

5.1 CONTROL DE VIGILANCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

5.1.1 INTRODUCCIÓN

El Área de Calidad de las Aguas opera desde el año 1.995 una red de control de puntos de agua subterránea, cuyo objeto es comprobar que las masas de agua mantienen sus condiciones físico-químicas naturales en relación a unas determinadas condiciones de referencia, en toda la Demarcación del Ebro. Esta red se ajusta a lo indicado en el artículo 8 y en el anexo V de la DMA en relación con el establecimiento de un programa de control de vigilancia del estado químico de las aguas subterráneas.

Las condiciones de referencia se han establecido a partir de los datos pertenecientes a aquellos puntos donde la masa de agua no está sometida a presiones de tipo antropogénico, o éstas son de muy escasa importancia, y por tanto representan el quimismo natural del agua.

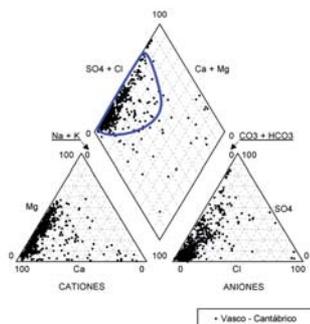
En el año 2003, en un trabajo realizado por la Oficina de Planificación Hidrológica denominado *“Caracterización hidroquímica de las aguas de la cuenca del Ebro”* se realizó un primer intento de caracterización físico-química de las aguas subterráneas de la cuenca, con la información previa disponible proveniente de una diversidad de fuentes importante y con un gran número de puntos de agua subterránea. En dicho trabajo se realizó una exhaustiva depuración de los datos analíticos, que permitió establecer un quimismo general en relación a un ámbito hidrogeológico espacial muy amplio, como son los ocho Dominios Hidrogeológicos de la cuenca del Ebro.

Como resultado de este trabajo se obtiene, para cada dominio, un quimismo de las aguas que puede representarse mediante diagramas de Piper (Figura 5.1.1) y que constituyen las condiciones de referencia frente a las que comparan los datos del programa de control de vigilancia de la CHE y de las redes de vigilancia de aquellas comunidades autónomas que disponen de ellas.

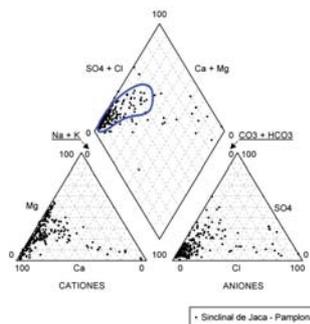
Utilizando las conclusiones de este trabajo, se realizará una evaluación sobre el quimismo de las aguas subterráneas en el año 2011, si bien resta todavía un importante trabajo a realizar en los próximos años consistente en el establecimiento de las condiciones de referencia para cada una de las masas de agua (incluso acuíferos en su interior) que permitirán conocer, a través de los puntos de control de esta red, el estado “natural” y la existencia de tendencias de evolución por causas naturales del quimismo de las aguas subterráneas.

■ FIGURA 5.1.1 REPRESENTACIÓN DEL QUIMISMO DE LOS PUNTOS POR DOMINIOS

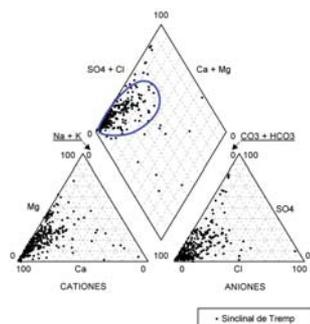
1. VASCO-CANTÁBRICO



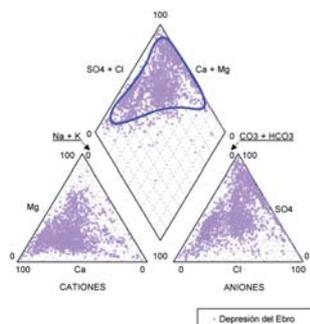
2. SINCLINAL DE JACA-PAMPLONA



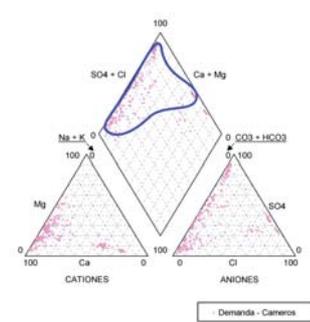
3. SINCLINAL DE TREMP



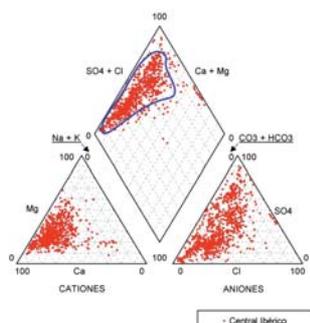
4. DEPRESIÓN DEL EBRO



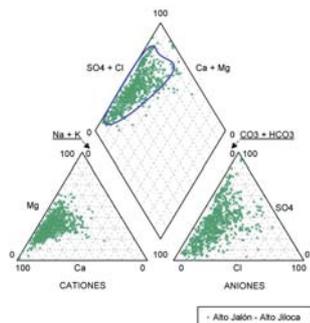
5. DEMANDA-CAMEROS



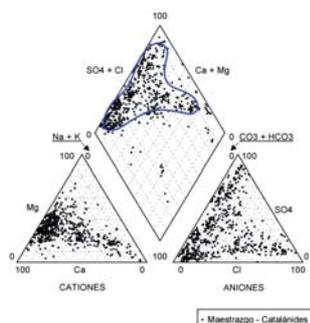
6. CENTRAL IBÉRICO



7. ALTO JALÓN-JILOCA



8. MAESTRAZGO CATALÁNIDES



5.1.2 PROGRAMA DE CONTROL DE VIGILANCIA (RBAS)

5.1.2.1 PUNTOS DE AGUA

La red de control de vigilancia de la calidad química general de las aguas subterráneas de la cuenca del Ebro se definió inicialmente en el año 1.995, con un total de 84 puntos, sufriendo sucesivas ampliaciones hasta alcanzar la cifra actual de 448 puntos de agua.

