

## 4.1 CONTROL DE VIGILANCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

### 4.1.1 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 4.1.2) 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.

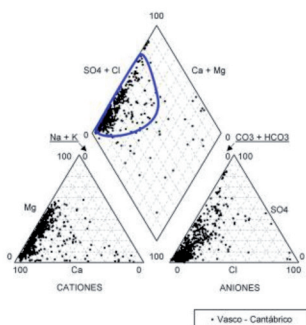
Utilizando las conclusiones de este trabajo, se realizará una evaluación sobre el quimismo de las aguas subterráneas durante los años 2014 y 2015, si bien resta todavía un importante trabajo a realizar en los próximos años consistente en el establecimiento de las condiciones de referencia para cada una 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 4.1.1** MUESTREO DEL PUNTO 240830001 MANANTIAL DE RIEZU (TTMM YERRI, NAVARRA), REALIZADO EL 03/08/2015

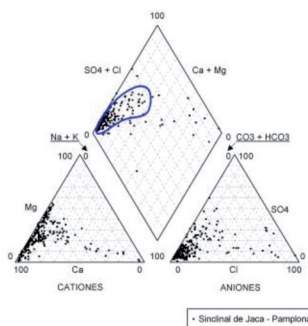


■ FIGURA 4.1.2 REPRESENTACIÓN DEL QUIMISMO DE LOS PUNTOS POR DOMINIOS

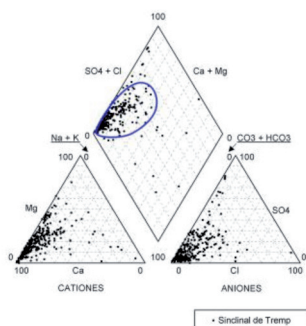
1. VASCO-CANTÁBRICO



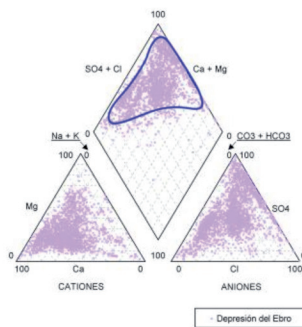
2. SINCLINAL DE JACA-PAMPLONA



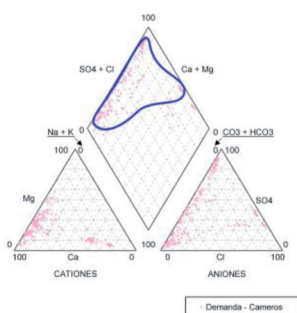
3. SINCLINAL DE TREMP



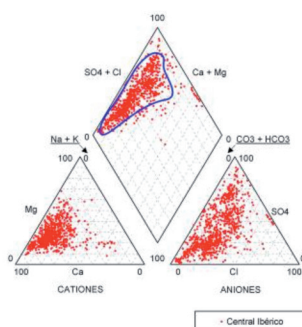
4. DEPRESIÓN DEL EBRO



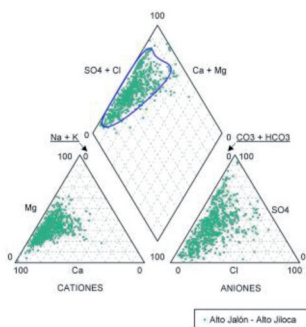
5. DEMANDA-CAMEROS



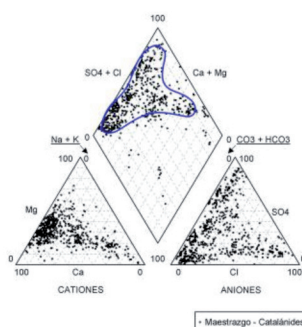
6. CENTRAL IBÉRICO



7. ALTO JALÓN-JILOCA



8. MAESTRAZGO CATALÁNIDES



## 4.1.2 PROGRAMA DE CONTROL DE VIGILANCIA (RBAS)

### 4.1.2.1 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 434 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 los años 2014 y 2015 se han muestreado los 434 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 4-1.

**TABLA 4.1.1** DISTRIBUCIÓN DE LOS PUNTOS DEL PROGRAMA DE CONTROL DE VIGILANCIA (RBAS) MUESTREADOS DURANTE LOS AÑOS 2014 Y 2015 POR MASA DE AGUA

MASA DE AGUA	Nº PUNTOS	MASA DE AGUA	Nº PUNTOS
001   FONTIBRE	1	054   SASO DE BOLEA-AYERBE	1
002   PÁRAMO DE SEDANO Y LORA	3	055   HOYA DE HUESCA	2
003   SINCLINAL DE VILLARCAYO	4	056   SASOS DE ALCANADRE	1
004   MANZANEDO-OÑA	1	057   ALUVIAL DEL GÁLLEGO	1
005   MONTES OBARENES	2	058   ALUVIAL DEL EBRO: ZARAGOZA	3
006   PANCORBO-CONCHAS DE HARO	4	059   LAGUNAS DE LOS MONEGROS	1
007   VALDEREJO-SOBRÓN	6	060   ALUVIAL DEL CINCA	4
008   SINCLINAL DE TREVIÑO	4	061   ALUVIAL DEL BAJO SEGRE	3
009   ALUVIAL DE MIRANDA DE EBRO	1	062   ALUVIAL DEL MEDIO SEGRE	2
010   CALIZAS DE LOSA	3	063   ALUVIAL DE URGELL	1
011   CALIZAS DE SUBIJANA	2	064   CALIZAS DE TÁRREGA	3
012   ALUVIAL DE VITORIA	2	065   PRADOLUENGO-ANGUIANO	5
013   CUARTANGO-SALVATIERRA	6	066   FITERO-ARNEDILLO	3
014   GORBEA	3	067   DETRITICO DE ARNEDO	1
015   ALTUBE-URKILLA	3	068   MANSILLA-NEILA	4

