

Máster Propio en Gestión Sostenible del Agua

**Trabajo Fin de Máster**

# **Valoración de los servicios ecosistémicos en fuentes**

Autora: Teresa Garrido Martín

Fecha: 18/06/2020

Directores:

Dr. Francesc La Roca Cervigón y Dr. Antoni Munné Torras

"El presente trabajo es un ejercicio práctico de Master presentado para optar al certificado de aptitud por los autores, realizado en parte como supuesto real y en parte con contenidos académicos. Su contenido, calidad y adecuación a la realidad son de la exclusiva responsabilidad de sus autores, así como los cálculos, aseveraciones, conclusiones y recomendaciones. Éstas no tienen porqué coincidir con las de los autores- directores del trabajo, ni del Master, ni de sus organismos patrocinadores. La existencia de este trabajo no supone su aprobación ni la aceptación de su contenido."



Foto de contraportada extraída de <http://postalsantigues.cat/>

# ÍNDICE

Introducción .....	6
1 Descripción de los ámbitos de estudio .....	9
1.1 Usos del suelo .....	11
1.2 Patrimonio natural.....	12
1.3 El agua en los ámbitos de estudio.....	15
1.3.1 Usos del agua .....	15
1.3.2 Red hidrográfica .....	16
1.3.3 Hidrogeología .....	16
2 Marco conceptual de los servicios ecosistémicos .....	20
3 Clasificación de los servicios ecosistémicos en sistemas fontinales: Metodología CICES .....	23
4 Indicadores del estado del ecosistema fontinal y sus servicios ecosistémicos.....	27
4.1 Construcción de la red de indicadores.....	28
4.2 Listado y valoración de los indicadores en los sistemas fontinales del estudio .....	33
Grupo 1. Indicadores de la estructura y procesos del ecosistema .....	33
■ E_1_ Características de los acuíferos .....	33
■ E_2_ Disponibilidad y reservas de agua subterránea .....	34
■ E_4_ Composición química de las aguas: nutrientes y otros compuestos .....	39
■ E_5_ Usos del suelo .....	46
■ E_7_ Explotación del acuífero .....	47
■ E_8_ Hábitats .....	49
■ E_9_ Fauna y flora.....	50
■ E_10_ Integridad del ecosistema .....	53
■ P_1_ Recarga del acuífero.....	55
■ P_4_ Escorrentía .....	55
■ P_5_ Flujo de componentes químicos y nutrientes en el agua .....	58
Grupo 2. Indicadores de las funciones del ecosistema.....	60
■ F_1_ Estabilidad físico-química del agua subterránea.....	60
■ F_3_ Depuración en el acuífero: Desnitrificación en el acuífero .....	62
■ F_4_ Polinización .....	63
Grupo 3. Indicadores de los servicios ecosistémicos .....	64
■ 4_2_2_1 Agua subterránea (y subsuperficial) para abastecimiento .....	64
■ 1_1_3_1 Animales criados para fines alimentarios .....	66
■ 1_1_6_1 Animales salvajes (terrestres y acuáticos) para fines alimentarios .....	67
■ 6_1_1_1 – 3_1_1_X Interacciones físicas y experienciales con el medio natural.....	69
■ 6_1_2_1 – 3_1_2_X Interacciones intelectuales y representativas con el medio natural.....	71

■ 6_2_1_1 – 3_2_1_X Interacciones espirituales y simbólicas con el medio natural .....	76
■ 6_2_2_1 – 3_2_2_X Otras características bióticas y abióticas con “non-use values” .....	77
5 Relación entre el ecosistema fontinal y sus servicios ecosistémicos.....	79
5.1 Estructura, procesos y funciones del ecosistema fontinal.....	79
5.2 Ecosistema fontinal y servicios ecosistémicos .....	79
6 Los servicios ecosistémicos fontinales en la gestión del agua .....	87
6.1 Evaluación del ecosistema fontinal y sus servicios .....	88
6.2 El papel de la participación pública en el marco de los servicios ecosistémicos .....	97
7 Conclusiones .....	99
Bibliografía.....	103
Anexo 1 Características de las fuentes seleccionadas.....	108
Anexo 2 Metodología para la categorización final de los indicadores .....	113

