

## 5.1 CONTROL DE VIGILANCIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

### 5.1.1 INTRODUCCIÓN

El Área de Calidad de las Aguas opera desde el año 1995 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 una primera 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 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.

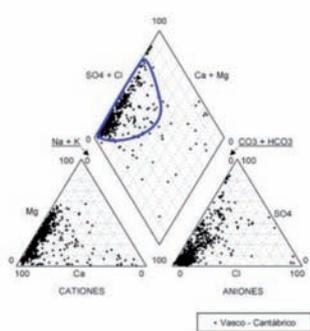
Utilizando las conclusiones de este trabajo, se realizará una evaluación sobre el quimismo de las aguas subterráneas en el año 2013, si bien resta todavía un importante trabajo a realizar en los próximos años consistente en el establecimiento de las condiciones de referencia para cada una de las masas 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 251360001 OJO DE SAN JUAN (TTMM TARAZONA, ZARAGOZA), REALIZADO EL 28/01/2013

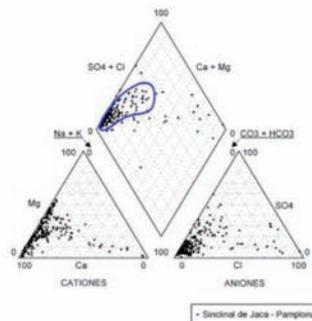


■ FIGURA 5.1.2 REPRESENTACIÓN DEL QUIMISMO DE LOS PUNTOS POR DOMINIOS

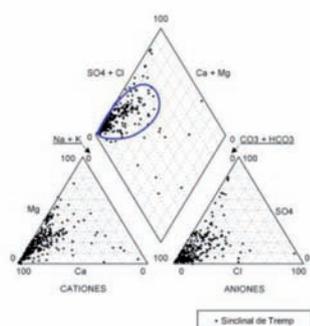
1. VASCO-CANTÁBRICO



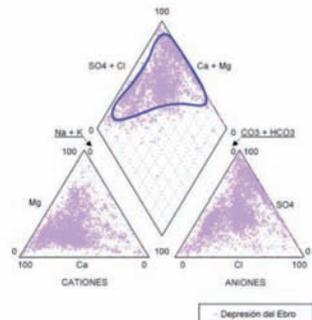
2. SINCLINAL DE JACA-PAMPLONA



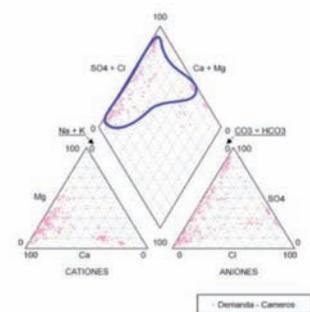
3. SINCLINAL DE TREMP



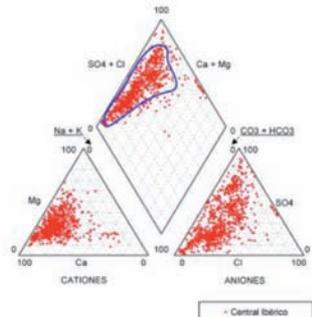
4. DEPRESIÓN DEL EBRO



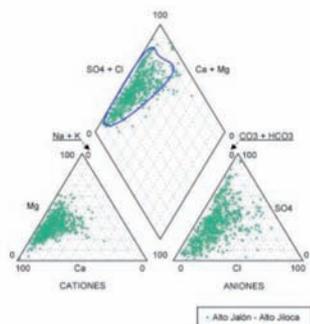
5. DEMANDA-CAMEROS



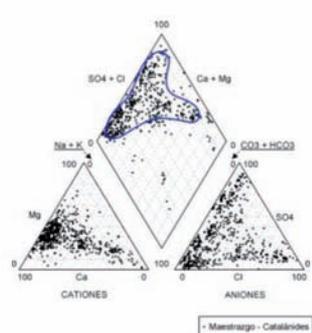
6. CENTRAL IBÉRICO



7. ALTO JALÓN-JILOCA



8. MAESTRAZGO CATALÁNIDES



## 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 1995, con un total de 84 puntos, sufriendo sucesivas ampliaciones hasta alcanzar la cifra actual de 438 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 2013 se han muestreado 236 puntos de los 438 que componen la red de control (Tabla 5.1.1).

