



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

Dirección General de Obras Hidráulicas
y Calidad de las Aguas

62027



**ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE
LA UNIDAD 01.16
LLANES-RIBADESELLA**

**PROGRAMA DE ACTUALIZACIÓN DEL
INVENTARIO HIDROGEOLÓGICO
(P.A.I.H.)**

**TOMO VII.- HIDROQUÍMICA Y CONTAMINACIÓN
DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS**



Secretaría de Estado de Aguas y Costas
Ministerio de Medio Ambiente

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE
LA UNIDAD 01.16
LLANES-RIBADESELLA

PROGRAMA DE ACTUALIZACIÓN DEL
INVENTARIO HIDROGEOLÓGICO
(P.A.I.H.)

TOMO VII.- HIDROQUÍMICA Y CONTAMINACIÓN
DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN	2
2.- METODOLOGÍA.....	3
2.1.- SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	3
2.2.- TÉCNICAS ANALÍTICAS.....	3
2.3.- METODOLOGÍA.....	4
3.- CARACTERIZACIÓN HIDROQUÍMICA.....	6
3.1.- ACUÍFERO COSTERO DE LLANES.....	7
3.2.- ACUÍFERO COSTERO DE RIBADESELLA.....	10
3.3.- ACUÍFERO SIERRA DEL CUERA	14
3.4.- ACUÍFERO SIERRA DEL SUEVE	17
3.5.- ACUÍFERO DEL MOFRECHU.....	22
4.- CONTAMINACIÓN.....	26
4.1.- METODOLOGÍA.....	26
4.2.- ACTIVIDADES POTENCIALMENTE CONTAMINANTES	28
4.3.- ESTADO DE LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN FUNCIÓN DE SU USO	40
5. RED PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD QUÍMICA	46

ANEXOS DE TABLAS, FIGURAS Y GRÁFICOS

ANEXO 1.- ACUÍFERO COSTERO DE LLANES	
ANEXO 2.- ACUÍFERO COSTERO DE RIBADESELLA	
ANEXO 3.- ACUÍFERO SIERRA DEL CUERA	
ANEXO 4.- ACUÍFERO SIERRA DEL SUEVE	
ANEXO 5.- ACUÍFERO DEL MOFRECHU	
ANEXO 6.- PUNTOS DE VERTIDO DE AGUAS RESIDUALES URBANAS	
ANEXO 7.- ACTIVIDADES INDUSTRIALES INVENTARIADAS	
ANEXO 8.- CALIDAD DEL AGUA PARA USO AGRÍCOLA Y GANADERO	

1.- INTRODUCCIÓN

Este estudio contempla la caracterización química de las aguas subterráneas de la Unidad a fin de conocer su calidad química y su relación con los materiales presentes en la misma. Se ha realizado a partir de los resultados obtenidos de los análisis químicos de las muestras tomadas durante la campaña de **Inventario de Puntos de Agua** efectuada en marzo-mayo de 1.996, así como de otros análisis preexistentes. En este apartado del estudio se ha elaborado, además, un **Inventario de Focos de Contaminación**, llevado a cabo mediante la recopilación de datos proporcionados por diversos organismos de la Administración. Con posterioridad a la interpretación de los resultados se propone el establecimiento de una Red de Control de la Calidad Química.

El estudio tiene como objetivos principales la caracterización hidroquímica de las aguas subterráneas de la Unidad, el conocimiento de su actual estado, así como el establecimiento de una Red de Control de la Calidad Química de las mismas.

La elaboración de este informe se ha estructurado en tres apartados:

- 1.- Tratamiento e interpretación de los datos proporcionados por los análisis químicos de las aguas subterráneas de la Unidad.
- 2.- Elaboración de un inventario de focos de contaminación y valoración de la calidad de las aguas en función de su uso.
- 3.- Definición y establecimiento de una Red de Control de la Calidad Química de las Aguas Subterráneas.

2.- METODOLOGÍA DE TRABAJO

2.1.- SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

Para la realización de este estudio se han tenido en cuenta todos los análisis químicos ya existentes, así como los realizados expresamente para el mismo, durante la fase de inventario de puntos de agua.

La campaña de toma de muestras se hizo coincidir con el inventario realizado en los meses de marzo-mayo de 1.996, habiéndose recogido alguna muestra con posterioridad. Se seleccionaron para su posterior análisis aquellos puntos cuyo caudal, en el momento de la toma, era igual o superior a 5 L/s, así como aquellos otros que se consideraron de interés por su aprovechamiento o representatividad dentro de la Unidad.

Las muestras fueron tomadas directamente, del manantial, sondeo o galería, lo más cerca posible del punto de surgencia, tratando de evitar la alteración de sus condiciones naturales. Las medidas de temperatura, conductividad y pH, se realizaron "in situ", mediante equipos portátiles convenientemente calibrados, ya que son parámetros que pueden variar en poco tiempo. Las muestras se recogieron en botellas de polietileno nuevas, de un litro de capacidad, llenas en su totalidad a fin de evitar burbujas de aire, y enviadas, a continuación, a los laboratorios del Instituto Tecnológico Geominero de España para su análisis.

2.2.- TÉCNICAS ANALÍTICAS

Los procedimientos analíticos empleados para determinar la composición de las muestras se basan en los métodos oficiales de análisis físico-químicos (B.O.E. nº 163, de 9-VII-87), métodos normalizados (APHA, ANWA, WPCF) y normas UNE, según se describe a continuación:

- **pH:** Electrometría. PTE-AG-002.
- **Conductividad:** Electrometría. PTE-AG-001.
- **Cloruros:** Espectrometría de absorción. Autoanalizador de flujo continuo.
- **Sulfatos:** Según concentración. Espectrometría de absorción. Autoanalizador de flujo continuo. Gravimetría.
- **Fosfatos:** Espectrofotometría de absorción. Autoanalizador de flujo continuo.
- **Sílice:** Espectrofotometría de absorción. Autoanalizador de flujo continuo.
- **Calcio:** Según concentración. Espectrometría de absorción. Autoanalizador de flujo continuo. Complexometría.
- **Magnesio:** Según concentración. Espectrometría de absorción. Autoanalizador de flujo continuo. Complexometría.

- **Sodio:** Espectrometría de absorción atómica. PTE-AG-007.
- **Potasio:** Espectrometría de absorción atómica. PTE-AG-007.
- **Bicarbonatos:** Espectrometría de absorción. Autoanalizador de flujo continuo. Volumetría.
- **Carbonatos:** Volumetría.
- **Nitratos:** Espectrofotometría de absorción. Autoanalizador de flujo continuo.
- **Nitritos:** Espectrofotometría de absorción. Autoanalizador de flujo continuo.
- **Amonio:** Espectrofotometría de absorción. Autoanalizador de flujo continuo.
- **Oxidabilidad:** Ebullición en medio ácido y valoración con permanganato potásico. PTE-AG-004.
- **Cobre:** Espectrofotometría de absorción atómica. PTE-AG-008.
- **Zinc:** Espectrofotometría de absorción atómica. PTE-AG-008.
- **Hierro:** Espectrofotometría de absorción atómica. PTE-AG-022.
- **Manganeso:** Espectrofotometría de absorción atómica. PTE-AG-022.
- **Plomo:** Espectrofotometría de absorción atómica. PTE-AG-022.
- **Arsénico:** Espectrofotometría de absorción atómica. PTE-AG-010.
- **Mercurio:** Espectrofotometría de absorción atómica. PTE-AG-009.
- **Níquel:** ICP/AES.

2.3.- METODOLOGÍA

La caracterización química de las aguas subterráneas se realiza en primer lugar atendiendo a su facies, mineralización y dureza. Las diversas representaciones gráficas en los diagramas de Piper, Stiff, Schoëller-Berkaloff y rectangulares, elaboradas a partir de los contenidos en los iones mayoritarios, proporcionan una mejor definición de sus aspectos fundamentales.

Un aspecto de interés es el conocimiento de los materiales por los que han circulado las aguas subterráneas, que queda reflejado por el grado de saturación que presentan las mismas en las distintas fases minerales que se hacen presentes en función de los materiales que han atravesado. Con este fin se han calculado los *índices de estabilidad mineral* ($\log IAP/KT$), mediante el programa informático WATEQF, en las muestras tomadas entre abril y septiembre de 1.996 para las siguientes fases minerales: cuarzo, calcita, aragonito y dolomita.

Las relaciones entre los diversos iones proporciona, del mismo modo, un apoyo para el conocimiento de los materiales por los que ha circulado el agua. Con idéntica finalidad, se han calculado diversas *relaciones iónicas* y se han realizado correlaciones entre aniones mayoritarios y la conductividad y entre cationes mayoritarios y el ion bicarbonato.

En los casos en los que se dispuso de datos suficientes se realizaron *gráficos de evolución* de aniones y cationes a fin de determinar las variaciones en la composición de las

aguas subterráneas a lo largo del tiempo, como consecuencia de su circulación a través de los distintos materiales u otras causas.

Facies: Se considera *facies predominante* aquella especie iónica que, expresada en tanto por ciento de meq/L, supera el 50% del contenido en aniones y cationes, y *facies secundaria* la que supera el 25%. Se ha utilizado la siguiente codificación:

<i>Código</i>	<i>Facies</i>	<i>Código</i>	<i>Facies</i>
A	Bicarbonatada	a	Cálcica
B	Sulfatada	b	Magnésica
C	Clorurada	c	Sódica

Mineralización: La *mineralización* se expresa a partir de la conductividad eléctrica del agua, utilizándose para su clasificación los siguientes intervalos:

<i>Conductividad</i>	<i>Mineralización</i>
< 65 $\mu\text{S/cm}$	Sin mineralización
65-200 $\mu\text{S/cm}$	Mineralización muy débil
201-500 $\mu\text{S/cm}$	Mineralización ligera
501-2000 $\mu\text{S/cm}$	Mineralización notable
< 2001 $\mu\text{S/cm}$	Mineralización fuerte

Dureza: La *dureza*, expresada en mg/L de CaCO_3 , se determina mediante el cálculo de la siguiente expresión:

$$D(\text{mg/L de CaCO}_3) = \left(\frac{\text{mg/L Ca}^{2+}}{40} + \frac{\text{mg/L Mg}^{2+}}{24} \right) * 100$$

Los intervalos considerados son:

<i>mg/L de CaCO₃</i>	<i>Dureza</i>
0-40	Muy blanda
41-120	Blanda
121-350	Media
351-650	Dura
> 651	Muy dura

3.- CARACTERIZACIÓN HIDROQUÍMICA

La Unidad Hidrogeológica 01.16 está integrada por cinco acuíferos bien diferenciados. El procesado e interpretación de la información se ha llevado a cabo de manera independiente en cada uno de ellos. No obstante, para la interpretación de los resultados analíticos, a su vez, debido a las diferencias litológicas que presentan en el punto de surgencia, se han agrupado los puntos en cada uno de los acuíferos atendiendo a su litología.

Los acuíferos considerados son los siguientes:

- Acuífero Costero de Llanes
- Acuífero Costero de Ribadesella
- Acuífero Sierra del Suevo
- Acuífero Sierra del Cuera
- Acuífero del Mofrechu

La mayoría de los puntos considerados se encuentran asociados a materiales calcáreos de edad Carbonífero Superior, siendo esta litología la más importante y representativa desde el punto de vista hidrogeológico. El segundo grupo en importancia, atendiendo al volumen de agua drenada, estaría integrado por aquellos puntos procedentes de materiales cuarcíticos ordovícicos, presentes también en todos los acuíferos. En el Acuífero Sierra del Suevo se han diferenciado, además: aguas procedentes de materiales calcáreos jurásicos y aguas procedentes de materiales triásicos.

En general, las aguas procedentes de materiales cuarcíticos, debido a las características propias de los mismos, presentan muy bajo contenido en sales, lo que implica que de las representaciones gráficas y de las *relaciones iónicas* calculadas no se puedan obtener conclusiones claras sobre las especies iónicas mayoritarias, ni sobre el enriquecimiento preferencial en iones de dichas aguas.

Las tablas y figuras correspondientes a este epígrafe se encuentran recogidas en los anexos 1 al 5, con la siguiente distribución:

- Anexo 1:** Acuífero Costero de Llanes
- Anexo 2:** Acuífero Costero de Ribadesella
- Anexo 3:** Acuífero Sierra del Suevo
- Anexo 4:** Acuífero Sierra del Cuera
- Anexo 5:** Acuífero del Mofrechu

3.1.- ACUÍFERO COSTERO DE LLANES

El Acuífero Costero de Llanes se ubica al este de la Unidad Hidrogeológica 01.16 (Plano nº 1).

Desde el punto de vista geológico, está constituido, principalmente, por materiales calcáreos de edad Carbonífero Superior, correspondientes a las formaciones Barcaliente, Valdeteja y Picos de Europa, aunque también contiene bandas cuarcíticas de edad Ordovícico (Formación Barrios). Al este del acuífero, afloran materiales detríticos pertenecientes al Cretácico Inferior (Albiense).

En este acuífero se han tomado muestras en 33 puntos, cuyas características se recogen en la Tabla 3.1-I y cuya situación figura en el Plano nº 1. En total, se dispuso de 66 análisis, realizados entre los años 1.979 y 1.996.

Los resultados de dichos análisis se expresan en *mg/L*, a excepción de la conductividad que figura en $\mu\text{S/cm}$, la temperatura en $^{\circ}\text{C}$ y el pH en *unidades de pH*, y se recogen en la Tabla 3.1-II.

En la Tabla 3.1-III se indican los valores máximos, medios y mínimos de los parámetros analizados.

En la Tabla 3.1-IV figura la caracterización de las aguas subterráneas, indicando *facies*, *mineralización* y *dureza* de las mismas, según los criterios que han sido expuestos en el Apartado 2.3.

Como se puede observar en los diagramas de Piper, Stiff y Schoëller-Berkaloff (figuras 3.1.1 a 3.1.3), en este acuífero existe una notable homogeneidad de facies, presentando el 77% de las muestras analizadas una facies *Bicarbonatada cálcica*, y el 23% restante un conjunto heterogéneo de facies, en el que intervienen las distintas especies iónicas en proporciones variables. Dado el gran número de muestras que contiene este acuífero, y para una más clara representación gráfica de las mismas en el diagrama de Piper, se han agrupado por sectores, siendo éstos Llanes-Norte y Llanes-Sur.

La facies *Bicarbonatada cálcica*, que es la predominante, se asocia a los sedimentos calcáreos carboníferos correspondientes a las formaciones Barcaliente, Valdeteja y Picos de Europa. El resto de las facies se pueden asimilar a aguas subterráneas que han circulado por sedimentos cuarcíticos o que corresponden a surgencias que presentan incremento en cloruros por estar ubicadas cerca de la costa.

La mineralización de las aguas es *Ligera* en el 77% de las muestras, *Notable* en el 17% y *Muy débil* o *Sin mineralización* en el resto. El valor de la conductividad oscila entre 1.220 y 48 $\mu\text{S/cm}$, siendo el valor medio 418 $\mu\text{S/cm}$.

