

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.

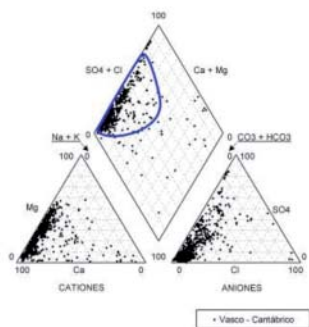
En el año 2003, en un trabajo realizado por la Oficina de Planificación Hidrológica denominado “Caracterización hidroquímica de las aguas de la cuenca del Ebro” se realizó un primer intento de caracterización físico-química de las aguas subterráneas de la cuenca, con la información previa disponible 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 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.

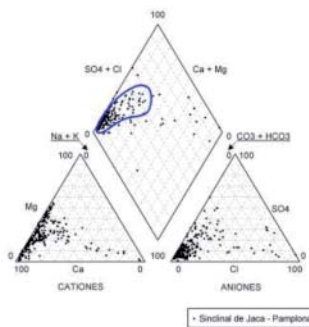
Utilizando las conclusiones de este trabajo, se realizará una evaluación sobre el quimismo de las aguas subterráneas en el año 2012, si bien resta todavía un importante trabajo a realizar en los próximos años consistente en el establecimiento de las condiciones de referencia para cada una de las masas 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

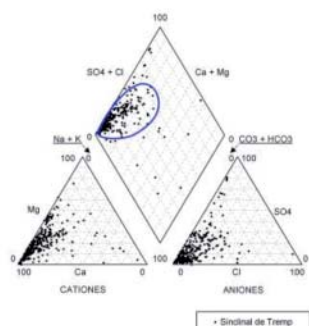
1. VASCO-CANTÁBRICO



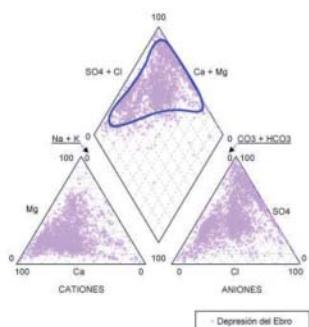
2. SINCLINAL DE JACA-PAMPLONA



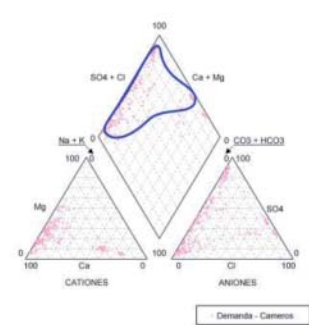
3. SINCLINAL DE TREMP



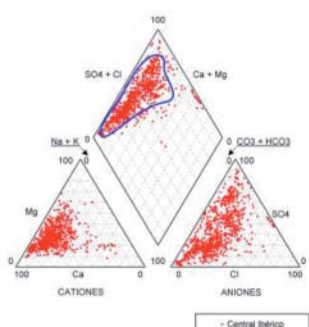
4. DEPRESIÓN DEL EBRO



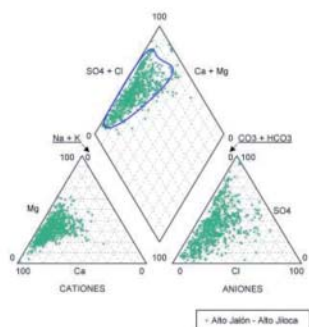
5. DEMANDA-CAMEROS



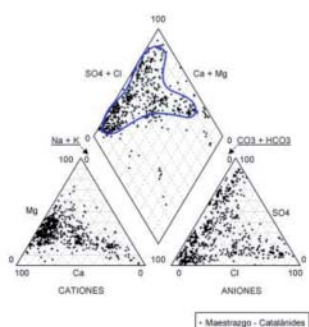
6. CENTRAL IBÉRICO



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 443 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 2012 se han muestreado 315 puntos de los 443 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 2012 POR MASA DE AGUA