MASA DE AGUA	Nº PUNTOS	MASA DE AGUA	Nº PUNTOS
016   SIERRA DE AIZKORRI	3	069   CAMEROS	5
017   SIERRA DE URBASA	5	070   AÑAVIEJA-VALDEGUTUR	4
018   SIERRA DE ANDÍA	4	071   ARAVIANO-VOZMEDIANO	4
019   SIERRA DE ARALAR	4	072   SOMONTANO DEL MONCAYO	8
020   BASABURÚA-ULZAMA	9	073   BOROBIA-ARANDA DE MONCAYO	1
021   IZKI-ZUDAIRE	3	074   SIERRAS PALEOZICAS DE LA VIRGEN Y VICORT	4
022   SIERRA DE CANTABRIA	6	075   CAMPO DE CARIÑENA	2
023   SIERRA DE LÓQUIZ	5	076   PLIOCUATERNARIO DE ALFAMÉN	2
024   BUREBA	3	077   MIOCENO DE ALFAMÉN	1
025   ALTO ARGA-ALTO IRATI	8	078   MANUBLES-RIBOTA	1
026   LARRA	2	079   CAMPO DE BELCHITE	4
027   EZCAURRE-PEÑA TELERA	10	080   CUBETA DE AZUARA	3
028   ALTO GÁLLEGO	3	081   ALUVIAL JALÓN-JILOCA	2
029   SIERRA DE ALAIZ	3	082   HUERVA-PEREJILES	4
030   SINCLINAL DE JACA-PAMPLONA	8	083   SIERRA PALEOZOICA DE ATECA	2
031   SIERRA DE LEYRE	6	084   ORICHE-ANADÓN	3
032   SIERRA TENDEÑERA-MONTE PERDIDO	6	085   SIERRA DE MIÑANA	2
033   SANTO DOMINGO-GUARA	9	086   PÁRAMOS DEL ALTO JALÓN	8
034   MACIZO AXIAL PIRENAICO	11	087   GALLOCANTA	3
035   ALTO URGELL	3	088   MONREAL-CALAMOCHA	4
036   LA Cerdanya	6	089   CELLA-OJOS DE MONREAL	5
037   COTIELLA-TURBÓN	9	090   POZONDÓN	2
038   TREMP-ISONA	9	091   CUBETA DE OLITE	5
039   CADÍ-PORT DEL COMTE	5	092   ALIAGA-CALANDA	11
040   SINCLINAL DE GRAUSS	10	093   ALTO GUADALOPE	2
041   LITERA ALTA	7	094   PITARQUE	5
042   SIERRAS MARGINALES CATALANAS	6	095   ALTO MAESTRAZGO	5
043   ALUVIAL DEL OCA	2	096   PUERTOS DE BECEITE	6
044   ALUVIAL DEL TIRÓN	1	097   FOSA DE MORA	9
045   ALUVIAL DEL OJA	2	098   PRIORATO	7
046   LAGUARDIA	2	099   PUERTOS DE TORTOSA	4
047   ALUVIAL DEL NAJERILLA-EBRO	1	100   BOIX-CARDÓ	2
048   ALUVIAL DE LA RIOJA-MENDEAVIA	4	101   ALUVIAL DE TORTOSA	5
049   ALUVIAL DEL EBRO-ARAGÓN: LODOSA-TUDELA	11	102   PLANA DE LA GALERA	5
050   ALUVIAL DEL ARGA MEDIO	2	104   SIERRA DEL MONTSIÁ	4
051   ALUVIAL DEL CIDACOS	1	105   DELTA DEL EBRO	3
052   ALUVIAL DEL EBRO: TUDELA-ALAGÓN	1	SIN MASA DE AGUA	16
053   ARBAS	1		

#### ■ 4.1.2.2 TOMA DE MUESTRAS Y PARÁMETROS ANALIZADOS

Como se ha señalado anteriormente, durante los años 2014 y 2015 se han muestreado 434 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 2015 se ha completado el muestreo de esta red, iniciado durante el año 2014.

En lo referente a los parámetros analizados, en la Tabla 4.1.2 se recoge la relación de todos ellos agrupados según afinidades químicas y físicas.

