

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.

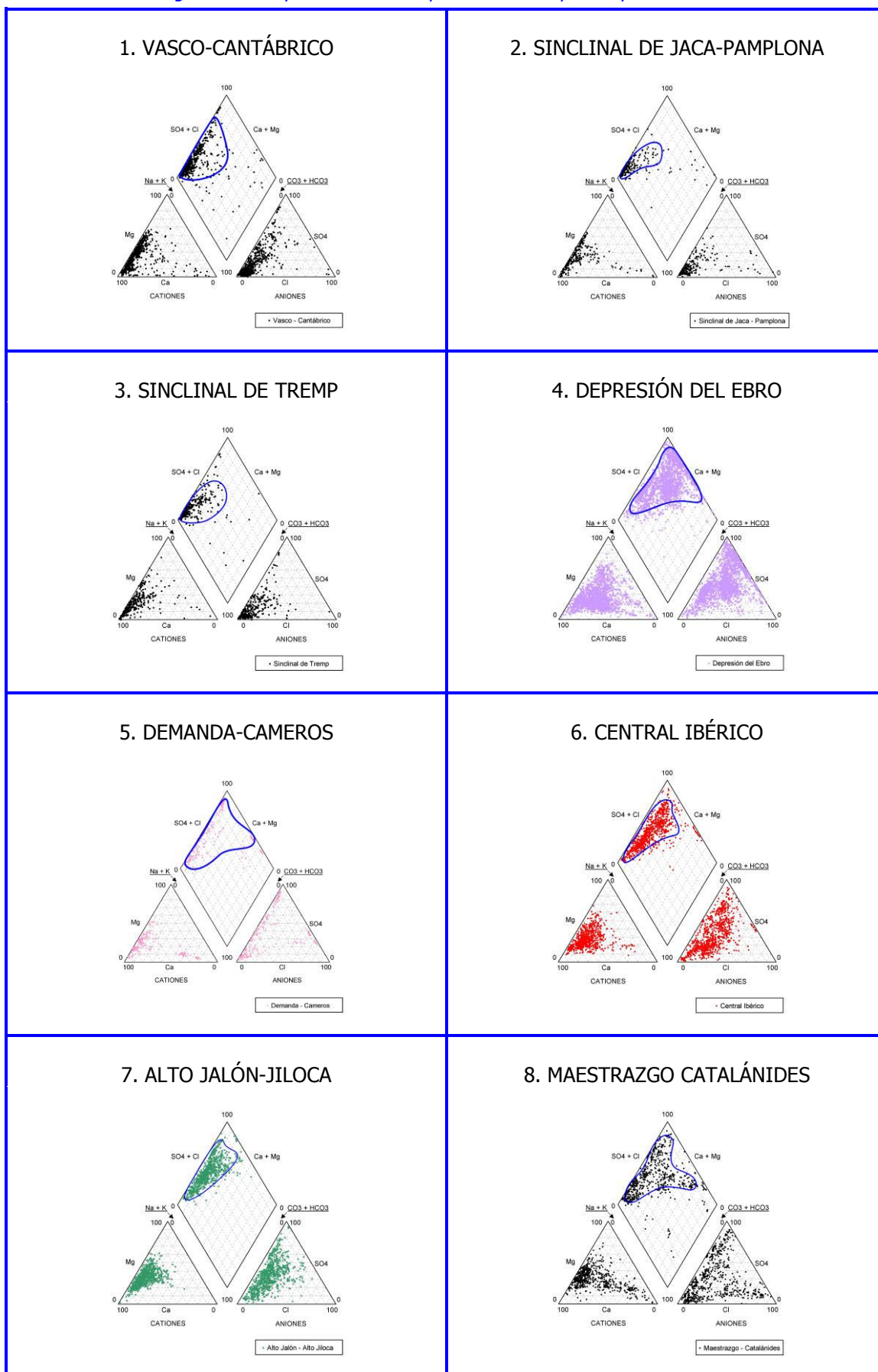
Como resultado de este trabajo se obtiene, para cada dominio, un quimismo de las aguas que puede representarse mediante diagramas de Piper (Figura 5.1.2) y que constituyen las condiciones de referencia frente a las que se comparan los datos del programa de control de vigilancia de la CHE y de las redes 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 2014, 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 Muestreo del punto 280880008 MANANTIAL DEL RIGÜELLO (TTMM Aisa, Huesca), realizado el 24/06/2014.

Figura 5.1.2 Representación del quimismo de los puntos por dominios.



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 433 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 2014 se han muestreado 252 puntos de los 433 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 2014 por masa de agua.

MASA DE AGUA	Nº PUNTOS	MASA DE AGUA	Nº PUNTOS
002 PÁRAMO DE SEDANO Y LORA	3	048 ALUVIAL DE LA RIOJA-MENDAVIA	1
004 MANZANEDO-OÑA	1	049 ALUVIAL DEL EBRO-ARAGÓN: LODOSA-TUDELA	3
005 MONTES OBARENES	1	050 ALUVIAL DEL ARGA MEDIO	2
006 PANCORBO-CONCHAS DE HARO	2	051 ALUVIAL DEL CIDACOS	1
007 VALDEREJO-SOBRÓN	6	056 SASOS DE ALCANADRE	1
009 ALUVIAL DE MIRANDA DE EBRO	1	060 ALUVIAL DEL CINCA	1
010 CALIZAS DE LOSA	1	061 ALUVIAL DEL BAJO SEGRE	3
011 CALIZAS DE SUBIJANA	3	062 ALUVIAL DEL MEDIO SEGRE	1
012 ALUVIAL DE VITORIA	1	063 ALUVIAL DE URGELL	1
013 CUARTANGO-SALVATIERRA	6	064 CALIZAS DE TÁRREGA	1
014 GORBEA	3	065 PRADOLUENGO-ANGUIANO	4
015 ALTUBE-URKILLA	2	066 FITERO-ARNEDILLO	2
016 SIERRA DE AIZKORRI	2	067 DETRITICO DE ARNEDO	1
017 SIERRA DE URBASA	5	068 MANSILLA-NEILA	3
018 SIERRA DE ANDÍA	4	069 CAMEROS	1
019 SIERRA DE ARALAR	2	070 AÑAVIEJA-VALDEGUTUR	1
020 BASABURÚA-ULZAMA	8	072 SOMONTANO DEL MONCAYO	1
021 IZKI-ZUDAIRE	3	074 SIERRAS PALEOZICAS DE LA VIRGEN Y VICORT	3
022 SIERRA DE CANTABRIA	1	075 CAMPO DE CARIÑENA	1
023 SIERRA DE LÓQUIZ	4	078 MANUBLES-RIBOTA	1