MASA DE AGUA	Nº PUNTOS	MASA DE AGUA	Nº PUNTOS
001 FONTIBRE	1	048 ALUVIAL DE LA RIOJA-MENDEAVIA	1
002 PÁRAMO DE SEDANO Y LORA	3	049 ALUVIAL DEL EBRO-ARAGÓN: LODOSA-TUDELA	3
003 SINCLINAL DE VILLARCAYO	1	050 ALUVIAL DEL ARGÁ MEDIO	2
004 MANZANEDO-OÑA	1	051 ALUVIAL DEL CIDACOS	1
005 MONTES OBARENES	2	052 ALUVIAL DEL EBRO:TUDELA-ALAGÓN	1
006 PANCORBO-CONCHAS DE HARO	3	056 SASOS DE ALCANADRE	1
007 VALDEREJO-SOBRÓN	6	060 ALUVIAL DEL CINCA	5
008 SINCLINAL DE TREVIÑO	1	061 ALUVIAL DEL BAJO SEGRE	3
009 ALUVIAL DE MIRANDA DE EBRO	1	062 ALUVIAL DEL MEDIO SEGRE	2
010 CALIZAS DE LOSA	2	063 ALUVIAL DE URGELL	1
011 CALIZAS DE SUBIJANA	2	064 CALIZAS DE TÁRREGA	1
012 ALUVIAL DE VITORIA	1	065 PRADOLUENGO-ANGUIANO	5
013 CUARTANGO-SALVATIERRA	6	066 FITERO-ARNEDILLO	2
014 GORBEA	4	067 DETRITICO DE ARNEDO	1
015 ALTUBE-URKILLA	3	068 MANSILLA-NEILA	4
016 SIERRA DE AIZKORRI	3	069 CAMEROS	1
017 SIERRA DE URBASA	5	070 AÑAVIEJA-VALDEGUTUR	1
018 SIERRA DE ANDÍA	4	072 SOMONTANO DEL MONCAYO	2

MASA DE AGUA	Nº PUNTOS	MASA DE AGUA	Nº PUNTOS
019 SIERRA DE ARALAR	4	073 BOROBIA-ARANDA DE MONCAYO	1
020 BASABURÚA-ULZAMA	9	074 SIERRAS PALEOZICAS DE LA VIRGEN Y VICORT	3
021 IZKI-ZUDAIRE	3	075 CAMPO DE CARIÑENA	1
022 SIERRA DE CANTABRIA	2	078 MANUBLES-RIBOTA	1
023 SIERRA DE LÓQUIZ	5	079 CAMPO DE BELCHITE	2
024 BUREBA	3	080 CUBETA DE AZUARA	3
025 ALTO ARGA-ALTO IRATI	8	081 ALUVIAL JALÓN-JILOCA	2
026 LARRA	2	082 HUERVA-PEREJILES	3
027 EZCAURRE-PEÑA TELERA	9	083 SIERRA PALEOZOICA DE ATECA	1
028 ALTO GÁLLEGO	2	084 ORICHE-ANADÓN	2
029 SIERRA DE ALAIZ	1	085 SIERRA DE MIÑANA	1
030 SINCLINAL DE JACA-PAMPLONA	8	086 PÁRAMOS DEL ALTO JALÓN	5
031 SIERRA DE LEYRE	5	088 MONREAL-CALAMOCHA	3
032 SIERRA TENDÉÑERA-MONTE PERDIDO	6	089 CELLA-OJOS DE MONREAL	5
033 SANTO DOMINGO-GUARA	9	090 POZONDÓN	2
034 MACIZO AXIAL PIRENAICO	10	091 CUBETA DE OLIETE	3
035 ALTO URGELL	2	092 ALIAGA-CALANDA	5
036 LA CERDANYA	2	093 ALTO GUADALOPE	2
037 COTIELLA-TURBÓN	9	094 PITARQUE	5
038 TREMP-ISONA	9	095 ALTO MAESTRAZGO	4
039 CADÍ-PORT DEL COMTE	5	096 PUERTOS DE BECEITE	5
040 SINCLINAL DE GRAUS	10	097 FOSA DE MORA	4
041 LITERA ALTA	2	098 PRIORATO	2
042 SIERRAS MARGINALES CATALANAS	6	099 PUERTOS DE TORTOSA	4
043 ALUVIAL DEL OCA	2	100 BOIX-CARDÓ	2
045 ALUVIAL DEL OJA	1	101 ALUVIAL DE TORTOSA	3
046 LAGUARDIA	2	102 PLANA DE LA GALERA	2
047 ALUVIAL DEL NAJERILLA-EBRO	1	104 SIERRA DEL MONTSIÁ	1
		SIN MASA DE AGUA	15

5.1.2.2 TOMA DE MUESTRAS Y PARÁMETROS ANALIZADOS

Como se ha señalado anteriormente, durante el año 2012 se han muestreado 315 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 2012 se ha completado el muestreo de esta red, iniciado durante el año 2011.

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	CACIONES	ANIONES
pH	Amonio total	Cloruros
Temperatura del agua	Calcio	Sulfatos
Potencial redox	Magnesio	Nitratos
Conductividad a 20 °C	Sodio	Carbonatos
Oxígeno disuelto	Potasio	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 la empresa Compañía General de Ingeniería y Sondeos, S.A. (CGS); 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 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 2012. 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 2012	Nº analíticas en 2012
Cataluña	52	52
Navarra	48	89
País Vasco	27	115

■ 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 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.