## Índice de Tablas

Tabla 1. Especies de interés comunitario referidas en el artículo 4 de la Directiva 2009/1477EC y listadas en el anexo II de la Directiva 92/43/EEC. En azul se indican las especies ligadas con el medio hídrico. ....	14
Tabla 2. Selección de los servicios en ecosistemas fontinales según la clasificación CICES V.5.1 .....	25
Tabla 3. Indicadores seleccionados para los elementos que caracterizan la estructura y procesos del ecosistema fontinal (elaboración propia).....	30
Tabla 4. Indicadores seleccionados para los elementos que caracterizan las funciones del ecosistema fontinal (elaboración propia).....	31
Tabla 5. Indicadores seleccionados para los servicios ecosistémicos del ecosistema fontinal (elaboración propia) .....	32
Tabla 6. Resumen de las series de niveles piezométricos y valoración de tendencias en el ámbito de Sant Hilari Sacalm (datos ACA) .....	35
Tabla 7. Resumen de las series de niveles piezométricos y valoración de tendencias en el ámbito de Sant Joan les Fonts (datos ACA) .....	37
Tabla 8. Valoración de las masas de agua categoría río del ámbito Montseny-Guilleries (datos ACA) .	41
Tabla 9. Valoración de las masas de agua categoría río en el ámbito del Fluvio-volcánico de la Garrotxa (datos ACA).....	42
Tabla 10. Estadísticos descriptivos de los contenidos en nitratos en los puntos de control de las masas de agua categoría río (datos ACA) .....	42
Tabla 11. Porcentajes de la masa de agua subterránea 9- Fluvio-Volcànic de la Garrotxa en buen estado cualitativo (datos ACA) .....	43

Tabla 12. Recursos subterráneos medios disponibles para un año normal y un año seco en las masas de agua subterráneas 9- Fluvio-Volcànic de la Garrotxa (Sant Joan les Fonts) y 13 – Montseny – Guilleries (Sant Hilari Sacalm) (datos ACA).....	48
Tabla 13. Volúmenes de extracción en hm <sup>3</sup> /año en las masas de agua subterráneas 9- Fluvio-Volcànic de la Garrotxa y 13 – Montseny – Guilleries (datos ACA) .....	48
Tabla 14. Valores de los Índices de Explotación en las masas de agua subterráneas 9- Fluvio-Volcànic de la Garrotxa (Sant Joan les Fonts) y 13 – Montseny – Guilleries (Sant Hilari Sacalm) (datos ACA) .....	49
Tabla 15. Estado de conservación de los hábitats de interés comunitario según los informes de aplicación de la Directiva de Hábitats para los hábitats de Catalunya (Sainz de la Maza, 2019) .....	50
Tabla 16. Número de especies invasoras de acuerdo al riesgo asociado en Sant Hilari Sacalm y Sant Joan les Fonts (datos extraídos de la base de datos EXOCAT y SI-EXOQUA).....	53
Tabla 17. Listados de los espacios protegidos en los ámbitos de Sant Hilari Sacalm y Sant Joan les Fonts (información del Departamento de Territorio y Sostenibilidad (Generalitat de Catalunya)).....	54
Tabla 18. Estadísticos descriptivos de los aniones y cationes mayoritarios en las aguas subterráneas. Ámbito Montseny –Guilleries (datos ACA).....	61
Tabla 19. Estadísticos descriptivos de los aniones y cationes mayoritarios en las aguas subterráneas. Ámbito fluvio-volcánico de la Garrotxa (datos ACA) .....	61
Tabla 20. Porcentaje de superficie del municipio dedicada a actividades cinegéticas (datos del Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (Generalitat de Catalunya)) .....	68
Tabla 21. Atributos del ecosistema que integran las categorías de análisis (elaboración propia) .....	80
Tabla 22. Evaluación de los elementos del ecosistema y los servicios ecosistémicos de abastecimiento, escogidos de acuerdo a la clasificación CICES (elaboración propia).....	92
Tabla 23. Evaluación de los elementos del ecosistema y los servicios ecosistémicos de regulación y mantenimiento, escogidos de acuerdo a la clasificación CICES (elaboración propia).....	93