■ **TABLA 4.1.2** PARÁMETROS ANALIZADOS EN LA RBAS (CONTROL DE VIGILANCIA)

PAR. FÍSICO-QUÍMICOS	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 <sub>2</sub> 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 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 al control de vigilancia de las comunidades de Cataluña, Navarra, La Rioja y País Vasco. En la tabla 4.1.3 se indica el número de puntos de cada una de las redes, así como el número de analíticas realizadas en los años 2014 y 2015. 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 4-1.

■ **TABLA 4.1.3** PUNTOS CONTROLADOS Y ANALÍTICAS DISPONIBLES EN LAS REDES DE VIGILANCIA DE LAS CCAA

CCAA	Nº puntos en 2014-2015	Nº analíticas en 2014-2015
Cataluña	165	272
Navarra	49	183
País Vasco	25	331
La Rioja	5	50

### 4.1.3 DIAGNÓSTICO DEL ESTADO QUÍMICO

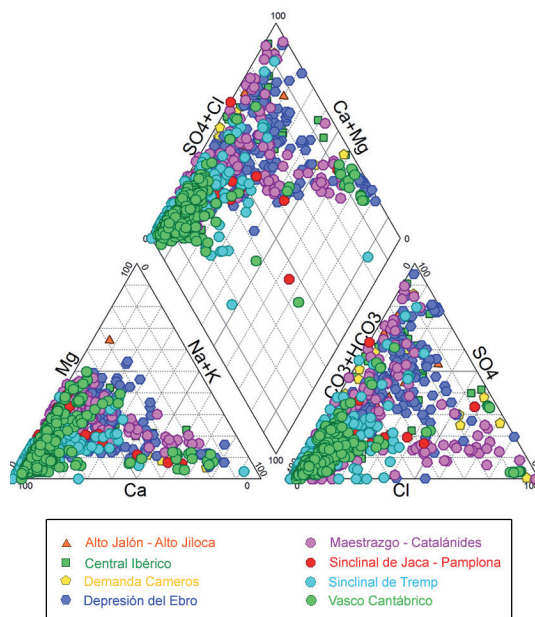
El análisis hidroquímico de las aguas subterráneas a partir de los últimos muestreos de la RBAS y de los datos pertenecientes a las comunidades autónomas permite realizar una evaluación sobre el quimismo de las aguas, comparando los resultados obtenidos con las condiciones de referencia establecidas 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 ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{=}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$ ) y de otros iones de importancia en el agua subterránea ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Fe}$  y  $\text{Mn}$ ).

La representación del diagrama de Piper de los resultados analíticos de 2014 y 2015 de todos los puntos de la RBAS y de las CCAA, se puede observar en la figura 4.1.3. 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 Sinclinal de Tremp son muy bicarbonatadas, mientras que el resto de los Dominios presentan una composición más sulfatada. Así, los Dominios de Demanda Cameros, Central Ibérico y Alto Jalón-Alto Jiloca presentan un carácter medio bicarbonatado o bicarbonatado sulfatado. Los Dominios de la Depresión del Ebro y Maestrazgo-Catalánides presenta mayor variabilidad química en la composición del agua subterránea, con una composición media sulfato-bicarbonatada.

FIGURA 4.1.3 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 y Central Ibérico) y, por último, las aguas de los Dominios de la Depresión del Ebro y Maestrazgo Catalánides 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 y 2015 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.

■ **FIGURA 4.1.4** MUESTREO DEL PUNTO 280750006 MANANTIAL FUENTE EL CASTILLO (TTMM ANSÓ, HUESCA), REALIZADO EL 17/08/2015



**4.1.3.1 DOMINIO VASCO – CANTÁBRICO (1)**

El Dominio Vasco-Cantábrico está representado por 137 puntos de agua (89 pertenecientes a la RBAS y 48 a las CCAA) 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 4.1.5).

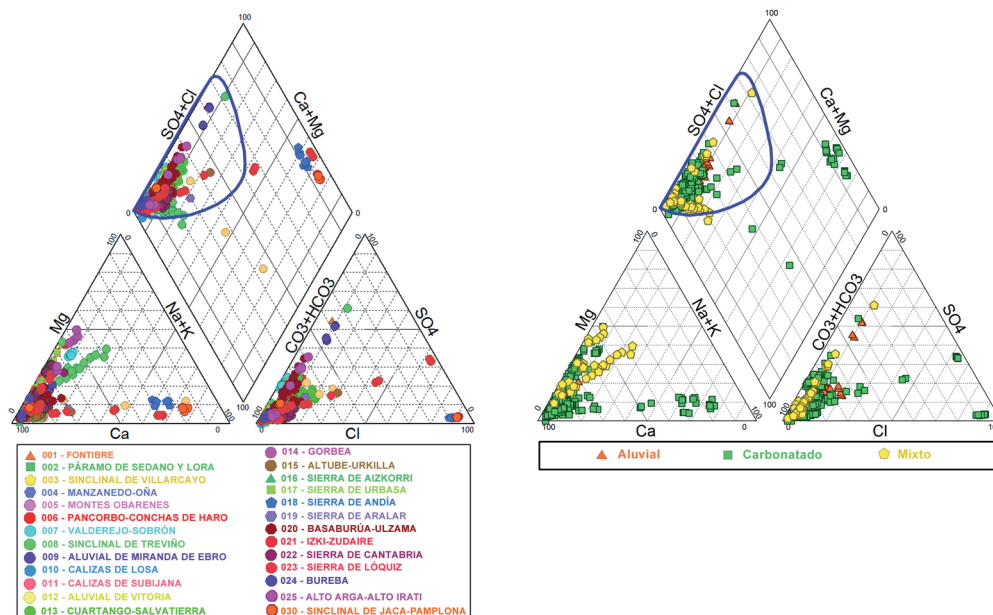
La composición aniónica presenta una clara abundancia de aguas bicarbonatadas, muchas de ellas con un contenido muy elevado de este ión (90-95%). Varias muestras, asociadas a 3 puntos de muestreo, presentan una composición esencialmente clorurada y 2 a sulfatadas.