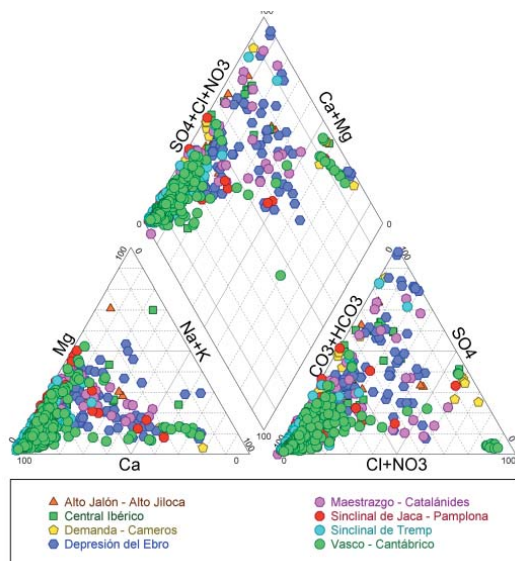
La facies química de las aguas subterráneas se ha caracterizado a partir de la presencia de los iones mayoritarios (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ y K^+) y de otros iones de importancia en el agua subterránea (NO_2^- , NH_4^+ , Fe y Mn).

La representación en un diagrama de Piper de los resultados analíticos de 2012 de todos los puntos de la RBAS y de las CCAA, se puede observar en la figura 5.1.2. 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 5.1.2 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 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 los siguientes apartados se presentan los resultados analíticos obtenidos en los distintos dominios hidrogeológicos definidos en la demarcación del Ebro. Se han presentado los resultados analíticos en diagramas de Piper diferenciando por un lado las masas de aguas subterránea de cada dominio, y por otro las tipología de acuíferos que nos podemos encontrar (aluvial, carbonatado, detrítico, silíceo, mixto, etc). 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.

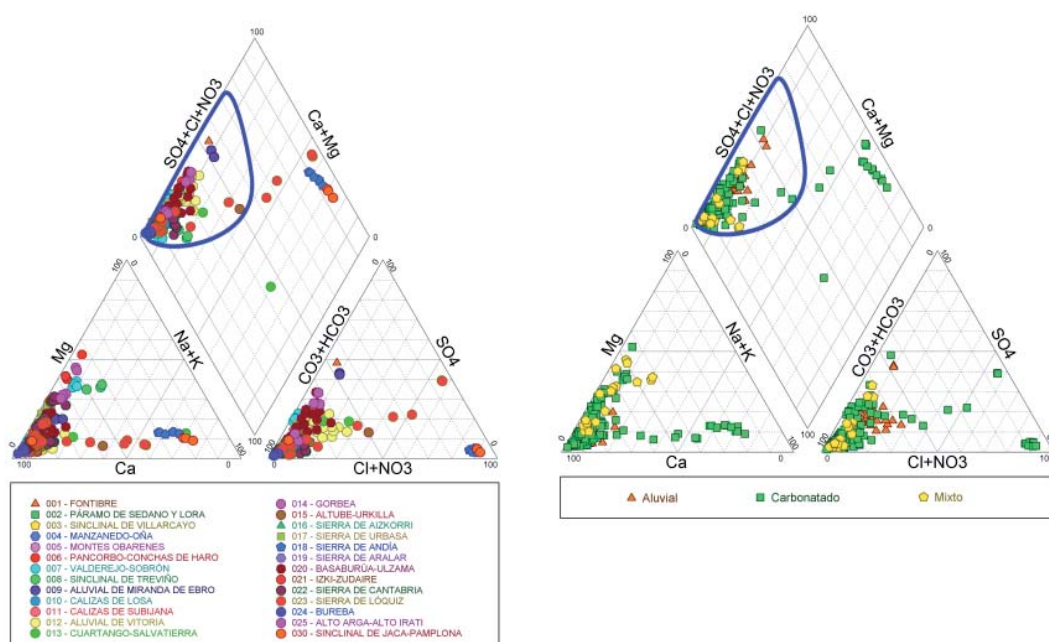
5.1.3.1 DOMINIO VASCO – CANTÁBRICO (1)