MASA DE AGUA	Nº PUNTOS	MASA DE AGUA	Nº PUNTOS
024 BUREBA	2	079 CAMPO DE BELCHITE	2
025 ALTO ARGÁ-ALTO IRATI	7	080 CUBETA DE AZUARA	2
026 LARRA	2	081 ALUVIAL JALÓN-JILOCA	2
027 EZCAURRE-PEÑA TELERA	6	082 HUERVA-PEREJILES	3
028 ALTO GÁLLEGO	1	083 SIERRA PALEOZOICA DE ATECA	1
029 SIERRA DE ALAIZ	1	084 ORICHE-ANADÓN	1
030 SINCLINAL DE JACA-PAMPLONA	6	086 PÁRAMOS DEL ALTO JALÓN	2
031 SIERRA DE LEYRE	5	087 GALLOCANTA	1
032 SIERRA TENDÉÑERA-MONTE PERDIDO	5	088 MONREAL-CALAMOCHA	3
033 SANTO DOMINGO-GUARA	7	089 CELLA-OJOS DE MONREAL	4
034 MACIZO AXIAL PIRENAICO	10	090 POZONDÓN	2
035 ALTO URGELL	2	091 CUBETA DE OLITE	3
036 LA CERDANYA	1	092 ALIAGA-CALANDA	3
037 COTIELLA-TURBÓN	6	093 ALTO GUADALOPE	1
038 TREMP-ISONA	7	094 PITARQUE	4
039 CADÍ-PORT DEL COMTE	2	095 ALTO MAESTRAZGO	3
040 SINCLINAL DE GRAUSS	90	096 PUERTOS DE BECEITE	4
041 LITERA ALTA	4	097 FOSA DE MORA	3
042 SIERRAS MARGINALES CATALANAS	5	098 PRIORATO	2
043 ALUVIAL DEL OCA	2	099 PUERTOS DE TORTOSA	3
045 ALUVIAL DEL OJA	1	100 BOIX-CARDÓ	2
046 LAGUARDIA	2	101 ALUVIAL DE TORTOSA	1
047 ALUVIAL DEL NAJERILLA-EBRO	1	104 SIERRA DEL MONTSIÁ	2
		SIN MASA DE AGUA	12

5.1.2.2 Toma de muestras y parámetros analizados

Como se ha señalado anteriormente, durante el año 2014 se han muestreado 252 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; durante el año 2014 se ha completado el muestreo de esta red, iniciado durante el año 2013.

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- QUIMICOS	CATIONES	ANIONES
pH	Amonio total	Nitratos
Temperatura del agua	Calcio	Cloruros
Potencial redox	Magnesio	Sulfatos
Conductividad a 20 °C	Sodio	Nitratos
Oxígeno disuelto	Potasio	Carbonatos
Oxígeno disuelto		Bicarbonatos
CO ₂ libre		
DQO		
Alcalinidad		
Sílice		

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 las empresas Compañía General de Sondeos (CGS) y Creatividad y

Tecnología, S.A. (CYTSA); ambas tareas se han realizado en el marco de un contrato de servicios para el muestreo de aguas subterráneas.

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 la metodología de muestreo, la conservación de las muestras, y el 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, La Rioja y País Vasco. En la tabla 5.1.3 se indica el número de puntos de cada una de las redes, así como el número de analíticas realizadas en el año 2014. La distribución de estos puntos en la cuenca del Ebro puede observarse conjuntamente 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 2014	Nº analíticas en 2014
Cataluña	111	114
Navarra	49	95
País Vasco	27	173
La Rioja	5	30

5.1.3 Diagnóstico del estado químico

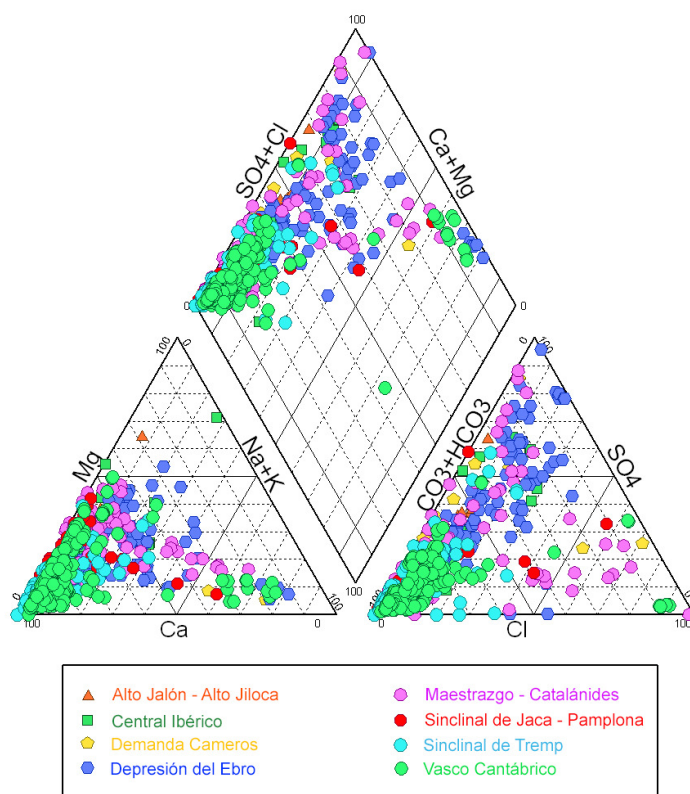
El análisis hidroquímico de las aguas subterráneas a partir de los últimos muestreos de la RBAS y de los datos pertenecientes a las comunidades autónomas permite realizar una evaluación sobre el quimismo de las aguas, comparando los resultados obtenidos con las condiciones de referencia establecidas 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^{++} , Mg^{++} , 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 resultados analíticos de 2014 de todos los puntos de la RBAS y de las CCAA, se puede observar en la figura 5.1.3. Esta figura muestra 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 5.1.3 Diagrama de Piper de los análisis de los programas de control de vigilancia distribuidos por dominios