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) CONTROLADOS POR LA CHE DURANTE EL AÑO 2013 POR MASA DE AGUA

MASA DE AGUA	Nº PUNTOS	MASA DE AGUA	Nº PUNTOS
001   FONTIBRE	1	057   ALUVIAL DEL GÁLLEGO	1
003   SINCLINAL DE VILLARCAYO	4	058   ALUVIAL DEL EBRO: ZARAGOZA	3
005   MONTES OBARENES	1	060   ALUVIAL DEL CINCA	5
006   PANCORBO-CONCHAS DE HARO	2	061   ALUVIAL DEL BAJO SEGRE	3
007   VALDEREJO-SOBRÓN	1	062   ALUVIAL DEL MEDIO SEGRE	1
008   SINCLINAL DE TREVIÑO	4	063   ALUVIAL DE URGELL	1
009   ALUVIAL DE MIRANDA DE EBRO	1	064   CALIZAS DE TÁRREGA	3
010   CALIZAS DE LOSA	2	065   PRADOLUENGO-ANGUIANO	1
012   ALUVIAL DE VITORIA	2	066   FITERO-ARNEDILLO	1
014   GORBEA	1	067   DETRITICO DE ARNEDO	1
015   ALTUBE-URKILLA	1	068   MANSILLA-NEILA	1
016   SIERRA DE AIZKORRI	1	069   CAMEROS	4
017   SIERRA DE URBASA	1	070   AÑAVIEJA-VALDEGUTUR	2
018   SIERRA DE ANDÍA	3	071   ARAVIANO-VOZMEDIANO	4
019   SIERRA DE ARALAR	2	072   SOMONTANO DEL MONCAYO	8
020   BASABURÚA-ULZAMA	1	073   BOROBIA-ARANDA DE MONCAYO	1
022   SIERRA DE CANTABRIA	5	074   SIERRAS PALEOZICAS DE LA VIRGEN Y VICORT	1
023   SIERRA DE LÓQUIZ	1	075   CAMPO DE CARIÑENA	2
024   BUREBA	1	076   PLIOCUATERNARIO DE ALFAMÉN	2

MASA DE AGUA	Nº PUNTOS	MASA DE AGUA	Nº PUNTOS
025   ALTO ARGA-ALTO IRATI	1	077   MIOCENO DE ALFAMÉN	1
027   EZCAURRE-PEÑA TELERA	4	078   MANUBLES-RIBOTA	1
028   ALTO GÁLLEGO	2	079   CAMPO DE BELCHITE	4
029   SIERRA DE ALAIZ	3	080   CUBETA DE AZUARA	2
030   SINCLINAL DE JACA-PAMPLONA	3	081   ALUVIAL JALÓN-JILOCA	1
032   SIERRA TENDEÑERA-MONTE PERDIDO	1	082   HUERVA-PEREJILES	4
033   SANTO DOMINGO-GUARA	3	083   SIERRA PALEOZOICA DE ATECA	1
034   MACIZO AXIAL PIRENAICO	1	084   ORICHE-ANADÓN	2
035   ALTO URGELL	2	085   SIERRA DE MIÑANA	2
036   LA Cerdanya	5	086   PÁRAMOS DEL ALTO JALÓN	8
037   COTIELLA-TURBÓN	3	087   GALLOCANTA	3
038   TREP-ISONA	3	088   MONREAL-CALAMOCHA	2
039   CADÍ-PORT DEL COMTE	3	089   CELLA-OJOS DE MONREAL	5
040   SINCLINAL DE GRAUSS	4	091   CUBETA DE OLIETE	3
041   LITERA ALTA	6	092   ALIAGA-CALANDA	8
042   SIERRAS MARGINALES CATALANAS	1	093   ALTO GUADALOPE	1
043   ALUVIAL DEL OCA	2	094   PITARQUE	1
044   ALUVIAL DEL TIRÓN	1	095   ALTO MAESTRAZGO	2
045   ALUVIAL DEL OJA	2	096   PUERTOS DE BECEITE	3
046   LAGUARDIA	1	097   FOSA DE MORA	8
047   ALUVIAL DEL NAJERILLA-EBRO	1	098   PRIORATO	5
048   ALUVIAL DE LA RIOJA-MENDAVIA	4	099   PUERTOS DE TORTOSA	1
049   ALUVIAL DEL EBRO-ARAGÓN: LODOSA-TUDELA	10	101   ALUVIAL DE TORTOSA	4
051   ALUVIAL DEL ZIDACOS	1	102   PLANA DE LA GALERA	2
052   ALUVIAL DEL EBRO: TUDELA-ALAGÓN	2	102 - 103   PLANA Y MESOZOICO DE LA GALERA	3
053   ARBAS	1	104   SIERRA DEL MONTSIÁ	3
054   SASO DE BOLEA-AYERBE	1	105   DELTA DEL EBRO	3
055   HOYA DE HUESCA	2		

### 5.1.2.2 TOMA DE MUESTRAS Y PARÁMETROS ANALIZADOS

Como se ha señalado anteriormente, durante el año 2013 se han muestreado 236 puntos de la red de control de vigilancia (RBAS). El resto de puntos para completar la red serán muestreados a lo largo de 2014. En cuanto a la frecuencia de muestreo ha sido anual para la mayoría de los puntos que componen la red.