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%). 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 aguas más evolucionadas pasando de bicarbonatadas-cálcicas a clorurado-sódicas. Las masas de agua aluviales y mixtas presentan menor variabilidad química, predominando el carácter bicarbonatado cálcico.

Uno de los puntos de agua que presenta características anómalas es el 240860060 (Manantial de Agua Salada), situado en la masa de agua 023 - Sierra de Lóquiz, que presenta un carácter clorurado-sulfatado sódico, con una conductividad de 10.999  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . 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 4.364, 4.960 y 7.732  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente; esta composición química está relacionada 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 230870010 (Manantial de Alborón), situado en la masa de agua 023 - Sierra de Lóquiz, presenta igualmente unas características anómalas (sulfatada-mixta clorurada-cálcica a bicarbonatada cálcica), así como el 210780018 (Manantial Zuazo) cuyas aguas son bicarbonatadas cálcicas y sódicas-cloruradas. Las masas de agua aluviales y mixtas presentan menor variabilidad química predominando el carácter bicarbonatado cálcico, salvo el Sondeo Llana de Antepardo (210870277), situado en la masa de agua 009 (Aluvial de Miranda de Ebro) con un mayor contenido en sulfato.

**FIGURA 4.1.5** DIAGRAMAS DE PIPER DEL DOMINIO VASCO - CANTÁBRICO





**4.1.3.2 DOMINIO SINCLINAL DE JACA - PAMPLONA (2)**

El Dominio Sinclinal de Jaca - Pamplona está representado por 67 puntos de agua (52 pertenecientes a la RBAS y 15 en relación a las CCAA) distribuidos en 10 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.

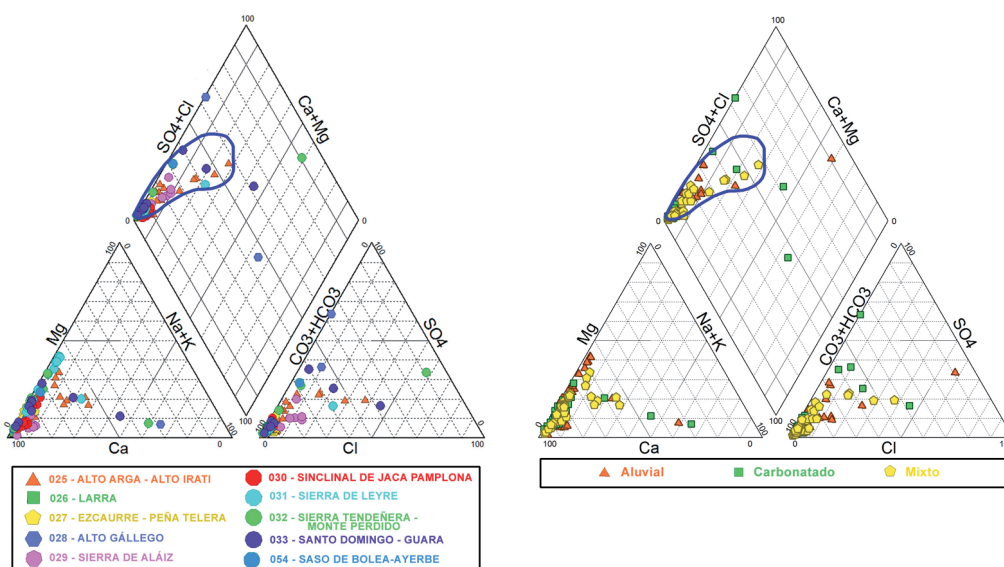
La variabilidad de la composición catiónica es ligeramente menor que la observada en la composición aniónica, la presencia de calizas como litología dominante aporta los iones de calcio predominantes (Figura 4.1.6). Así, mayoritariamente los contenidos de calcio en las aguas varían entre el 50 y el 95%. 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) o el 290820017 (Fuente del Furco), con mayor contenido en sulfato y el 301230005 (Manantial de los Baños de Alquézar) con 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 (029 – Sierra de Alaiz, 031 - Sierra de Leyre, 032 - Sierra Tendeñera- Monte Perdido y 054 – Saso de Bolea – Ayerbe), son claramente bicarbonatadas cálcicas aunque muestran una cierta dispersión hacia magnésicas. Las masas de agua carbonatadas (027 - Ezcaurre-Peña Telera, 028 - Alto Gállego, 030 - Sinclinal de Jaca- Pamplona y 033 - Santo Domingo-Guara) y mixtas (025 - Alto Arga- Alto Irati) son las que presentan una 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 3.089 µS/cm, así como el manantial 290840002 (Baños de Panticosa) que presenta una composición bicarbonatada predominantemente sódica.