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 los 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.

En las siguientes figuras se representan en diagramas de Piper los resultados analíticos obtenidos en los distintos dominios hidrogeológicos definidos en la demarcación del Ebro. Sobre este diagrama se representan las analíticas de 2014 de los puntos pertenecientes a los programas de control de vigilancia de la CHE y las redes de las comunidades autónomas (Cataluña, La Rioja, Navarra y País Vasco) en el dominio en cuestión. En cada uno de los diagramas se representa una envolvente que expresa el quimismo general de dicho dominio, obtenida a partir del análisis de todos los datos anteriores.

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 explicadas, y en su caso evaluadas, para buscar el origen de dichas anomalías.

5.1.3.1 Dominio Vasco – Cantábrico (1)

El Dominio Vasco-Cantábrico está representado por 91 puntos de agua (63 pertenecientes a la RBAS y 28 a las CCAA) distribuidos en 24 masas de agua subterránea. Su química está dominada fundamentalmente por la disolución de calcita y dolomita, y de algo de yeso (figura 5.1.4).

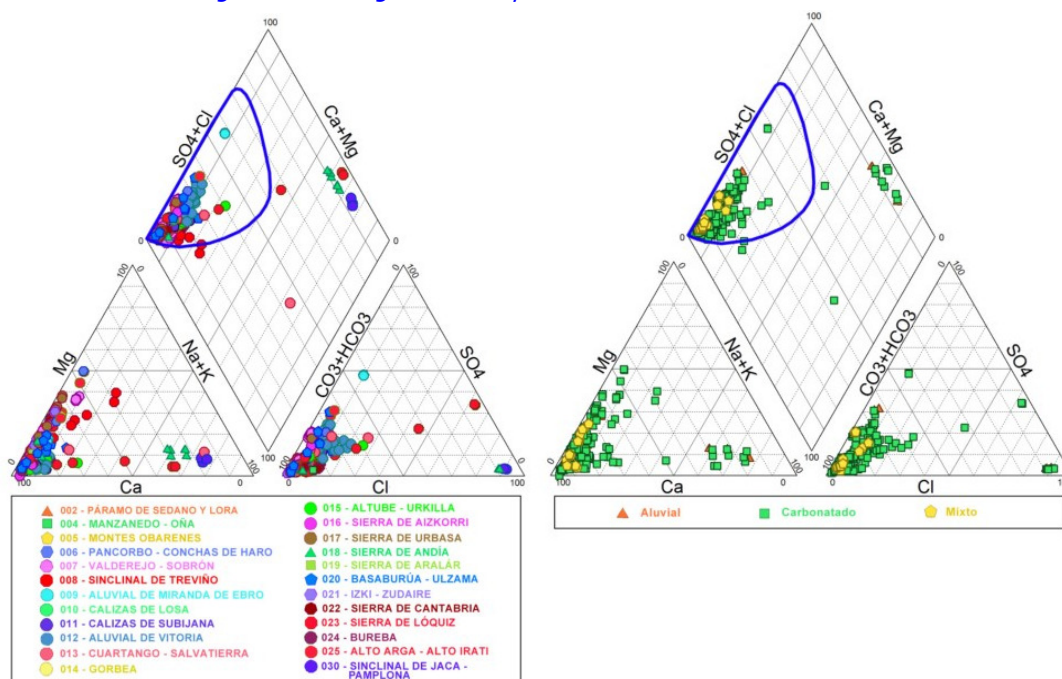
La composición aniónica presenta una clara abundancia de aguas bicarbonatadas, muchas de ellas con un contenido muy elevado de este ión (90-95%). Varias muestras, asociadas a 3 puntos de muestreo, presentan una composición netamente clorurada.

La composición catiónica presenta una dominancia de puntos que varían entre la composición netamente cálcica (>90%) y la más cercana a magnésica (magnesio al 50% y calcio al 50%). Algunas muestras, asociadas aniónicas cloruradas, presentan un carácter más sódico que en algún caso supera el 75% de contenido en sodio.

Atendiendo a las diferencias hidroquímicas en función de las litologías dominantes, las masas de agua subterránea predominantemente carbonatadas son las que presentan una mayor evolución pasando de bicarbonatadas-cálcicas a clorurado-sódicas. Las masas de agua aluviales y mixtas presentan menor variabilidad química, predominando el carácter bicarbonatado cálcico.

Algunos puntos presentan características anómalas, es el caso del Manantial de Agua Salada (240860060), situado en la masa de agua 023- Sierra de Lóquiz, que presenta un carácter clorurado-sulfatado sódico, con una conductividad de 8.999 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Por otro lado, los manantiales 250810039 (Baños de Belascoáin) y 250810005 (Echauri), situados en la masa de agua 018 - Sierra de Andía, y el 250810004 (manantial de Íbero), ubicado en la masa de agua 030 - Sinclinal de Jaca Pamplona, presentan conductividades máximas de 4.388, 4.058 y 6.326 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente; esta composición química está relacionado con el vertido profundo de salmueras procedente de minería de sales potásicas en las fosas eocenas, a casi 1.000 m de profundidad. Por último, el punto 230810010 (Manantial de Alborón), situado en la masa de agua 023 - Sierra de Lóquiz, presenta igualmente unas características anómalas (sulfatada-clorurada- sódico-cálcica a bicarbonatada cálcica). Las masas de agua aluviales y mixtas presentan menor variabilidad química predominando el carácter bicarbonatado cálcico. Existe un punto de agua con un mayor contenido en sulfato que se corresponde con el Sondeo Llana de Antepardo (210870277), situado en la masa de agua 009 - Aluvial de Miranda de Ebro.