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 (mg/L NH <sub>4</sub> )	Cloruros (mg/L Cl)
Temperatura del agua (°C)	Calcio (mg/L Ca)	Sulfatos (mg/L SO <sub>4</sub> )
Potencial redox (mV)	Magnesio (mg/L Mg)	Nitratos (mg/L NO <sub>3</sub> )
Conductividad a 20 °C (µS/cm)	Sodio (mg/L Na)	Carbonatos (mg/l CaCO <sub>3</sub> )
Oxígeno disuelto (mg/L O <sub>2</sub> )	Potasio (mg/L K)	Bicarbonatos (mg/l CaCO <sub>3</sub> )
Oxígeno disuelto (% sat.)		
CO <sub>2</sub> libre (mg/L)		
DQO (mg/L O <sub>2</sub> )		
Alcalinidad (mg/L CO <sub>3</sub> Ca)		
Sílice (mg/L SiO <sub>2</sub> )		

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 una asistencia técnica contratada a la empresa Compañía General de Ingeniería y Sondeos, S.A. (CGS).

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

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

En relación con las comunidades autónomas, se cuenta con datos pertenecientes a las redes de vigilancia de las comunidades de Cataluña, Navarra y País Vasco. En la Tabla 5.1.3 se presentan los puntos de cada una de las redes, así como el número de analíticas realizadas en el año 2013. En cuanto a estos datos analíticos, no se dispone de los controles y validaciones que realizan las respectivas CCAA. La distribución de estos puntos en la cuenca del Ebro puede observarse juntamente con los puntos de control de la Confederación Hidrográfica del Ebro en el mapa 5-1.

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

CCAA	Nº puntos en 2013	Nº analíticas en 2013
Cataluña	114	116
Navarra	49	54
País Vasco	25	146

### ■ 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.

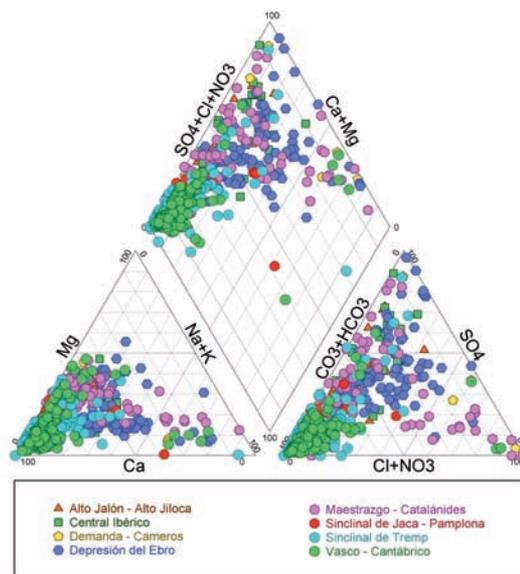
La facies química de las aguas subterráneas se ha caracterizado a partir de la presencia de los iones mayoritarios ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$ ) y de otros iones de importancia en el agua subterránea ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Fe}$  y  $\text{Mn}$ ).

El diagrama de Piper de los últimos análisis de todos los puntos de la RBAS y de las CCAA se observa en la Figura 5.1.3, e indica que la mayor parte de las muestras presentan un carácter bicarbonatado cálcico. En el gráfico se observa además la existencia de características hidroquímicas diferenciadas en función de las características geológicas y geográficas de cada Dominio.

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

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

■ FIGURA 5.1.3 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 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 los diagramas de Piper de los diferentes dominios hidrogeológicos definidos en la demarcación del Ebro. En cada uno de ellos se representa una envolvente que expresa el quimismo general de dicho dominio, obtenida a partir del análisis de todos los datos anteriores. Sobre este diagrama se representan las analíticas de 2013 de los puntos pertenecientes a los programas de control de vigilancia de la CHE y las redes de las comunidades autónomas (Cataluña, Navarra y País Vasco) en el dominio en cuestión.

Con ello se pretende comprobar si los últimos datos de las redes de control generales que operan en la demarcación son acordes con el quimismo general esperable o bien escapan de dicha generalidad, y por tanto deben ser 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 85 captaciones (34 pertenecientes a la RBAS y 51 a la CA) distribuidas 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%). Algunas muestras presentan mayor contenido en sulfato, y como excepción hay tres muestras con composición clorurada.