El Dominio Vasco-Cantábrico está representado por 132 puntos de agua (79 pertenecientes a la RBAS y 53 a la CCAA del País Vasco) distribuidos en 26 masas de agua subterránea. 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%). La composición catiónica presenta una dominancia de puntos que varían entre la composición netamente cálcica (>90%) y la más cercana a magnésica (magnesio al 40% y calcio al 60%). Un pequeño número de muestras presentan carácter más sódico que en algún caso supera el 70% 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 variabilidad pasando de bicarbonatadas-cálcicas a clorurado-sódicas. Algunos puntos presentan características anómalas, como el Manantial de Agua Salada (240860060), situado en la masa de agua 023- Sierra de Lóquiz, que presenta un carácter clorurado-sulfatado sódico-cálcico, con conductividades de 7.618 y 8.256 $\mu\text{S/cm}$. Por otro lado, los manantiales de Baños de Belascoáin (250810039) y Echauri (250810005), ubicados en la masa de agua 018 (Sierra de Andía), y el manantial de Íbero (250810004), ubicado en la masa de agua 030 (Sinclinal de Jaca Pamplona), presentan conductividades máximas de 5.373, 4.130 y 6.296 $\mu\text{S/cm}$, 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 Manantial de Alborón (230810010), situado en la masa de agua 023 (Sierra de Lóquiz), presenta igualmente unas características anómalas (sulfatada-clorurada- sódico-cálcica) con una conductividad de hasta 1.615 $\mu\text{S/cm}$. Las masas de agua aluviales y mixtas presentan menor variabilidad química predominando el carácter bicarbonatado cálcico.

Existen 2 puntos de agua con un mayor contenido en sulfato que se corresponden con el Nacimiento del río Polla (180760003), ubicado en la masa de agua 001 (Fontibre), y que se encuentra en contacto con los materiales evaporíticos de Keuper, y el Sondeo Llana de Antepardo (210870277), situado en la masa de agua 009 (Aluvial de Miranda de Ebro). No obstante, cabe señalar que las características de estos puntos no se salen del patrón establecido para este dominio, presentando conductividades de entre 612 y 1.062 $\mu\text{S/cm}$, siendo los valores algo elevados de sulfatos debidos a las condiciones naturales de las masas de agua subterránea.

FIGURA 5.1.3 DIAGRAMA DE PIPER DEL DOMINIO VASCO - CANTÁBRICO



5.1.3.2 DOMINIO SINCLINAL DE JACA - PAMPLONA (2)

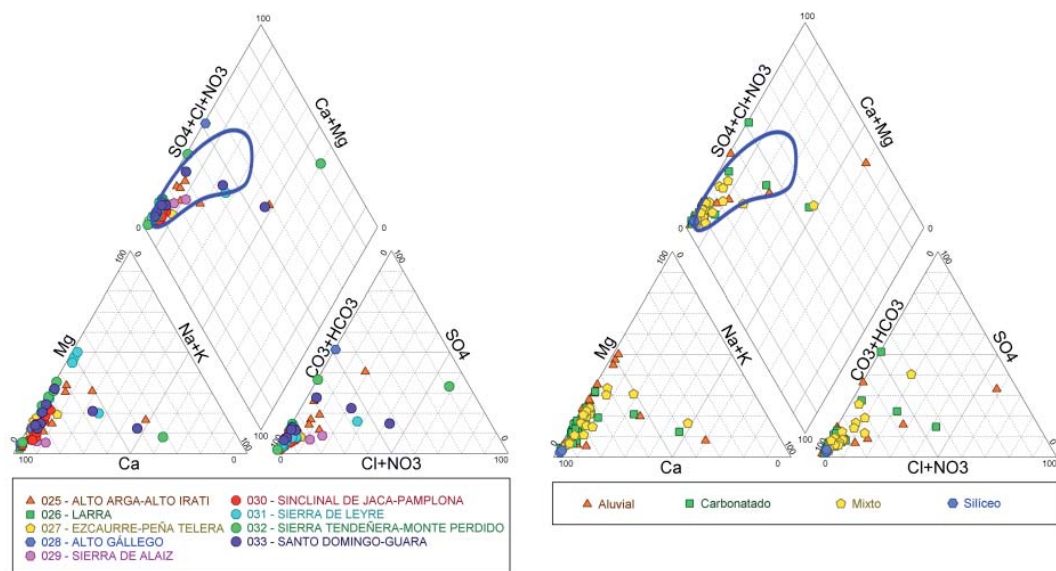
El Dominio Sinclinal de Jaca - Pamplona está representado por 63 puntos de agua (49 pertenecientes a la RBAS y 14 a las CCAA) distribuidos en 9 masas de agua subterránea. Este dominio presenta una composición claramente dominada por las aguas bicarbonatadas cálcicas debido a que el proceso químico dominante 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 5.1.4). 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 Manantial Zazpicun (260720016) y el Manantial de los Baños de Alquézar (301230005), 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 silíceas son claramente bicarbonatadas cálcicas con un contenido muy elevado de este catión, al igual que las masas de agua aluviales, aunque en este caso muestran mayor dispersión de sus valores hacia mayores concentraciones en magnesio. Las masas de agua carbonatadas y mixtas son las que presentan mayor variabilidad química, encontrándose aguas más evolucionadas.

