerales de pequeño tamaño que, mediante el principio de adsorción, son capaces de retener las impurezas que transporta el agua. Se emplean principalmente para la eliminación de olores y sabores desagradables

para el consumidor. Los más comunes son los filtros de carbón activo.

4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1. Selección de aguas a analizar

En el presente trabajo se estudiaron tres tipos de agua diferentes:

- (A) Agua de fuente pública y (B) Agua de grifo, provenientes de Ronda (Málaga)
- (C) Agua de grifo proveniente de Córdoba.

4.2. Selección de jarras filtrantes y filtros

En el presente trabajo se emplearon, en total, dos modelos de jarras y tres tipos de filtros diferentes:

- Jarra Modelo A, con su filtro oficial (A-OF) y con un filtro de marca blanca (A-MB)
- Jarra Modelo B, con su filtro oficial (B-OF).

4.3. Determinación de la dureza

La dureza de un agua es una medida de su capacidad de formar especies insolubles con detergentes, y se corresponde con la suma de las concentraciones de cationes metálicos de carga +2 o superior. Calcio (II) y Magnesio (II) son las especies que contribuyen en mayor medida a este parámetro, de tal manera que la dureza suele expresarse tomando estas especies como referencia, ya sea de manera individual, o ya sea en total (expresándose en ese caso el resultado como concentración de CaCO_3) [7].

La dureza del agua se llevó a cabo mediante una clásica volumetría de formación de complejos (complexometría) [14] [15] [16], empleando una disolución de ácido etilendiaminotetraacético (AEDT, H_4Y) (Figura 1) de concentración 0.0100 M como agente valorante. El punto final de la valoración se pone de manifiesto mediante el empleo de un indicador metalocrómico; generalmente un colorante orgánico que forma quelatos coloreados con los iones metálicos a valorar. Los iones Ca (II) y Mg (II) forman complejos de estequiometría 1:1 con el AEDT.

Para cada muestra, se llevaron a cabo dos valoraciones:

- 1) Determinación de Calcio en medio medio fuertemente básico (NaOH , 1 M) para precipitar el Mg presente, empleando Calcón como indicador
- 2) Determinación conjunta de calcio y magnesio en medio tamponado ($\text{NH}_3/\text{NH}_4\text{Cl}$, pH 10), empleando Negro de Eriocromo T (NET) como indicador.

Las distintas valoraciones realizaron tomando un volumen de muestra de 25 - 100 mL, en función del nivel de dureza esperado, a los que se añadieron 10 mL de la correspondiente disolución reguladora de pH y una pequeña cantidad del indicador en forma sólida.

A partir de los resultados de estas valoraciones, se determinó la dureza cálcica, dureza magnésica y dureza total de cada muestra, expresadas en mg/L de calcio, magnesio y carbonato de calcio, respectivamente.

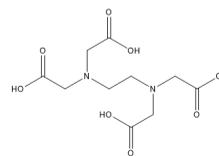


Figura 1. Estructura del AEDT

4.4. Medida de pH y conductividad

Aunque la definición matemática del pH de una disolución es “el logaritmo cambiado de signo de la concentración de iones hidrógeno” ($\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$), la definición operacional de este parámetro se basa en la medida directa del mismo empleando un potenciómetro basado en un electrodo de vidrio, calibrado con disoluciones patrón perfectamente establecidas [17].

De este modo, las medidas de pH fueron realizadas empleando un pH metro digital modelo Sension+ PH3 (Bach), previamente calibrado con disoluciones tampón patrón de pH 4.00, 7.00 y 12.00.

Por su parte, la conductividad de un agua hace referencia, desde el punto de vista experimental, a “la conductancia de una columna de agua comprendida entre dos electrodos metálicos de 1 cm^2 de superficie y separados el uno del otro por un 1 cm .” [7]. Este parámetro, por lo tanto, ofrece información de carácter no específico sobre la cantidad total de especies iónicas presentes en el agua: a mayor cantidad de estas especies, mayor conductividad poseerá esta última.

Las medidas de conductimetría fueron realizadas empleando un conductímetro digital Sension+ EC7 (Bach), previamente calibrado empleando disoluciones patrón a tres niveles de conductividad diferentes (baja, media y alta). La conductividad aparecerá expresada, en estas condiciones, en microsiemens por centímetro ($\mu\text{s}/\text{cm}$).

4.5. Determinación del contenido en hierro

El hierro puede encontrarse en agua en distintos estados de oxidación, siendo su forma ferrosa Fe (II) la más habitual dentro del rango habitual de pH de 4.5 - 9. El contenido total de hierro en las muestras de agua se determinó por espectroscopía de absorción molecular haciendo uso del color del complejo formado entre el Fe (II) y la orto-fenantrolina [18]. El Fe (II) forma con la orto-fenantrolina un complejo de color naranja que muestra un máximo de absorción a 510 nm. Esto implica que, a esta longitud de onda, el complejo absorbe la máxima radiación posible, por lo que será este valor el que se emplee para la cuantificación del hierro presente en las muestras de agua dado que la intensidad de la radiación absorbida por el complejo es proporcional a la concentración de hierro.