Figura 5.1.4 Diagramas de Piper del dominio Vasco - Cantábrico



5.1.3.2 Dominio Sinclinal de Jaca – Pamplona (2)

El Dominio Sinclinal de Jaca - Pamplona está representado por 49 puntos de agua (40 pertenecientes a la RBAS y 9 a las CCAA) distribuidos en 9 masas de agua subterránea. Este dominio presenta una composición claramente dominada por las aguas bicarbonatadas cálcicas debido a que el proceso químico dominante es la disolución de calcita y dolomita.

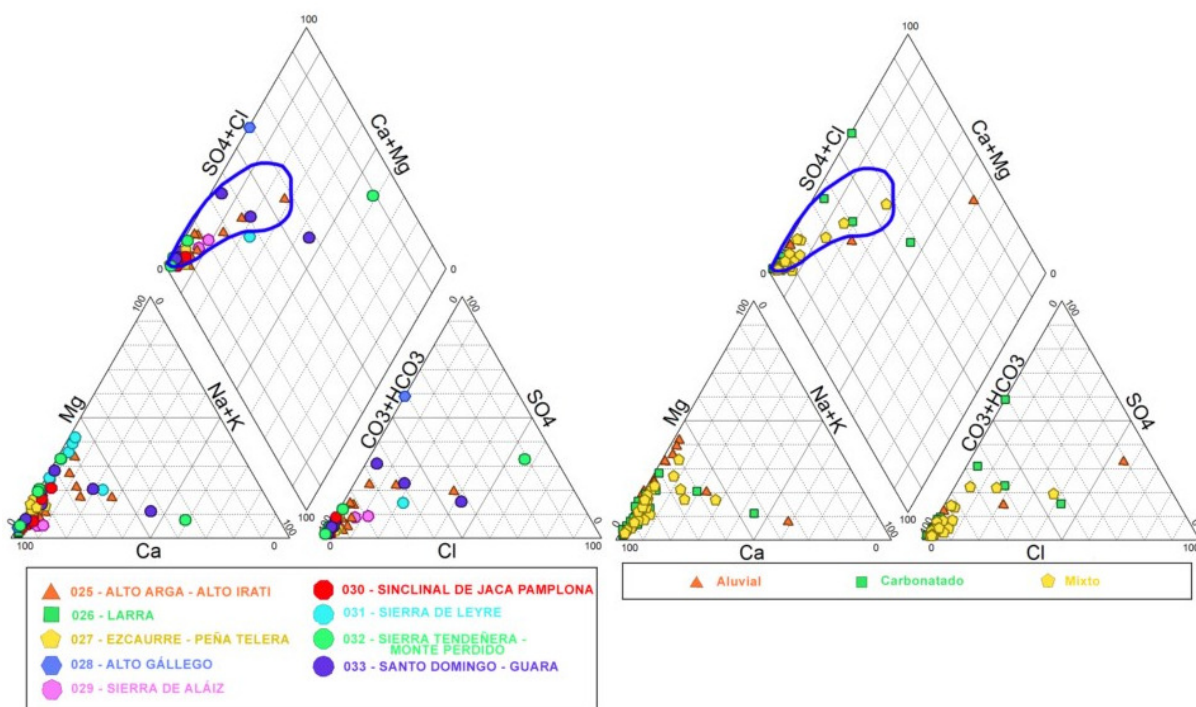
La variabilidad de la composición catiónica es menor que la observada en la composición aniónica, por la presencia de calizas como litología dominante, que aportan los iones calcio (Figura 5.1.5). Así, los contenidos de calcio en las aguas varían entre el 50 y el 95%. Algunas muestras presentan mayor contenido en sodio hasta valores del 60%.

La composición aniónica es más variable y, aunque mayoritariamente presentan un carácter bicarbonatado, se observan puntos como el 260720016 (Manantial Zazpicun), el 301230005 (Manantial de los Baños de Alquézar) o el 290820017 (Fuente del Furco), con mayor contenido en sulfato y mayores concentraciones de cloruro. Estas concentraciones más elevadas de cloruro quedan justificadas por su relación con grandes fracturas o por su contacto con los materiales evaporíticos del Keuper.

En cuanto a las diferencias hidroquímicas en función de las litologías dominantes, las masas de agua aluviales son bicarbonatadas cálcicas con una cierta dispersión hacia magnésicas. Las masas de agua carbonatadas y mixtas presentan mayor variabilidad química, encontrándose aguas más evolucionadas.