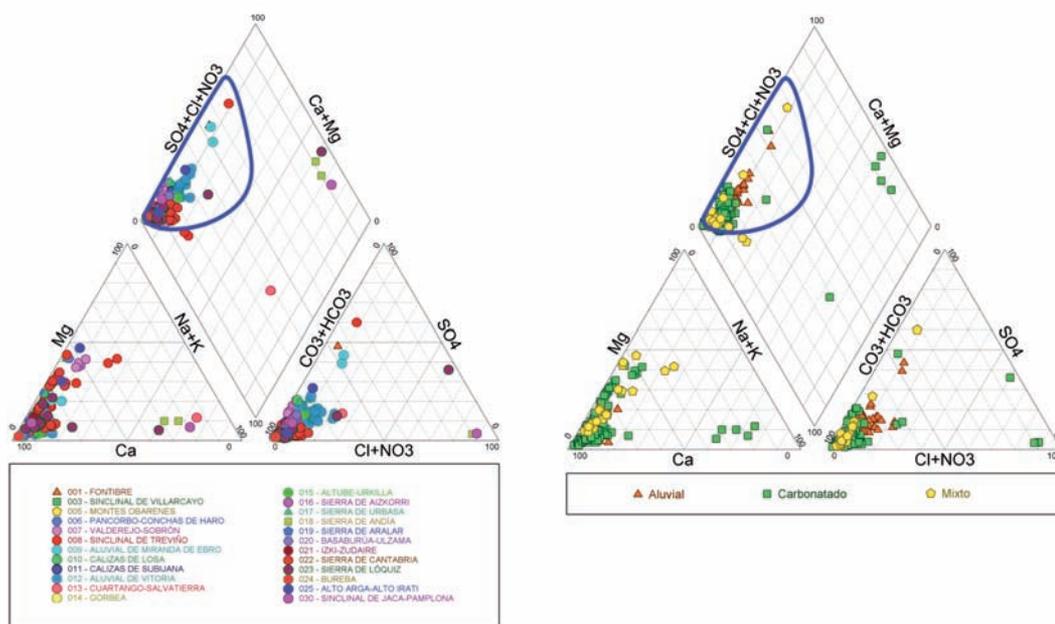
La composición catiónica del Dominio Vasco-Cantábrico presenta una dominancia de puntos que varían entre la composición netamente cálcica (>90%) y la más cercana a magnésica (magnesio al 40% y calcio al 60%). Un pequeño número de muestras presentan carácter más sódico, que en algún caso supera el 75% 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, llegando a tener un carácter clorurado sódico. 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 (CA: 24086011NA), Manantial de Agua Salada, situado en la masa de agua 023- Sierra de Loquiz, y que presenta un carácter clorurado-sódico, con una conductividad de 9.625  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Por otro lado, los puntos 250810039 (CA: 25081051NA) y 250810005 (CA: 250810038NA), Manantiales Baños de Belascoáin y Echauri, están ubicados en la masa de agua 018 (Sierra de Andía) y presentan conductividades de hasta 4.350 y 4.433  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . El punto 250810004 (CA: 250810039NA), Manantial de Ibero, situado en la masa 030 (Sinclinal de Jaca Pamplona) presenta una conductividad de 5.123  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Las elevadas concentraciones de  $\text{Cl}^-$  y  $\text{Na}^+$  que presentan los puntos indicados están relacionadas con un vertido profundo de salmueras procedente de la minería de sales potásicas en las fosas eocenas, a casi 1.000 m de profundidad.

FIGURA 5.1.4 DIAGRAMAS DE PIPER DEL DOMINIO VASCO - CANTÁBRICO



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

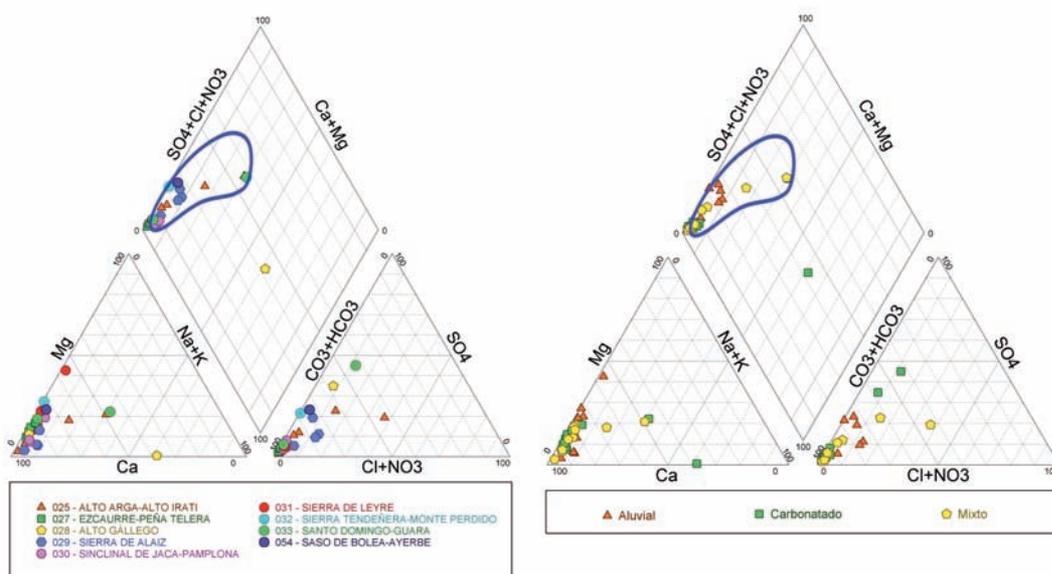
El Dominio Sinclinal de Jaca - Pamplona está representado por 32 captaciones (17 pertenecientes a la RBAS y 15 en relación a las CCAA) distribuidas en 9 masas de agua subterránea. Este dominio presenta una composición claramente dominada por las aguas bicarbonatadas cálcicas debido a que el proceso químico dominante es la disolución de calcita y dolomita.