**FIGURA 4.1.6** DIAGRAMAS DE PIPER DEL DOMINIO SINCLINAL DE JACA - PAMPLONA



### 4.1.3.3 DOMINIO SINCLINAL DE TREMP (3)

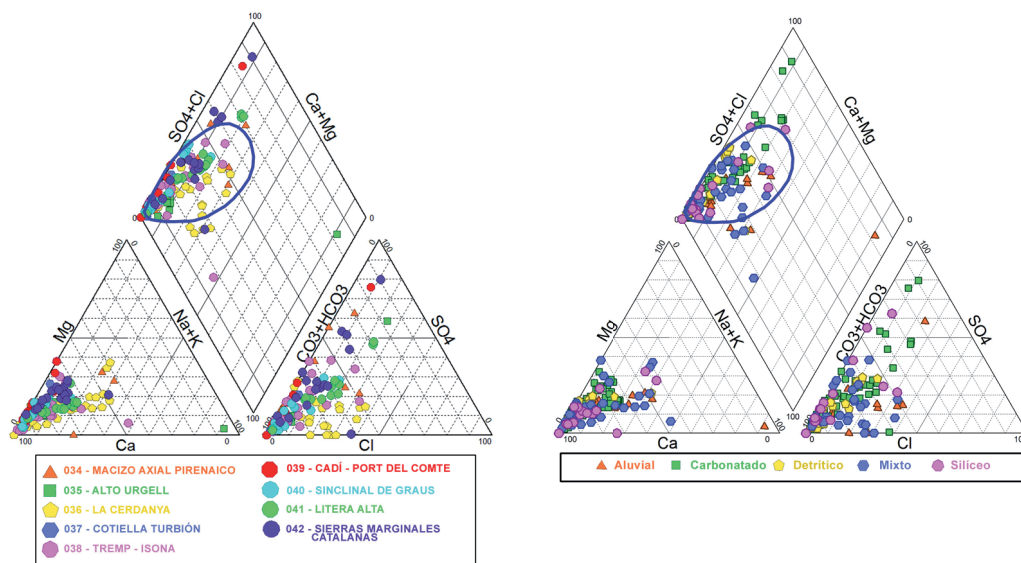
El Dominio Sinclinal de Tremp está representado por 119 puntos de agua (65 en la RBAS y 54 puntos a la comunidad autónoma de Cataluña) distribuidos en 9 masas de agua subterránea. Presenta de manera general una composición bicarbonatada cálcica, aunque hay una cierta dispersión de los valores hacia mayores concentraciones aniónicas de sulfatos y cloruros, llegando a ser sulfatadas cálcicas en algunos casos.

La composición catiónica del Dominio del Sinclinal de Tremp es menos variable que la aniónica, presentando un carácter claramente cálcico con una cierta dispersión tanto en el eje del calcio y magnesio y como hacia el vértice del mixto Na - K. 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 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. En cuanto a las masas de agua carbonatadas, la 037 - Cotiella- Turbón se caracteriza por aguas principalmente carbonatadas cálcicas mientras que el resto (038 - Tremp-Isona, 039 - Cadí- Port del Compte, 041 - Litera Alta y 042 - Sierras Marginales Catalanas), así como las silíceas (034 - Macizo Axial Pirenaico), presentan mayor variabilidad aniónica llegando a presentar un carácter claramente sulfatado (Figura 4.1.7), o cercano al bicarbonatado sódico como el caso del 331240016 (POU ISIDRA) en la masa 038 - Tremp- Isona.

Estas últimas muestras de carácter sulfatado, que presentan quimismos anómalos en relación al Dominio, se observan en el punto 311220012 (Manantial de La Reguera) ubicado en la masa 041 - Litera Alta, en el 351060019 (Baños de Sant Vicenç) en la masa 035 - Alto Urgell y cuya concentración sódica alcanza el 90%, y en los puntos 331330012 (Pozo de Baldomar), 331330029 (POU DE LA CLUA) y 321380007 (PARETS) ubicados en litologías carbonatadas de la masa de agua 042 - Sierras Marginales Catalanas.