## Índice Figuras

Figura 1. Mapa de situación de Sant Hilari Sacalm (escala 1:70.000).....	10
Figura 2. Mapa de situación de Sant Joan les Fonts (escala 1:40.000) .....	11
Figura 3. Hábitats del municipio de Sant Hilari Sacalm según la cartografía de los Hábitats de Catalunya Versió 2 (2008/2012).....	13
Figura 4. Hábitats del municipio de Sant Joan les Fonts según la cartografía de los Hábitats de Catalunya Versió 2 (2008/2012).....	13
Figura 5. El modelo en cascada (modificado de Haines-Young, 2018) .....	22
Figura 6. Organización jerárquica de la clasificación de servicios ecosistémicos según CICES (modificado de Haines-Young, 2018) .....	24
Figura 7. Evolución de los niveles piezométricos en el ámbito de Sant Hilari Sacalm (datos ACA) .....	36

Figura 8. Resultados de niveles piezométricos para el sector 10101320 Montseny - Guillerries (datos modelo Patrical) .....	37
Figura 9. Evolución de los niveles piezométricos en el ámbito de Sant Joan les Fonts (datos ACA) .....	38
Figura 10. Resultados de niveles piezométricos para los sectores 10100926 Olot - Santa Pau y sector 10100928 Bajo Fluvià (datos modelo Patrical) .....	39
Figura 11. Evolución del contenido en nitratos en puntos de muestreo de agua subterránea de Sant Joan les Fonts (datos ACA).....	44
Figura 12. Evolución de la concentración de nitratos según el modelo Patrical para el sector 10101320 Montseny-Guillerries (datos modelos Patrical) .....	45
Figura 13. Evolución de la concentración de nitratos para los sectores 10100926 Olot - Santa Pau y sector 10100928 Bajo Fluvià (datos modelo Patrical) .....	45
Figura 14. Evolución de la SAU en porcentaje de superficie del municipio (datos IDESCAT) .....	46
Figura 15. Evolución de la recarga en los sectores 10101320 Montseny_Guillerries, 10100926 Olot - Santa Pau y sector 10100928 Bajo Fluvià (datos modelo Patrical) .....	56
Figura 16. Hidrograma de la estación de muestreo EA056 (riera d'Arbúcies) (datos ACA).....	57
Figura 17. Hidrograma de la estación de muestreo EA013 (Olot) (datos ACA) .....	58
Figura 18. Evolución del excedente de nitrógeno por hectárea en los municipios de Sant Hilari Sacalm y Sant Joan les Fonts (MAPAMA, 2018) .....	59
Figura 19. Evolución del consumo de agua municipal en Sant Joan les Fonts (datos ACA).....	65
Figura 20. Evolución del consumo de agua municipal en Sant Hilari Sacalm (datos ACA) .....	65
Figura 21. Evolución del número de plazas ganaderas (datos del Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (Generalitat de Catalunya)).....	67
Figura 22. Evolución del número de plazas ganaderas (datos del Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (Generalitat de Catalunya)).....	67
Figura 23. Evolución del número de visitantes de las oficinas de turismo (datos de las oficinas de turismo de Sant Hilari Sacalm y Sant Joan les Fonts).....	70
Figura 24. Les Guillerries desde el Montseny. Después de una tormenta, Marian Pidelaserra (Barcelona, 1877-1946). Oleo sobre lienzo. ....	74
Figura 25. Selección de postales de Josep Ximeno Planas (Barcelona, 1865 - Sant Hilari Sacalm, 1926)..	75
Figura 26. Les bugaderes, Joaquim y Marià Vayreda, 1883. Óleo sobre tela. Museo de la Garrotxa .....	76
Figura 27. Cartel explicativo a la entrada del bosque terapéutico Serra d'Heures .....	78
Figura 28. Relaciones entre la estructura, procesos y funciones del ecosistema fontinal con los servicios de abastecimiento (elaboración propia) .....	84
Figura 29. Relaciones entre la estructura, procesos y funciones del ecosistema fontinal con los servicios de regulación y mantenimiento (elaboración propia).....	85
Figura 30. Relaciones entre la estructura, procesos y funciones del ecosistema fontinal con los servicios culturales (elaboración propia) .....	86