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 dispersión de sus valores hacia mayores concentraciones en magnesio. 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 mayor variabilidad química encontrándose aguas algo más evolucionadas.

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 más de 95% hasta casi el 70%. La composición aniónica es algo más variable y, aunque mayoritariamente presentan un carácter bicarbonatado, se observan puntos como el 260720016 (CA: 26072001NA) Manantial Zazpicun con mayor contenido en cloruro y el 301150002, Casco Urbano, con mayor concentración de sulfato. Estas concentraciones más elevadas quedan justificadas por su relación con grandes fracturas o por su contacto con los materiales evaporíticos del Keuper.

Finalmente, cabe señalar las características anómalas del punto 290840002 (Baños de Panticosa), situado en la masa de agua 028 (Alto Gállego) y que se encuentra relacionado con una gran fractura, presentando aguas termales de carácter bicarbonatado sódico.

**FIGURA 5.1.5** DIAGRAMAS DE PIPER DEL DOMINIO SINCLINAL DE JACA - PAMPLONA



### 5.1.3.3 DOMINIO SINCLINAL DE TREMP (3)

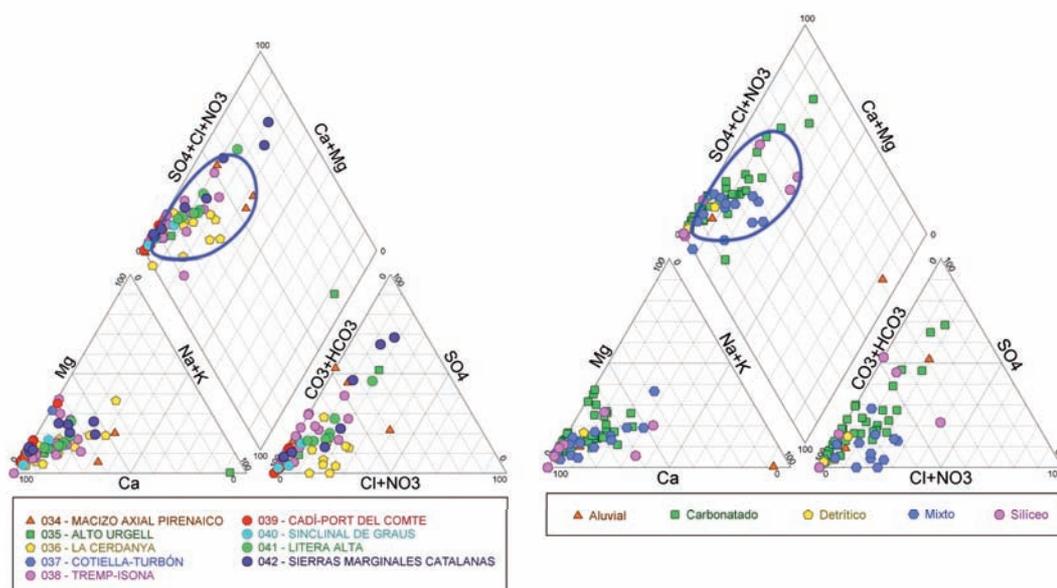
El Dominio Sinclinal de Tremp está representado por 71 puntos de agua (26 en la RBAS y 45 puntos de la red de la red de la comunidad autónoma de Cataluña) distribuidos en 9 masas de agua subterránea. Presenta de manera general una composición bicarbonatada cálcica, aunque hay una cierta dispersión de sus valores hacia mayores concentraciones en sulfato y cloruro 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 en el eje del calcio y magnesio. 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. Como excepción, el punto 330940009 (CA: 25024-0012) denominado Font del Pontillo, presenta mayor contenido en cloruro, alcanzando casi un 40% de este anión.

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) 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 - Tremp - Isona, 039 - Cadí- Port del Compte, 041 - Litera Alta y 042 - Sierras Marginales Catalanas) y silíceas (034 - Macizo Axial Pirenaico), son las que presentan mayor variabilidad aniónica llegando a presentar un carácter claramente sulfatado (Figura 5.1.6).

Estas excepciones, que presentan quimismos anómalos en relación al Dominio con un carácter sulfatado cálcico, se corresponden con los puntos 331370071 (CA: 25094-0004) denominado Pou del Segre a Rubió (Foradada), el 331330029, (Pou de la Clúa), ubicados en litologías carbonatadas de la masa de agua 042 (Sierras Marginales Catalanas) y el 311220012 (Manantial de La Reguera) ubicado en la masa 041 (Litera Alta).