La selección de puntos ha sido realizada en función de las características de las diferentes masas de agua y acuíferos, de tal manera que como tipología, dentro de esta red se incluyen los siguientes puntos:

- Principales drenajes de las masas de agua subterránea, entendiendo como tales las mayores surgencias o manantiales, en el sentido de que afecten a la mayor parte del acuífero que drenan (surgencias localizadas).
- Principales zonas húmedas de la cuenca cuyo origen es íntegramente de aguas subterráneas (surgencias difusas).
- Principales extracciones del acuífero en cuestión: Se refiere a los pozos que extraen los mayores caudales y volúmenes en cada acuífero, bien sea para abastecimiento, uso industrial o agrícola.

Lógicamente, varios de estos puntos comparten características, ya que algunos grandes manantiales están captados como abastecimientos de poblaciones, así como los puntos donde se realizan las mayores extracciones del acuífero.

No obstante, por lo que respecta a la Confederación Hidrográfica del Ebro durante el año 2011 se han muestreado 227 puntos de los 448 que componen la red de control.

La distribución de los puntos muestreados en relación a las masas de agua subterránea puede observarse en la tabla siguiente, así como en el mapa 5-1.

TABLA 5.1.1 DISTRIBUCIÓN DE LOS PUNTOS DEL PROGRAMA DE CONTROL DE VIGILANCIA (RBAS) MUESTREADOS DURANTE EL AÑO 2011 POR MASA DE AGUA

MASA DE AGUA	Nº PUNTOS	MASA DE AGUA	Nº PUNTOS
001 FONTIBRE	1	057 ALUVIAL DEL GÁLLEGO	1
003 SINCLINAL DE VILLARCAYO	4	058 ALUVIAL DEL EBRO: ZARAGOZA	3
005 MONTES OBARENES	1	060 ALUVIAL DEL CINCA	6
006 PANCORBO-CONCHAS DE HARO	1	061 ALUVIAL DEL BAJO SEGRE	3
007 VALDEREJO-SOBRÓN	1	062 ALUVIAL DEL MEDIO SEGRE	1
008 SINCLINAL DE TREVIÑO	4	063 ALUVIAL DE URGELL	1
009 ALUVIAL DE MIRANDA DE EBRO	1	064 CALIZAS DE TÁRREGA	3
010 CALIZAS DE LOSA	1	065 PRADOLUENGO-ANGUIANO	1
012 ALUVIAL DE VITORIA	2	066 FITERO-ARNEDILLO	1
014 GORBEA	1	067 DETRITICO DE ARNEDO	1
015 ALTUBE-URKILLA	1	068 MANSILLA-NEILA	1
016 SIERRA DE AIZKORRI	1	069 CAMEROS	4
017 SIERRA DE URBASA	1	070 AÑAVIEJA-VALDEGUTUR	3
018 SIERRA DE ANDÍA	1	071 ARAVIANO-VOZMEDIANO	4
019 SIERRA DE ARALAR	2	072 SOMONTANO DEL MONCAYO	9
020 BASABURÚA-ULZAMA	1	073 BOROBIA-ARANDA DE MONCAYO	1
022 SIERRA DE CANTABRIA	5	075 CAMPO DE CARIÑENA	2
023 SIERRA DE LÓQUIZ	1	076 PLIOCUATERNARIO DE ALFAMÉN	2

MASA DE AGUA	Nº PUNTOS	MASA DE AGUA	Nº PUNTOS
024 BUREBA	1	078 MANUBLES-RIBOTA	1
025 ALTO ARGA-ALTO IRATI	1	079 CAMPO DE BELCHITE	4
027 EZCAURRE-PEÑA TELERA	3	080 CUBETA DE AZUARA	2
028 ALTO GÁLLEGO	1	081 ALUVIAL JALÓN-JILOCA	1
029 SIERRA DE ALAIZ	3	082 HUERVA-PEREJILES	4
030 SINCLINAL DE JACA-PAMPLONA	2	083 SIERRA PALEOZOICA DE ATECA	1
032 SIERRA TENDEÑERA-MONTE PERDIDO	1	084 ORICHE-ANADÓN	2
033 SANTO DOMINGO-GUARA	2	085 SIERRA DE MIÑANA	2
035 ALTO URGELL	3	086 PÁRAMOS DEL ALTO JALÓN	7
036 LA Cerdanya	4	087 GALLOCANTA	2
037 COTIELLA-TURBÓN	3	088 MONREAL-CALAMOCHA	2
038 TREMP-ISONA	3	089 CELLA-OJOS DE MONREAL	5
039 CADÍ-PORT DEL COMTE	3	091 CUBETA DE OLIETE	3
040 SINCLINAL DE GRAUS	3	092 ALIAGA-CALANDA	8
041 LITERA ALTA	6	093 ALTO GUADALOPE	1
043 ALUVIAL DEL OCA	2	094 PITARQUE	1
044 ALUVIAL DEL TIRÓN	1	095 ALTO MAESTRAZGO	1
045 ALUVIAL DEL OJA	2	096 PUERTOS DE BECEITE	3
046 LAGUARDIA	1	097 FOSA DE MORA	8
047 ALUVIAL DEL NAJERILLA-EBRO	1	098 PRIORATO	6
048 ALUVIAL DE LA RIOJA-MENDEAVIA	4	099 PUERTOS DE TORTOSA	1
049 ALUVIAL DEL EBRO-ARAGÓN: LODOSA-TUDELA	11	101 ALUVIAL DE TORTOSA	5
052 ALUVIAL DEL EBRO:TUDELA-ALAGÓN	2	102 PLANA DE LA GALERA	5
053 ARBAS	1	104 SIERRA DEL MONTSIÁ	4
054 SASO DE BOLEA-AYERBE	1	105 DELTA DEL EBRO	3
055 HOYA DE HUESCA	2	106 SIN DEFINIR MASA	1

5.1.2.2 TOMA DE MUESTRAS Y PARÁMETROS ANALIZADOS

Como se ha señalado anteriormente durante el año 2011 se han muestreado 227 puntos de la red de control de vigilancia (RBAS). La DMA obliga, únicamente a muestrearla como mínimo una vez dentro del periodo de 6 años que dura el Plan Hidrológico; el resto de puntos para completar la red serán muestreados durante el año 2012.

En lo referente a los parámetros analizados, en la Tabla 5.1.2 se recoge la relación de todos ellos agrupados según afinidades químicas y físicas.