## Resumen

Los servicios ecosistémicos, entendidos como la contribución de los ecosistemas al bienestar humano, es un concepto que permite visibilizar la importancia de los ecosistemas y su biodiversidad en el mantenimiento de múltiples beneficios para la sociedad, y dar así argumentos para su apreciación y conservación. Las fuentes son ecosistemas que dependen de las aguas subterráneas, además de espacios de una elevada riqueza y singularidad biológica que forman parte del patrimonio cultural, histórico y social de un territorio. Este trabajo plantea la valoración de servicios ecosistémicos en las fuentes de dos municipios de la provincia de Girona (Sant Hilari Sacalm y Sant Joan les Fonts) estrechamente vinculados a este tipo de ecosistemas. Para la valoración biofísica de los ecosistemas fontinales y sus servicios se ha utilizado el modelo conceptual “en cascada”, mientras que para la selección de las categorías de los servicios ecosistémicos se ha aplicado la metodología CICES versión 5.1. El desarrollo y aplicación de la metodología ha requerido la construcción de un marco inicial de indicadores que describe el estado o los cambios en el tiempo de los elementos del ecosistema fontinal y los servicios que éstos suministran, permitiendo un enfoque integral. A continuación, se han establecido de forma gráfica las relaciones entre el ecosistema fontinal y los servicios ecosistémicos, dando como resultado complejas estructuras para cada tipología principal de servicio. Por último, la integración de las relaciones establecidas y la evaluación de los indicadores se han representado esquemáticamente a modo de tablas sintéticas para poder dar respuesta a la valoración de los servicios, y a la vez mostrar las relaciones que surgen entre ellos. Estas tablas representan una herramienta de comunicación para fases posteriores a este trabajo, donde se establezcan procesos de consulta, además de permitir orientar posibles medidas para la protección y conservación de los ecosistemas fontinales. El trabajo establecería las bases metodológicas para su implantación a una escala mayor, teniendo en cuenta los requerimientos de la Directiva Marco del Agua en la valoración de las masas de aguas subterráneas y su relación con los ecosistemas que de ellas dependen.

## Introducción

Los seres humanos, la sociedad, dependen de los ecosistemas para el sustento de sus actividades. Los servicios ecosistémicos, entendidos en este trabajo como la contribución de los ecosistemas al bienestar humano (MEA, 2005), es el concepto que conecta la naturaleza con las personas y que permite visibilizar la importancia de los ecosistemas y de la biodiversidad en el mantenimiento de múltiples beneficios para la sociedad (Grizzetti, 2016). Los servicios ecosistémicos también son una herramienta para aumentar la conciencia de la sociedad en relación a los beneficios que se reciben de los ecosistemas, una condición previa para su apreciación (Griebner, 2015).

La biodiversidad, entendida como la variabilidad de organismos vivos, desempeña un papel esencial en el suministro de los servicios ecosistémicos. Se puede afirmar que el mantenimiento de los servicios capaces de prestar un ecosistema requiere a su vez del mantenimiento de la biodiversidad (de Groot, 2010). El interés en el concepto de los servicios ecosistémicos ha ido creciendo, no sólo desde el punto de vista de protección de la biodiversidad, sino también, en la orientación de los servicios ecosistémicos hacia al desarrollo de políticas ambientales y como herramienta útil para informar en la toma de decisiones para la gestión de los recursos naturales (Balvanera, 2017).

En el contexto legislativo europeo, la Directiva Marco del Agua (DMA) (Directiva 2000/60/CE) no incluye explícitamente en su planteamiento los servicios ecosistémicos. Sin embargo, la DMA se centra en los ecosistemas y tiene por objeto proteger los usos del medio ambiente cuando se aplican en un contexto social y económico. Existe por tanto una conexión entre la DMA, la prestación de servicios ecosistémicos y los principios del enfoque ecosistémico (Giakoumis, 2018; Munk, 2014; Spray, 2013).