La dureza de las aguas es *Media* en el 89% de las muestras y *Blanda* o *Muy blanda* en el resto.

Atendiendo a la litología de los puntos inventariados, se diferencian dos grupos:

- Aguas procedentes de materiales calcáreos carboníferos.
- Aguas procedentes de materiales cuarcíticos ordovícicos.

Aguas procedentes de materiales calcáreos carboníferos

Este grupo incluye todos los puntos de este acuífero, excepto el L17, L27, L31 y L32.

Presenta una gran homogeneidad en su facies, siendo predominante la *Bicarbonatada cálcica*. En el Diagrama de Piper correspondiente al sector Llanes-Norte y en los diagramas de Stiff y Schoëller-Berkaloff se aprecian 6 muestras cuya facies difiere de la anteriormente citada. Estas muestras corresponden a los puntos L5, L6 y L7, con uno, tres y dos análisis, respectivamente. El análisis del punto L5, de fecha 20/09/79, no se ha considerado por no ser representativo de dicho punto a la vista de la serie histórica del mismo. Los puntos L6 y L7 corresponden a aguas de facies *Clorurada bicarbonatada sódico-cálcica* o *cálcico-sódica*. Esta variación en la facies, teniendo en cuenta que se localizan muy próximos a la costa, se puede interpretar como consecuencia del lavado de materiales que han estado inundados por aguas salobres o de que el mar al golpear contra la costa forma gotas minúsculas que son transportadas por el viento, tierra adentro, pudiendo incrementar la concentración de cloruros en algunos puntos de agua muy próximos a la línea de mar. Este último fenómeno se ha denominado efecto "rociada marina".

Las aguas de este grupo presentan una mineralización *Notable* o *Ligera* y una dureza *Media* o *Blanda*.

Entre los aniones mayoritarios destaca el HCO_3^- , con un contenido medio de 210 mg/L y un rango de variación de 73 a 316 mg/L. El anión Cl^- presenta concentraciones que varían entre 10 y 20 mg/L, excepto en el caso de las muestras L6 y L7, en las que los valores oscilan entre 150 y 280 mg/L. Se aprecia una mayor diversidad en el contenido en el anión SO_4^{2-} , cuyos valores se mueven entre pocas unidades y casi 100 mg/L, si bien, en general las concentraciones son bajas, con un valor medio de 17 mg/L. De los cationes destaca el Ca^{2+} , con un contenido medio de 71 mg/L y concentraciones con un rango de variación entre 28 y 112 mg/L. El ion Na^+ presenta unos contenidos del orden de la decena de mg/L, excepto en las muestras mencionadas anteriormente en las que dicha concentración supera en algunos análisis los 100 mg/L. El catión Mg^{2+} tiene concentraciones algo menores, siendo el valor medio de 7 mg/L y el contenido más frecuente entre 5 y 7 mg/L.

Los gráficos que correlacionan la conductividad con los diferentes aniones, HCO_3^- , Cl^- y SO_4^{2-} (figuras 3.1.4 a 3.1.6), muestran una mayor correlación entre este parámetro y el ion HCO_3^- , siendo menor con los iones Cl^- y SO_4^{2-} . De ello se puede deducir que la mineralización de estas aguas procede, fundamentalmente, de la disolución del ion HCO_3^- , componente principal de las calizas, lo que se puede desprender de los valores de las relaciones iónicas calculadas (Tabla 3.1-V).

Cabe destacar, sin embargo, la existencia de 5 análisis, correspondientes a las muestras L6 y L7, cuyo comportamiento difiere del resto de los puntos de este grupo. Estas muestras se corresponden con aguas de conductividad mayor de 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y alto contenido en ion Cl^- ,

por lo que se considera que la mineralización de las mismas está afectada por la disolución de dicho ion, debido a las causas anteriormente expuestas.

En los gráficos de correlación del ion HCO_3^- con los cationes Ca^{2+} , Na^+ y Mg^{2+} (figuras 3.1.7 a 3.1.9) se aprecia una notable correlación del catión Ca^{2+} con el bicarbonato y una correlación mucho menos clara de dicho anión frente al Mg^{2+} y el Na^+ , lo que es congruente con la composición calcárea de los materiales acuíferos, cuya disolución libera calcio. De esto se puede deducir que el catión calcio es el que, preferentemente, se libera a las aguas por disolución de las calizas.

La representación en los diagramas rectangulares (figura 3.1.10) de los índices de D'Amore "A-F" (Tabla 3.1-VI) pone de manifiesto, en general, una gran homogeneidad en sus formas, siendo éstas similares a la "forma tipo" descrita para aguas bicarbonatadas cálcicas procedentes de materiales calcáreos. Se puede apreciar un conjunto de muestras, constituido por L5 del 20/10/92, L13 del 18/09/95 y L33 del 24/06/92, con un pico negativo en el parámetro "D", que indica que la circulación de las aguas ha tenido lugar, en mayor o menor medida, a través de terrenos dolomitizados. Este fenómeno es igualmente apreciable a la vista de los valores de las relaciones iónicas calculadas.

Igualmente, cabe destacar que los diagramas rectangulares de los puntos L6 y L7 presentan formas que difieren notablemente de las anteriores. De la interpretación de los valores de los parámetros "A-F", y de las relaciones iónicas calculadas, se puede deducir la influencia de aguas salobres, por los efectos descritos, sobre la composición química de dichas muestras.

Las relaciones iónicas calculadas y los parámetros (o índices) "A-F" ponen de manifiesto un cierto matiz evaporítico y/o margo-arcilloso en algunas muestras correspondientes a los puntos L5, L9, L13, L18, L19, L20, L22, L25 y L30.

En los diagramas de estabilidad mineral (figuras 3.1.11 y 3.1.12), se aprecia que la mayoría de las muestras en las que se han calculado el índice de saturación se encuentran ligeramente sobresaturadas en calcita, aragonito y cuarzo, pero no llegan a equilibrarse con dolomita.

Los diagramas de evolución de aniones y cationes de los puntos L5 y L13 (figuras 3.1.13 y 3.1.14), únicos con suficiente número de análisis para apreciar su tendencia, muestran que no existe una variación significativa en la composición química a lo largo del período considerado.

Aguas procedentes de materiales cuarcíticos

Este grupo está integrado por los puntos L17, L27, L31 y L32.

Las aguas que han circulado por materiales cuarcíticos presentan heterogeneidad de facies en las que intervienen las distintas especies iónicas en proporciones variables; su representación gráfica aparece en el diagrama de Piper Llanes-Sur, diagramas de Stiff y Schoëller-Berkaloff (figuras 3.1.1 a 3.1.3). Estas aguas tienen mineralización *Muy débil* o *Sin Mineralización*, debido a la escasa solubilidad de los minerales que componen la litología cuarcítica. Son aguas *Blandas* o *Muy Blandas*.

En general, los contenidos en iones mayoritarios de estas aguas son considerablemente inferiores a los de aguas procedentes de materiales carbonatados, aunque con igual orden de predominio. El anión más abundante es el HCO_3^- , con un valor medio de 20 mg/L, seguido del Cl^- , con 12 mg/L de concentración media y por último el SO_4^{2-} , con 9 mg/L. Entre los cationes domina el Ca^{2+} , con 9 mg/L de contenido medio, seguido del Na^+ , con 6 mg/L y del Mg^{2+} , con 2 mg/L.

La representación gráfica, en los diagramas de Stiff y Schoëller-Berkaloff (figuras 3.1.2 y 3.1.3), correspondiente a la muestra del punto L32 se asemeja a la de las muestras relacionadas con materiales calcáreos, lo que hace suponer que las aguas correspondientes a este punto han permanecido en contacto con dichos materiales, aunque su surgencia tenga lugar en formaciones cuarcíticas. Este hecho también se aprecia en el diagrama de Piper (figura 3.1.1), ubicándose dicha muestra dentro de la zona del gráfico en la que figuran las muestras del grupo de aguas procedentes de dichos materiales.

En los gráficos de correlación (figuras 3.1.4 a 3.1.9) estas muestras aparecen representadas en la zona de los valores más bajos de los parámetros relacionados, quedando a su vez desagregadas del otro grupo. En este caso, la muestra del punto L32 presenta una correlación más próxima a la del grupo mayoritario de muestras, por lo que se corroboraría lo expuesto en el párrafo anterior.

La representación gráfica de los índices de D'Amore (3.1.10) pone de manifiesto diferentes tipologías entre las muestras, con una influencia evaporítica que se traduce en un enriquecimiento en sulfato, más intenso en la muestra L17, pero también apreciable en L27 y L31. Sin embargo, la forma correspondiente a la muestra L32, igual que en los casos anteriores, se asemeja más a la mencionada "forma tipo" representativa del grupo de muestras de aguas procedentes de materiales calcáreos carboníferos.

Los índices de saturación calculados y representados en los diagramas de estabilidad mineral ponen de manifiesto que estas aguas sólo se encuentran sobresaturadas en cuarzo (figuras 3.1.11 y 3.1.12).

3.2.- ACUÍFERO COSTERO DE RIBADESELLA

El Acuífero Costero de Ribadesella está situado en la zona costera central de la Unidad Hidrogeológica 01.16 (Plano nº 1).

Desde el punto de vista geológico, está constituido, principalmente, por materiales calcáreos de edad Carbonífero Superior, correspondientes a las formaciones Barcaliente, Valdeteja, Escalada y Picos de Europa, aunque también contiene bandas cuarcíticas de edad Ordovícico (Formación Barrios).

En este acuífero se han tomado muestras en 19 puntos, cuyas características se recogen en la Tabla 3.2-I y cuya situación figura en el Plano nº 1. En total, se dispuso de 64 análisis, realizados entre los años 1.979 y 1.996.

Los resultados de dichos análisis se expresan en *mg/L*, a excepción de la conductividad, que figura en $\mu\text{S/cm}$, la temperatura en $^{\circ}\text{C}$ y el pH en *unidades de pH*, y se recogen en la Tabla 3.2-II.

En la Tabla 3.2-III se indican los valores máximos, medios y mínimos de los parámetros analizados.

En la Tabla 3.2-IV figura la caracterización de las aguas subterráneas, indicando facies, mineralización y dureza de las mismas, según los criterios que han sido expuestos en el Apartado 2.3.

Como se puede observar en los diagramas de Piper, Stiff y Schoëller-Berkaloff (figuras 3.2.1 a 3.2.3), en este acuífero existe una notable homogeneidad de facies, presentando el 70% de las muestras analizadas una facies *Bicarbonatada cálcica*, el 14% *Bicarbonatada cálcica-magnésica* o *magnésica-cálcica* y el 16% restante un conjunto heterogéneo de facies, en el que intervienen las distintas especies iónicas en proporciones variables. Dado el gran número de muestras que contiene este acuífero, y para una más clara representación gráfica de las mismas en el Diagrama de Piper, se han agrupado por sectores, siendo éstos Ribadesella-Este y Ribadesella-Oeste.

Las facies *Bicarbonatada cálcica* y *Bicarbonatada cálcica-magnésica* que son las predominantes, se asocian a los sedimentos calcáreo-dolomíticos carboníferos correspondientes a las formaciones Barcaliente, Valdeteja, Escalada y Picos de Europa. El resto de las facies se pueden asimilar con aguas subterráneas que han circulado por sedimentos cuarcíticos o que corresponden a surgencias que presentan un incremento en cloruros como consecuencia de su ubicación en las proximidades de la línea costa.

La mineralización de las aguas es *Ligera* en el 75% de las muestras, *Notable* en el 20% y *Muy débil* o *Sin Mineralización* en el 5% restante. El valor de la conductividad oscila entre 1.190 y 57 $\mu\text{S/cm}$, siendo el valor medio 415 $\mu\text{S/cm}$.

La dureza de las aguas es *Media*, en el 91% de las muestras y *Blanda* o *Muy blanda* en el resto.

Atendiendo a la litología de los puntos inventariados, se diferencian dos grupos:

- Aguas procedentes de materiales calcáreo-dolomíticos carboníferos.
- Aguas procedentes de materiales cuarcíticos.

Aguas procedentes de materiales calcáreo-dolomíticos carboníferos

Este grupo incluye todos los puntos de este acuífero, excepto el R3, R6 y R15.

Presenta una gran homogeneidad en su facies, siendo ésta *Bicarbonatada cálcica* o *cálcico-magnésica*. En los diagramas de Piper, Stiff y Schoëller-Berkaloff (figuras 3.2.1 a 3.2.3) se aprecian cinco muestras cuya facies difiere de las anteriormente citadas. Estas muestras corresponden a los puntos R2, R9, R13, R14 y R17. El análisis del punto R13, de fecha 25/04/95, no se ha considerado por no ser representativo de dicho punto, a la vista de la serie histórica del mismo. El análisis del punto R9 de fecha 22/08/79 presenta facies

Bicarbonatada-sulfatada cálcica-magnésica. El carácter sulfatado de dicha facies puede ser interpretado como una afección puntual en el tiempo o anomalía analítica, ya que no están afectados otros puntos del entorno (R8 y R10). Al no disponer de análisis posteriores a dicha fecha, se desconoce su evolución. Los puntos R2, R14 y R17 corresponden a aguas con una concentración en los iones Cl^- y Na^+ mayor que en el resto de las muestras, lo que puede explicarse por el efecto “rociada marina” o por lavado de materiales que han estado inundados por agua de mar.

Las aguas de este grupo presentan, principalmente, mineralización *Ligera* o *Notable*, esta última en menor medida, y dureza *Media*.

Entre los aniones mayoritarios destaca el HCO_3^- , con un contenido medio de 220 mg/L y un rango de variación de 110 a 348 mg/L. El anión Cl^- presenta concentraciones que varían entre 10 y 25 mg/L, excepto en el caso de las muestras R2, R14 y R17, en las que los valores oscilan entre 50 y 270 mg/L. Se aprecia una mayor diversidad en el contenido en el anión SO_4^{2-} , cuyos valores varían entre pocas unidades y 70 mg/L, si bien, en general las concentraciones son bajas, con un valor medio de 14 mg/L. De los cationes destaca el Ca^{2+} , con un contenido medio de 68 mg/L y concentraciones con un rango de variación entre 30 y 108 mg/L. El ion Na^+ presenta unos contenidos del orden de la decena de mg/L, excepto en las muestras mencionadas anteriormente en las que dicha concentración supera en algún análisis los 100 mg/L. El catión Mg^{2+} tiene concentraciones algo menores, siendo el valor medio de 10 mg/L y los contenidos máximo y mínimo de 36 mg/l y 3 mg/L, respectivamente.

Los gráficos que correlacionan la conductividad con los diferentes aniones HCO_3^- , Cl^- y SO_4^{2-} (figuras 3.2.4 a 3.2.6) muestran una mayor correlación entre este parámetro y el ion HCO_3^- , siendo menor con los iones Cl^- y SO_4^{2-} . De ello se puede deducir que la mineralización de estas aguas procede, fundamentalmente, de la disolución del ion HCO_3^- , componente principal de las calizas, lo que se puede deducir también a partir de los valores de las relaciones iónicas calculadas (Tabla 3.2-V).