Finalmente, señalar las características anómalas del 300980003 (Manantial de Puyarruego), situado en la masa de agua 032 - Sierra de Tendeñera – Monte Perdido y que se encuentra relacionado con una gran fractura, presentando aguas termales de carácter clorurado sódico y una conductividad de 2.592 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Figura 5.1.5 Diagramas de Piper del dominio Sinclinal de Jaca - Pamplona



5.1.3.3 Dominio Sinclinal de Tresp (3)

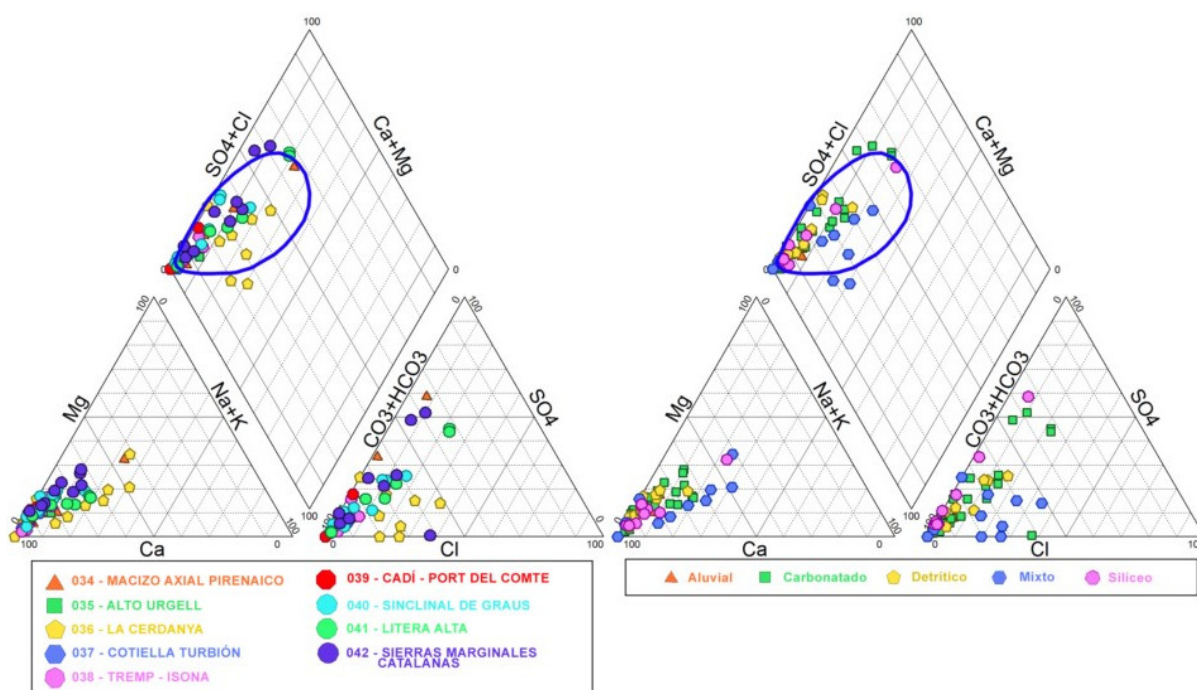
El Dominio Sinclinal de Tresp está representado por 63 puntos de agua (49 en la RBAS y 14 puntos a la comunidad autónoma de Cataluña) distribuidos en 9 masas de agua subterránea. Presenta de manera general una composición bicarbonatada cálcica, con una cierta dispersión de los valores hacia mayores concentraciones aniónicas de sulfatos y cloruros, llegando a ser en varios casos sulfatadas cálcicas.

La composición catiónica del Dominio del Sinclinal de Tresp es menos variable que la aniónica, presentando un carácter claramente cálcico aunque con una ligera dispersión hacia el vértice del magnesio y en menor medida del mixto Na - K. En cuanto a la composición aniónica, el rango existente oscila desde un carácter bicarbonatado (>95%) hasta un carácter sulfatado en algunas de las muestras.

Atendiendo a las diferencias hidroquímicas en función de las litologías dominantes, las masas de agua aluviales (035 - Alto Urgell) y detríticas (040 - Sinclinal de Graus), muestran principalmente aguas de carácter bicarbonatado cálcico; las mixtas (036 - La Cerdanya), son bicarbonatadas con una dispersión hacia mixtas cloruradas; las masas de agua carbonatadas (037- Cotiella- Turbón, 038- Tresp- Isona, 039- Cadí- Port del Compte, 041- Litera Alta y 042- Sierras Marginales Catalanas), y en menor medida, las silíceas (034- Macizo Axial Pirenaico), presentan mayor variabilidad aniónica llegando a presentar un carácter claramente sulfatado (Figura 5.1.6).

Estas últimas muestras de carácter sulfatado, que presentan quimismos anómalos en relación al Dominio, se observan en los puntos 311220012 (Manantial de La Reguera) ubicado en la masa 041 - Litera Alta y en los puntos 331330012 (Pozo de Baldomar) y 321380007 (PARETS) ambos ubicados en litologías carbonatadas de la masa de agua 42 - Sierras Marginales Catalanas.

Figura 5.1.6 Diagramas de Piper del dominio Sinclinal de Tresp



5.1.3.4 Dominio Depresión del Ebro (4)

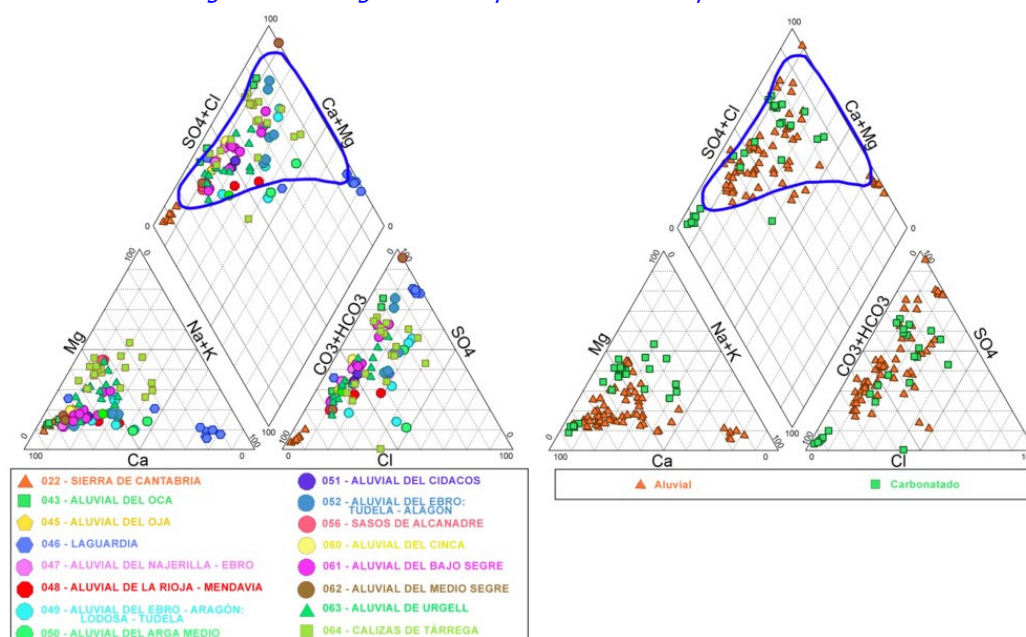
El Dominio de la Depresión del Ebro contiene 67 puntos de agua ubicados en 16 masas de agua subterránea (24 pertenecientes a la RBAS y 43 a las CCAA); hay que destacar que la mayor parte de los acuíferos se desarrollan en los aluviales de los grandes ríos, y en la zona central semiárida con sustrato yesífero de la Depresión del Ebro, que está constituida por un sustrato yesífero que en algunas zonas es claramente salino. Las particulares condiciones geológicas e hidrogeológicas de las distintas masas de agua subterránea de este Dominio, hacen 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 5.1.7). 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 apenas superar el 50% de magnesio en los puntos muestreados, 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).