FIGURA 4.1.7 DIAGRAMAS DE PIPER DEL DOMINIO SINCLINAL DE TREMP



#### 4.1.3.4 DOMINIO DEPRESIÓN DEL EBRO (4)

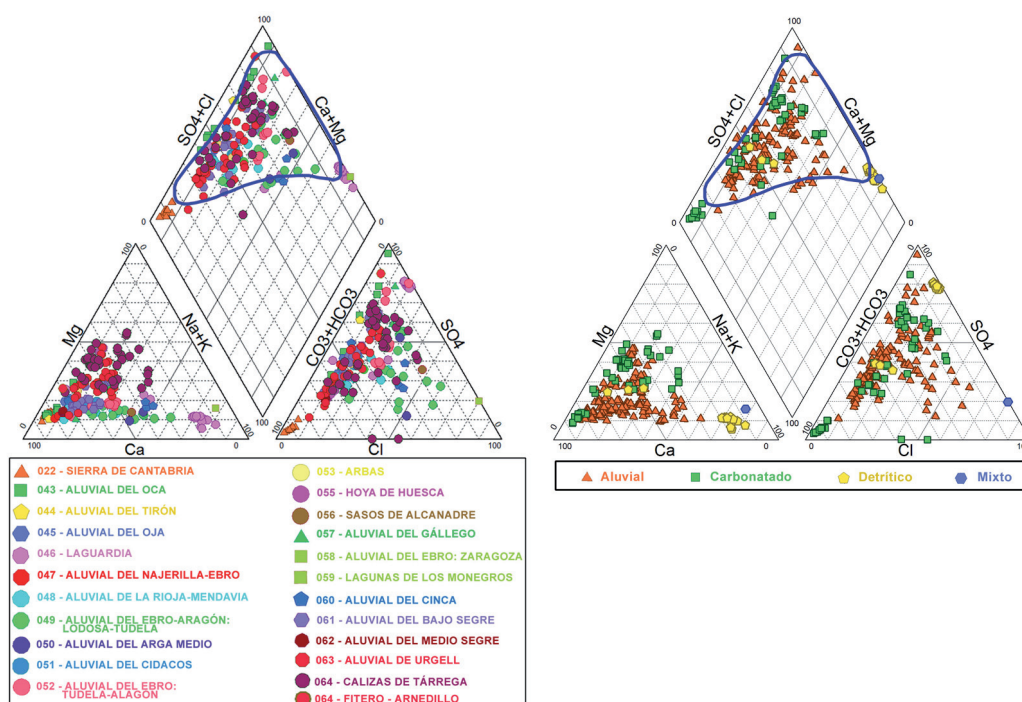
El Dominio de la Depresión del Ebro contiene 96 puntos de agua ubicados en 23 masas de agua subterránea (48 pertenecientes a la RBAS y 48 a las CCAA), destacando que la presencia de la mayor parte de los acuíferos se desarrolla en los aluviales de los grandes ríos y en la zona central semiárida de la Depresión del Ebro, constituida principalmente 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, hace que se registre la mayor variabilidad química en la composición del agua subterránea.

La composición aniónica es muy amplia, destacan un gran número de muestras bicarbonatadas, sulfatadas, de facies mixtas y en menor medida cloruradas (figura 4.1.8). La existencia de litologías yesíferas con pequeños cristales de halita en muchos materiales del centro de la Depresión, es 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 de la masa 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 materiales aluviales y detríticos 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 como el 301650004 (612 en 059 - Lagunas de Monegros). En cuanto a las masas de agua carbonatadas, pueden diferenciarse composiciones químicas de carácter marcadamente bicarbonatado cálcico, con conductividades en torno a 400-500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en la masa 022 - Sierra de Cantabria y fundamentalmente sulfatadas de facies mixtas con altas conductividades en la masa de agua 064 - Calizas de Tárrega.

FIGURA 4.1.8 DIAGRAMAS DE PIPER DEL DOMINIO DEPRESIÓN DEL EBRO



#### 4.1.3.5 DOMINIO DEMANDA – CAMEROS (5)

El Dominio de Demanda-Cameros está representado por 23 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 4.1.9).

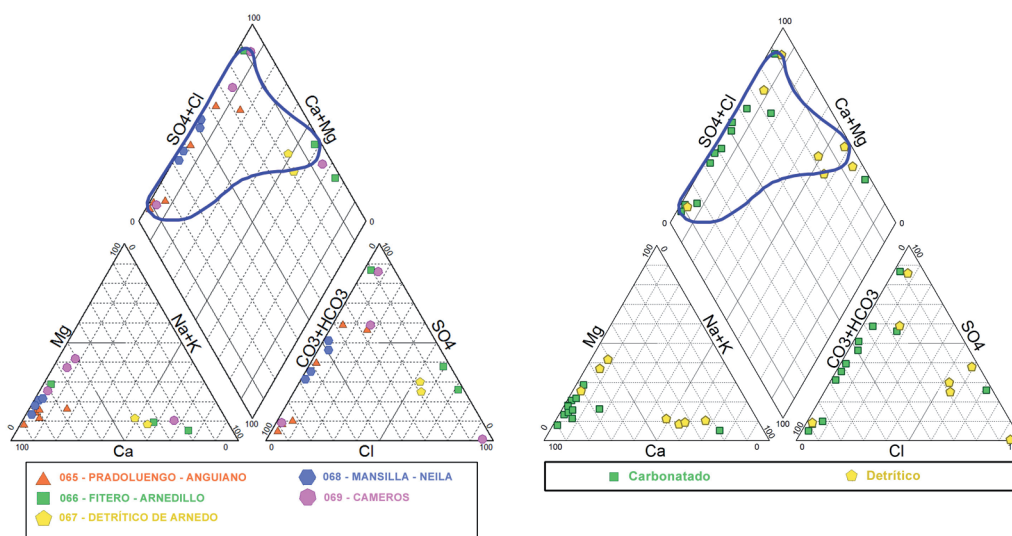
En cuanto a la composición catiónica, existen aguas cálcicas, con un porcentaje de magnesio que alcanza el 50%, y por otro lado, aguas con un creciente contenido de sodio (>70%).