En general, la etapa de calibración y obtención de la concentración de analito presente en una muestra problema, consta de las siguientes etapas:

Etapa 1: Preparación de las disoluciones patrón. Se preparan disoluciones patrón (disoluciones de concentración conocida) del analito (disolución de Fe (II)) que cubran un intervalo adecuado de concentraciones, y se mide la señal analítica proporcionada por los mismos.

Etapa 2: Obtención de la relación señal-concentración. Se traza un gráfico con las señales medidas para cada una de las disoluciones patrón frente a su concentración y, por el método de los mínimos cuadrados, se calcula la recta que "mejor" se ajusta a los resultados obtenidos. De esta forma se obtiene la pendiente (b) y la ordenada (a) en el origen que definen la recta.

Etapa 3: Cálculo de la concentración de la disolución problema. Una vez obtenida la recta de calibrado, se mide la señal analítica para las muestras desconocidas (las muestras de agua) y se interpola (sustituir el valor de señal obtenido para cada una de las muestras problema en la ecuación de la recta) en la recta de calibrado para obtener valores de concentración de analito. Por ello, es muy importante que la señal medida para cada una de las muestras problema esté comprendida dentro del intervalo de señales obtenido al medir las disoluciones patrón o lo que es lo mismo, la concentración de la muestra problema ha de estar comprendida en del rango de concentraciones empleado para construir la recta de calibrado. En caso de dilución de las muestras, se ha de tener en cuenta el factor de dilución aplicado a la hora de calcular la concentración de la muestra sin diluir.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 resume los valores de los distintos parámetros estudiados para las tres muestras de agua, tanto en ausencia de tratamiento como tras su filtración. A la vista de estos resultados, se observa que:

A) El agua procedente de Córdoba presentaba una dureza inferior a las aguas provenientes de Ronda (las cuales, a su vez, presentaban una composición similar).

B) Los tres filtros empleados lograban una reducción en la dureza de las aguas estudiadas, llegando en varios casos a la práctica eliminación de la dureza cálcica. El filtro de marca blanca, por otro lado, mostraba unas prestaciones algo inferiores en el caso de las aguas de mayor dureza.

C) Ambos filtros para el Modelo A dieron lugar a una ligera reducción en el pH y a una reducción en la conductividad. El filtro del Modelo B, por otro lado, aumentó ligeramente el pH de las muestras y una peor capacidad a la hora de reducir la conductividad, llegando incluso a aumentarla en un caso.

Cabe señalar que los niveles de hierro resultaron ser demasiado bajos como para ser medidas con el procedimiento espectrofotométrico empleado, con absorbancias para las muestras originales muy por debajo de la absorbancia del patrón más diluido.

6. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos se puede concluir que, todos los filtros empleados cumplen con la hipótesis de partida. Es decir, se han producido cambios en las propiedades fisicoquímicas medidas una vez filtradas las diferentes muestras de agua, dando como resultado la modificación de los valores de los parámetros de calidad eva-

TABLA 2. RESUMEN DE RESULTADOS

(A) Ronda, Fuente					
Tratamiento	Dureza (mg/L)			Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	pH
	Cálcica (Ca)	Magnésica (Mg)	Total (CaCO_3)		
Sin filtrar	110	27	384	593	6.33
A-MB	50	16	183	346	6.32
A-OF	0	4.6	17	221	6.35
B-OF	16	10.5	80	485	7.58

(B) Ronda, Casa					
Tratamiento	Dureza (mg/L)			Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	pH
	Cálcica (Ca)	Magnésica (Mg)	Total (CaCO_3)		
Sin filtrar	105	28.5	370	676	7.51
A-MB	8	8	51	307	6.77
A-OF	0	2.5	10	241	6.43
B-OF	0	9.4	35	649	7.81

(C) Córdoba, Casa					
Tratamiento	Dureza (mg/L)			Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	pH
	Cálcica (Ca)	Magnésica (Mg)	Total (CaCO_3)		
Sin filtrar	31	15	132	207	7.64
A-MB	0	4.6	17	166	6.38
A-OF	0	2.3	8	145	6.03
B-OF	0	4	16	385	7.42

luados. En el caso de la dureza del agua, se puede concluir que las jarras filtrantes empleadas lograron reducir con notable éxito la dureza de las aguas estudiadas, siendo mayor su efectividad cuanto menor era la dureza de partida. El filtro de marca blanca mostró unas prestaciones algo inferiores, aunque estas únicamente se manifestaron en muestras de dureza elevada. En el caso de la conductividad y el pH, se observa como los valores de ambos parámetros pueden variar o no tras el filtrado, lo cual puede estar relacionado con la composición de la resina de intercambio iónico que emplea cada uno de los filtros.

AGRADECIMIENTOS

A los profesores e investigadores Dra. Dña. María Ramos Payán, Dr. D. Juan Antonio Ocaña González y Dra. Dña. Noemí Aranda Merino del Dpto. de Química Analítica y a los profesores tutores del proyecto D. Marcoz Naz Lucena (I.E.S. Martín Rivero, Ronda, Málaga) y Dña. Ana Lara Ruíz (I.E.S. Gran Capitán, Córdoba) por su disponibilidad y las orientaciones facilitadas para el desarrollo del Proyecto.