Atendiendo a las diferencias hidroquímicas en función de las litologías dominantes, las aguas de las masas de agua situadas en los aluviales registran la gran variabilidad química señalada, con muestras que presentan elevados contenidos de sulfato debido fundamentalmente a la naturaleza yesífera de los materiales geológicos que las conforman, e incluso salinas, con aguas netamente cloruradas sódicas. En cuanto a las masas de agua carbonatadas, puede diferenciarse la composición química de las masas de agua representadas en este Dominio, siendo de carácter bicarbonatado cálcico, con conductividades en torno a 350-500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la masa 022 - Sierra de Cantabria, las captaciones ubicadas en la masa de agua 046 - Laguardia de composición sulfatadas sódicas, y fundamentalmente sulfatadas de facies mixtas con altas conductividades en la masa de agua 064 - Calizas de Tárrega.

Figura 5.1.7 Diagramas de Piper del dominio Depresión del Ebro



5.1.3.5 Dominio Demanda – Cameros (5)

El Dominio de Demanda-Cameros está representado por 18 puntos de agua distribuidos en 5 masas de agua perteneciendo 5 de ellos a la redes de las comunidades autónomas.

De manera general, las aguas de este dominio presentan una distribución de valores entre bicarbonatadas, sulfatadas y cloruradas. El contenido aniónico está representado por aguas principalmente bicarbonatadas que varían por una parte hacia aguas sulfatadas, y en menor medida hacia aguas cloruradas (figura 5.1.8).

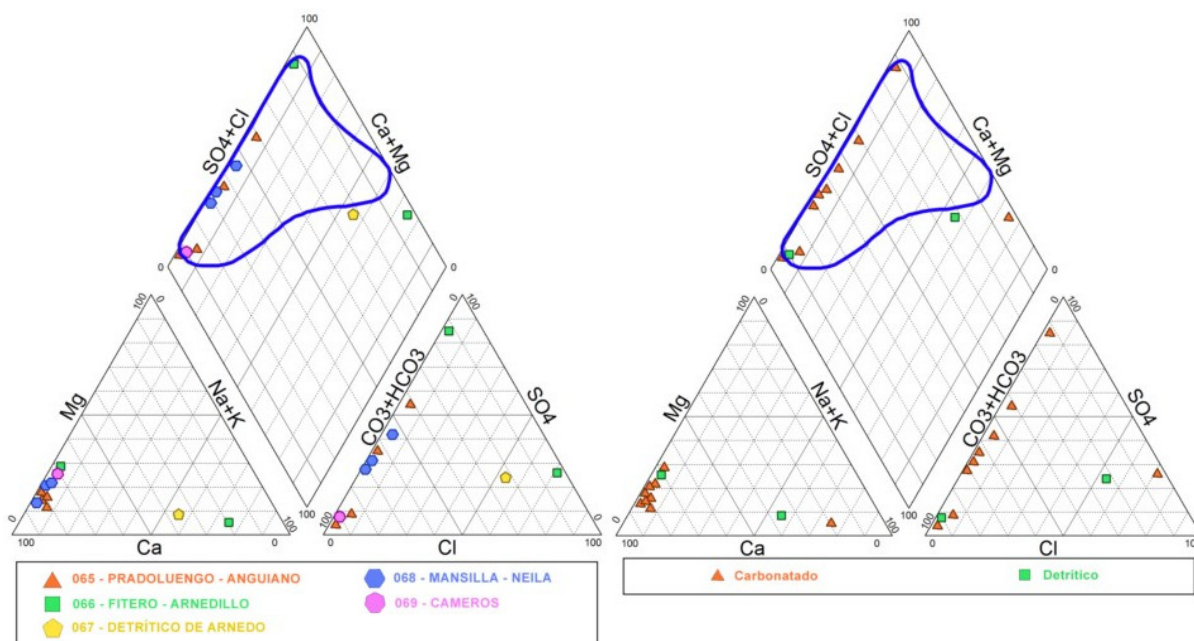
En cuanto a la composición catiónica, existen aguas cálcicas, con un porcentaje de magnesio que alcanza el 30%, y por otro lado, aguas con un creciente contenido de sodio (>70%).