TABLA 5.1.2 PARÁMETROS ANALIZADOS EN LA RBAS (CONTROL DE VIGILANCIA)

PAR. FÍSICO-QUÍMICOS	CATIONES	ANIONES
pH	Amonio total (mg/L NH ₄)	Nitritos (mg/L NO ₂)
Temperatura del agua (°C)	Calcio (mg/L Ca)	Cloruros (mg/L Cl)
Potencial redox (mV)	Magnesio (mg/L Mg)	Sulfatos (mg/L SO ₄)
Conductividad a 20 °C (µS/cm)	Sodio (mg/L Na)	Nitratos (mg/L NO ₃)
Oxígeno disuelto (mg/L O ₂)	Potasio (mg/L K)	Carbonatos (mg/l CaCo ₃)
Oxígeno disuelto (% sat _l)		Bicarbonatos (mg/l CaCo ₃)
CO ₂ libre (mg/L)		
DQO (mg/L O ₂)		
Alcalinidad (mg/L CO ₃ Ca)		
Sílice (mg/L SiO ₂)		

Las determinaciones analíticas del control de vigilancia llevado a cabo por la CHE han sido realizadas por el laboratorio del Centro Nacional de Tecnología y Seguridad Alimentaria (CNTA) con la colaboración en el muestreo de la empresa Compañía General de Ingeniería y Sondeos, S.A. (CGS).

Los datos analíticos de este laboratorio han sido validados por el Laboratorio de la CHE a través de una aplicación informática que permite establecer la bondad del análisis, de tal manera que se rechazan todos aquellos que incumplen las condiciones previas establecidas por el Área de Calidad de las Aguas.

La supervisión y control de la toma de muestras, especialmente en lo relativo a los momentos de muestreo, mantenimiento de las muestras y control de resultados, ha sido acometido por los técnicos del Área de Calidad de las Aguas.

En relación con las comunidades autónomas, se cuenta con datos pertenecientes a las redes de vigilancia de las comunidades de Cataluña, Navarra y País Vasco. En la tabla 5.1.3 se presentan los puntos de cada una de las redes, así como el número de analíticas realizadas en el año 2011. En cuanto a estos datos analíticos, no se dispone de los controles y validaciones que realizan las respectivas CCAA. La distribución de estos puntos en la cuenca del Ebro puede observarse juntamente con los puntos de control de la Confederación Hidrográfica del Ebro en el mapa 5-1.

■ **TABLA 5.1.3** PUNTOS CONTROLADOS Y ANALÍTICAS DISPONIBLES EN LAS REDES DE VIGILANCIA DE LAS CCAA

CCAA	Nº puntos en 2011	Nº analíticas en 2011
Cataluña	128	172
Navarra	55	103
País Vasco	27	171

■ 5.1.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL PROGRAMA DE CONTROL DE VIGILANCIA (RBAS)

El análisis hidroquímico de las aguas subterráneas a partir de los últimos muestreos de la RBAS y de los datos pertenecientes a las comunidades autónomas permiten realizar una evaluación sobre el quimismo de las aguas, comparando los resultados obtenidos con las condiciones de referencia establecidas en los trabajos previos anteriormente mencionados.

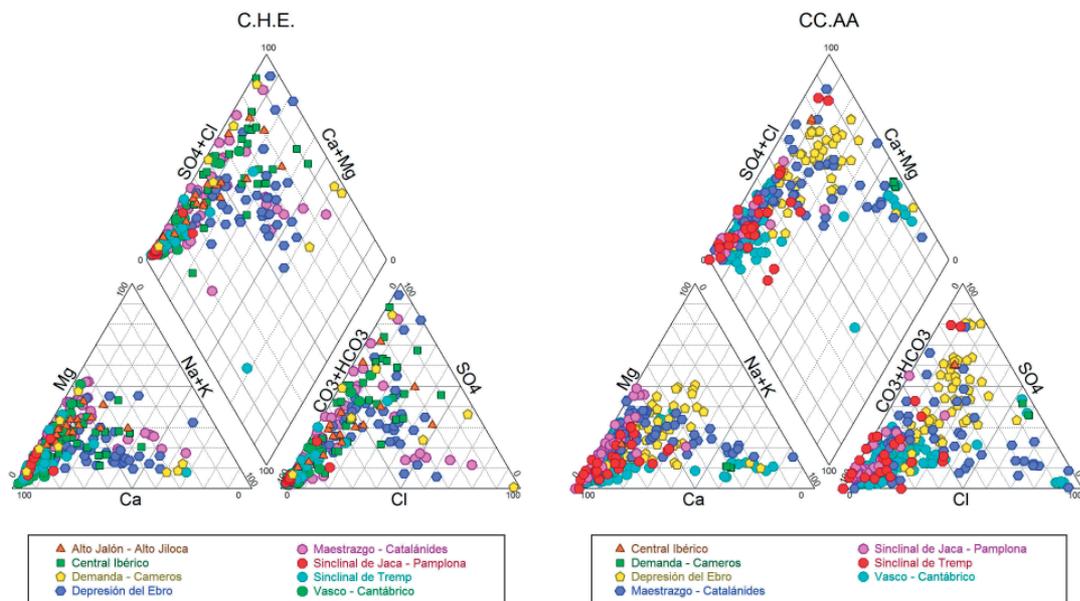
La facies química de las aguas subterráneas se ha caracterizado a partir de la presencia de los iones mayoritarios (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+) y de otros iones de importancia en el agua subterránea (NO_2^- , NH_4^+ , Fe y Mn).

La representación del diagrama de Piper de los últimos análisis de todos los puntos de la RBAS y de las CCAA se observan en la figura 5.1.2 e indica que la mayor parte de las muestras presentan un carácter bicarbonatado cálcico. En el gráfico se observa además la existencia de características hidroquímicas diferenciadas en función de las características geológicas y geográficas de cada Dominio.

Con respecto a la composición aniónica, las aguas de los Dominios Vasco-Cantábrico, Jaca-Pamplona y Tremp son muy bicarbonatadas, mientras que el resto de los Dominios presentan una composición más sulfatada. Así, los Dominios de Maestrazgo-Catalánides, Central Ibérico y Alto Jalón-Alto Jiloca presentan un carácter medio bicarbonatado o bicarbonatado sulfatado y las aguas del Dominio

de la Demanda Cameros presentan un carácter bicarbonatado sulfatado. El Dominio de la Depresión del Ebro presenta mayor variabilidad química en la composición del agua subterránea, con una composición media sulfato-bicarbonatada.