Finalmente, señalar las características anómalas del Manantial de Puyarruego (300980003), 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 5.1.4 DIAGRAMA DE PIPER DEL DOMINIO SINCLINAL DE JACA - PAMPLONA



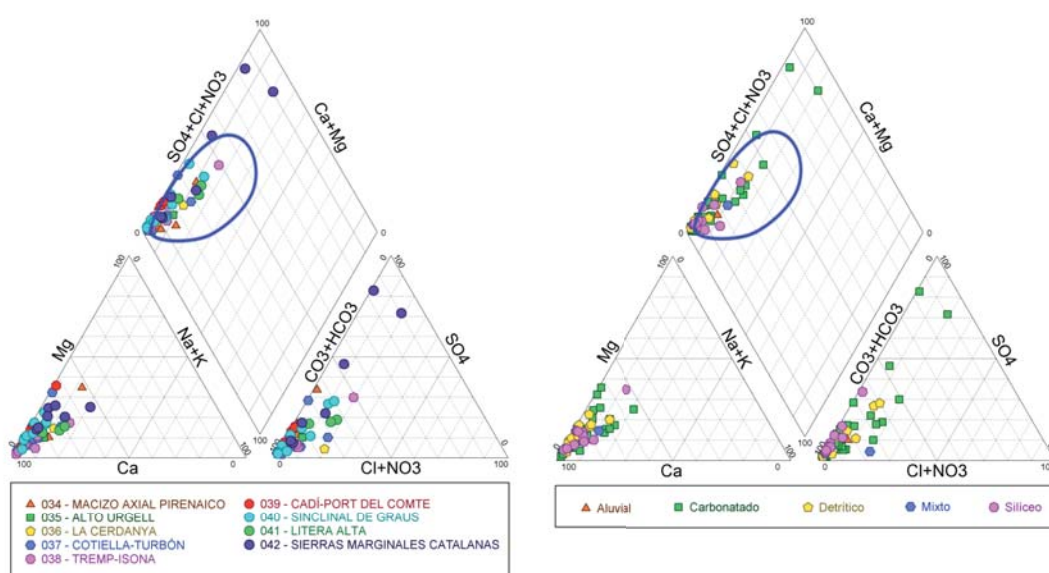
5.1.3.3 DOMINIO SINCLINAL DE TREMP (3)

El Dominio Sinclinal de Tresp está representado por 59 puntos de agua (58 en la RBAS y 1 punto de de la comunidad autónoma de Cataluña) distribuidos en 9 masas de agua subterránea. Presenta de manera general una composición bicarbonatada cálcica, con un gran número de muestras cuyos contenidos en bicarbonato son mayores que el 85%.

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, aunque sin llegar a alcanzar el 50% de catión. En cuanto a la composición aniónica, el rango existente oscila desde un carácter bicarbonatado (>95%) hasta un carácter claramente sulfatado (>80%) en algunas de las muestras.

Atendiendo a las diferencias hidroquímicas en función de las litologías dominantes, las masas de agua de litologías detríticas (040- Sinclinal de Graus), mixtas (036- La Cerdanya), silíceas (034- Macizo Axial Pirenaico) y aluviales (035- Alto Urgell) muestran aguas de carácter bicarbonatado cálcico, quimismo característico de este dominio. En cuanto a las masas de agua subterránea predominantemente carbonatadas (037- Cotiella- Turbón, 038- Tresp- Isona, 039- Cadí- Port del Compte, 041- Litera Alta y 042- Sierras Marginales Catalanas), son las que presentan mayor variabilidad aniónica llegando a presentar carácter claramente sulfatado (figura 5.1.5). Estas excepciones, que presentan quismos anómalos en relación al Dominio con un carácter sulfatado cálcico, se observan en el los puntos Pou del Segre a Rubió (331370071), controlado por la comunidad autónoma, y en el Pozo Ager II - Barranco de la Louforna (321270002), relacionado con materiales del Garum; ambos se ubican en litologías carbonatadas de la masa de agua 42 (Sierras Marginales Catalanas).