FIGURA 5.1.6 DIAGRAMAS DE PIPER DEL DOMINIO SINCLINAL DE TREMP



**5.1.3.4 DOMINIO DEPRESIÓN DEL EBRO (4)**

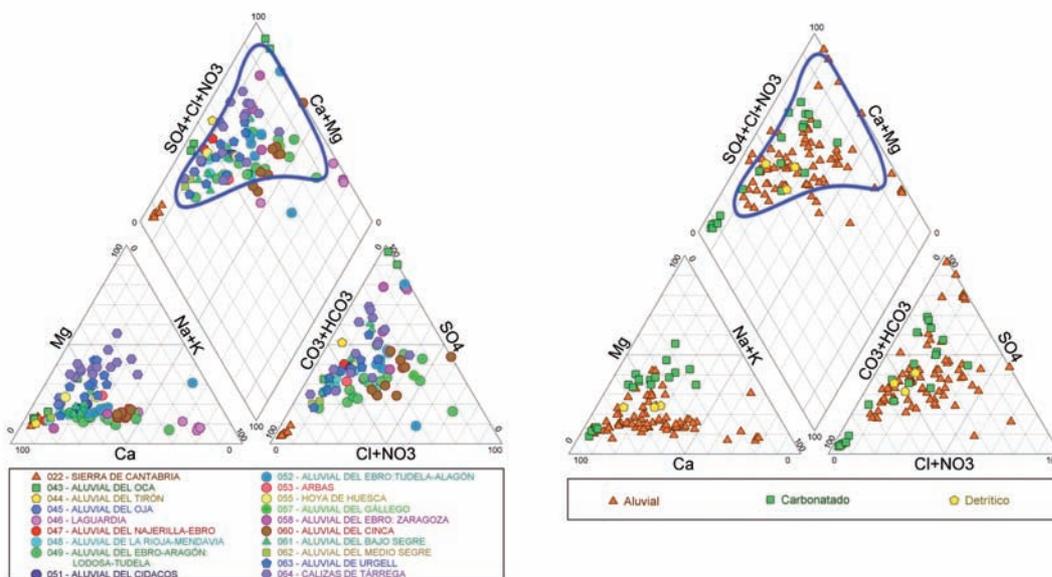
El Dominio de la Depresión del Ebro contiene 80 puntos de agua ubicados en 19 masas de agua subterránea (44 pertenecientes a la RBAS y 36 en relación a las CCAA), destacando la presencia de muchos de ellos en aluviales de los grandes ríos, y en la zona semiárida con sustrato yesífero de los Monegros. Las particulares condiciones geológicas e hidrogeológicas de 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 participan, 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 sulfatos debido fundamentalmente a la naturaleza yesífera de estas masas. En cuanto a las masas de agua carbonatadas, sí que 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 400-600  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la masa 022 (Sierra de Cantabria), representada por el punto SC49 - Manantial Onueba, y fundamentalmente sulfatadas de facies mixtas con altas conductividades en las captaciones ubicadas en la masa de agua 064 (Calizas de Tárrega).

**FIGURA 5.1.7** DIAGRAMAS DE PIPER DEL DOMINIO DEPRESIÓN DEL EBRO



**5.1.3.5 DOMINIO DEMANDA – CAMEROS (5)**

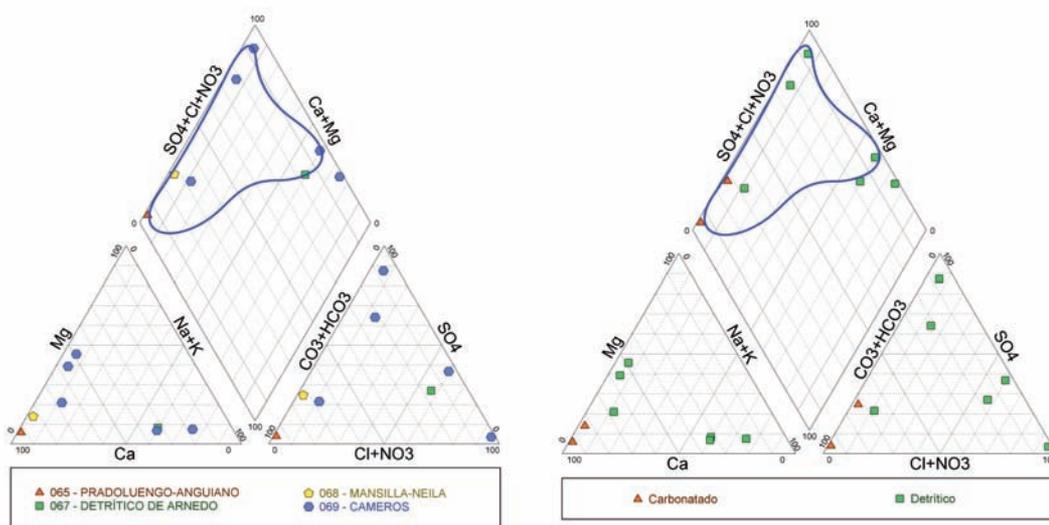
El Dominio de Demanda-Cameros está representado por 8 captaciones de agua distribuidas en 4 masas de agua, perteneciendo todas ellas a la Red Básica. Durante este año no se dispone de datos pertenecientes a puntos operados por las comunidades autónomas.