■ FIGURA 5.1.2 DIAGRAMA DE PIPER DE LOS ANÁLISIS DE LOS PROGRAMAS DE CONTROL DE VIGILANCIA DISTRIBUIDOS POR DOMINIOS: CHE (IZDA.) Y CCAA (DCHA.)



La variabilidad de la composición catiónica es menor que la observada en la composición aniónica, predominando claramente las aguas cálcicas. No obstante, se observan mayores contenidos de calcio en los Dominios más montañosos (Vasco-Cantábrico, Jaca-Pamplona, Tremp y Demanda-Cameros), seguidos de los Dominios de la Ibérica (Alto Jalón-Alto Jiloca, Maestrazgo Catalánides y Central Ibérico) y, por último, las aguas del Dominio de la Depresión del Ebro presentan menores contenidos de calcio.

Como conclusión general sobre este programa de control y atendiendo a los datos analíticos de los últimos muestreos, hay que indicar que todos los puntos que conforman el programa de control de vigilancia se encuentran dentro de los límites establecidos en los dominios hidrogeológicos a que pertenecen. Las excepciones que se registran pertenecen en general a puntos relacionados con zonas termales o están relacionados con unos materiales muy determinados dentro de cada masa de agua.

A continuación se representan los diagramas de Piper de los diferentes dominios hidrogeológicos definidos en la demarcación del Ebro. En cada uno de ellos se representa una envolvente que expresa el quimismo general de dicho dominio, obtenida a partir del análisis de todos los datos anteriores. Sobre este diagrama se representan las analíticas de 2011 de los puntos pertenecientes a la RBAS y a las redes de las comunidades autónomas en el dominio en cuestión.

Con ello se pretende comprobar si los últimos datos de las redes de control generales que operan en la demarcación son acordes con el quimismo general esperable o bien escapan de dicha generalidad, y por tanto deben ser explicados, y en su caso evaluados, para buscar el origen de dichas anomalías.

5.1.3.1 DOMINIO VASCO – CANTÁBRICO (1)

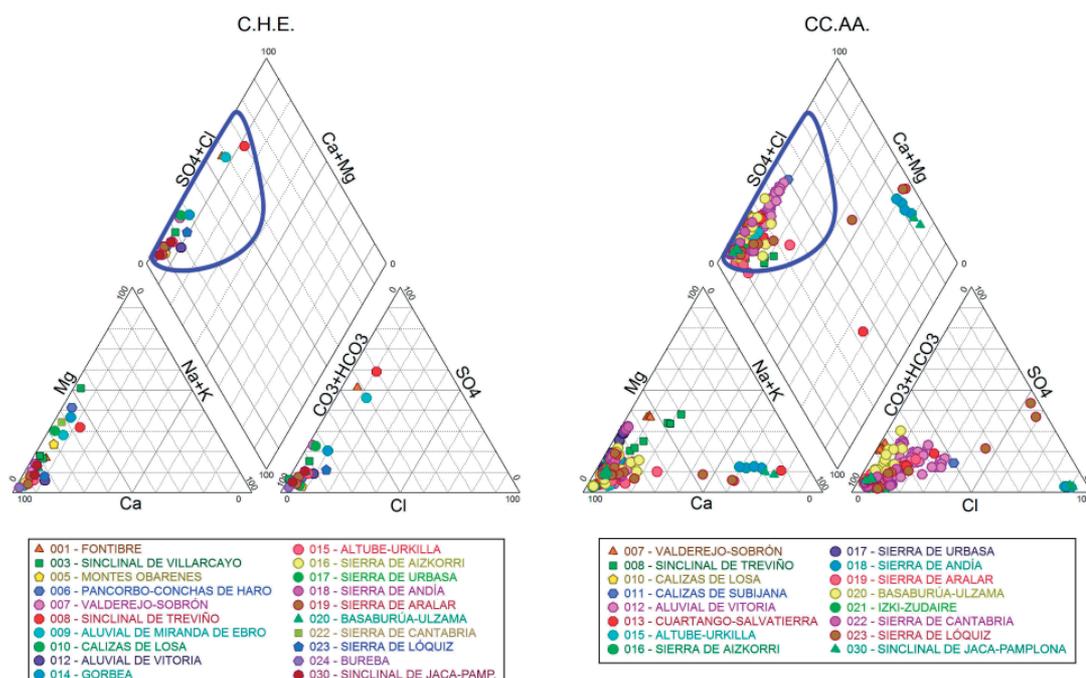
El Dominio Vasco-Cantábrico está representado por 24 captaciones distribuidas en 20 masas de agua subterránea en la RBAS y 53 puntos distribuidos en 16 masas en las CCAA. Su química está dominada fundamentalmente por la disolución de calcita y dolomita, y de algo de yeso (Figura 5.1.3). La composición aniónica presenta una clara abundancia de aguas bicarbonatadas, muchas de ellas con un contenido muy elevado de este ión (90-95%).

Existen tres captaciones con un mayor contenido en sulfato, lo que provoca que lleguen a ser sulfatadas. Corresponden a los puntos 210880025 (Sondeo de Abastecimiento a Ribaguda) ubicado en la masa de agua 008 (Sinclinal de Treviño), el 180760003 (Nacimiento del Río Polla) ubicado en la masa de agua 001 (Fontibre) y el 210870277 (Sondeo Llana de Antepardo) situado en la masa de agua 009 (Aluvial de Miranda de Ebro). No obstante, señalar que las características de estos puntos no se salen del patrón establecido para este dominio, presentando conductividades de entre 700 y 1.300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y los valores algo elevados de sulfatos, principalmente en el 210880025, con 449 mg/l, son debidos a las condiciones naturales de las masas de agua subterránea.

La composición catiónica del Dominio Vasco-Cantábrico presenta una dominancia de puntos que varían entre la composición netamente cálcica (>90%) y más cercana a magnésica (magnesio al 40% y calcio al 60%).