Cabe destacar, en dichos gráficos, la existencia de dos análisis, correspondientes a los puntos R14 y R17, cuyo comportamiento difiere del resto de los puntos de este grupo. Estas muestras se corresponden con aguas de conductividad mayor de 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y un alto contenido en ion Cl^- , por lo que se considera que la mineralización de las mismas está afectada por la disolución de dicho ion, como consecuencia de los fenómenos anteriormente descritos.

En los gráficos de correlación del ion HCO_3^- con los cationes Ca^{2+} , Na^+ y Mg^{2+} (figuras 3.2.7 a 3.2.9) se aprecia una notable correlación del catión Ca^{2+} con el bicarbonato y una correlación mucho menos clara de dicho anión frente al Mg^{2+} y el Na^+ . De esto se puede deducir que el catión calcio es el que, preferentemente, se libera a las aguas por disolución de las calizas.

En los diagramas rectangulares (figura 3.2.10), calculados a partir de los parámetros “A-F” (Tabla 3.2-VI), puede observarse, en general, una gran homogeneidad en la forma de los mismos, siendo ésta similar a la “forma tipo” descrita para aguas bicarbonatadas cálcicas procedentes de materiales calcáreos. Se puede apreciar un conjunto de muestras con un pico negativo correspondiente al parámetro “D”, que indica que la circulación de las aguas ha tenido lugar, en mayor o menor medida, a través de terrenos dolomitizados. Este fenómeno es igualmente apreciable a la vista de los valores de las relaciones iónicas calculadas. Este

conjunto está integrado por algunos de los análisis correspondientes a los puntos R1, R8, R10, R12, R13 y R18.

Igualmente, cabe destacar que los diagramas rectangulares de los puntos R2 (18/04/96), R14 (19/09/79) y R17 (07/05/96) presentan formas que difieren notablemente de las anteriores. De la interpretación de los valores de los parámetros "A-F", y de las relaciones iónicas calculadas (Tabla 3.2-V), se puede deducir la influencia de aguas salobres, por los efectos ya mencionados, sobre la composición química de dichas muestras.

A la vista de las relaciones iónicas y de los parámetros "A-F", se puede considerar que algunas muestras correspondientes a los puntos R1, R5, R7, R8, R9, R10, R13 y R19 presentan cierto matiz evaporítico.

En los diagramas de estabilidad mineral (figuras 3.2.11 y 3.2.12) se aprecia que la mayoría de las muestras, en las que se han calculado el índice de saturación, presentan estabilidad en calcita, aragonito y cuarzo. Cabe resaltar que la muestra correspondiente al punto R18, además, presenta saturación en dolomita.

Los diagramas de evolución de aniones y cationes de los puntos R8, R10 y R13 (figuras 3.2.13, 3.2.14 y 3.2.15), únicos con suficiente número de análisis para apreciar su tendencia, muestran que no existe una variación significativa en la composición química a lo largo del período considerado, observándose, sin embargo, en el punto R8 un ligero incremento en la tendencia del contenido en SO_4^{2-} .

Aguas procedentes de materiales cuarcíticos

Este grupo está integrado por los puntos R3, R6 y R15.

Las aguas que han circulado por materiales cuarcíticos presentan heterogeneidad de facies en las que intervienen las distintas especies iónicas en proporciones variables. La representación gráfica aparece en los diagramas de Piper, Stiff y Schoëller-Berkaloff (figuras 3.2.1 a 3.2.3). Estas aguas tienen mineralización *Muy débil* o *Sin Mineralización* y dureza *Muy Blanda*.

En general, los contenidos en iones mayoritarios de estas aguas son considerablemente inferiores a los de aguas procedentes de materiales carbonatados, aunque con igual orden de predominio. El anión más abundante es el HCO_3^- , con un valor medio de 16 mg/L, seguido del Cl^- , con 12 mg/L de concentración media y por último el SO_4^{2-} , con 7 mg/L. Entre los cationes domina el Na^+ , con 7 mg/L de contenido medio, seguido del Ca^{2+} , con 6 mg/L y de Mg^{2+} con 2 mg/L.

En los gráficos de correlación (figuras 3.2.4 a 3.2.9), estas muestras aparecen representadas en la zona de los valores más bajos de los parámetros relacionados, quedando a su vez desagregadas del otro grupo de muestras.

La representación gráfica de este grupo de muestras, en los diagramas rectangulares (figura 3.2.10), presenta formas diferentes a la "forma tipo" descrita para aguas bicarbonatadas cálcicas, siendo éstas, a su vez, distintas entre sí. Las muestras R3 y R15 son muy similares entre sí; ambas tienen una clara influencia evaporítica sulfatada, mientras que

el agua correspondiente a la muestra R6 procede de materiales calcáreos con influencia de litologías margo-arcillosas y un ligero componente sulfatado.

Las aguas de los puntos muestreados, para las que se han calculado los índices de saturación y se han representado en los diagramas de estabilidad (figuras 3.2.11 y 3.2.12), ponen de manifiesto que solamente se encuentran sobresaturadas en cuarzo.

3.3.- ACUÍFERO SIERRA DEL CUERA

El Acuífero Sierra del Cuera se encuentra situado al sur del Acuífero Costero de Llanes (Plano nº 1).

Desde el punto de vista geológico, está constituido, principalmente, por materiales calcáreos de edad Carbonífero Superior, correspondientes a las formaciones Barcaliente, Valdeteja y Picos de Europa, aunque también contiene bandas cuarcíticas de edad Ordovícico (Formación Barrios). Al este del acuífero afloran materiales cretácicos y terciarios, pertenecientes al denominado Sinclinal de Colombres.

En este acuífero se han tomado muestras en 27 puntos, cuyas características se recogen en la Tabla 3.3-I y cuya situación figura en el Plano nº 1. En total, se dispuso de 52 análisis, realizados entre los años 1.979 y 1.996.

Los resultados de dichos análisis se expresan en *mg/L*, a excepción de la conductividad, que figura en $\mu S/cm$, la temperatura en $^{\circ}C$ y el pH en *unidades de pH*, y se recogen en la Tabla 3.3-II.

En la Tabla 3.3-III se indican los valores máximos, medios y mínimos de los parámetros analizados.

En la Tabla 3.3-IV figura la caracterización de las aguas subterráneas, indicando facies, mineralización y dureza de las mismas, según los criterios que han sido expuestos en el Apartado 2.3.

Como se puede observar en los diagramas de Piper, Stiff y Schoëller-Berkaloff (figuras 3.3.1 a 3.3.3), en este acuífero existe una notable homogeneidad de facies, presentando el 75% de las muestras analizadas una facies *Bicarbonatada cálcica*; el 17%, *Bicarbonatada cálcica-magnésica*; y el resto, *Clorurada sódica* o *magnésico-sódica* y *Bicarbonatada cálcico-sódica* o *sódico-cálcica*. Dado el gran número de muestras que contiene este acuífero, y para una más clara representación gráfica de las mismas en el diagrama de Piper, se han agrupado por sectores, siendo éstos Sierra del Cuera-Este y Sierra del Cuera-Oeste.

Las facies *Bicarbonatada cálcica* y *Bicarbonatada cálcica-magnésica*, que son las predominantes, se asocian a los sedimentos calcáreo-dolomíticos carboníferos correspondientes a las formaciones Barcaliente, Valdeteja y Picos de Europa. El resto de las facies se pueden asimilar con aguas subterráneas que han circulado por sedimentos cuarcíticos ordovícicos.

La mineralización de las aguas es *Ligera* en el 90% de las muestras y *Muy débil* o *Sin Mineralización* en el 10 % restante. El valor de la conductividad oscila entre 460 y 31 $\mu\text{S/cm}$, siendo el valor medio 257 $\mu\text{S/cm}$.

La dureza de las aguas es *Media* en el 63 % de las muestras, *Blanda* en el 32 % y *Muy blanda* en el resto.

Atendiendo a la litología de los puntos inventariados, se diferencian dos grupos:

- Aguas procedentes de materiales calcáreo-dolomíticos carboníferos.
- Aguas procedentes de materiales cuarcíticos ordovícicos.

Aguas procedentes de materiales calcáreo-dolomíticos carboníferos

Este grupo incluye todas las muestras, excepto C1, C3, C7, C10 y C16.

Estas aguas presentan una gran homogeneidad en su facies, siendo predominante la *Bicarbonatada cálcica o cálcica-magnésica*.

Las aguas de este grupo tienen una mineralización *Ligera* y una dureza *Media*.

Entre los aniones mayoritarios destaca el HCO_3^- , con un contenido medio de 150 mg/L y un rango de variación de 108 a 246 mg/L. El anión Cl^- presenta unas concentraciones, en general, entre 1 y 21 mg/L, excepto en el caso de la muestra C21 en la que el valor es de 41 mg/L. Se aprecia una mayor diversidad en el contenido del anión SO_4^{2-} , cuyos valores varían entre 1 y 48 mg/L, si bien, en general las concentraciones son bajas, con un valor medio de 9 mg/L. De los cationes destaca el Ca^{2+} , con un contenido medio de 45 mg/L y concentraciones con un rango de variación entre 31 y 68 mg/L. El ion Na^+ presenta unos contenidos del orden de la decena de mg/L. El catión Mg^{2+} presenta una concentración media de 6 mg/L, máxima de 22 mg/L y mínima de 1 mg/L.

Los gráficos que correlacionan la conductividad con los diferentes aniones, HCO_3^- , Cl^- y SO_4^{2-} (figuras 3.3.4 a 3.3.6) muestran una mayor correlación entre este parámetro y el ion HCO_3^- , siendo menor con los iones Cl^- y SO_4^{2-} . De ello se puede deducir que la mineralización de este agua procede, fundamentalmente, de la disolución del ion HCO_3^- , componente principal de las calizas y dolomías, lo que igualmente se concluye a partir de los valores de las relaciones iónicas calculadas (Tabla 3.3-V)

En los gráficos de correlación del ion HCO_3^- con los cationes Ca^{2+} , Na^+ y Mg^{2+} (figuras 3.3.7 a 3.3.9), se aprecia una notable correlación del catión Ca^{2+} con el bicarbonato, y una correlación mucho menos clara de dicho anión frente al Mg^{2+} y el Na^+ . De esto se puede deducir que el catión calcio es el que preferentemente se libera a las aguas por disolución de las calizas.

En los diagramas rectangulares (figura 3.3.10), calculados a partir de los parámetros "A-F" (Tabla 3.3-VI), puede observarse, en general, una gran homogeneidad en sus formas, siendo éstas similares a la "forma tipo" descrita para aguas bicarbonatadas cálcicas procedentes de materiales calcáreos. Se puede apreciar un conjunto de muestras (C2, C6, C8, C9, C14, C15, C17, C18, C19, C22, C23, C25, C26 y C27) en cuya representación gráfica

aparece un pico negativo en el parámetro "D", que indica que la circulación de las aguas ha tenido lugar, en mayor o menor medida, a través de terrenos dolomitizados. Este fenómeno es igualmente apreciable a la vista de los valores de las relaciones iónicas calculadas.

A la vista de las relaciones iónicas y de los parámetros "A-F", se puede considerar que algunas muestras, correspondientes a los puntos C14, C21 y C22, presentan cierto matiz evaporítico.

En los diagramas de estabilidad mineral (figuras 3.3.11 y 3.3.12) se aprecia que aproximadamente el 50 % de las muestras en las que se han calculado el índice de saturación se encuentran ligeramente sobresaturadas en calcita y cuarzo, solamente seis de ellas sobresaturan en aragonito, y tres en dolomita.

Los diagramas de evolución de aniones y cationes de los puntos C14 y C19 (figuras 3.3.13 y 3.3.14), únicos puntos con suficiente número de análisis para apreciar su tendencia, muestran que no existe una variación significativa en la composición química a lo largo del período considerado.

Aguas procedentes de materiales cuarcíticos

Este grupo está integrado por los puntos C1, C3, C7, C10 y C16.

Las aguas que han circulado por materiales cuarcíticos presentan heterogeneidad de facies en las que intervienen las distintas especies iónicas en proporciones variables. Así, aparecen aguas bicarbonatadas cálcicas, cálcico-magnésicas y cálcico-sódicas y otras de naturaleza clorurada, como se aprecia en los diagramas de Piper Stiff y Schoëller-Berkaloff (figuras 3.3.1 a 3.3.3). Estas aguas tienen mineralización *Ligera* o *Sin Mineralización* y dureza *Media* o *Muy Blanda*.

En general, los contenidos en iones mayoritarios de estas aguas son considerablemente inferiores a los de aguas procedentes de materiales carbonatados, aunque con igual orden de predominio. El anión más abundante es el HCO_3^- , con un valor medio de 83 mg/L, si bien los valores más comunes para aguas procedentes de estos materiales es inferior a la decena de mg/L, seguido del Cl^- , con 10 mg/L de concentración media y por último el SO_4^{2-} , con 7 mg/L. Entre los cationes domina el Ca^{2+} , con 24 mg/L de contenido medio, si bien el contenido predominante en este grupo de muestras es inferior a 5 mg/L, seguido del Na^+ y del Mg^{2+} , con 4 mg/L y 5 mg/L de concentración media, respectivamente.

La representación gráfica en los diagramas de Stiff y Schoëller-Berkaloff (figuras 3.3.2 y 3.3.3) correspondientes a las muestras de los puntos C1 y C3 se asemeja a las de las muestras relacionadas con materiales calcáreo-dolomíticos, lo que hace suponer que las aguas correspondientes a estos puntos han permanecido en contacto con dichos materiales, aunque su surgencia tenga lugar en formaciones cuarcíticas. Este hecho también se aprecia en el diagrama de Piper (figura 3.3.1), ubicándose dichas muestras dentro de la zona del gráfico en la que figuran las muestras del grupo de aguas procedentes de materiales carbonatados.

En los gráficos de correlación (figuras 3.3.4 a 3.3.9), estas muestras se sitúan en los valores más bajos de los parámetros relacionados, quedando a su vez desagregadas del resto de la población de muestras. En este caso las muestras de los puntos C1 y C3 presentan una

mejor correlación, y más próxima a la del grupo mayoritario, por lo que se corrobora lo expuesto en el párrafo anterior.

La representación gráfica de este grupo de muestras, en los diagramas rectangulares (figura 3.3.10), presenta formas diferentes a la "forma tipo" descrita para aguas bicarbonatadas cálcicas. Sin embargo, las formas correspondientes a las muestras de los puntos C1 y C3, igual que en los casos anteriores, se asemejan más a la mencionada "forma tipo" representativa del grupo de muestras de aguas procedentes de materiales calcáreo-dolomíticos carboníferos. Las aguas C7, C10 y C16 muestran un perfil similar, con influencia de materiales margo-arcillosos y sulfatados.

La escasa mineralización de este agua se manifiesta en la subsaturación en los minerales carbonatados que presentan. Los índices de saturación calculados para estas aguas indican una ligera sobresaturación en cuarzo (figuras 3.3.11 y 3.3.12), y en el caso de las muestras C1 y C3 además, en calcita.