Los sistemas acuáticos (ríos, lagos, humedales, aguas subterráneas, aguas de transición y aguas costeras) intervienen en el mantenimiento de servicios ecosistémicos esenciales para el bienestar humano, como la producción de agua potable, la producción de comida, o el disfrute a través de actividades recreativas. En otras palabras, todos los componentes del ciclo hidrológico prestan servicios importantes como ecosistemas o como elementos característicos del ecosistema. En general, la relación entre las etapas atmosféricas y superficial del ciclo hídrico, los ecosistemas y los servicios son fácilmente apreciables por la sociedad (Manzano, 2011). Sin embargo, la contribución que el agua subterránea realiza al conjunto de los servicios ecosistémicos en general es



poco conocida (Griebler, 2015). Los servicios más conocidos del agua subterránea se relacionan con el abastecimiento de agua potable y otros usos, y los relacionados con la calidad y la capacidad de purificación del agua (Manzano, 2011).

Las fuentes son un ejemplo muy singular de ecosistemas que dependen de la descarga de las aguas subterráneas. Desde un punto de vista hidrogeológico, las fuentes son puntos donde descargan las aguas subterráneas de un sistema acuífero, creando un flujo visible. Desde un punto de vista ecológico, las fuentes juegan un papel clave que va más allá de su limitada presencia en el paisaje. Por una parte, las características físicas y químicas, y algunas peculiaridades biológicas (como la presencia de stygofauna) vendrán determinada por el acuífero. Por otra parte, las fuentes son el origen de cursos fluviales, con unas condiciones físicas y químicas, y una composición y estructura de sus comunidades. Por tanto, las fuentes recogen esta doble naturaleza siendo ecotonos que conectan las aguas subterráneas y superficiales (Cantonati, 2006). Además, se consideran espacios de una elevada riqueza y singularidad biológica, y generalmente constituyen hábitats de gran interés ecológico, muy frágiles y vulnerables (García, 2019). En numerosas ocasiones, las fuentes y otras formas de descarga de aguas subterráneas constituyen un refugio de fauna y flora acuática, estratégica en períodos de sequía, que permiten posteriormente recolonizar diversos tramos fluviales aguas abajo cuando se retoma condiciones más húmedas. Son, pues, reservorio de biodiversidad y conservación de diversas comunidades biológicas estratégicas (Bonada y Resh, 2013). Además del patrimonio natural, las fuentes forman parte del patrimonio cultural, histórico y social del territorio (Farrerons, 2019). La percepción de la importancia de las fuentes desde un punto de vista de la biodiversidad ha aumentado, sin embargo, al mismo tiempo se reconoce la falta de conocimiento de su estructura, funciones y su contribución a los servicios ecosistémicos (Biggs, 2017). En este sentido, la novedad de este trabajo radica en caracterizar y evaluar los ecosistemas fontinales y los servicios ecosistémicos que éstos suministran.

El **objetivo general** que se plantea es la aplicación de la metodología de valoración de servicios ecosistémicos significativos en fuentes, donde las aguas subterráneas son el soporte para el mantenimiento de ecosistemas acuáticos superficiales. Se aborda como **objetivo específico** la utilización de la metodología como herramienta de gestión en la toma de decisiones para el uso, protección y conservación de estos ecosistemas y de sus servicios, teniendo en cuenta el contexto del marco normativo de la DMA.

Para ello se realizaría un ejercicio de categorización y valoración biofísica de los servicios ecosistémicos en dos **ámbitos de estudio** centrados en los municipios de Sant Hilari Sacalm, en el macizo de les Guilleries, y Sant Joan les Fonts, en la zona volcánica de la Garrotxa. Los ámbitos escogidos se caracterizan por la gran cantidad de fuentes naturales y por la relación histórica y cultural que la gente del entorno ha mantenido con ellas.