En el caso de los puntos relativos a las CCAA, se mantiene el predominio de las aguas bicarbonatadas cálcicas, aunque en este caso se observa la presencia de muestras con un carácter clorurado sódico. Una de las captaciones que presenta características anómalas es el 24086011NA (Manantial de Agua Salada) situado en la masa de agua 023 (Sierra de Lóquiz) y que presenta un carácter clorurado-sulfatado sódico-cálcico, con conductividades de 8.850 y 9.603 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Por otro lado, el 250810038NA (Manantial de Echauri) está ubicado en la masa de agua 018 (Sierra de Andía) y presenta conductividades de 4.346 y 3.931 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Las elevadas concentraciones de cloruro y sodio se deben a su proximidad al diapiro de Salinas de Oro y a su elevado tiempo de permanencia. Por último, el 250810039NA (Manantial de Ibero) situado en la masa 030 (Sinclinal de Jaca Pamplona) con unas conductividades de 6.084 y 6.269 $\mu\text{S}/\text{cm}$, puede ser debido a que se encuentre afectado por el vertido profundo de salmueras procedente de minería de sales potásicas en las fosas eocenas, a casi 1.000 m de profundidad.

FIGURA 5.1.3 DIAGRAMA DE PIPER DEL DOMINIO VASCO - CANTÁBRICO (IZDA. RBAS, DCHA. CCAA)



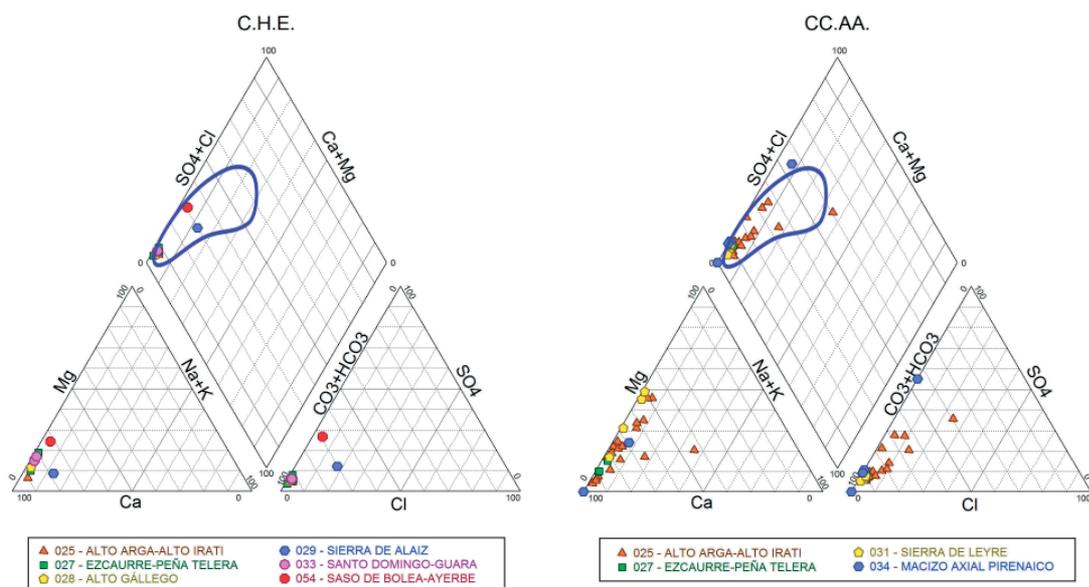
5.1.3.2 DOMINIO SINCLINAL DE JACA - PAMPLONA (2)

En relación a la RBAS, existen 9 puntos en el Dominio Sinclinal de Jaca-Pamplona distribuidos en 6 masas de agua subterránea y 19 puntos distribuidos en 4 masas de agua en relación a las CCAA. Este dominio presenta una composición aniónica claramente dominada por los bicarbonatos (Figura 5.1.4).

La composición catiónica del Dominio Sinclinal de Jaca-Pamplona presenta una dominancia de aguas cálcicas que varían entre aguas con contenidos en calcio de más de 94% hasta aguas con contenido en calcio de casi el 70%. Esto se debe a la presencia de calizas como litología dominantes que aportantes los iones calcio.

Atendiendo a los resultados obtenidos en los puntos relativos a las CCAA, si bien mayoritariamente presentan un carácter bicarbonatado cálcico y se encuentran dentro de las condiciones de referencia establecidas con anterioridad, hay que señalar que en la masa de agua 025 (Alto Arga - Alto Irati) se observan puntos con mayor contenido en sulfato y mayores concentraciones de cloruro y sodio.

FIGURA 5.1.4 DIAGRAMA DE PIPER DEL DOMINIO SINCLINAL DE JACA - PAMPLONA (IZDA. RBAS, DCHA. CCAA)



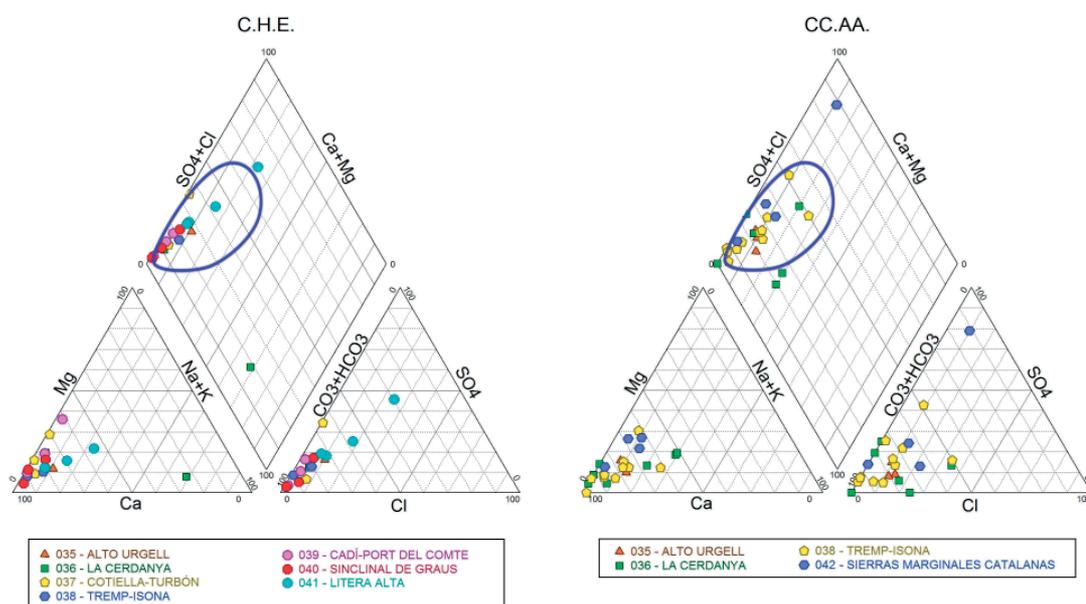
5.1.3.3 DOMINIO SINCLINAL DE TREMP (3)