3.4.- ACUÍFERO SIERRA DEL SUEVE

El Acuífero Sierra del Suevo está situado en la zona occidental de la Unidad 01.16 Llanes-Ribadesella (Plano nº 1).

Desde el punto de vista geológico, está constituido, principalmente, por los siguientes materiales:

Ordovícico

Formación Barrios: Cuarcitas blancas.

Carbonífero Superior

Formación Barcaliente: Calizas oscuras laminadas.

Formación Valdeteja: Calizas claras.

Formación Beleño: Lutitas, limolitas y areniscas.

Formación Escalada: Calizas claras.

Formación Fito: Lutitas, limolitas y calizas.

Jurásico

Calizas y dolomías del Lías.

Cuaternario

Depósitos aluviales y eluviales.

En este acuífero se han tomado muestras en 16 puntos, cuyas características se recogen en la Tabla 3.4-I y cuya situación figura en el Plano nº 1. En total, se dispuso de 54 análisis, realizados entre los años 1.979 y 1.996.

Los resultados de dichos análisis, expresados en *mg/L*, a excepción de la conductividad que figura en $\mu\text{S/cm}$, la temperatura en $^{\circ}\text{C}$ y el pH en *unidades de pH*, se recogen en la Tabla 3.4-II.

En la Tabla 3.4-III se indican los valores máximos, medios y mínimos de los parámetros analizados.

En la Tabla 3.4-IV figura la caracterización de las aguas subterráneas, indicando facies, mineralización y dureza, según los criterios que han sido expuestos en el Apartado 2.3.

Como se puede observar en los diagramas de Piper, Stiff y Schoëller-Berkaloff (figuras 3.4.1 a 3.4.3), en este acuífero existe una notable heterogeneidad de facies, presentando el 35 % de las muestras analizadas una facies *Bicarbonatada cálcica*; el 30 %, *Bicarbonatada-clorurada o Clorurada-bicarbonatada cálcica, cálcica-sódica, cálcica-magnésica o sódica-cálcica-magnésica*, y el resto presenta facies en la que intervienen las distintas especies iónicas en proporciones variables.

La facies *Bicarbonatada cálcica*, que es la predominante, se asocia a los sedimentos calcáreos carboníferos. El resto de las facies se pueden asimilar con aguas subterráneas que han circulado por sedimentos cuarcíticos o que corresponden a surgencias que se ubican en las proximidades de la línea de costa o por influencia de materiales triásicos.

La mineralización de las aguas es *Muy débil o Sin Mineralización* en el 59% de las muestras, *Ligera* en el 33% de las mismas y en el 8% restante es *Notable*. El valor de la conductividad oscila entre 1.150 y 36 $\mu\text{S/cm}$, siendo el valor medio 206 $\mu\text{S/cm}$.

La dureza de las aguas es *Muy blanda* en el 41 % de las muestras, *Blanda* en el 30% y en el resto *Media*.

Atendiendo a la litología de los puntos inventariados, se diferencian cuatro grupos:

- Aguas procedentes de materiales calcáreo-dolomíticos del Carbonífero.
- Aguas procedentes de materiales cuarcíticos del Ordovícico.
- Aguas procedentes de materiales margo-calizos del Triásico.
- Aguas procedentes de materiales calcáreo-dolomíticos del Jurásico.

Aguas procedentes de materiales calcáreo-dolomíticos del Carbonífero

Este grupo, que incluye cinco puntos (S1, S3, S4, S10 y S16), presenta facies *Bicarbonatada cálcica o cálcica-magnésica*, mineralización *Ligera* y dureza *Media* o *Blanda*.

Entre los aniones mayoritarios destaca el HCO_3^- , con un contenido medio de 155 mg/L y un rango de variación de 122 a 242 mg/L. El anión Cl^- presenta una concentración media de 9 mg/L, siendo las concentraciones máxima y mínima de 18 y 3 mg/L, respectivamente. Se aprecia una mayor diversidad en el contenido del anión SO_4^{2-} , cuyos valores varían entre 3 y 18 mg/L, si bien, en general las concentraciones son bajas, con un valor medio de 8 mg/L. De los cationes destaca el Ca^{2+} , con un contenido medio de 49 mg/L y concentraciones con un rango de variación entre 38 y 66 mg/L. El ion Na^+ presenta unos contenidos del orden de la

decena de mg/L. El catión Mg^{2+} presenta una concentración media de 5 mg/L, máxima de 14 mg/L y mínima de 2 mg/L.

Los gráficos que correlacionan la conductividad con los diferentes aniones, HCO_3^- , Cl^- y SO_4^{2-} (figuras 3.4.4 a 3.4.6), muestran una mayor correlación entre este parámetro y el ion HCO_3^- , siendo menor con los iones Cl^- y SO_4^{2-} . De ello se puede deducir que la mineralización de este agua procede, fundamentalmente, de la disolución del ion HCO_3^- , componente principal de las calizas y dolomías, lo que igualmente se concluye a partir de los valores de las relaciones iónicas calculadas (Tabla 3.4-V).

En los gráficos de correlación del ion HCO_3^- con los cationes Ca^{2+} , Na^+ y Mg^{2+} (figuras 3.4.7 a 3.4.9) se aprecia una notable correlación del catión Ca^{2+} con el bicarbonato, y una correlación mucho menos clara de dicho anión frente al Mg^{2+} y el Na^+ . De esto se puede deducir el predominio del catión calcio, que se libera preferentemente por efecto de la disolución de las calizas.

En los diagramas rectangulares, calculados a partir de los parámetros "A-F" (Tabla 3.4-VI), correspondientes a este grupo de muestras (figura 3.4.10) puede observarse, en general, una gran homogeneidad en sus formas, siendo éstas similares a la "forma tipo" descrita para aguas bicarbonatadas cálcicas procedentes de materiales calcáreos. Se puede apreciar un conjunto de cuatro muestras, con un pico más negativo en el parámetro "D", que indica que la circulación de las aguas ha tenido lugar, en mayor o menor medida, a través de terrenos dolomitizados. Este fenómeno es igualmente apreciable a la vista de los valores de las relaciones iónicas calculadas (Tabla 3.4-V). Este conjunto está integrado por los análisis correspondientes a las muestras: S1 del 19/10/92 y del 12/09/95, S3 del 15/04/96 y S16 del 17/04/96.

En los diagramas de estabilidad mineral (figuras 3.4.11 y 3.4.12) se aprecia que la mayoría de las muestras en las que se ha calculado el índice de saturación presenta una ligera sobresaturación en cuarzo, y también muy ligera en aragonito (tres muestras), cuarcita (dos muestras) y dolomita (una muestra).

Los diagramas de evolución de aniones y cationes del punto S1 (figura 3.4.13), único con suficiente número de análisis para apreciar su tendencia, muestran que existe una ligera tendencia creciente en el contenido de sulfato, que alcanza un máximo en la fecha 24/04/95, a partir de la cual disminuye, recuperando los valores históricos. Paralelamente, el ion cloruro manifiesta un comportamiento opuesto, disminuyendo su concentración hasta un mínimo coincidente en fecha con el máximo de sulfato, y posterior recuperación. No obstante, el rango de variación de los contenidos es muy reducido, por lo que puede considerarse que la tendencia es regular, y las oscilaciones poco significativas.

Aguas procedentes de materiales cuarcíticos

Este grupo está integrado por los puntos S2, S5, S9, S11, S12, S13 y S15.

Las aguas que han circulado por materiales cuarcíticos presentan heterogeneidad de facies en las que intervienen las distintas especies iónicas en proporciones variables, pero con un predominio del carácter clorurado, asociado a facies secundarias sulfatadas o bicarbonatadas. En cuanto a cationes, domina la facies sódica primaria. Su representación

gráfica aparece en los diagramas de Piper, Stiff y Schoëller-Berkaloff (figuras 3.4.1 a 3.4.3). Estas aguas tienen mineralización, predominantemente, *Muy débil*, si bien siete muestras son de aguas *Sin Mineralización* y dos de mineralización *Ligera*. La dureza es *Muy blanda* o *Blanda*.

En general, los contenidos en iones mayoritarios de estas aguas son considerablemente inferiores a los de aguas procedentes de materiales carbonatados, aunque con igual orden de predominio. El anión más abundante es el HCO_3^- , con un valor medio de 30 mg/L, seguido del Cl^- , con 11 mg/L de concentración media y, por último, el SO_4^{2-} , con 7 mg/L. Entre los cationes domina el Ca^{2+} , con 11 mg/L de contenido medio, seguido del Na^+ y del Mg^{2+} , con 6 mg/L y 3 mg/L de concentración media, respectivamente.

En los gráficos de correlación (3.4.4 a 3.4.9) estas muestras aparecen representadas en la zona de los valores más bajos de los parámetros relacionados, quedando desagregadas del resto de grupos. No obstante, se mantiene la correlación entre conductividad- HCO_3^- y HCO_3^- - Ca^{2+} . En dichos gráficos, los casos que presentan una mejor correlación y se encuentran además más próximos al grupo de aguas procedentes de materiales calcáreo-dolomíticos corresponden al punto S11.

La representación gráfica de este grupo de muestras en los diagramas rectangulares (figura 3.4.10) presenta formas diferentes entre sí, indicando desde aguas relacionadas con materiales carbonatados, como es el caso de algunos análisis del punto S11, semejantes a la "forma tipo" representativa del grupo de aguas procedentes de materiales calcáreo-dolomíticos carboníferos, hasta aguas influenciadas por materiales evaporíticos, caso del punto S15. El resto de aguas manifiestan relaciones diversas, con materiales margosos, dolomíticos y evaporíticos.

Las aguas de las muestras para las que se ha calculado el índice de saturación (figuras 3.4.11 y 3.4.12) solamente presentan estabilidad en cuarzo.

Los diagramas de evolución de aniones y cationes del punto S11 (figura 3.4.14), único con suficiente número de análisis para apreciar su tendencia, muestran que existen ciertas variaciones en los contenidos iónicos, más acusadas entre los años 1.981 y 1.984.

El punto S11, a la vista de los análisis y de las distintas representaciones y cálculos realizados, pone de manifiesto un comportamiento especial, ya que presenta análisis con características que podrían asociarse unas veces con materiales calcáreos o calcáreo-dolomíticos y otras con materiales cuarcíticos.

La surgencia de las aguas de este punto tiene lugar en el contacto entre la Formación Barrios y los materiales terciarios (conglomerados calcáreos, arcillas, margas y arenas), por lo que la composición química de dichas aguas podría estar influenciada por ambas litologías. No obstante, se desconoce el funcionamiento hidrodinámico que, sin duda, es el principal condicionante de las variaciones en su composición.

Aguas procedentes de materiales triásicos

Este grupo incluye las muestras S6, S7 y S8.

El agua de estos puntos, que se asocia a materiales triásicos, presenta facies *Bicarbonatada, Bicarbonatada-sulfatada o Sulfatada-bicarbonatada cálcica o cálcico-magnésica*. Su representación gráfica aparece en los diagramas de Piper, Stiff y Schoëller-Berkaloff (figuras 3.4.1 a 3.4.3). La mineralización de las mismas es *Notable* y su dureza es *Media*.

Entre los aniones mayoritarios destaca el HCO_3^- , con valores del orden de 200 mg/l. El anión Cl^- presenta una concentración que oscila entre 8 y 16 mg/L. El anión SO_4^{2-} muestra unos contenidos más variables, que oscilan entre 14 y 237 mg/L. De los cationes destaca el Ca^{2+} , con un contenido que varía entre 45 mg/L y 118 mg/L. El ion Na^+ presenta unos contenidos entre 6 y 18 mg/L, y el catión Mg^{2+} entre 12 mg/L y 24 mg/L.

La representación gráfica en los diagramas de Stiff y Schoëller-Berkaloff (figuras 3.4.2 y 3.4.3) correspondiente a la muestra del punto S6 se asemeja a la de las muestras relacionadas con materiales calcáreo-dolomíticos, lo que hace suponer que su procedencia es de dichos materiales, principalmente. Este hecho también se aprecia en el Diagrama de Piper (figura 3.4.1), en el que dicha muestra se ubica en la zona del gráfico en la que figuran las muestras del grupo de aguas procedentes de los citados materiales.

Los gráficos que correlacionan la conductividad con los diferentes aniones, HCO_3^- , Cl^- y SO_4^{2-} (figuras 3.4.4 a 3.4.6), muestran una mayor correlación entre este parámetro y el ion SO_4^{2-} , siendo menor con los iones Cl^- y HCO_3^- . De ello se puede deducir que la mineralización de este agua procede, fundamentalmente, de la disolución del ion SO_4^{2-} , proveniente de los materiales evaporíticos triásicos. La muestra del punto S6 presenta una correlación más próxima a la del grupo de las calizas carboníferas, lo que corroboraría lo expuesto en el párrafo anterior.

La representación gráfica en los diagramas rectangulares (figura 3.4.10) pone de manifiesto que la forma correspondiente al punto S6, igual que en los casos anteriores, se asemeja más a la del grupo de muestras de aguas procedentes de materiales calcáreo-dolomíticos carboníferos. La muestra S7 denota, de acuerdo con la forma de estos diagramas, fenómenos de mezcla entre aguas procedentes de materiales carbonatados y aguas asociadas a materiales evaporíticos. La muestra S8 presenta una forma similar a la "forma tipo" asociada a aguas sulfatadas cálcicas, como cabría esperar, dada su procedencia de los materiales triásicos.

Todas las muestras presentan saturación en calcita, aragonito, dolomita y cuarzo, haciéndolo, además, en calcedonia las muestras S6, S7 y S8, y en tremolita la muestra S7 (figura 3.4.15).

Aguas procedentes de materiales jurásicos

Solamente se ubica el punto S14 en estos materiales.

Las aguas correspondientes a este punto presentan facies *Clorurada-bicarbonatada sódica-cálcica*. La representación gráfica aparece en los diagramas de Piper, Stiff y Schoëller-Berkaloff (figuras 3.4.1 a 3.4.3). La mineralización de estas aguas es *Notable* y la dureza es *Media*.

En los gráficos de correlación (figuras 3.4.4 a 3.4.9) realizados, esta muestra aparece desagregada del resto de las muestras, excepto en el gráfico que correlaciona HCO_3^- - Ca^{2+} .

La representación gráfica correspondiente a este punto en el diagrama rectangular (figura 3.4.10) pone de manifiesto que se trata de un agua de mezcla entre aguas cloruradas sódicas y sulfatadas cálcicas, y con influencia de aguas bicarbonatadas cálcico-magnésicas.

Litológicamente, esta surgencia se asocia a materiales jurásicos (calizas y dolomías) en contacto con el Trías en facies Keuper.

A la vista de los análisis químicos, de las relaciones iónicas calculadas y de las representaciones gráficas, se interpreta que estas aguas han circulado por materiales calcáreo-dolomíticos y evaporíticos.

3.5.- ACUÍFERO DEL MOFRECHU

El Acuífero del Mofrechu está situado en el centro de la Unidad 01.16 Llanes-Ribadesella, entre el Acuífero Costero de Ribadesella, al norte, y el Acuífero Sierra del Cuera, al sur (Plano nº 1).