FIGURA 5.1.5 DIAGRAMA DE PIPER DEL DOMINIO SINCLINAL DE TREMP



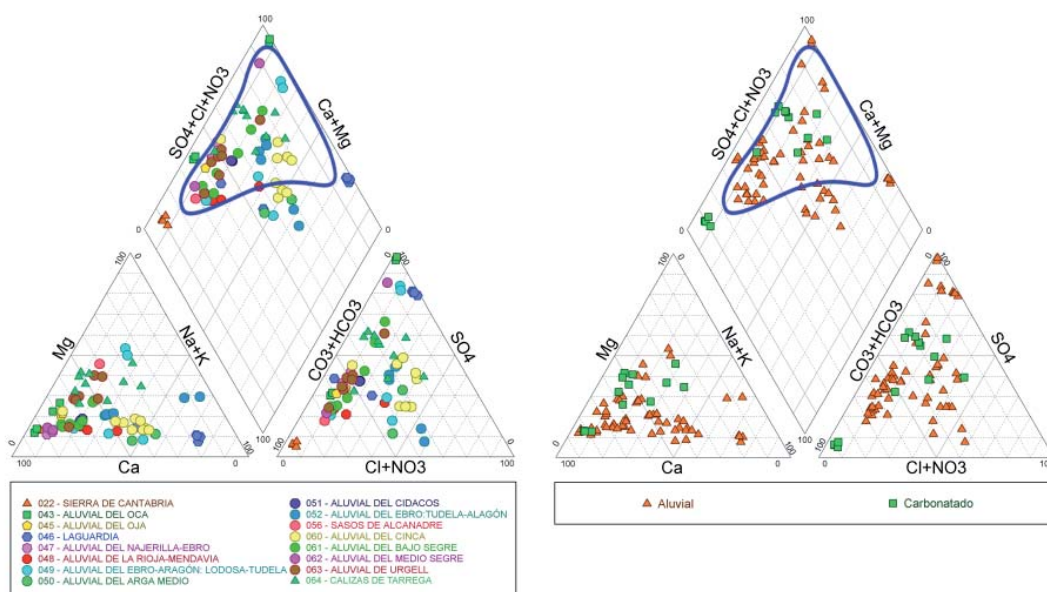
5.1.3.4 DOMINIO DEPRESIÓN DEL EBRO (4)

El Dominio de la Depresión del Ebro contiene 59 puntos de agua ubicados en 16 masas de agua subterránea (30 pertenecientes a la RBAS y 29 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 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 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 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 dos masas de agua representadas en este Dominio, siendo de carácter bicarbonatado cálcico, con conductividades en torno a 450-500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la masa 022 (Sierra de Cantabria), y fundamentalmente sulfatadas de facies mixtas con altas conductividades en las captaciones ubicadas en la masa de agua 064 (Calizas de Tárrega).

FIGURA 5.1.6 DIAGRAMA DE PIPER DEL DOMINIO DEPRESIÓN DEL EBRO



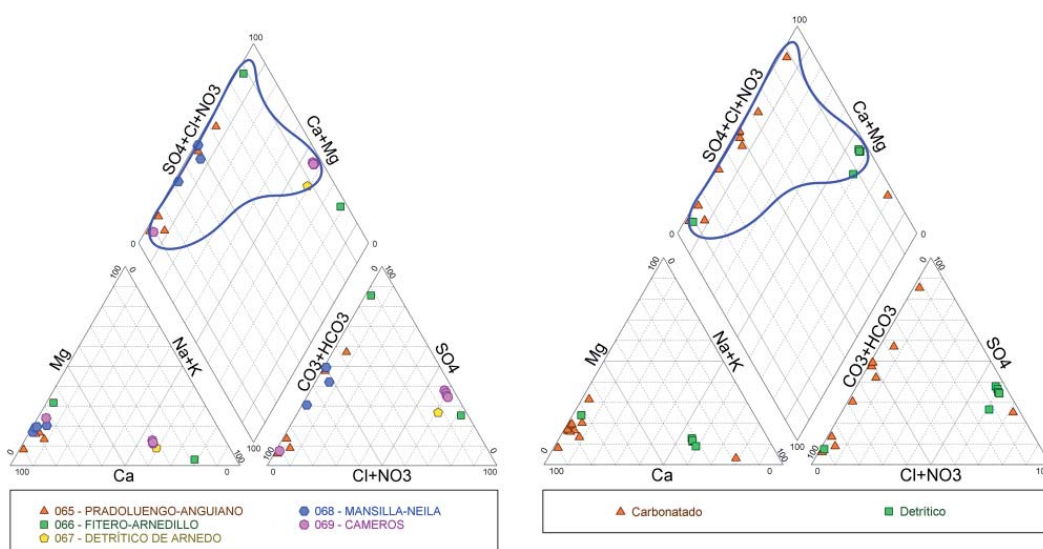
5.1.3.5 DOMINIO DEMANDA – CAMEROS (5)

El Dominio de Demanda-Cameros está representado por 17 puntos de agua distribuidos en 5 masas de agua perteneciendo 2 de ellos a la red de la comunidad autónoma de Navarra.

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 bicarbonatadas que oscilan por una parte hacia aguas sulfatadas, y por otra parte hacia aguas cloruradas (figura 5.1.7). En cuanto a la composición catiónica, existen aguas cálcicas, con un porcentaje de magnesio que alcanza hasta algo más del 30%, que van evolucionando a aguas con un creciente contenido de sodio (>60%).