El trabajo que se presenta a continuación se estructura en 6 secciones. En la **sección 1** se realiza una descripción de los ámbitos de estudio, teniendo en cuenta especialmente aquellas características relacionadas con los ecosistemas acuáticos y la provisión de servicios. La **sección 2** revisa los fundamentos teóricos de los servicios ecosistémicos e introduce el modelo en cascada, que ofrece un marco conceptual para la aplicación de esta metodología. La **sección 3** muestra la selección de los servicios ecosistémicos teniendo en cuenta el ecosistema fontinal, realizada bajo la perspectiva del proyecto CICES (Haines-Young, 2018), y como primer paso para la valoración de los servicios ecosistémicos. En la **sección 4** se identifican los elementos del ecosistema fontinal (estructura, procesos y funciones), a la vez que se propone un primer marco de indicadores para la valoración de cada uno de estos elementos del ecosistema y de sus servicios ecosistémicos. Esta sección también incluye una descripción y valoración de los indicadores seleccionados. La **sección 5** aborda las relaciones que vinculan la estructura, los procesos y las funciones del ecosistema fontinal con los servicios ecosistémicos. En la **sección 6**, se propone una representación sintética del ecosistema que integra la valoración de los indicadores y las relaciones entre el ecosistema y sus servicios, y que permite la integración de esta metodología en la gestión del ecosistema fontinal y su interacción con los requisitos de la DMA. Finalmente, en la **sección 7** se explican las conclusiones del trabajo y reflexiones finales. El trabajo se completa con dos anexos que describen características relevantes de las fuentes de los ámbitos de estudio y la metodología utilizada para la caracterización final del ecosistema y sus servicios.

## 1 Descripción de los ámbitos de estudio

Sant Hilari Sacalm y Sant Joan les Fonts son dos municipios donde las fuentes representan elementos identificativos del territorio. El municipio de Sant Hilari Sacalm se denomina también el pueblo de las 100 fuentes, mientras que en Sant Joan les Fonts se han inventariado hasta 86 fuentes (Dorca, 2006).

Sant Hilari Sacalm se sitúa al Oeste de la provincia de Girona, en la comarca de la Selva presenta una superficie extensa (83,56 Km<sup>2</sup>) y una población de 5627 habitantes (año 2019, <https://www.idescat.cat/>) que representa una densidad de población baja, de 67,34 hab/km<sup>2</sup>. Se sitúa en el núcleo del macizo de *les Guilleries*, siendo la cima de Sant Miquel de Solterra o de les Formigues, el punto más elevado del macizo y situado en este municipio (1202 m). Este aspecto hace que el término municipal sea extraordinariamente forestal y con una orografía accidentada. En el municipio se sitúa la cabecera de la riera d'Osor que desemboca en el río Ter y donde afloran numerosos manantiales<sup>1</sup>. Prácticamente toda la población se concentra en la villa de Sant Hilari Sacalm. La agricultura y la ganadería tienen un peso muy discreto en la economía del municipio, siendo más relevantes las actividades relacionadas con la industria de la madera y del agua. En Sant Hilari Sacalm, la relación histórica con el agua cambió profundamente cuando el Dr. Josep Grivolosa en 1779 empezó a difundir las propiedades mineromedicinales de algunas de las fuentes del municipio. A partir de entonces, pacientes y veraneantes dinamizaron la economía local (Menció, 2018). Actualmente, la explotación de las fuentes de agua mineral de mesa es la actividad económica con más fuerza, por encima del aspecto mineromedicinal de las aguas (Figura 1).

Sant Joan les Fonts se sitúa al Noreste de Catalunya en la comarca de la Garrotxa (Girona). Tiene una superficie de 31,94 Km<sup>2</sup> y una población de 3006 habitantes (año 2019, <https://www.idescat.cat/>) que representa una densidad de población de 94,1 hab/km<sup>2</sup>. El río Fluvià, que atraviesa el municipio, confluye con la Riera de Ridaura, marcando el límite occidental del término, con la Riera de Bianya en el núcleo de Sant Joan les Fonts y con el río Turonell, que atraviesa de Norte a Sur el municipio. Presenta una orografía bastante accidentada, con dos franjas más llanas donde se concentran los