Desde el punto de vista geológico, está constituido, principalmente, por los siguientes materiales:

Ordovícico

Formación Barrios: Cuarcitas blancas.

Carbonífero Superior

Formación Barcaliente: Calizas oscuras laminadas.

Formación Valdeteja: Calizas claras.

Formación Beleño: Lutitas, limolitas y areniscas.

Tramo lutítico de la Región del Cuera: Lutitas, limolitas, areniscas y calizas.

Cuaternario

Depósitos aluviales y eluviales.

En este acuífero se han tomado muestras en 16 puntos, cuyas características se recogen en la Tabla 3.5-I y cuya situación figura en el Plano nº 1. En total, se dispuso de 34 análisis, realizados entre los años 1.979 y 1.996.

Los resultados de dichos análisis se expresan en *mg/L*, a excepción de la conductividad, que figura en $\mu\text{S/cm}$, la temperatura en $^{\circ}\text{C}$ y el pH en *unidades de pH*, y se recogen en la Tabla 3.5-II.

En la Tabla 3.5-III se recogen los valores máximos, medios y mínimos de los parámetros analizados.

En la Tabla 3.5-IV figura la caracterización de las aguas subterráneas, indicando facies, mineralización y dureza, según los criterios que han sido expuestos en el Apartado 2.3.

Como se puede observar en los diagramas de Piper, Stiff y Schoëller-Berkaloff (figuras 3.5.1 a 3.5.3), en este acuífero el 91% de las muestras analizadas presentan una facies *Bicarbonatada cálcica o cálcico-magnésica* y el 9% restante *Clorurada sódica-magnésica* o *Clorurada-bicarbonatada cálcica-magnésica*.

La facies *Bicarbonatada cálcica*, que es la predominante, se asocia a los sedimentos calcáreos carboníferos. El resto de las facies se pueden asimilar a aguas subterráneas que han circulado por sedimentos cuarcíticos.

La mineralización de las aguas es *Ligera* en el 88% de las muestras, *Muy débil* en el 9% y en el 3% restante *Sin mineralización*. El valor de la conductividad oscila entre 420 y 64 $\mu\text{S/cm}$, siendo el valor medio 254 $\mu\text{S/cm}$.

La dureza de las aguas es *Media* en el 82% de las muestras, *Blanda* en el 12% y en el resto *Muy blanda*.

Atendiendo a la litología de los puntos inventariados, se diferencian dos grupos:

- Aguas procedentes de materiales calcáreos del Carbonífero.
- Aguas procedentes de materiales cuarcíticos del Ordovícico.

Aguas procedentes de materiales calcáreos carboníferos

Este grupo, que incluye todos los puntos, excepto el M3, el M4 y el M12, presenta una gran homogeneidad en su facies, siendo ésta *Bicarbonatada cálcica o cálcica-magnésica*.

Las aguas de este grupo presentan, predominantemente, una mineralización *Ligera* y una dureza *Media*.

Entre los aniones mayoritarios destaca el HCO_3^- , con un contenido medio de 136 mg/L y un rango de variación de 4 a 195 mg/L. El anión Cl^- presenta concentraciones que varían entre 5 y 25 mg/L. Se aprecia una mayor diversidad en el contenido en el anión SO_4^{2-} , cuyos valores oscilan entre pocas unidades y casi 50 mg/L, si bien, en general las concentraciones son bajas, con un valor medio de 9 mg/L. De los cationes destaca el Ca^{2+} , con un contenido medio de 42 mg/L y concentraciones con un rango de variación entre 1 y 62 mg/L. El ion Na^+ presenta unos contenidos de orden inferior a la decena de mg/L. El catión Mg^{2+} tiene

concentraciones algo mayores, siendo el valor medio 6 mg/L y los valores máximo y mínimo 12 y 2 mg/L, respectivamente.

Los gráficos que correlacionan la conductividad con los diferentes aniones, HCO_3^- , Cl^- y SO_4^{2-} (figuras 3.5.4 a 3.5.6), muestran una mayor correlación entre este parámetro y el ion HCO_3^- , siendo menor con los iones Cl^- y SO_4^{2-} . De ello se puede deducir que la mineralización de estas aguas procede, fundamentalmente, de la disolución del ion HCO_3^- , componente principal de las calizas. Este hecho es igualmente deducible a partir de los valores de las relaciones iónicas calculadas (Tabla 3.5-V).

En los gráficos de correlación del ion HCO_3^- con los cationes Ca^{2+} , Na^+ y Mg^{2+} (figuras 3.5.7 a 3.5.9) se aprecia una notable correlación del catión Ca^{2+} con el ion bicarbonato, y una correlación mucho menos clara de dicho anión frente a los iones Mg^{2+} y Na^+ . De esto se puede deducir que el catión calcio es el que preferentemente se libera a las aguas por disolución de las calizas.

En los diagramas rectangulares, calculados a partir de los parámetros "A-F" (Tabla 3.5-VI), correspondientes a este grupo de muestras (figura 3.5.10) puede observarse, en general, una gran homogeneidad en sus formas, siendo éstas similares a la "forma tipo" descrita para aguas bicarbonatadas cálcicas procedentes de materiales calcáreos. Se puede apreciar un conjunto de muestras, integrado por algunos análisis correspondientes a los puntos M1, M5 y M15, con un pico negativo en el parámetro "D", que indica que la circulación ha tenido lugar, en mayor o menor medida, a través de terrenos dolomitizados. Este fenómeno es igualmente apreciable a la vista de los valores de las relaciones iónicas calculadas.

A la vista de las relaciones iónicas y de los parámetros "A-F", se puede considerar que las muestras M1 (20/08/79), M1 (19/04/96), M10 (27/08/79), M14 (25/04/95), M14 (18/09/95), M14 (23/04/96) y M14 (4/09/96) presentan cierto matiz evaporítico.

En los diagramas de estabilidad mineral (figuras 3.5.11 y 3.5.12) se aprecia que la mayoría de las muestras en las que se ha calculado el índice de saturación presentan estabilidad en cuarzo, haciéndolo cinco de ellas en calcita y dos en aragonito.

Los diagramas de evolución de aniones y cationes del punto M1 (figura 3.4.13), único con suficiente número de análisis para apreciar su tendencia, muestran que existe un ligero incremento en el contenido de sulfato entre los años 1.992 y 1.995. El ion cloruro muestra una tendencia levemente creciente al final de la serie considerada.

Aguas procedentes de materiales cuarcíticos

Este grupo incluye los puntos M3, M4 y M12.

Las aguas que han circulado por materiales cuarcíticos presentan facies *Clorurada sódica-magnésica* o *Clorurada-bicarbonatada cálcica-magnésica*; su representación gráfica aparece en los diagramas de Piper, Stiff y Schoëller-Berkaloff (figuras 3.5.1 a 3.5.3). Estas aguas tienen mineralización *Muy débil* o *Sin Mineralización* y dureza *Muy Blanda* o *Blanda*.

En los gráficos de correlación (figuras 3.5.4 a 3.5.9) estas muestras aparecen representadas en la zona de los valores más bajos de los parámetros relacionados, quedando, a su vez, desagregadas del otro grupo.

En los diagramas rectangulares las representaciones gráficas (figura 3.5.10) de este grupo de muestras presentan formas diferentes de la "forma tipo" descrita para aguas bicarbonatadas cálcicas.

Las muestras en las que se ha calculado el índice de saturación solamente presentan estabilidad en cuarzo (figura 3.5.11 y 3.5.12).

4.- CONTAMINACIÓN

En este apartado se analiza la situación actual de la Unidad Hidrogeológica 01.16 referente a las actividades potencialmente contaminantes. Para la elaboración de dicho estudio se procedió a la realización de un **Inventario de Focos Potenciales de Contaminación** basado en datos recopilados de la información facilitada por diversos organismos de las Administraciones Públicas Central, Autonómica y Local, así como de datos recogidos mediante visitas de campo.

De la Confederación Hidrográfica del Norte (C.H.N) se obtuvieron datos del censo de vertidos que se realizan a cauces superficiales públicos.

El Principado de Asturias a través de sus Consejerías de Agricultura, Fomento y Economía proporcionó datos referentes al censo ganadero, superficie cultivada, inventario de depuradoras y actividades industriales potencialmente contaminantes..

Del Consorcio para la Gestión de Residuos Sólidos de Asturias (COGERSA) se obtuvo información sobre el vertido y tratamiento de los residuos sólidos urbanos.

Finalmente se ha obtenido información, para completar y contrastar datos, de los Servicios Técnicos Municipales de los Ayuntamientos incluidos dentro de la Unidad.

4.1.- METODOLOGÍA

Para la elaboración del inventario de los principales focos potencialmente contaminantes, se han agrupado éstos, según su procedencia, en los siguientes sectores: agrícola, ganadero, urbano e industrial.

SECTOR URBANO

Se ha elaborado un mapa de focos de contaminación de origen urbano (Plano nº 2) a partir los datos proporcionados por COGERSA, Confederación Hidrográfica del Norte (censo de vertidos) y por los Servicios Técnicos Municipales, habiéndose realizado visitas de campo para la localización exacta de los más importantes.

En dicho mapa se ha representado la ubicación de todos los vertidos líquidos urbanos, haciendo referencia al volumen y nivel de depuración, así como los vertederos (tanto activos como clausurados). En él se indica el volumen total de aguas residuales vertidas en cada parroquia, haciendo mención a su nivel de depuración y al destino de la misma. Se incluye también la *carga de nitrógeno*, utilizando como dato de partida una concentración media de 40 mgN/L.

En los gráficos situados en los márgenes del mapa se representan la *carga de nitrógeno* en tN/año y el volumen de vertido en L/s por parroquias, en cada término municipal.

SECTOR AGRÍCOLA-GANADERO

Los datos obtenidos de la Consejería de Agricultura proporcionan información sobre las hectáreas cultivadas con indicación del tipo de cultivo para cada término municipal. A partir de estos datos, y con una estimación de la *carga de nitrógeno* introducida según el tipo de cultivo, se ha realizado un mapa en el que figura la superficie cultivada y el total de la carga de nitrógeno en cada término municipal (Plano nº 3), así como la proporción de nitrógeno procedente de cada tipo de cultivo.

Los cálculos de la *carga de nitrógeno* para cada cultivo se han realizado utilizando los valores, en KgN/año, que figuran en la Tabla 4.1-I.

Tabla 4.1-I.- Carga de nitrógeno por cultivo

CULTIVO	KgN/año	CULTIVO	KgN/año
Forrajeros	21	Tubérculos	230
Hortalizas	60	Frutales	110
Cereales	200	Leñosos	50
Leguminosas	840		

Se ha elaborado un mapa de focos de contaminación de origen ganadero (Plano nº 4) a partir de los datos proporcionados por la Consejería de Agricultura y por los Servicios Técnicos Municipales. Para la localización exacta de los focos más importantes se han realizado visitas de campo. En dicho mapa se han representado las granjas de mayor número de cabezas utilizando como criterios de selección los siguientes: 80 vacas, 100 terneros, 200 cerdos y 5.000 aves o conejos. En él figura, además, el total de *carga de nitrógeno* por parroquia, así como la proporción de nitrógeno procedente de cada especie.

Los cálculos de la *carga de nitrógeno* se han realizado utilizando los valores en KgN/año por cabeza que se recogen en la Tabla 4.1-II:

Tabla 4.1-II.- Carga de nitrógeno por especie

ESPECIE	KgN/año	ESPECIE	KgN/año
Bovino mayor	60	Porcino	16,5
Bovino menor	36	Aves	1
Ovino	7,3	Conejos	0,8
Caprino	7,3		

SECTOR INDUSTRIAL

Se ha elaborado un mapa de focos potencialmente contaminantes procedentes de este sector (Plano nº 3) en el que se recoge la ubicación de aquellas actividades con mayor entidad consideradas, por su naturaleza o por los vertidos que generan, potencialmente contaminantes.

4.2.- ACTIVIDADES POTENCIALMENTE CONTAMINANTES

SECTOR URBANO

Residuos sólidos urbanos

En la actualidad, el Consorcio para la Gestión de los Residuos de Asturias (COGERSA) gestiona la recogida de los residuos sólidos urbanos (R.S.U.) de todos los municipios que se encuadran dentro de la unidad, a excepción de Caravia, que lo hará próximamente. Los residuos se envían, a través de la estación de transferencia de Llovio (Ribadesella), al vertedero central de Asturias (La Zoreda), cuya ubicación queda fuera de la unidad. El volumen total de los residuos sólidos urbanos generados en cada uno de los municipios incluidos dentro de la Unidad Hidrogeológica 01.16 se recoge en la Tabla 4.2-I. (El dato recogido en la tabla corresponde al total del municipio.)

El municipio de Caravia gestiona sus residuos, enviándolos al vertedero municipal, ubicado en las proximidades de la localidad de Prado aprovechando unos antiguos huecos mineros. Próximamente este servicio será gestionado por COGERSA, procediéndose a la clausura y sellado del actual vertedero.

**Tabla 4.2-I.- Volumen de R.S.U. generados
(toneladas año 1.998)**

T. M.	Volumen de residuos
Colunga	2.041,69
Cangas de Onís	3.356,44
Llanes	5.869,11
Parres	2.969,16
Peñamellera Baja	432,00
Ribadedeva	1.051,19
Ribadesella	3.198,47

Residuos líquidos urbanos

Red de saneamiento

En la Tabla 4.2-II se indica, en porcentaje, la población que dispone de red de saneamiento frente a la que carece de ella en los distintos municipios incluidos dentro de la Unidad Hidrogeológica.

Cabe destacar que la mayoría de los municipios tiene red de saneamiento integral, y que casi todas aquellas poblaciones que no disponen de la misma se encuentran en estos momentos en proceso de construcción o en fase de espera de aprobación de los correspondientes proyectos para su ejecución.

Tabla 4.2-II.- Red de saneamiento

T. M.	Red de saneamiento	
		Sí
Cangas de Onís *	No	51%
Caravia	Sí	100%
Colunga *	Sí	36%
	No	64%
Llanes	Sí	80%
	No	20%
Parres *	Sí	100%
Peñamellera Baja	Sí	100%
Ribadedeva	Sí	100%
Ribadesella	Sí	55%
	No	45%

* datos correspondientes solamente al territorio municipal comprendido dentro de la Unidad Hidrogeológica 01.16

Depuración

En la Tablas 4.2-III y 4.2-IV se recoge el estado de la depuración y el destino del vertido final, ambos en porcentaje, que tiene lugar en los distintos municipios y parroquias, respectivamente.

Como se desprende de la observación de dichas tablas, se aprecia que el grado de depuración dentro de la unidad es muy variable en cantidad y muy heterogéneo en calidad de unos municipios a otros. Algunos municipios carecen total o prácticamente de depuración, como son los casos de Caravia y Ribadesella, aunque se tiene prevista la construcción de una depuradora en la parte occidental de Caravia y de otra en las proximidades de la localidad de Ribadesella.