A la organización del Proyecto Jóvenes con Investigadores por promover esta actividad docente y dar la oportunidad de acercarse al mundo de la investigación a jóvenes estudiantes.

A la Universidad de Sevilla, a la Facultad de Química y a su Ilma. Sra. Decana Dña. María Pilar Tejero Mateo, así como al Departamento de Química Analítica y a su Director D. Fernando de Pablos Pons por facilitarnos las instalaciones y el material necesario para realizar el Proyecto.

REFERENCIAS

- [1] <https://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info86/articulos/importanciaAgua.html>
- [2] Web Council of Europe. <https://rm.coe.int/09000016809f1251>
- [3] Summers, J. K. *Water Quality: Science, Assessments and Policy*. BoD–Books on Demand, 2020.
- [4] Web Boletín Oficial del Estado. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-628
- [5] *Water Quality: Science, Assessments and Policy*. 1st Ed. London. United Kingdom. 2020.
- [6] <http://www.recursohidricos.gov.ar/web/index.php/nuestra-funcion/2017-03-23-14-12-06/calidad-de-agua>
- [7] Rodier, J. *Análisis de las aguas*. Ediciones Omega, pp 216, 1989.
- [8] Varios autores. *Guías para la calidad del agua de consumo humano. 4ª Ed.* Organización Mundial de la Salud, 2011
- [9] Solís Castro, Y., Zúñiga Zúñiga, L.A. Mora Alvarado, D. La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. (1) (2017) 35-46.
- [10] APHA. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st ed. Washington, DC: American Public Health Association. 2005.
- [11] Web Boletín Oficial del Estado. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2003-3596>
- [12] Web Boletín Oficial del Estado. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2016-7340>
- [13] Web Boletín Oficial del Estado. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2018-10940
- [14] Silva, M.; Barbosa, J. *Equilibrios iónicos y sus aplicaciones analíticas*. Ed. Síntesis, 2002.
- [15] Ávila, J.C.; Fernández, G.; Alonso, H.; Fernández, S. *Equilibrios químicos en disolución: Aplicaciones analíticas*. Ed.Univ. Granada, 2005.
- [16] Skoog D.A., West D.N., Holler F.J., Crouch S.R. *Reacciones y valoraciones de formación de complejos*. En: *Fundamentos de Química Analítica*. Ed. México: Thomson Editores, 2005.
- [17] Skoog D.A., West D.N., Holler F.J., Crouch S.R. *Titulaciones potenciométricas*. En: *Química Analítica, 7ª Edición*. Ed. Mc Graw Hill, 2001.
- [18] Rodier, J. *Análisis de las aguas*. Ed. Ediciones Omega, pp 340 - 345, 1989.



María Ramos Payán recibió el título de Licenciado en Química por la Universidad de Sevilla en 2008 y de Doctor en Química por la Universidad de Sevilla en 2011. Desde 2019 es Profesora Titular en el Departamento de Química Analítica de la Universidad de Sevilla.



Juan Antonio Ocaña González se doctoró en Química por la Universidad de Sevilla (España) en 2001. Ha ejercido como Profesor Contratado (2002-2022) y Profesor Titular (2022-fecha actual) en el Departamento de Química Analítica (Universidad de Sevilla). Sus principales campos de investigación son el desarrollo de nuevos métodos analíticos para la determinación de productos farmacéuticos en muestras biológicas, el desarrollo de nuevos métodos de extracción y determinación de contaminantes emergentes.



Noemí Aranda Merino recibió el título de Licenciado en Química por la Universidad de Sevilla en 2013 y de Doctor en Química por la Universidad de Sevilla en 2019. Durante 2021 trabajó como Profesora sustituta Interina en las Universidades de Huelva y Sevilla y desde 2022 es contratado postdoctoral de investigación por la Universidad de Sevilla.

Actualmente desarrolla su actividad investigadora en el *Institute of Analytical Chemistry of the Czech Academy of Sciences (IAC)* en Brno, República Checa.



Alejandro Quero San Martín: Estudiante en el curso 22-23 de 1º bachillerato Científico del IES Gran Capitán de Córdoba.



Alejandro Guillén Valdenegro: Estudiante de 1º bachillerato científico del IES Martín Rivero de Ronda.



Inés Pérez Luna: Estudiante de 1º bachillerato científico del IES Ítaca de Tomares



Gabriela Cárdenas Díaz: Estudiante de 1º de bachillerato del IES Virge del Valme, Dos Hermanas.



Ana Lara Ruiz: Profesora de Física y Química en el IES Gran Capitán (Córdoba), licenciada en Química y Ciencia y Tecnología de los Alimentos por la Universidad de Córdoba.



Antonio Marcos Naz Lucena: Profesor de Física y Química del IES Gran Capitán (Córdoba), Doctor en Ciencias Químicas por la Universidad de Sevilla, Licenciado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos por la Universidad de Córdoba y coordinador en Córdoba de los proyectos FAB-IDI y "Jóvenes con Investigadores"