El Dominio Sinclinal de Tremp en la RBAS está representado por 18 puntos de agua distribuidos en 7 masas de agua subterránea y la red de la comunidad autónoma de Cataluña dispone para su estudio de un total de 25 puntos distribuidos en 4 masas. Presenta una composición bicarbonatada, con un gran número de muestras cuyos contenidos en bicarbonato son mayores que el 85%, aunque hay una ligera dispersión de sus valores hacia mayores concentraciones en sulfato y cloruro, pero sin perder su carácter bicarbonatado (Figura 5.1.5).

La composición catiónica del Dominio del Sinclinal de Tremp presenta un carácter cálcico con una ligera dispersión en el eje del calcio y magnesio.

Atendiendo a su distribución dentro del Dominio en las masas de agua existentes, todos los puntos se encuentran dentro del tipo bicarbonatado cálcico, con algunas excepciones. En lo que se refiere a los puntos muestreados por la CHE el punto 311220012 (Manantial de la Reguera) de la masa 041 (Llitera Alta) presenta un carácter sulfatado cálcico y el punto 361020002 (Arboleda de San Martí), ubicado en la masa de agua 036 (La Cerdanya) tiene una elevada concentración de sodio y una composición aniónica dominada por los bicarbonatos. Atendiendo a los resultados obtenidos en los puntos relativos a las CCAA, en la masa 042 (Sierras Marginales Catalanas), el punto 25034-0018 (Pou de la Clua) tiene un alto contenido en sulfatos (80%) con carácter sulfatado cálcico.

FIGURA 5.1.5 DIAGRAMA DE PIPER DEL DOMINIO SINCLINAL DE TREMP (IZDA. RBAS, DCHA. CCAA)



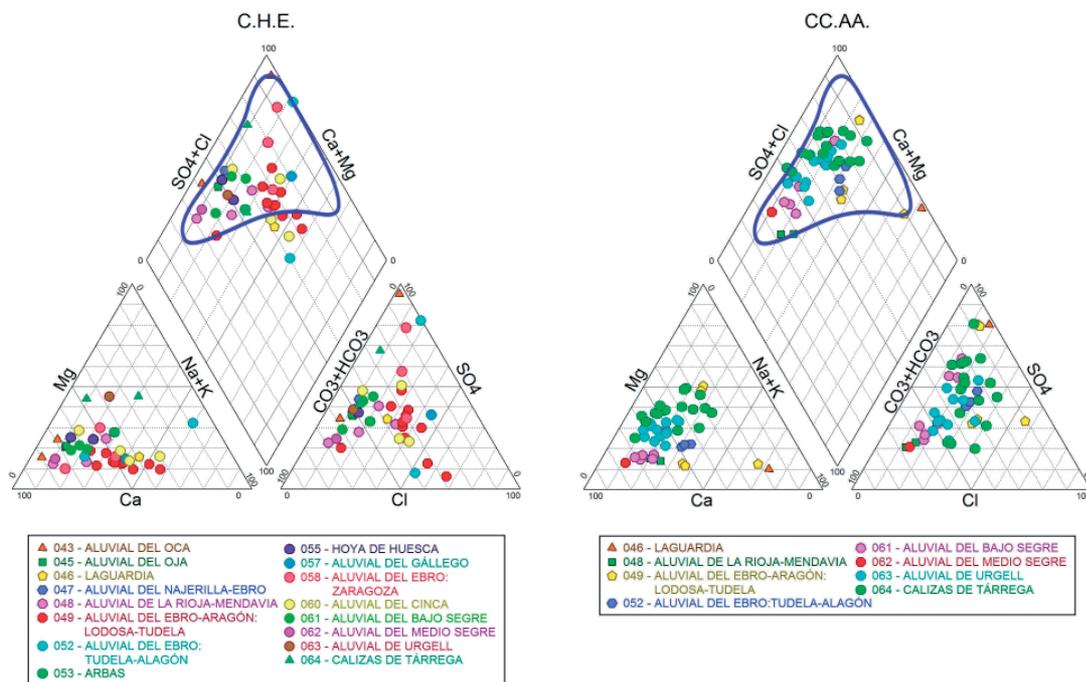
5.1.3.4 DOMINIO DEPRESIÓN DEL EBRO (4)

El Dominio de la Depresión del Ebro contiene 41 puntos de agua ubicados en 16 masas de agua subterránea (RBAS) y 44 puntos distribuidos en 8 masas en relación a las CCAA, y hay que destacar la presencia de muchos de ellos en aluviales de los grandes ríos, y en la zona semiárida con sustrato yesífero, de los Monegros. Las particulares condiciones geológicas e hidrogeológicas de los distintas masas de agua subterránea de este Dominio, hace que se registre la mayor variabilidad química en la composición del agua subterránea.

La composición aniónica comprende una gran superficie del diagrama de Piper, destacando la existencia de un gran número de muestras bicarbonatadas, sulfatadas, cloruradas y de facies mixtas (Figura 5.1.6). La existencia de litologías yesíferas con pequeños cristales de halita en muchos materiales del centro de la Depresión, son un factor que condiciona esta composición claramente sulfatada y clorurada en algunos casos. En otras ocasiones estas composiciones se justifican por ser un agua con un tiempo de residencia muy elevado en dichos materiales.

La composición catiónica de las muestras del Dominio de la Depresión del Ebro participa, aunque en menor medida, de la variabilidad que se ha identificado en la composición aniónica. Las aguas evolucionan desde un carácter cálcico hacia un carácter magnésico-cálcico, sin llegar a alcanzar un 50% de magnesio en los puntos muestreados por la CHE y sin apenas superarlo en los puntos muestreados por las CCAA, y conforme van evolucionando en su flujo subterráneo alcanzan un carácter más sódico. Las elevadas concentraciones se deben a procesos de disolución de agua con mucho tiempo de residencia en el terreno y a procesos de evaporación en zonas de descarga (humedales o lagunas saladas).