Otros municipios depuran la práctica totalidad de sus aguas residuales, como Llanes, Cangas de Onís, Parres y Peñamellera Baja (considerándose en los tres últimos municipios, únicamente, las parroquias integradas dentro la unidad). El municipio de Ribadedeva depura aproximadamente el 50 % de sus aguas.

Las depuradoras presentan gran variabilidad, si bien se podrían diferenciar dos grupos: uno integrado por aquellas que sirven a poblaciones de pequeña entidad, constituidas en su mayor parte por un decantador-digestor y un filtro biológico, y un segundo grupo constituido por las que sirven a agrupaciones de núcleos de población, siendo estas depuradoras de mayor entidad. Dentro de este último grupo se encuentra la estación depuradora de Llanes, que realiza depuración físico-química, y las previstas para Caravia y Ribadesella, en las que la depuración alcanzaría el tratamiento terciario.

Cabe destacar que en el primer grupo considerado, en ocasiones, el estado de las depuradoras es bastante deficiente en lo que concierne a mantenimiento y eficacia y son numerosos los casos de by-pass. Es frecuente, por lo tanto, que aún existiendo depuradora se realicen vertidos con escasa depuración o sin ella, como consecuencia de lo anteriormente expuesto.

El destino final de los vertidos, tanto depurados como no depurados, que se realizan en la unidad es, en la mayor parte de los casos, a cauces superficiales y, en menor medida, a sumideros naturales o al terreno. En este último caso predominan los vertidos sin depuración. Los efluentes de la EDAR de Llanes se envían al Mar Cantábrico a través de un emisario.

En el Plano nº 2 se representan todos los puntos de vertido inventariados, así como los parámetros correspondientes a volumen de vertido (L/s), carga de nitrógeno (kgN/año), nivel de depuración y destino final del vertido (con indicación en ambos casos del porcentaje). Además, se incluye un gráfico por cada municipio, donde se representa la carga de nitrógeno procedente de cada parroquia (tN/año) y el volumen de vertido (L/s).

En los listados del Anexo 6 figuran todos los puntos de vertido inventariados, agrupados por municipios.

En el gráfico de la figura 4.2.1 se recoge la carga de nitrógeno procedente de cada municipio en tN/año (considerando únicamente las parroquias integradas dentro de la Unidad Hidrogeológica) y el volumen de vertido (L/s) procedente de los mismos. En la Tabla 4.2-V figura carga de nitrógeno por parroquias (KgN/año).

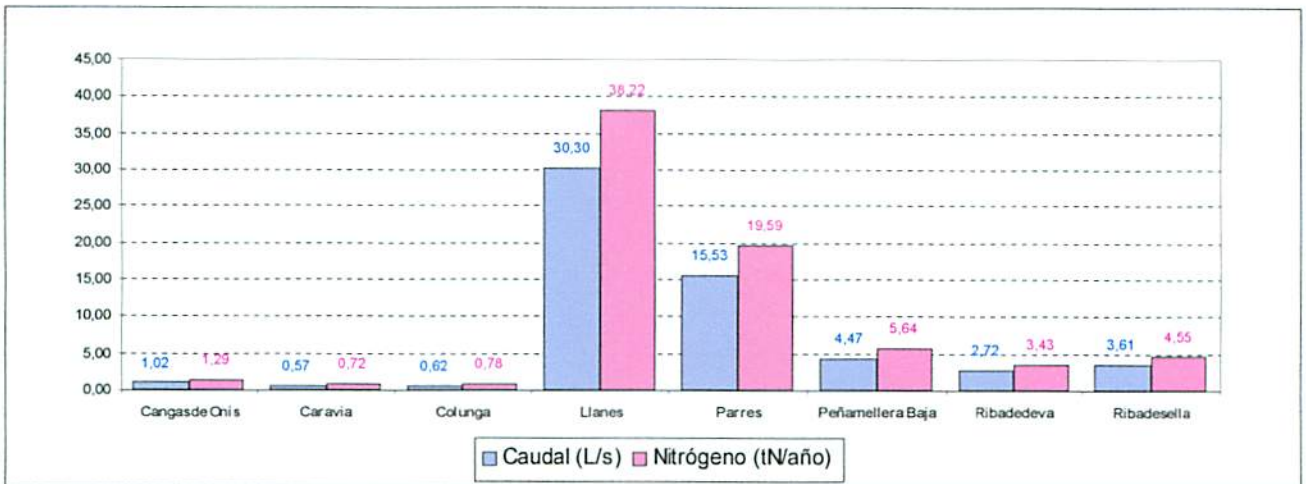


Figura 4.2.1.- Carga de nitrógeno y volumen de vertido en la Unidad.

**Tabla 4.2-III.- DEPURACIÓN Y DESTINO DEL VERTIDO
(por términos municipales)**

Término Municipal	Nivel depuración	% depuración	Destino vertido	% vertido
CANGAS DE ONÍS *	Secundario	20	C. superficial	71
	Nulo	80	Terreno	29
CARAVIA	Nulo	100	C. superficial	88
			Sumidero	12
COLUNGA *	Nulo	100	Terreno	100
LLANES	Nulo	30	C. superficial	28
	Primario	70	Sumidero	20
			Terreno	8
			Emisario	44
PARRES *	Nulo	5	Sumidero	3
	Secundario	95	C. superficial	95
			Terreno	2
PEÑAMELLERA B. *	Nulo	6	Terreno	7
	Secundario	94	C. superficial	93
RIBADEDEVA	Nulo	53	Terreno	16
	Secundario	47	C. superficial	74
			Sumidero	10
RIBADESELLA	Nulo	93	Terreno	93
	Primario	7	C. superficial	7

* datos correspondientes solamente al territorio municipal comprendido dentro de la Unidad Hidrogeológica 01.16

Tabla 4.2-IV.- DEPURACIÓN Y DESTINO DEL VERTIDO
(por parroquias)

	Nivel depuración	% depuración	Destino vertido	% vertido
CANGAS DE ONÍS				
Margolles	Secundario	80	C. superficial	80
	Nulo	20	Terreno	20
Triongo	Nulo	100	Terreno	59
			C. superficial	41
Zardón	Nulo	100	Terreno	46
			C. superficial	54
Villanueva	Nulo	100	C. superficial	100
CARAVIA				
Caravia Alta	Nulo	100	C. superficial	74
			Sumidero	26
Caravia Baja	Nulo	100	C. superficial	100
COLUNGA				
Gobiendes	Nulo	100	Terreno	100
Carrandi	Nulo	100	Terreno	100
LLANES				
Vidiago	Primario	69	Sumidero	100
	Nulo	31		
Andrín	Nulo	100	Sumidero	100
Cué	Primario	100	Emisario	100
Porrúa	Primario	100	Sumidero	100
Meré	Primario	100	C. superficial	100
Vibaño	Primario	61	C. superficial	61
	Nulo	39	Terreno	1
			Sumidero	38
Posada	Primario	76	Emisario	76
	Nulo	24	Terreno	24
Nueva	Primario	93	C. superficial	93
	Nulo	7	Terreno	4
			Sumidero	3
Hontoria	Nulo	100	Terreno	100
Naves	Nulo	100	Terreno	100
Rales	Nulo	100	C. superficial	100
Los Carriles	Nulo	100	Terreno	100
Ardisana	Primario	87	C. superficial	87
	Nulo	13	Terreno	13
Los Callejos	Nulo	100	C. superficial	100
Caldueño	Nulo	100	C. superficial	13
			Sumidero	87
Parres	Nulo	100	Sumidero	100
Llanes	Nulo	5	Terreno	3
	Primario	95	Emisario	95
			Sumidero	1
			C. superficial	1
Pría	Nulo	100	Sumidero	55
			Terreno	45
Malatería	Primario	100	Sumidero	100
S. Roque del A.	Nulo	100	Sumidero	100

Tabla 4. 2-IV.- (continuación)

	Nivel depuración	% depuración	Destino vertido	% vertido
LLANES (cont.)				
Purón	Nulo	100	Terreno	100
La Borbolla	Nulo	100	Sumidero	100
Carranzo	Nulo	100	C. superficial	100
Tresgrandas	Nulo	100	C. superficial	100
Pendueles	Nulo	100	Sumidero	100
Barro	Primario	100	Emisario	100
Poo	Primario	100	Emisario	100
Celorio	Primario	100	Emisario	100
PARRES				
Cuadroveña	Secundario	100	C. superficial	100
Bode	Nulo	100	C. superficial	100
Cayarga	Nulo	100	Sumidero	60
			Terreno	40
Margolles	Nulo	100	Terreno	100
Fios	Nulo	100	Sumidero	100
Cofiño	Secundario	100	C. superficial	100
Collía	Nulo Secundario	68 32	Terreno	40
			Sumidero	28
			C. superficial	32
PEÑAMELLERA B.				
Abándames	Secundario	100	Terreno	62
			C. superficial	38
Panes	Secundario	100	C. superficial	100
Buelles	Secundario	100	C. superficial	100
Siejo	Secundario	100	C. superficial	100
Alevia	Secundario	100	Terreno	100
Merodio	Secundario	100	C. superficial	100
RIBADEDEVA				
Noriega	Nulo Secundario	70 30	Sumidero	19
			C. superficial	81
Villanueva	Secundario Nulo	72 28	Sumidero	72
			C. superficial	6
			Terreno	22
Colombres	Nulo Secundario	35 65	C. superficial	79
			Terreno	19
			Sumidero	2
RIBADESELLA				
Junco	Primario Nulo	65 35	C. superficial	65
			Terreno	35
Moro	Nulo	100	Terreno	100
S. Miguel Ucio	Nulo	100	Terreno	100
Linares	Nulo Primario	65 35	Terreno	65
			C. superficial	35
Collera	Nulo	100	Terreno	100
Santianes	Nulo	100	Terreno	100
Leces	Nulo	100	Terreno	100
Berbes	Nulo	100	Terreno	100

Tabla 4.2.VI.- Nitrógeno proveniente del sector urbano

Término Municipal	Parroquias	KgN/año
CANGAS DE ONÍS		
	Margolles	315,36
	Triongo	403,66
	Zardón	163,99
	Villanueva	403,66
Total T.M		1.286,67
CARAVIA		
	Caravia Alta	340,59
	Caravia Baja	378,43
Total T.M		719,02
COLUNGA		
	Gobiendes	504,58
	Carrandi	277,52
Total T.M		782,09
LLANES		
	Vidiago	491,96
	Andrín	201,83
	Cué	353,20
	Porrúa	1.261,44
	Meré	264,90
	Vibaño	3.309,09
	Posada	3.531,86
	Nueva	4.060,44
	Hontoria	643,33
	Naves	252,29
	Rales	883,01
	Los Carriles	151,37
	Ardisana	2.598,57
	Los Callejos	176,60
	Caldueño	1.926,94
	Parres	441,50
	Llanes	11.854,65
	Pría	668,56
	Malatería	138,76
	S. Roque del A.	542,42
	Purón	88,30
	La Burbolla	252,29
	Carranzo	264,90
	Tresgrandas	883,01
	Pendueles	529,80
	Barro	983,31
	Poó	698,61
	Celorio	766,50
Total T.M		38.219,44

Tabla 4.2.VI.- (continuación)

Término Municipal	Parroquias	KgN/año
PARRES		
	Cuadroveña	17.407,87
	Bode	113,53
	Cayarga	126,14
	Margolles	75,69
	Fíos	138,76
	Cofiño	1.223,60
	Collía	504,58
Total T.M		19.590,16
PEÑAMELLERA ALTA		
	Abándames	163,99
	Panes	2.207,52
	Buelles	340,59
	Siejo	1.261,44
	Alevia	113,53
	Merodio	1.551,57
Total T.M		5.638,64
RIBADEDEVA		
	Noriega	542,42
	Villanueva	227,06
	Colombres	2.661,64
Total T.M		3.431,12
RIBADESELLA		
	Junco	391,05
	Moro	201,83
	S. Miguel Ucio	529,80
	Linares	252,29
	Collera	1.084,84
	Santianes	832,55
	Leces	1.072,22
	Berbes	189,22
Total T.M		4.553,80

SECTOR AGRÍCOLA-GANADERO

La carga de nitrógeno introducida por la agricultura es muy reducida, debido a la escasez de cultivos en esta zona.

En el gráfico de la figura 4.2.2 se indica la carga de nitrógeno total (tN/año) en cada término municipal y la superficie cultivada; el valor que figura en las barras del gráfico indica la carga de nitrógeno por superficie cultivada.

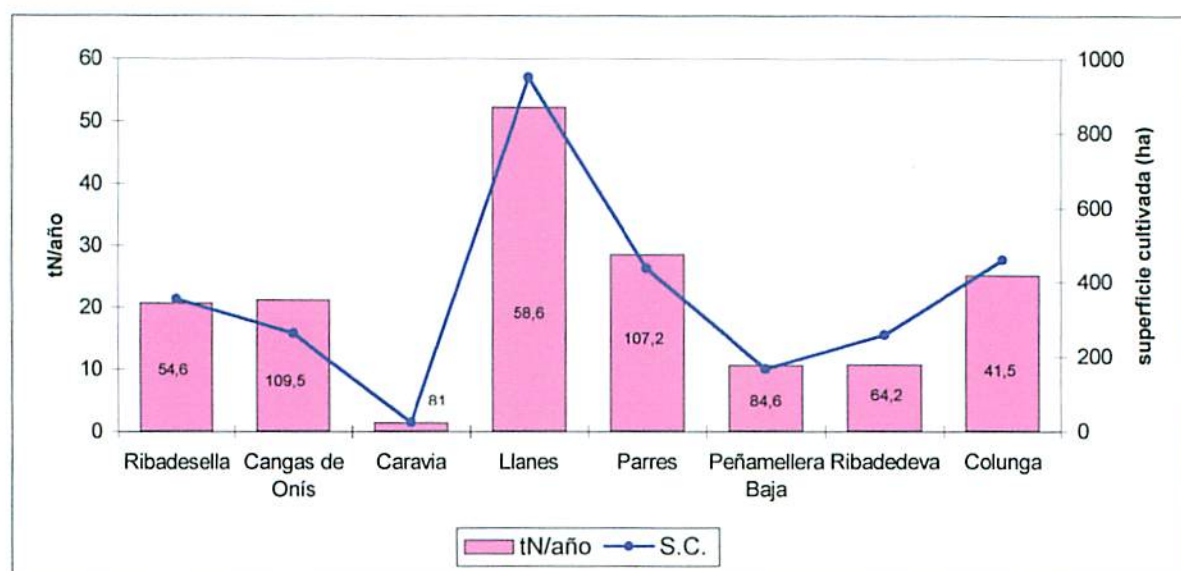


Figura 4.2.2.- Nitrógeno de origen agrícola y superficie cultivada

En el Plano nº 3 se recoge la superficie cultivada y la carga de nitrógeno, especificando en los gráficos circulares la aportación de cada cultivo a la misma, en porcentaje, dentro de cada término municipal.