De manera general, las aguas de este dominio presentan una distribución de valores entre bicarbonatadas, sulfatadas y cloruradas. El contenido aniónico está representado por aguas claramente bicarbonatadas, aguas sulfatadas y aguas claramente cloruradas (Figura 5.1.8). En cuanto a la composición catiónica, existen aguas cálcicas, con un porcentaje de magnesio que no alcanza en ningún caso el 50%, 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 (065 - Pradoluengo- Anguiano y 068 - Mansilla- Neila) muestran una composición claramente bicarbonatada cálcica, con conductividades en torno a los 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

En las masas de agua de litología detrítica (067 - Detrítico de Arnedo y 069 - Cameros) se encuentran aguas con facies hidroquímicas bicarbonatadas cálcicas (241260021- Sondeo Nitratos Rioja Cornago Valdeperillo), sulfatadas cálcicas (241270051- Rincón de Olivado MMA Barranco de Canejada y 241310008- Valdeprado MARM) y predominantemente aguas cloruradas sódicas con valores de conductividad más elevados debido a la naturaleza salina de los materiales. En este grupo se encuentra el punto 241280020 (Balneario Viejo), con una conductividad de 7.389  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

**FIGURA 5.1.8** DIAGRAMAS DE PIPER DEL DOMINIO DEMANDA - CAMEROS



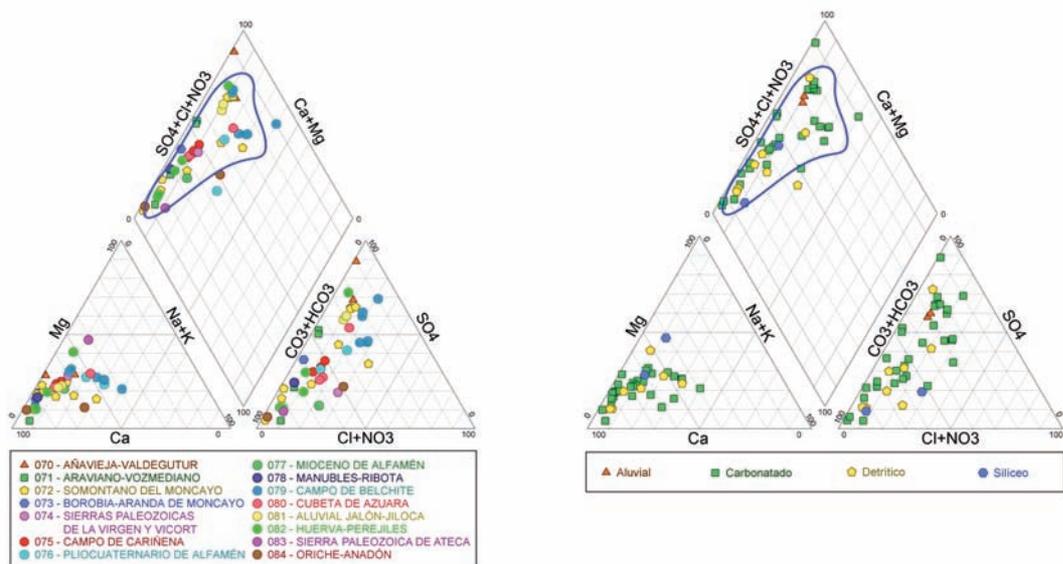
### 5.1.3.6 DOMINIO CENTRAL IBÉRICO (6)

El Dominio Central Ibérico está representado por 36 puntos distribuidos en 15 masas de agua, pertenecientes todos ellos a la RBAS. En este caso, no se dispone de datos analíticos de puntos pertenecientes a redes operadas 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 predominantemente silíceas (074 - Sierras Paleozoicas de la Virgen y Vicort y 083 - Sierra Paleozoica de Ateca) muestran un carácter bicarbonatado cálcico y bajas conductividades. En los materiales aluviales (081 - Aluvial Jalón- Jiloca) la composición es sulfatada cálcica con valores de conductividad que oscilan entre los 1.200 y 1.400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Finalmente, en las masas de agua de naturaleza detrítica y carbonatada se observan mayores variaciones en los contenidos catiónicos y aniónicos produciéndose un progresivo enriquecimiento en sulfato; Estas aguas presentan valores de conductividad que oscilan entre los 200 y 3.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