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 la 068 - Mansilla- Neila) muestran una composición bicarbonatada cálcica que varía ligeramente hacia sulfatada cálcica, con conductividades comprendidas entre los 300 y 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

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 que superan los 9.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el 231180025 (LAS POZAS).

Las masas de agua de litologías detríticas (067 - Detrítico de Arnedo y 069 – Cameros), están caracterizadas por aguas con facies hidroquímicas que varían de cloruradas sódicas, como en el 241150030 (POZO DE CIENTA II) o 221280002 (NACIMIENTO RIO PIQUERAS) a sulfatadas cálcicas 241270051 (Rincón de Olivedo MMA Barranco de Canejada) y 241310008 (Valdeprado MARM) y bicarbonatada cálcica 221230018 (Fuente Lace).

FIGURA 4.1.9 DIAGRAMAS DE PIPER DEL DOMINIO DEMANDA - CAMEROS



#### 4.1.3.6 DOMINIO CENTRAL IBÉRICO (6)

El Dominio Central Ibérico está representado en los años 2014 y 2015 por 46 puntos pertenecientes en su totalidad a la RBAS y distribuidos en 15 masas de agua. No se dispone de datos pertenecientes a puntos operados por las comunidades autónomas.

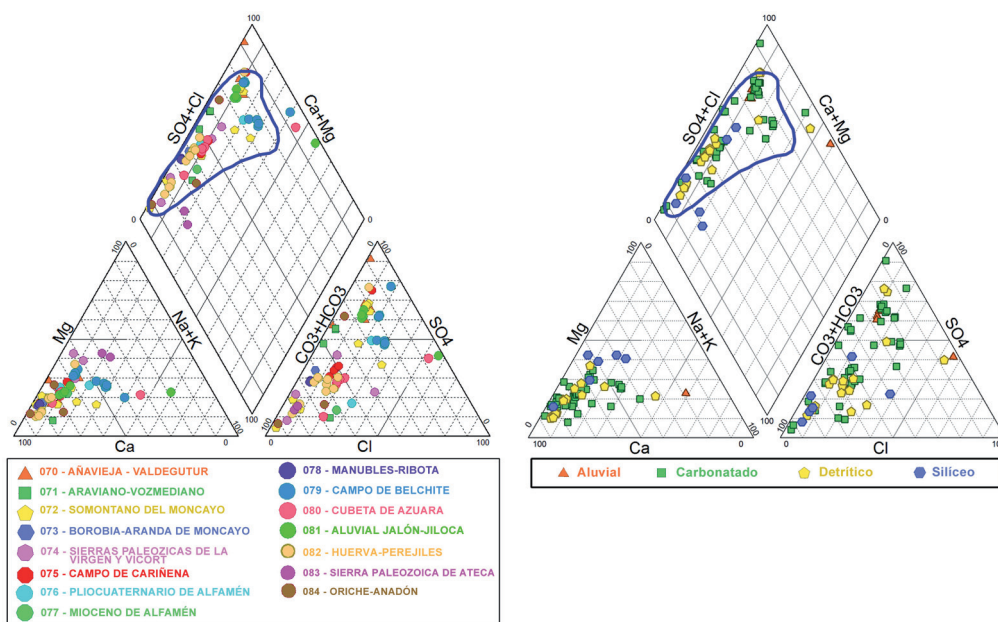
Las aguas de este dominio presentan una distribución de valores entre bicarbonatadas y sulfatadas cálcicas.

Atendiendo a las diferencias hidroquímicas en función de las litologías dominantes, las masas de agua subterránea compuestas por materiales aluviales y detríticas presentan una composición sulfatada cálcica, cabe destacar respecto a otras aguas de este dominio el punto 251730123 (Veras del Juncal), con carácter clorurado sódico y una conductividad superior a los 20.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

En el caso de las masas de aguas carbonatadas, presentan una distribución de valores desde el vértice de las aguas bicarbonatadas cálcicas a las sulfatadas cálcicas (079 – Campo de Belchite), con conductividades en este último caso que superan en todos los puntos los 1.400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . 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.

Finalmente, en las masas de agua principalmente silíceas (074 - Sierras Paleozoicas de la Virgen y Vicort y 083 - Sierra Paleozoica de Ateca), se observan 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 300 y los 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

FIGURA 4.1.10 DIAGRAMAS DE PIPER DEL DOMINIO CENTRAL IBÉRICO



#### 4.1.3.7 DOMINIO ALTO JALÓN – ALTO JILOCA (7)

El Dominio Alto Jalón – Alto Jiloca está representado por 22 puntos distribuidos en 6 masas de agua subterránea, todas ellas de naturaleza predominantemente carbonatada y mixta (087 – Gallocanta). 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.