El sector ganadero, fundamentalmente de ganado bovino, constituye el sector económico más importante dentro de la unidad, de lo que se desprende su gran incidencia en lo que se refiere a la contaminación.

El tipo de explotaciones con ganado estabulado conlleva la concentración de lisier en depósitos o pozos que, posteriormente, se evacúan sobre el terreno para riego y abono de pastos, estando este tipo de práctica regulada por la normativa vigente. Así, la Directiva Comunitaria 91/676/CEE fija una cantidad específica de estiércol por hectárea que contenga 170 Kg de nitrógeno, traducida por cada Estado a un número de animales por hectárea que debería tener una explotación en zona vulnerable, con el objeto de que todos los residuos generados puedan ser utilizados como fertilizantes del terreno. La legislación española incorpora esta Directiva a través del R.D. 261/1.996 de 16 de febrero.

En los criterios generales establecidos en el año 1.995 por la Comunidad Autónoma del Principado de Asturias, se establece un permiso de aplicación de purines en suelo no urbanizable, con las limitaciones relativas a la carga por superficie, y protección de cauces, fuentes y aguas superficiales, y una prohibición dentro del núcleo rural y sus zonas de influencia. Se fija una carga máxima de fertilizante por ha de 20 m³ en terreno de pradera y 40 m³ en terreno forrajero, carga que puede superarse si se justifica adecuadamente. En caso de no disponer de terrenos que reciban el residuo, sería precisa la depuración del mismo. Mediante la Resolución de 26 de mayo de 1.997 de la Consejería de Agricultura, se aprueba el Código de Buenas Prácticas Agrarias, en el que se establecen medidas encaminadas a la protección del medio ambiente frente a la contaminación por nitratos procedentes de prácticas agrarias.

Las explotaciones con ganado no estabulado no presentan concentración de residuo, y su limitación viene regulada por la normativa vigente anteriormente expuesta.

En el Plano nº 4 se han representado los focos puntuales de mayor entidad asociados a este sector, siguiendo los criterios establecidos en el apartado de metodología para su selección. Del mismo modo, los gráficos circulares representan, por parroquias, la carga de nitrógeno aportada por cada especie ganadera. Igualmente, por municipios y a detalle de parroquia se representa el volumen de nitrógeno vertido (tN/año) y la carga de nitrógeno por superficie (KgN/ha/año). Se destacan en él aquellas parroquias con una carga de nitrógeno por superficie superior a 170 KgN/ha/año.

En el gráfico de la figura 4.2.3 se indica la carga de nitrógeno total (tN/año) en cada término municipal y la carga de nitrógeno total por superficie (KgN/ha/año). En la Tabla 4.2-VI se recogen los datos de la carga de nitrógeno por parroquias procedente de cada especie animal (KgN/año), así como la carga de nitrógeno por superficie (KgN/ha/año).

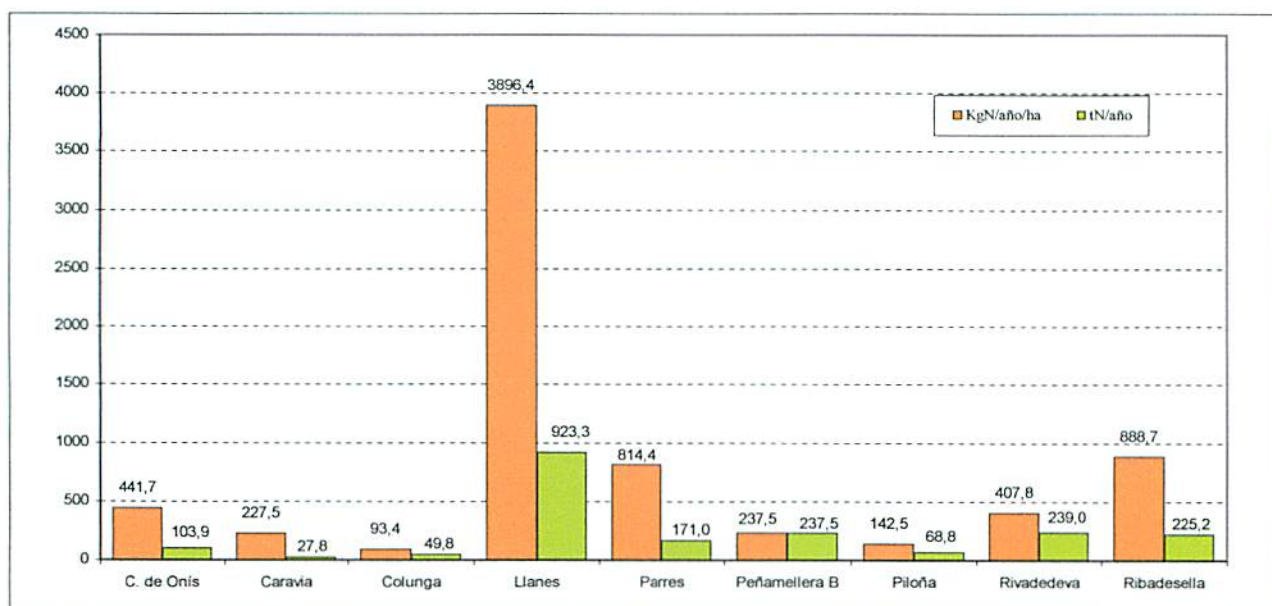


Figura 4.2.3.- Nitrógeno de origen ganadero

Tabla 4.2.VI.- Nitrógeno proveniente del sector ganadero (KgN/año)

T. M.	Parroquia	Bovino	Ovino	Caprino	Porcino	Aviar	Cunil	Total	KgN/ha/año
CANGAS DE ONÍS									
	Margolles	24.228	1.810	642	0	0	0	26.681	79,97
	Triongo	23.484	255	263	0	0	0	24.002	109,85
	Zardón	42.840	8.395	2.022	0	0	0	53.257	251,83
CARAVIA									
	Caravia Alta	13.200	482	0	0	0	0	13.682	135,25
	Caravia Baja	13.932	212	0	0	0	0	14.144	92,23
COLUNGA									
	Gobiendes	49.284	321	219	0	0	0	49.824	93,41
LLANES									
	Ardisana	73.776	10.315	7.198	0	0	0	91.289	118,82
	Barro	17.460	1.993	226	0	0	0	19.679	69,64
	Borbolla	44.124	4.898	2.336	0	0	0	51.358	162,58
	Caldueño	48.312	9.621	3.884	0	0	0	61.817	118,42
	Carranzo	27.840	949	1.212	0	0	0	30.001	524,49
	Carriles	26.988	1.336	460	0	0	0	28.784	278,91
	Celorio	10.068	555	0	0	0	0	10.623	39,78
	Cué	28.596	0	0	0	0	0	28.596	518,04
	Hontoria	25.212	648	270	0	0	0	26.132	150,96
	Llanes	31.104	496	146	0	300	0	32.046	88,72
	Meré	22.416	5.234	307	0	0	0	27.957	161,51
	Naves	91.92	161	80	0	0	0	9.433	44,98
	Nueva	61.848	540	1.482	0	0	16	63.886	78,49
	Parres	37.548	1.117	8.47	0	0	0	39.511	66,72
	Pendueles	17.628	562	0	0	0	88	18.278	76,25
	Poo	9.000	876	109	0	0	0	9.985	82,18
	Porrúa	99.528	4.760	562	0	0	16	10.4866	401,78
	Posada	76.308	7.899	4.073	0	0	32	88.312	179,49
	Pría	51.336	1.526	255	13.200	0	192	66.509	204,70
	Purón	11.412	1.431	88	0	0	0	12.930	36,40
	Rales	2.244	0	0	0	0	0	2.244	28,44
	S. Roque A.	32.604	234	1.161	0	0	0	33.998	279,13
	Vibaño	33.876	6.132	3.132	0	0	0	43.140	145,10
	Vidiago	16.536	1.058	416	3.300	0	628	21.939	40,81
PARRES									
	Bode	4.764	80	0	0	0	0	4.844	48,78
	Cayarga	16.056	1.621	1.037	0	0	0	18.713	80,83
	Cofiño	37.008	0	0	0	0	0	37.008	170,78
	Collía	60.564	2.591	1.139	0	0	0	64.294	116,81
	Cuadrovena	25.176	1.737	1.788	0	0	0	28.702	142,44
	Fíos	12.492	0	146	0	0	0	12.638	200,60
	Margolles	396	161	0	0	0	0	557	5,44
	Pendás	4.224	29	0	0	0	0	4.253	48,66
PEÑAMELLERA ALTA									
	Rozagás	2.856	4.030	1.788	0	0	0	8.674	98,23
	Ruenes	7.296	3.248	1.569	0	0	0	12.114	136,11
PEÑAMELLERA BAJA									
	Alevia	15.636	1.475	409	0	0	0	17.519	130,25
	Buelles	18.600	2847	1.073	0	0	0	19.95,8	107,24

Tabla 4.2.VI.- (continuación)

T. M.	Parroquia	Bovino	Ovino	Caprino	Porcino	Aviar	Cunil	Total	KgN/año/ha
PILONA									
	Cereceda	63.264	4.380	1.131	0	0	0	68.775	142,54
RIBADEDEVA									
	Colombres	90.492	2.1399	336	0	5000	0	97.967	111,25
	Noriega	98.256	8.186	80	0	0	200	99.354	132,10
	Villanueva	38.532	2.6791	453	0	0	0	41.664	164,48
RIBADESELLA									
	Berbes	2.004	3076	0	0	0	0	2.311	24,169
	Collera	56.676	4.3873	1.657	0	0	0	62.720	104,32
	Junco	12.084	1.4892	131	0	0	0	13.705	112,24
	Leces	23.676	1.701,9	781	0	0	0	26.158	60,45
	Linares	12.048	4.2851	569	0	0	0	16.902	36,60
	Moro	52.896	2.6645	1.270	0	0	0	56.831	189,37
	Ribadesella	12.252	3942	0	0	0	120	12.766	214,92
	Santianes	10.416	2.869	2.256	0	0	0	15.541	33,65
	Ucio	17.856	3431	73	0	0	0	18.272	113

SECTOR INDUSTRIAL

Las actividades consideradas como potencialmente contaminantes son las siguientes: industrias lácteas, agroalimentarias y cárnicas, talleres, plantas de aglomerados asfálticos, estaciones de servicio, concesionarios de vehículos, piscifactorías, campings y lavaderos de mineral.

La mayor parte de las actividades inventariadas en esa unidad corresponden a industrias agroalimentarias de carácter familiar, fundamentalmente queserías, talleres mecánicos, concesionarios de vehículos y estaciones de venta de carburantes, las cuales dada su reducida entidad generan vertidos de pequeño volumen, que son incorporados a las redes de saneamiento.

Las actividades de mayor importancia en las que el vertido se realiza de forma independiente a la red de saneamiento municipal se recogen en los listados del Anexo 7 y su ubicación figura en el Plano nº 3.

Entre las actividades industriales más importantes se destacan el Matadero Comarcal situado en Margolles (Cangas de Onís), dos industrias lácteas ubicadas en Collía (Arriendas) y La Pesa (Llanes), respectivamente, el Polígono Industrial de Arriendas y una industria agroalimentaria situada en El Peral (Ribadedeva).

4.3.- ESTADO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN FUNCIÓN DE SU USO

En este apartado se contempla la calidad de las aguas en función de sus distintos usos o aprovechamientos, pudiéndose diferenciar los siguientes grupos:

- Calidad para consumo humano
- Calidad para uso ganadero
- Calidad para uso agrícola
- Calidad para uso industrial

Igual que en el Capítulo 3, la calidad de las aguas subterráneas del conjunto de la unidad se desarrollará de acuerdo con la división ya establecida por acuíferos.

Calidad para consumo humano

La calidad requerida del agua para su utilización como abastecimiento viene determinada por las especificaciones incluidas en la normativa española vigente "R.D. 1138/1.990 de 14 de septiembre por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para abastecimiento y control de la calidad de las aguas potables de consumo público", si bien dado que la normativa comunitaria "Directiva 98/83/CE del Consejo de 3 de noviembre de 1.998 relativa a la calidad de las aguas destinadas a consumo humano" indica que los Estados miembros deberán adoptar las disposiciones necesarias para el cumplimiento de dicha Directiva en un plazo de 5 años desde su entrada en vigor (23 de noviembre de 1.998), en los parámetros en los que esta normativa sea más restrictiva se hará referencia a la misma. En la Tabla 4.3-I se indican los valores establecidos en ambas normativas.

Tabla 4.3.I.- Valores máximos admitidos en las distintas normativas.

Parámetros	Valores máximos	
	R.D. 1138/1.990	D. 98/83/CE
DQO	5 mg/L O ₂	5 mg/L O ₂
Cl ⁻	200 mg/L	250 mg/L
SO ₄ ²⁻	250 mg/L	250 mg/L
HCO ₃ ⁻	-	-
NO ₃ ⁻	50 mg/L	50 mg/L
Na ⁺	150 mg/L	200 mg/L
Mg ²⁺	50 mg/L	-
Ca ²⁺	-	-
K ⁺	12 mg/L	-
pH	9,5	6,5 ≤ pH ≤ 9,5
Conductividad	2.500 μS/cm	2.500 μS/cm
RS	1.500 mg/L	-
NO ₂ ⁻	0,1 mg/L	0,1 mg/L
NH ₄ ⁺	0,5 mg/L	-
P ₂ O ₅	5 mg/L	-
SiO ₂	-	-
Temperatura	25 °C	-

Acuífero Costero de Llanes

En la campaña de calidad realizada entre marzo y mayo de 1.996 presentaron anomalías en su calidad química, según las normativas mencionadas anteriormente, los siguientes puntos:

Tabla 4.3-II

Nº I.R.H.	ID	Fecha	Parámetro
1504.8.0021	L4	26/04/96	NO ₂ ⁻ : 1,5 mg/L
1604.1.0001	L5	23/04/96	NO ₂ ⁻ : 0,65 mg/L
		24/05/96	NO ₂ ⁻ : 2,3 mg/L
1604.5.0005	L13	26/04/96	NO ₂ ⁻ : 1,5 mg/L
1604.7.0004	L31	27/05/96	pH: 5,8

En análisis anteriores se detectaron los siguientes problemas de contaminación:

Tabla 4.3.III

Nº I.R.H.	ID	Fecha	Parámetro
1504.4.0005	L1	20/09/76	NH ₄ ⁺ : 0,96 mg/L
1604.1.0002	L6	14/09/79	Cl ⁻ : 277 mg/L; Na ⁺ : 167 mg/L
		25/10/88	Cl ⁻ : 255 mg/L
1604.1.0007	L7	19/09/79	Cl ⁻ : 245 mg/L; Na ⁺ : 154 mg/L
1604.1.0010	L9	23/11/82	NO ₃ ⁻ : 103 mg/L; NO ₂ ⁻ : 0,16 mg/L
1604.7.0009	L33	24/06/92	NH ₄ ⁺ : 1,06 mg/L

La contaminación por nitritos detectada en los puntos L4 y L13 podría ser debida a vertidos realizados como consecuencia del riego de pastizales con purines, ya que no se ha localizado ningún foco de contaminación importante en sus proximidades.