En la representación de las composiciones en función de las litologías dominantes, se observa que las masas de agua subterránea carbonatadas (065 - Pradoluengo-Anguiano y 068 – Mansilla – Neila) muestran, de manera general, una composición desde el polo bicarbonatado cálcico (Manantial de Valgañón. Tres caños - 221120001, ubicado en la masa de agua 065- Pradoluengo – Anguiano) hacia el sulfatado cálcico, con conductividades comprendidas entorno a los 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En la masa de agua 066 - Fitero – Arnedillo, se observa una situación anómala respecto al quimismo general de las masas de agua carbonatadas, ya que sus aguas tienen un carácter desde sulfatado cálcico hasta clorurado sódico con valores de conductividad elevados. En la masa de agua de litología detrítica 067 - Detrítico de Arnedo lo que predomina son las aguas con facies hidroquímicas cloruradas sódicas, y valores de conductividad más elevados debido a la naturaleza salina de los materiales.

En la masa 069 - Cameros se observa el punto Fuente Lace (221230018), que presenta un agua bicarbonatada cálcica, con un bajo valor de conductividad (323 $\mu\text{S}/\text{cm}$), claramente sin relación con estos materiales salinos, ni con procesos termales.

Figura 5.1.8 Diagramas de Piper del dominio Demanda - Cameros



5.1.3.6 Dominio Central Ibérico (6)

El Dominio Central Ibérico en la RBAS está representado en el año 2014 por 18 puntos distribuidos en 11 masas de agua. No se dispone de datos pertenecientes a puntos operados por las comunidades autónomas.

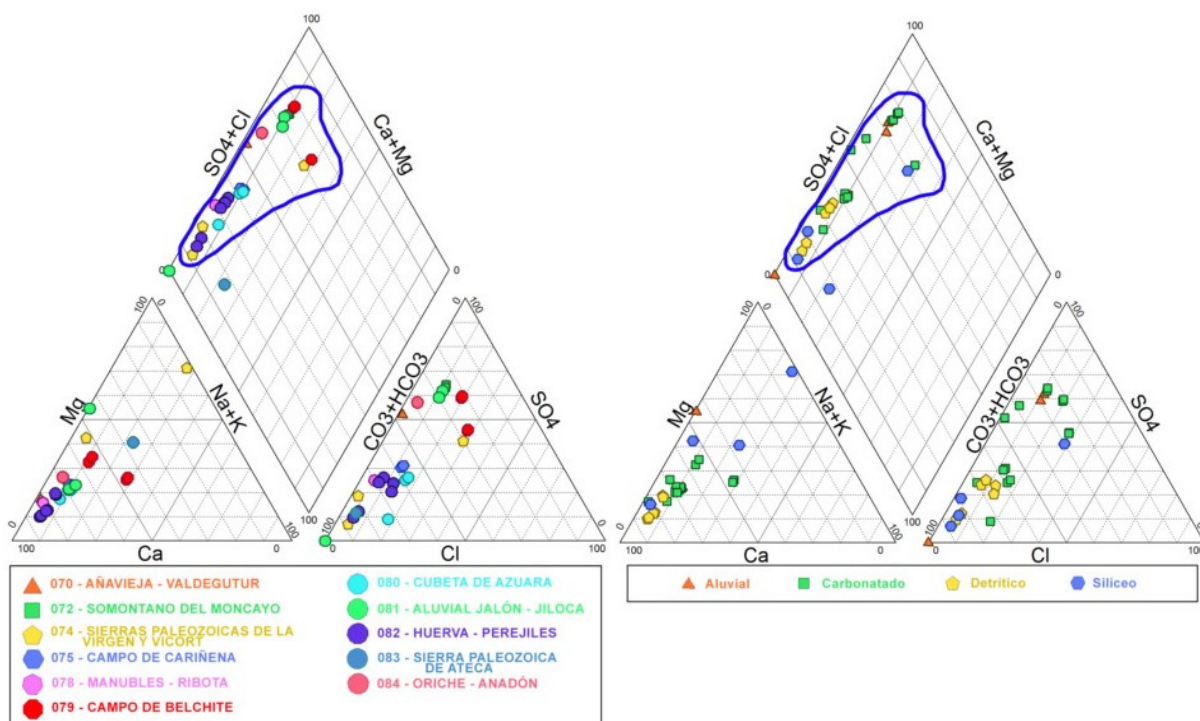
De manera general, las aguas de este dominio presentan una distribución de valores entre bicarbonatadas y sulfatadas cálcicas.

Atendiendo a las diferencias hidroquímicas en función de las litologías dominantes, las masas de agua subterránea predominantemente detríticas, muestran menores conductividades (400 - 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y una composición claramente bicarbonatada cálcica con escasas variaciones en los contenidos catiónicos y aniónicos. En el caso de las masas de aguas carbonatadas, presentan una distribución de valores entre bicarbonatadas y sulfatadas cálcicas, con conductividades entorno a 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esta dispersión de los aniones desde el polo bicarbonato hacia el del sulfato se produce como consecuencia del progresivo enriquecimiento en sulfato y algo en cloruro de las aguas, pasando de bicarbonatadas a sulfatadas.

En los materiales aluviales la composición varía de bicarbonatada a sulfatada, cabe destacar respecto a otras aguas de este dominio el punto Veras del Juncal (251730123), con una conductividad de 19.620 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Finalmente, en las masas de agua principalmente silíceas, se observan mayores variaciones en los contenidos tanto catiónicos como aniónicos, produciéndose un progresivo enriquecimiento en sulfato y presentando un carácter magnésico-cálcico en varios casos. Estas aguas presentan valores de conductividad que oscilan entre los 200 y los 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Figura 5.1.9 Diagramas de Piper del dominio Central Ibérico



5.1.3.7 Dominio Alto Jalón – Alto Jiloca (7)

El Dominio Alto Jalón – Alto Jiloca está representado por 12 puntos distribuidos en 5 masas de agua subterránea, todas ellas de naturaleza predominantemente carbonatada. En este dominio no se dispone de datos pertenecientes a puntos operados por las comunidades autónomas.