FIGURA 5.1.6 DIAGRAMA DE PIPER DEL DOMINIO DEPRESIÓN DEL EBRO (IZDA. RBAS, DCHA. CCAA)



5.1.3.5 DOMINIO DEMANDA – CAMEROS (5)

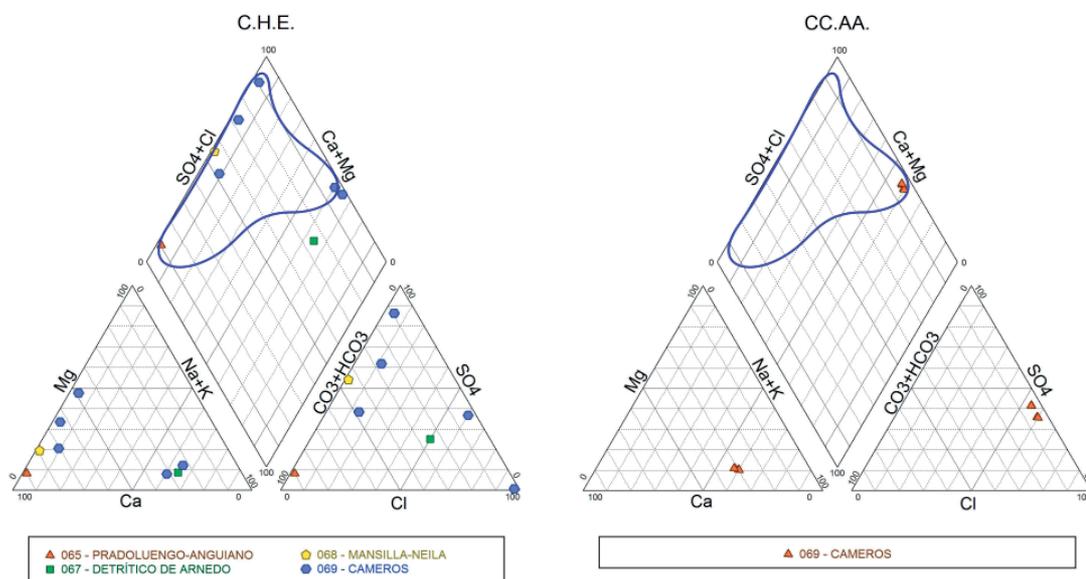
El Dominio de Demanda-Cameros en la RBAS está representado por 8 puntos de agua distribuidos en 4 masas de agua subterránea y la red de la comunidad autónoma de Navarra dispone de 2 puntos que controlan la masa de agua 069 (Cameros). El contenido aniónico está representado por aguas bicarbonatadas con una evolución hacia aguas sulfatadas y, por otra parte existen aguas cloruradas (Figura 5.1.7).

En cuanto a la composición catiónica, existen aguas cálcicas, con un porcentaje de magnesio de hasta casi un 50% que van evolucionando a aguas con un creciente contenido de sodio (>60%).

En la representación de las composiciones por masas de agua subterránea, se observa como el agua de la masa 065 (Pradoluengo – Anguiano), representada por el punto 221130009 (Fuente de San Pedro) es claramente bicarbonatada cálcica. Por otra parte, los análisis de la masa 069 (Cameros) presenta una mayor variabilidad química presentando facies hidroquímica sulfatada cálcica y clorurada sódica. La masa de agua 067 (Detrítico de Arnedo) representada por el punto 241150030 (Pozo de Cienta II) es clorurada-sulfatada sódica.

La Comunidad Foral de Navarra controla en este dominio dos puntos 24128002NA (Balneario Viejo) y 24128001NA (Balneario Nuevo) que presentan una facies hidroquímica clorurada-sulfatada sódico-cálcica con conductividades superiores a los 6.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

FIGURA 5.1.7 DIAGRAMA DE PIPER DEL DOMINIO DEMANDA - CAMEROS (IZDA. RBAS, DCHA. CCAA)



5.1.3.6 DOMINIO CENTRAL IBÉRICO (6)

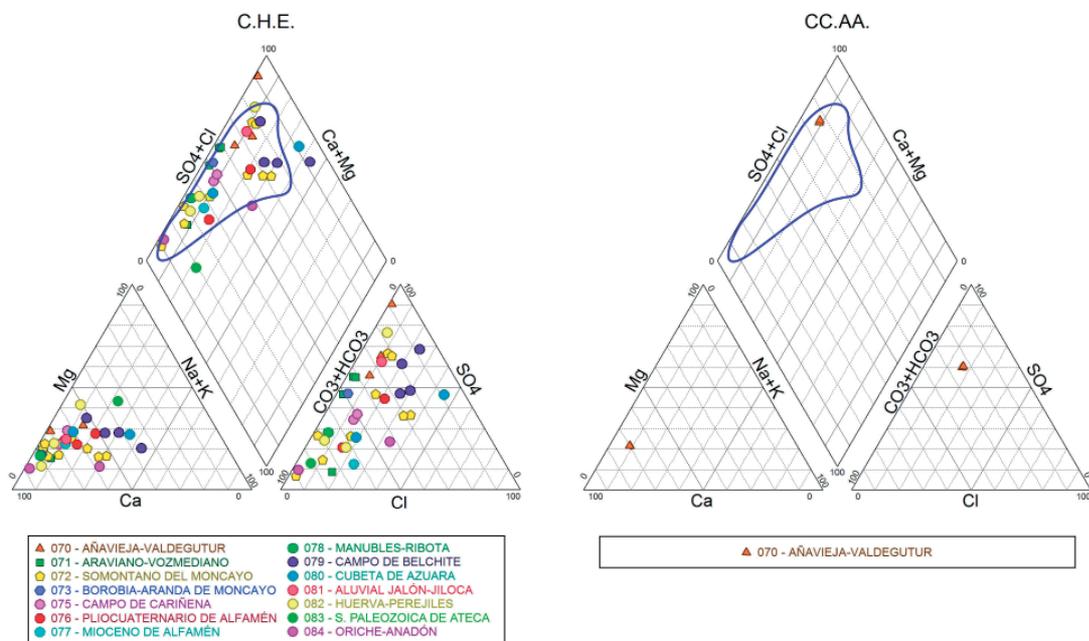
El Dominio del Dominio Central Ibérico en la RBAS está representado por 36 puntos distribuidos en 14 masas de agua y la red de la comunidad autónoma de Navarra dispone del punto 241280001NA (Manantial Hospinete I) que controla la masa de agua 070 (Añavieja – Valdegutur) (Figura 5.1.8).