Los valores elevados de nitritos analizados en el punto L5 pueden ser asociados a focos de contaminación de origen urbano, ya que está ubicado en las proximidades de la población de Posada.

El bajo valor de pH medido en el punto L31 es consecuencia de la litología cuarcítica a la que está asociado.

La contaminación por amonio del punto L1 en 1.979, asociada probablemente a un foco de contaminación de origen ganadero, no se ha detectado en el análisis realizado en junio de 1.996.

El elevado contenido en los iones cloruro y sodio, detectados en los puntos L6 y L7, se justifica por el efecto de "rociada marina" o por el lavado de materiales que han estado inundados por el agua del mar.

Los altos valores de nitritos, nitratos y amonio detectados en los puntos L9 y L33 en los años 1.982 y 1.992, respectivamente, probablemente se asocien con vertidos de aguas residuales urbanas, si bien se carece de análisis posteriores que permitan conocer la evolución de dicha contaminación.

Acuífero Costero de Ribadesella

En la campaña de calidad realizada entre marzo y mayo de 1.996 presentan problemas en su calidad química los siguientes puntos:

Tabla 4.3-IV

Nº I.R.H.	ID	Fecha	Parámetro
1504.2.0004	R3	18/04/96	pH: 4,8
1504.3.0008	R11	07/05/96	NO ₃ ⁻ : 34 mg/l; NO ₂ ⁻ : 0,42 mg/L; NH ₄ ⁺ : 1,08 mg/L; P ₂ O ₅ : 1,22 mg/L
1504.4.0004	R15	06/05/96	pH: 6,4

En análisis anteriores se detectaron los siguientes problemas de contaminación:

Tabla 4.3-V

Nº I.R.H.	ID	Fecha	Parámetro
1504.3.0001	R8	10/08/83	NO ₂ ⁻ : 0,13 mg/L
1504.4.0003	R14	19/09/79	Cl ⁻ : 270 mg/L; Na ⁺ : 153 mg/L

Los bajos valores de pH medidos en los puntos R3 y R15 se justifican porque se encuentran asociados a litologías cuarcíticas.

La contaminación detectada en el punto R11 es debida, casi con total seguridad, a los vertidos de origen ganadero e industrial que se realizan en sus proximidades.

En el punto R8 se detectaron valores variables en nitritos durante el período 1.983-86, si bien en análisis realizados en años posteriores dicho parámetro ha sido nulo.

El alto valor de cloruros y sodio analizado en el punto R14 se podría justificar por el efecto de "rociada marina" o por lavado de materiales que han permanecido inundados por el agua del mar. No se dispone de ningún análisis posterior que permita controlar la evolución de dichos parámetros.

Acuífero Sierra del Cuera

En la campaña de calidad realizada en marzo-mayo de 1.996 presentan problemas en su calidad química los siguientes puntos:

Tabla 4.3-VI

Nº I.R.H.	ID	Fecha	Parámetro
1504.8.0022	C16	06/05/96	pH: 6,3
1604.8.0019	C27	14/05/96	NO ₂ ⁻ : 0,15 mg/L

En análisis anteriores se detectaron los siguientes problemas de contaminación:

Tabla 4.3-VII

Nº I.R.H.	ID	Fecha	Parámetro
1604.6.0007	C19	29/08/79	NO ₂ ⁻ : 0,1 mg/L
1604.8.0005	C24	21/09/79	DQO: 100 mg/L; NH ₄ ⁺ : 0,5 mg/L

La litología cuarcítica del punto C16 justifica su bajo valor de pH.

En las proximidades del punto C27 no se ha localizado ningún foco de contaminación que justifique el valor elevado en nitritos, por lo que se supone que este sea debido al riego y abono de pastizales con efluentes de origen ganadero. Esto mismo se puede interpretar para el punto C19, si bien en este caso en los análisis posteriores a 1.995, el valor analizado ha sido nulo.

La contaminación por elevados valores en DQO y amonio detectada en el punto C24 se puede asociar a vertidos de origen ganadero realizados en su proximidad. No se dispone de análisis posteriores que proporcionen información sobre la evolución de dichos parámetros.

Acuífero Sierra del Sueve

En la campaña de calidad realizada entre marzo y mayo de 1.996 presentan problemas en su calidad química los siguientes puntos:

Tabla 4.3-VIII

Nº I.R.H.	ID	Fecha	Parámetro
1404.4.0006	S2	16/04/96	pH: 6; NH ₄ ⁺ : 0,4.8. mg/L
1404.4.0020	S7	15/04/96	NO ₂ ⁻ : 0,1 mg/L
1404.4.0021	S8	15/04/96	SO ₄ ²⁻ : 237 mg/L
1404.4.0024	S9	16/04/96	pH:6
1504.1.0002	S13	17/04/96	pH: 4,9
1504.1.0008	S15	17/04/96	pH: 4,7

En análisis anteriores se detectaron los siguientes problemas de contaminación:

Tabla 4.3-IX

Nº I.R.H.	ID	Fecha	Parámetro
1404.8.0001	S11	28/02/80	NO ₂ ⁻ : 0,18 mg/L
		19/05/82	NO ₂ ⁻ : 0,2 mg/L
		01/09/82	pH: 6,4l
		23/11/82	P ₂ O ₅ : 1,76 mg/L
1504.1.0003	S14	19/09/79	Cl ⁻ : 202 mg/L

El bajo valor de pH medido en los puntos S2, S9, S13 y S15 se justifica por tratarse de surgencias en materiales cuarcíticos.

El elevado contenido en sulfatos analizado en el punto S8 se explica por disolución de las sales contenidas en los materiales triásicos en los que surge.

El alto valor de amonio analizado en el punto S2 puede ser debido al riego y abono de pastizales con efluentes de origen ganadero. El contenido en nitritos detectado en el punto S7 se considera que puede estar relacionado con vertidos de aguas residuales urbanas.

En el punto S11 se han detectado concentraciones variables de nitritos a lo largo del periodo considerado. El origen de dicha contaminación se asocia probablemente con vertidos de origen urbano.

El contenido elevado de cloruros analizado en el punto S14 se asocia con la disolución de sales presentes en la formación triásica en contacto con los materiales jurásicos en los que surge; no se dispone de análisis posteriores que proporcionen información sobre la evolución de dicho parámetro.

Acuífero Unidad del Mofrechu

En la campaña de calidad realizada entre marzo y mayo de 1.996 presentan problemas en su calidad química los siguientes puntos:

Tabla 4.3-X

Nº I.R.H.	ID	Fecha	Parámetro
1504.4.0011	M3	25/04/96	pH: 6,4
1504.4.0012	M4	25/04/96	pH: 6

En análisis anteriores se detectaron los siguientes problemas de contaminación:

Tabla 4.3-XI

Nº I.R.H.	ID	Fecha	Parámetro
1504.3.0004	M2	19/09/79	NO ₂ ⁻ : 1 mg/L

Los bajos valores de pH medidos en los puntos M3 y M4 se asocian a la litología cuarcítica en la que surgen.

La contaminación detectada en el punto M2 puede ser debida a vertidos de origen ganadero.

En general, las aguas subterráneas de la unidad son de buena calidad para abastecimiento humano, sólo la presencia ocasional de especies nitrogenadas, en concreto, nitritos y en algún caso amonio, pueden suponer restricciones temporales a su uso. La presencia de estos compuestos, asociada a los vertidos urbanos y/o actividades ganaderas,

indica que la afección ocasionada procede de focos próximos al punto de captación, ya que son detectadas las especies nitrogenadas más inestables.

Calidad para uso ganadero

En la definición de la calidad de las aguas para uso ganadero se tienen en cuenta, en general, los mismos parámetros que los establecidos para abastecimiento, comentados en los párrafos anteriores. En "*La normativa referente a la calidad de las aguas para abastecimiento urbano, de bebidas envasadas, agricultura e industria*" (IGME, 1.988), se establece una clasificación de la calidad de las mismas para consumo del ganado y aves de corral en función de su salinidad, según la cual se han elaborado las Tablas 4.3-XII a 4.3-XVI que figuran en el Anexo 8.

En general, en todos los acuíferos, la calidad del agua es *Muy satisfactoria* o *Excelente*, exceptuando las muestras correspondientes a los puntos L6 y L7 (Acuífero Costero de Llanes), R14 (Acuífero Costero de Ribadesella) y S14 (Acuífero Sierra del Sueve), que son aguas *De uso muy limitado* o *De uso limitado para el ganado y no apta para el consumo de aves*.

Calidad para uso agrícola

En general, el análisis de muestras de agua es insuficiente para determinar su calidad para riego, ya que no tiene en cuenta el tipo de suelo, de cultivo, de clima, etc.

De modo orientativo y basándose en la salinidad y en la relación de adsorción del sodio (SAR) (U.S. Salinity Staff), se han elaborado los gráficos de *Calidad de agua para riego* (figuras de 4.3.1. a 4.3.5.) en los que se establece la clasificación del agua para este fin, que figura en las Tablas 4.3-XVII a 4.3-XXI. Las tablas y figuras se incluyen en el Anexo 8.

La mayor parte de las aguas de esta unidad se catalogan como de *Baja salinización* y *Baja alcalinización (C1-S1)* o *Salinización media* y *Baja alcalinización (C2-S1)*. Solamente las muestras L6 y L7 del Acuífero Costero de Llanes muestran *Salinización media a elevada* y *Baja alcalinización*.

Calidad para uso industrial

No existe una clasificación específica respecto a la calidad del agua para uso industrial, puesto que ésta depende del tipo de actividad al que vaya a ser aplicada. Los aspectos a tener en cuenta en las aguas para este fin son su *poder incrustante* y su *agresividad*, parámetros que se definen en función de la presión de oxígeno en equilibrio, del pH y del contenido de aniones capaces de formar óxidos no protectores (Custodio, 1.968) en el caso de la agresividad y, fundamentalmente, en función de su dureza para el poder incrustante. Estos parámetros se han definido en este estudio, puesto que la analítica realizada no lo permite. En general, se considera que las aguas de esta unidad son poco agresivas y poco incrustantes. Las aguas de pH ácidos, provenientes de materiales cuarcíticos, y las aguas con grados de dureza elevados podrían plantear restricciones para usos industriales.

5.- RED PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD QUÍMICA

Con el fin de poder controlar la evolución de la calidad química de las aguas subterráneas de la Unidad Hidrogeológica 01.16 se propone el establecimiento de una red de control que quedará definida para cada acuífero por un conjunto de puntos de muestreo, que se recogen en las Tablas 5-I a 5-V, en las que cada punto se identifica por su Nº I.R.H. y sus coordenadas U.T.M.

Esta red podrá estar sometida a pequeñas modificaciones a lo largo del tiempo en función de las posibles variaciones que pudieran presentarse en los puntos tanto en lo referente a caudales como a limitaciones en la toma de la muestra.

**Tabla 5-I.- Red para el Control de la Calidad Química.
Acuífero Costero de Llanes**

I.R.H.	COORDENADAS U.T.M.	
	X	Y
1504.8.0020	347.960	4.807.165
1504.8.0021	348.860	4.806.064
1604.1.0008	351.110	4.810.653
1604.1.0014	355.512	4.809.677
1604.5.0006	354.010	4.808.160
1604.5.0011	356.450	4.805.500
1604.5.0014	355.942	4.806.165
1604.6.0022	360.211	4.808.508
1604.6.0036	360.610	4.806.840
1604.7.0004	364.658	4.806.025
1604.7.0005	367.520	4.804.586
1604.7.0015	366.209	4.806.709
1604.7.0019	369.728	4.806.285
1604.8.0024	370.327	4.805.147
1604.8.0035	376.740	4.805.950
1604.8.0036	375.340	4.806.170
1704.5.0008	379.858	4.805.817
1704.6.0017	384.076	4.805.488

**Tabla 5-II.- Red para el Control de la Calidad Química.
Acuífero Costero de Ribadesella**

I.R.H.	COORDENADAS U.T.M.	
	X	Y
1504.1.0001	326.787	4.812.323
1504.2.0002	332.910	4.814.367
1504.2.0005	334.890	4.810.690
1504.2.0007	335.490	4.810.705
1504.2.0008	333.542	4.809.760
1504.2.0009	330.942	4.813.190
1504.3.0008	339.900	4.812.810
1504.3.0010	340.150	4.811.200
1504.3.0011	341.960	4.813.940
1504.4.0002	346.135	4.812.348
1504.4.0010	347.760	4.812.340
1504.4.0013	345.197	4.812.437
1504.5.0023	323.409	4.808.770

**Tabla 5-III.- Red para el Control de la Calidad Química.
Acuífero Costero del Cuera**

I.R.H.	COORDENADAS U.T.M.	
	X	Y
1504.6.0006	334.146	4.805.504
1504.6.0010	335.200	4.803.190
1504.6.0012	332.940	4.803.200
1504.6.0013	336.282	4.806.475
1504.7.0004	339.810	4.806.810
1504.7.0017	341.583	4.805.816
1504.7.0018	342.890	4.804.276
1504.7.0026	339.210	4.807.230
1504.7.0031	341.870	4.804.460
1504.8.0001	349.010	4.804.835
1504.8.0005	345.960	4.804.835
1504.8.0022	345.024	4.802.569
1604.5.0001	350.850	4.804.650
1604.6.0007	362.760	4.803.660
1604.6.0028	360.490	4.804.220
1604.6.0030	361.370	4.805.020
1604.7.0002	367.690	4.802.740
1604.7.0022	369.820	4.802.735
1604.8.0015	371.100	4.804.125
1604.8.0018	375.110	4.800.840
1604.8.0019	371.073	4.799.660
1604.8.0020	370.662	4.802.215
1604.8.0026	376.560	4.803.150
1604.8.0028	371.060	4.801.360

**Tabla 5-IV.- Red para el Control de la Calidad Química.
Acuífero Costero del Suevo**

I.R.H.	COORDENADAS U.T.M.	
	X	Y
1404.4.0004	319.270	4.814.750
1404.4.0016	321.587	4.813.512
1404.4.0024	319.350	4.810.125
1404.8.0003	318.608	4.809.158
1504.1.0002	326.332	4.815.512
1504.1.0003	327.556	4.816.690
1504.1.0007	323.130	4.813.080
1504.1.0009	325.298	4.816.233

**Tabla 5-V.- Red para el Control de la Calidad Química.
Acuífero Costero del Mofrechu**

I.R.H.	COORDENADAS U.T.M.	
	X	Y
1504.1.0010	329.650	4.810.460
1504.2.0001	331.631	4.810.157
1504.3.0004	341.740	4.809.190
1504.4.0011	346.650	4.809.290
1504.5.0001	326.556	4.808.023
1504.5.4009	329.610	4.806.590
1504.5.0013	328.906	4.809.181
1504.5.0014	327.250	4.807.100
1504.5.0019	325.974	4.804.846
1504.6.0014	333.245	4.806.840
1504.7.0002	340.120	4.808.540
1504.8.0014	344.353	4.808.648