---

<sup>1</sup> <https://www.encyclopedia.cat/ec-gec-0059865.xml>

núcleos urbanos y las redes de comunicación. Los relieves son más suaves que en Sant Hilari Sacalm, llegando hasta los 907 m en la vertiente septentrional de la sierra de Sant

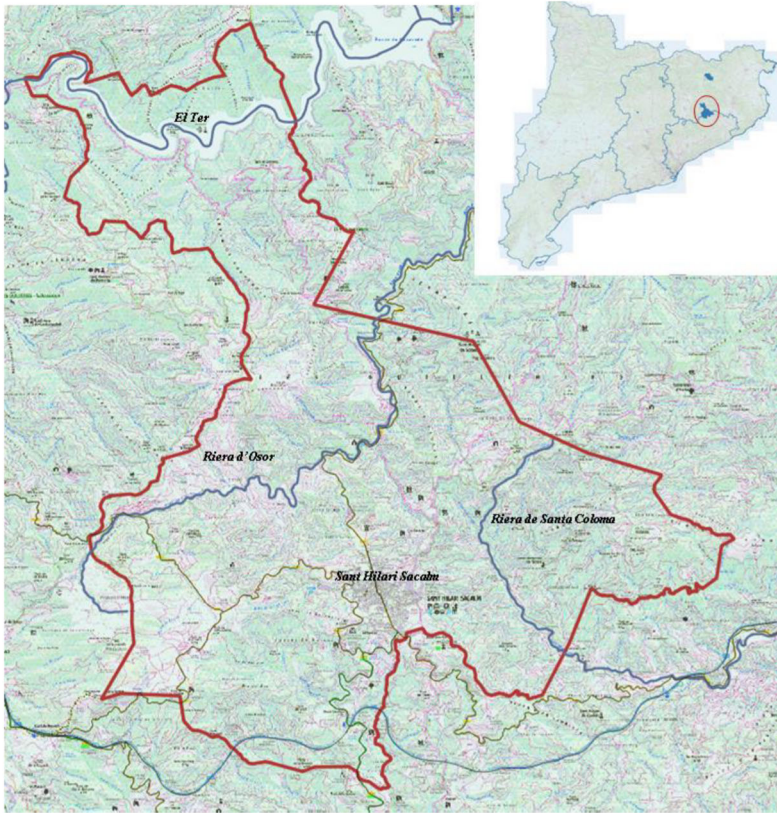


Figura 1. Mapa de situación de Sant Hilari Sacalm (escala 1:70.000)

Julià del Mont<sup>2</sup>. El municipio forma parte del *Parc natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa*, y se localizan elementos volcánicos de interés como afloramientos de coladas basálticas (Boscarró y el Molí Fondo) además de localizarse 10 conos volcánicos (Dorca, 2006).

El municipio está formado por un núcleo principal, el de Sant Joan les Fonts, y diferentes vecindarios (Begudà, Sant Cosme, el Pla de Baix, el Pla de Dalt y el barrio de la Canya). La población se distribuye de manera desigual situándose las zonas más pobladas y mejor comunicadas al Sur del río Fluvià. La economía del municipio se basa principalmente en la industria, destacando el sector textil, alimentario, metalúrgico y

<sup>2</sup> <https://www.enciclopedia.cat/ec-gec-0060056.xml>

papelera que se concentran en cuatro zonas industriales. En los últimos años el sector turístico está incrementando su importancia, destacando en el ámbito del geoturismo (Dorca, 2006). En el sector agrícola predominan los cultivos de secano y pastos, situándose los cultivos de regadía próximos a los cursos fluviales. Las explotaciones ganaderas son principalmente porcinas y bovinas (Figura 2).



Figura 2. Mapa de situación de Sant Joan les Fonts (escala 1:40.000)

## 1.1 Usos del suelo

En los dos municipios predominan las áreas forestales sobre otro tipo de cobertura del suelo. En este sentido, destaca el hecho que un 97,1 % del suelo de Sant Hilari Sacalm no está urbanizado. La superficie de este municipio está ocupada en un 2,89% por áreas agrícolas, un 92,44% por áreas forestales, un 2,33% por masas de agua (que corresponde al embalse del Pasteral) y sólo un 2,34% por áreas urbanizadas<sup>3</sup>. En el municipio existen numerosos viveros forestales destinados a la producción de árboles de

<sup>3</sup> Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya 4ª edició de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC), sota una llicència CC BY 4.0

Navidad o otras plantas leñosas, que representan una actividad económica importante pero también una posible afección ambiental y paisajística (Solà, 2008).