FIGURA 5.1.9 DIAGRAMAS DE PIPER DEL DOMINIO CENTRAL IBÉRICO



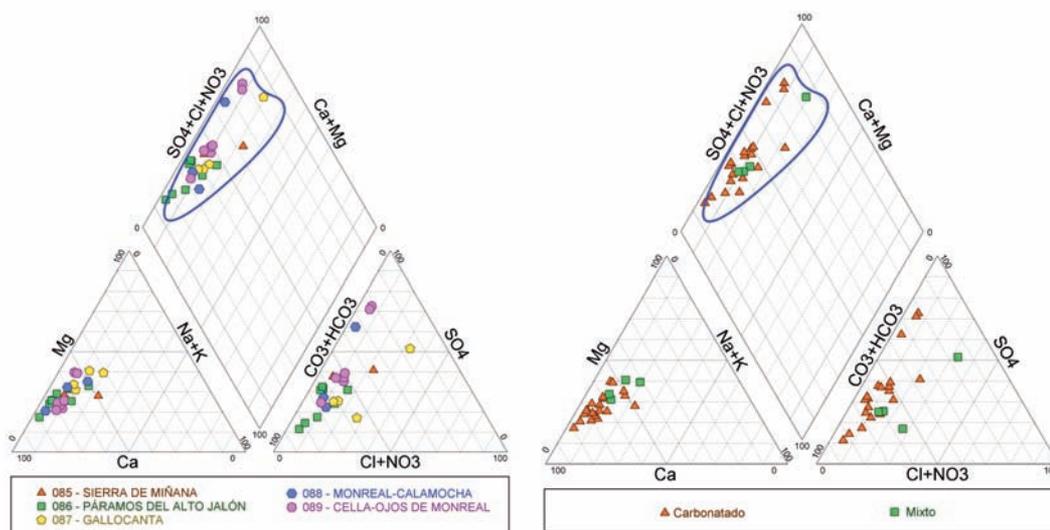
### 5.1.3.7 DOMINIO ALTO JALÓN – ALTO JILOCA (7)

Existen 24 puntos en el Dominio Alto Jalón – Alto Jiloca distribuidos en 5 masas de agua subterránea (085 - Sierra de Miñana, 086 - Páramos del Alto Jalón, 088 - Monreal- Calamocha, 089 - Cella- Ojos de Monreal, de naturaleza predominantemente carbonatada y 087 - Gallocanta, de naturaleza mixta). 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 algo en cloruro, por procesos de disolución de yesos y la naturaleza salina de los materiales. Los cationes presentan un carácter menos variable que los aniones, siendo en su mayor parte aguas cálcicas que pasan en sus fases más evolucionadas a cálcico-magnésicas.

La representación de las composiciones por masas de agua subterránea, pone de manifiesto la existencia de características hidroquímicas diferenciadas en función de las características geológicas y geográficas de cada masa (Figura 5.1.10). Dentro de las masas de agua de naturaleza carbonatada, las aguas de la masa 086 (Páramos del alto Jalón) presentan una conductividad media de 634  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y son bicarbonatadas cálcicas, pasando a aguas sulfatado bicarbonatada y sulfatadas en las masas 085, 088 y 089 (Sierra de Miñana, Monreal – Calamocha y Cella – Ojos de Monreal), con una conductividad media de 1.033  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Finalmente, en cuanto a las aguas muestreadas de la masa nº 087 – Gallocanta, tienen carácter predominantemente bicarbonatado cálcico, con excepción del punto 261910038 (Pozo Gastea) que presenta carácter sulfatado cálcico-magnésico; la conductividad media en esta masa es de 740  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

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 87 puntos de agua distribuidos en 14 masas de agua subterránea (47 puntos pertenecen a la RBAS y 40 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 una gran cantidad de aguas con un carácter cálcico y cálcico-magnésico (Figura 5.1.11). Existe además un proceso gradual de sodificación en algunas muestras de este Dominio en masas de agua con diferentes litologías, principalmente en las 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 >90% en el punto 281880001 (Baños de Ariño), debido probablemente a procesos de disolución del yeso. Además, existen muestras con contenidos más altos en cloruros llegando a alcanzar más de un 95% en la masa de agua 105 (Delta del Ebro), en relación con procesos de intrusión marina.

En la representación de las composiciones en función de las litologías dominantes, se observa que en la masa de agua de naturaleza Paleozoica, representada únicamente por la masa 098 – Priorato, existe dispersión de las composiciones entre bicarbonatadas y sulfatadas cálcicas, y presentan valores más bajos de conductividad. Igualmente ocurre en las masas de agua carbonatadas (091 - Cubeta de Oliete, 092 - Aliaga- Calanda, 093 - Alto Guadaloque, 094 - Pitarque, 095 - Alto Maestrazgo, 096 - Puertos de Beceite, 099 - Puertos de Tortosa, 100 - Boix- Cardó y 104 - Sierra del Montsiá) y de naturaleza aluvial (101 - Aluvial de Tortosa), aunque en este caso algunas muestras presentan un enriquecimiento en cloro y sodio, presentando conductividades más elevadas. La mayor variabilidad química en este dominio se presenta en las masas de agua de naturaleza detrítica. No obstante el agua de la masa de agua 105 - Delta del Ebro es claramente clorurada sódica y, aunque únicamente se ha medido la conductividad en una captación (322030048- Camarles MMA Poligénicos), refleja que se trata de valores muy elevados, habiéndose registrado en este punto 5.877  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

FIGURA 5.1.11 DIAGRAMAS DE PIPER DEL DOMINIO MAESTRAZGO - CATALÁNIDES