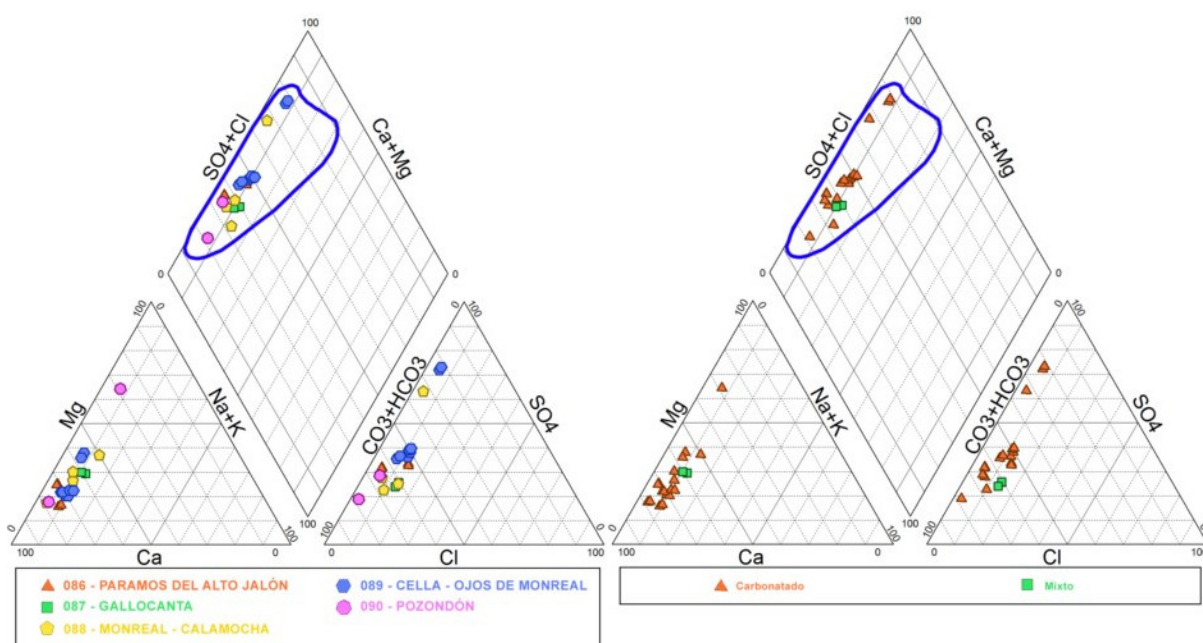
Las aguas de este Dominio presentan de manera general una distribución de valores semejante a las del Dominio Central Ibérico.

Las aguas de este dominio se dispersan desde una composición de bicarbonatada a bicarbonatada sulfatada, y finalmente, sulfatada. Existe una dispersión de los aniones desde el polo del bicarbonato, produciéndose un progresivo enriquecimiento en sulfato y en menor medida en cloruro por procesos de disolución de yesos y otros materiales salinos.

Los cationes presentan un carácter menos variable que los aniones, siendo en su mayor parte cálcicas pasando en sus fases más evolucionadas a magnésico-cálcicas y magnésicas (>60%).

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, de naturaleza principalmente carbonatada (figura 5.1.10). Así, las aguas de la masa 086 - Páramos del alto Jalón, presentan una conductividad media de 588 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y son bicarbonatadas cálcicas, pasando a aguas sulfatado bicarbonatadas en la masa 088 – Monreal - Calamocha y 087 Gallocanta, para finalizar en sulfatadas en varias muestras de la masa de agua 089 - Cella – Ojos de Monreal.

Figura 5.1.10 Diagramas de Piper del dominio Alto Jalón – Alto Jiloca



5.1.3.8 Dominio Maestrazgo – Catalánides (8)

El Dominio Maestrazgo – Catalánides está representado por 79 puntos de agua distribuidos en 13 masas de agua subterránea (33 puntos pertenecen a la RBAS y 46 puntos son controlados por las CCAA).

De manera general, las aguas de este dominio presentan una distribución de valores entre bicarbonatadas, sulfatadas y cloruradas. La composición catiónica del Dominio Maestrazgo-Catalánides presenta un grupo de aguas con una facies hidroquímica variable entre cálcica y cálcica-magnésica (figura 5.1.11), existiendo un proceso gradual de sodificación en algunas muestras de este Dominio en masas de agua principalmente detríticas.

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. Las aguas parten del polo bicarbonato y se dirige hacia el vértice del sulfato con un contenido máximo en este ión entorno al 90% en los puntos 312020002 – Font Sendrosa y 311880063 - CATEDRAL 2. Además, existen muestras con contenidos muy altos en cloruros, asociados a la masa de agua 105 - Delta del Ebro, hecho que está relacionado con la existencia de aguas marinas relictas en el Delta, y en menores concentraciones asociadas a las masas 101 – Aluvial de Tortosa, 102 – Plana de La Galera y 104 – Sierra de Montsiá, llegando a alcanzar casi un 60% en la masa de agua 102 – Plana de La Galera.

En la representación de las composiciones en función de las litologías dominantes, se observa que la mayor variabilidad química se presenta en las masas de agua de naturaleza detrítica, y en menor medida en las de naturaleza aluvial y las carbonatadas. En estas últimas también existe dispersión de las composiciones entre bicarbonatadas cálcicas y sulfatadas cálcicas y magnésicas, evolucionando a cloruradas sódicas. En este sentido, las masas de agua carbonatadas 103 – Mesozoico de La Galera y 104 – Sierra del Montsiá, presentan mayores contenidos de sodio y cloruro, y las masas de agua 091 – Cubeta de Olite, 096 – Puertos de Beceite, 097 – Fosa de Mora y 099 – Puertos de Tortosa, presentan aguas con mayores contenidos de sulfatos. Por último, en la masa de agua formada por materiales paleozoicos, representada por la 098 – Priorato, existe una dispersión de las composiciones entre bicarbonatadas y sulfatadas cálcicas presentando valores más bajos de conductividad.

Figura 5.1.11 Diagramas de Piper del dominio Maestrazgo - Catalánides