Las aguas de este dominio presentan una distribución de valores entre bicarbonatadas y sulfatadas cálcicas.

Estas aguas presentan una dispersión de los aniones desde el polo del bicarbonato, produciéndose un progresivo enriquecimiento en sulfato y algo en cloruro. El agua pasa de bicarbonatada a bicarbonatada sulfatada y, en fases más evolucionadas a sulfatado-bicarbonatadas y, finalmente, sulfatadas. Los cationes presentan un carácter menos variable que los aniones. Las aguas son en su mayor parte cálcicas pasando en sus fases más evolucionadas a magnésico-cálcicas aumentando también el contenido de sodio.

Atendiendo a las diferencias hidroquímicas en función de las masas de agua subterránea, la composición media de las masas de agua 070, 072, 079 y 080 (Añavieja- Valdegutur, Somontano del Moncayo, Campo de Belchite y Cubeta de Azuara) presentan las aguas más evolucionadas, con mayores contenidos aniónicos (sulfato y cloruro) y catiónicos (magnesio y sodio) mientras que el resto de masas pertenecientes al Dominio muestran un carácter más bicarbonatado.

FIGURA 5.1.8 DIAGRAMA DE PIPER DEL DOMINIO CENTRAL IBÉRICO (IZDA. RBAS, DCHA. CCA4)



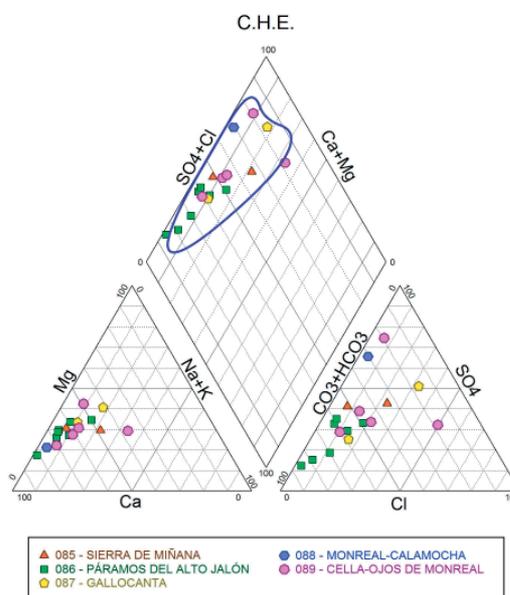
5.1.3.7 DOMINIO ALTO JALÓN – ALTO JILOCA (7)

Existen 17 puntos en el Dominio Alto Jalón – Alto Jiloca distribuidos en 5 masas de agua subterránea. En este dominio no se dispone de datos pertenecientes a puntos operados por las comunidades autónomas.

Estas aguas presentan una distribución de valores semejante a las del Dominio Central Ibérico aunque con mayor cantidad de aguas enriquecidas en sulfato. Existe una dispersión de los aniones desde el polo del bicarbonato, produciéndose un progresivo enriquecimiento en sulfato y algo en cloruro. El agua pasa de bicarbonatada a bicarbonatada sulfatada y, en fases más evolucionadas a sulfatado-bicarbonatadas y, finalmente, sulfatadas. Los cationes presentan un carácter menos variable que los aniones. Las aguas son en su mayor parte cálcicas pasando en sus fases más evolucionadas a magnésico-cálcicas.

La representación de las composiciones por masas de agua subterránea, pone de manifiesto la existencia de características hidroquímicas diferenciadas en función de las características geológicas y geográficas de cada masa (Figura 5.1.9). Así, el agua de la masa 086 (Páramos del alto Jalón) presenta una conductividad media de 618 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y es bicarbonatada cálcica, pasando a agua sulfatada bicarbonatada en las masas 085 y 088 (Sierra de Miñana y Monreal – Calamocho). Finalmente, la media de las aguas de la masa 087 y 089 (Gallocanta y Cella – Ojos de Monreal) tiene carácter sulfatado, con una conductividad media de 1.067 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

FIGURA 5.1.9 DIAGRAMA DE PIPER DEL DOMINIO ALTO JALÓN – ALTO JILOCA. (SOLO RBAS)



5.1.3.8 DOMINIO MAESTRAZGO – CATALÁNIDES (8)

El Dominio Maestrazgo – Catalánides presenta el mayor número de captaciones de la RBAS con 42 puntos de agua distribuidos en 13 masas de agua subterránea y 48 puntos de las CCAA distribuidos en 8 masas de agua.

La composición aniónica presenta una tendencia claramente identificada en el diagrama de Piper (Figura 5.1.10). Partiendo de las aguas bicarbonatadas se dirige hacia el vértice del sulfato con un contenido máximo en este ión >80% en el punto 281880001 (Baños de Ariño-1), debido probablemente a procesos de disolución del yeso. Además, existen muestras con altos contenidos en cloruros llegando a alcanzar >75% en el punto 322060018 (Dapsa) en relación con procesos de intrusión marina.

La composición catiónica del Dominio Maestrazgo-Catalánides presenta una gran cantidad de aguas con un carácter cálcico y cálcico-magnésico. Existe además un proceso gradual de sodificación en algunas muestras de este Dominio.

La representación de las composiciones por masas de agua subterránea, muestra la existencia de características hidroquímicas diferenciadas en función de las características geológicas y geográficas de cada masa. En este sentido, cabe destacar las aguas de la masa 105 (Delta del Ebro) las cuales son del tipo clorurado sódico-cálcico con una conductividad media de 2.866 $\mu\text{S}/\text{cm}$, debido a procesos de intrusión marina. Por otra parte, las masas de agua 091, 097, 099 y 101 (Cubeta de Oliete, Fosa de Mora, Puertos de Tortosa y Aluvial de Tortosa) presentan aguas con mayores contenidos de sulfatos, mientras que el resto de masas del Dominio son de tipo bicarbonatado cálcico.

FIGURA 5.1.10 DIAGRAMA DE PIPER DEL DOMINIO MAESTRAZGO - CATALÁNIDES (IZDA. RBAS, DCHA. CCAA)