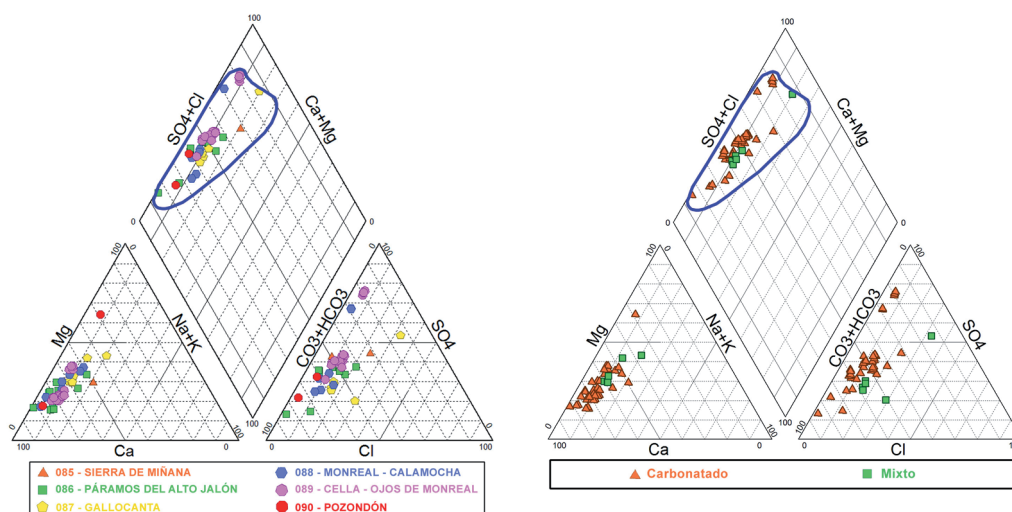
Existe una dispersión de los aniones desde el polo del bicarbonato, produciéndose un progresivo enriquecimiento en sulfato y en menor medida en cloruro, por procesos de disolución de yesos y otros materiales de naturaleza salina.

Los cationes presentan un carácter menos variable que los aniones, siendo en su mayor parte cálcicas pasando en sus fases más evolucionadas a cálcico-magnésicas 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 4.1.11). Dentro de estas, las aguas de la masa 086 - Páramos del alto Jalón, presentan una conductividad media de 833  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y son bicarbonatadas cálcicas, pasando a aguas sulfatado bicarbonatadas. En las masa 088 – Monreal- Calamocha y 089 - Cella- Ojos de Monreal la evolución varía hacia aguas sulfatadas cálcicas.

La masa de agua de naturaleza mixta 087 Gallocanta tiene un carácter mixto bicarbonatado sulfatado con una mayor influencia de aniones cálcico-magnésicos, el punto 261910038 (Pozo Gastea) presenta una naturaleza esencialmente sulfatada.

FIGURA 4.1.11 DIAGRAMAS DE PIPER DEL DOMINIO ALTO JALÓN – ALTO JILOCA



#### 4.1.3.8 DOMINIO MAESTRAZGO – CATALÁNIDES (8)

El Dominio Maestrazgo – Catalánides está representado por 140 puntos de agua distribuidos en 15 masas de agua subterránea (73 puntos pertenecen a la RBAS y 67 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 4.1.12). Existe además un proceso gradual de sodificación en algunas muestras de este Dominio en masas de agua principalmente detríticas y aluviales.

La composición aniónica comprende una gran superficie del diagrama de Piper, destacando la existencia de un gran número de muestras bicarbonatadas, sulfatadas y en menor medida cloruradas y de facies mixtas. Las aguas parten del polo bicarbonato y se dirige hacia el vértice del sulfato con contenidos superiores al 80% de este ión en los puntos 312020002 (Font Sendrosa) o 281880001 (Baños de Ariño). Además, existen muestras con contenidos muy altos en cloruros, llegando a superar el 90% en la masa de agua 105 - Delta del Ebro, hecho que está relacionado con procesos de intrusión marina, y en menores concentraciones las asociadas a las masas 097 – Fosa de Mora, 100 – Boix- Cardó, 101 – Aluvial de Tortosa, y 104 – Sierra de Montsiá, llegando a alcanzar casi un 70% en esta última.

En la representación de las composiciones en función de las litologías dominantes, se observa una gran variabilidad química en las masas de agua de naturaleza detrítica, aluvial y carbonatada. En las detríticas existe dispersión de las composiciones entre bicarbonatadas cálcicas y sulfatadas cálcicas y magnésicas, evolucionando a cloruradas sódicas asociadas a la masa de agua 105 – Delta del Ebro. En este sentido, las masas de agua carbonatada 094 – Pitarque y 102 – Plana de la Galera presentan un carácter predominante bicarbonatado cálcico magnésico que varía a mayores contenidos de sodio y cloruro en las masas de agua 100 – Boix- Cardó y 104 – Sierra del Montsiá, mientras que las masas de agua 091 – Cubeta de Olite, 092 – Aliaga- Calanda, 095 – Alto Maestrazgo, 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 mixtas bicarbonatadas sulfatadas cálcicas.

FIGURA 4.1.12 DIAGRAMAS DE PIPER DEL DOMINIO MAESTRAZGO - CATALÁNIDES