En la representación de las composiciones en función de las litologías dominantes, se observa que las masas de agua subterránea carbonatadas muestran, de manera general, una composición desde el polo bicarbonatado cálcico (Fuente de San Pedro - 221130009, ubicado en la masa de agua 065- Pradoluengo – Anguiano) al sulfatado cálcico, con conductividades comprendidas entre los 274 y 688 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En el manantial de Las Pozas (231180025), situado 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 clorurado sódico y un valor de conductividad de 8.645 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En las masas de agua de litología detrítica lo que predominan son las aguas con facies hidroquímicas cloruradas sódicas, y valores de conductividad más elevados debido a la naturaleza salina de los materiales. En este grupo se encuentran los puntos de Balneario Viejo (24128002) y Balneario Nuevo (24128001), controlados por la Comunidad Foral de Navarra, con conductividades que oscilan entre los 6.465 y 7.734 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Como excepción se observa el punto Fuente Lace (221230018), situado en la masa 069 (Cameros), que presenta un agua bicarbonatada cálcica, con un bajo valor de conductividad (274 $\mu\text{S}/\text{cm}$), claramente sin relación con estos materiales salinos, ni con procesos termales.

FIGURA 5.1.7 DIAGRAMA DE PIPER DEL DOMINIO DEMANDA - CAMEROS



5.1.3.6 DOMINIO CENTRAL IBÉRICO (6)

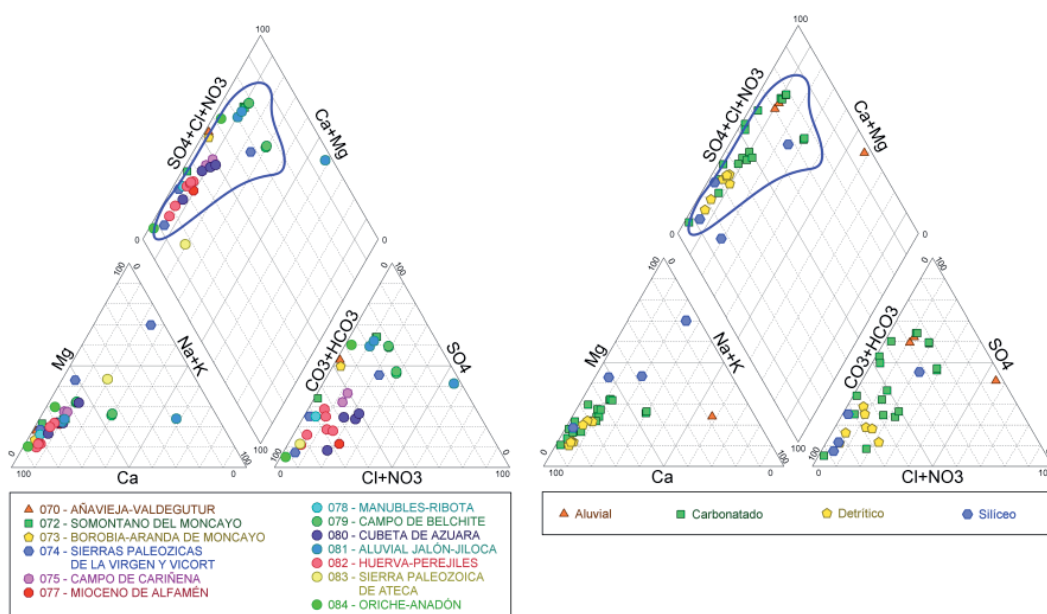
El Dominio Central Ibérico en la RBAS está representado en el año 2012 por 32 puntos distribuidos en 13 masas de agua. No se dispone de datos pertenecientes a puntos operados por las comunidades autónomas.

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, a diferencia de las masas de agua carbonatadas, que presentan una distribución de valores entre bicarbonatadas y sulfatadas cálcicas, y conductividades en torno a 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Las aguas en las masas carbonatadas presentan una dispersión de los aniones desde el polo del bicarbonato, produciéndose un progresivo enriquecimiento en sulfato y algo en cloruro, pasando de bicarbonatadas a sulfatadas.

En los materiales aluviales la composición es sulfatada y clorurada cálcica, exceptuando la masa de agua 081 – Aluvial Jalón – Jiloca, que presenta aguas con mayores contenidos en cloruro y sodio. Destaca respecto a otras aguas de este dominio el punto Veras del Juncal (251730123), con una conductividad de 20.160 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y un enriquecimiento en cloruros y sodio debido al elevado tiempo de residencia del agua en el terreno y a otras consideraciones hidrogeológicas. Finalmente, las masas de agua principalmente silíceas muestran aguas con bajas conductividades (298 - 385 $\mu\text{S}/\text{cm}$), siendo en su mayor parte bicarbonatadas cálcicas, y presentando un carácter menos variable de los aniones que de los cationes, aunque en algunas muestras las aguas pasan a magnésico-cálcicas aumentando también el contenido de sodio.

FIGURA 5.1.8 DIAGRAMA DE PIPER DEL DOMINIO CENTRAL IBÉRICO



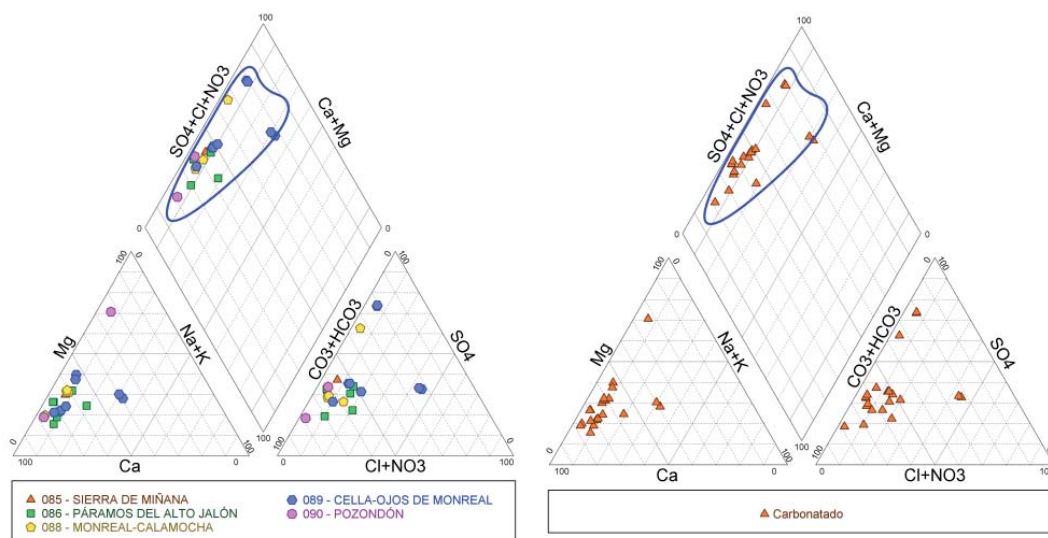
5.1.3.7 DOMINIO ALTO JALÓN – ALTO JILOCA (7)

El Dominio Alto Jalón – Alto Jiloca está representado por 26 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 pero con mayor cantidad de aguas enriquecidas en sulfato. El agua pasa de bicarbonatada a bicarbonatada sulfatada, sulfatada-bicarbonatada y, finalmente, sulfatada. Existe una dispersión de los aniones desde el polo del bicarbonato, produciéndose un progresivo enriquecimiento en sulfato y algo 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 algunas muestras presentan mayor contenido en sodio.

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, todas ellas de naturaleza carbonatada (figura 5.1.9). Así, las aguas de la masa 086 (Páramos del alto Jalón) presentan una conductividad media de 760 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y son bicarbonatadas cálcicas, pasando a aguas sulfatado bicarbonatadas en las masas 085 y 088 (Sierra de Miñana y Monreal – Calamocho) y, finalmente a sulfatadas en la masa de agua 089 (Cella – Ojos de Monreal), con una conductividad media de 1.230 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

FIGURA 5.1.9 DIAGRAMA DE PIPER DEL DOMINIO ALTO JALÓN – ALTO JILOCA



5.1.3.8 DOMINIO MAESTRAZGO – CATALÁNIDES (8)

El Dominio Maestrazgo – Catalánides está representado por 74 puntos de agua distribuidos en 13 masas de agua subterránea (46 puntos pertenecen a la RBAS y 28 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 5.1.10), y por otro grupo en el que la composición varía desde el extremo cálcico-magnésico hacia el polo sódico. 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 >90% en el punto Parreu (43084-0106), debido probablemente a procesos de disolución del yeso. Además, existen muestras con contenidos más altos en cloruros, llegando a alcanzar casi un 60% en la masa de agua 102 (Plana de la Galera), hecho que está relacionado con procesos de intrusión marina.

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. En las masas de agua carbonatadas y de naturaleza aluvial también existe dispersión de las composiciones entre bicarbonatadas cálcicas y sulfatadas cálcicas y magnésicas. En este sentido, las masas de agua 096 (Puertos de Beceite) y 102 y (Plana de la Galera) presentan mayores contenidos de sodio y cloruro, y las masas de agua 091 (Cubeta de Oliete), 097 (Fosa de Mora), 099 (Puertos de Tortosa) y 101 (Aluvial de Tortosa), presentan aguas con mayores contenidos de sulfatos. Por último, las masas de agua formadas por materiales paleozoicos, representadas únicamente por los puntos de Estupiña (331720002) y Furesas (331750023), ambos ubicados en la masa 098 (Priorato), son claramente bicarbonatadas cálcicas, y presentan valores más bajos de conductividad.

FIGURA 5.1.10 DIAGRAMA DE PIPER DEL DOMINIO MAESTRAZGO - CATALÁNIDES