En Sant Joan les Fonts, un 78,3% del territorio está ocupado por áreas forestales, un 15,5% por áreas agrícolas, un 5,9% por áreas urbanas y un 0,3% por masas de agua. En este municipio, el suelo industrial que se encuentra en crecimiento, representa un 1,7% del total de la superficie (SIGMA, 2002).

## **1.2 Patrimonio natural**

Los ámbitos de estudio escogidos engloban espacios naturales de alto valor que se incluyen en zonas PEIN (Plan de espacio de interés natural de Catalunya), red Natura 2000 (ES5120012, Les Guilleries y ES5120004 Zona Volcànica de la Garrotxa), y en el *Parc natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa*.

En relación a los hábitats característicos, en el municipio de Sant Hilari Sacalm predominan, muy por encima de los demás, los bosques de encinas, castaños y hayedos. Los cultivos son poco abundantes y están representados principalmente por plantaciones de coníferas. El resto de hábitats representados por bosques de ribera, matorrales, prados, pedregales también son escasos (Figura 3). La gran mayoría de los hábitats de Sant Hilari Sacalm se catalogan como hábitats de interés comunitarios de acuerdo al anexo I de la Directiva de Hábitats (92/43/CEE) e incluyen los hábitats con código 9540, 6510, 8220, 91E0, 9120, 9330, 9340 y 9260.

El *Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa* donde se sitúa Sant Joan les Fonts, es un espacio de gran interés geológico y rico en hábitats donde se reconocen 26 declarados de interés comunitario, de acuerdo al anexo I de la Directiva de Hábitats.

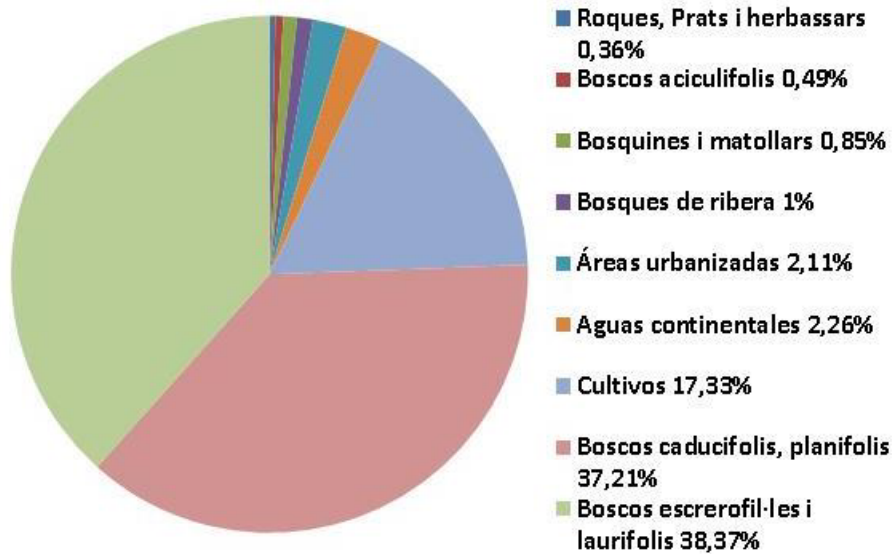


Figura 3. Hábitats del municipio de Sant Hilari Sacalm según la cartografía de los Hábitats de Catalunya Versió 2 (2008/2012).

A escala de municipio, los hábitats que predominan son los encinares, robledales y hayedos representados en más de la mitad de las superficies del municipio y las tierras de cultivo (Figura 4). Los hábitats de interés comunitarios que están representados en el municipio incluyen los representados por los códigos 3260, 9260, 6210, 6510, 91E0, 3270, 9160 y 9340.

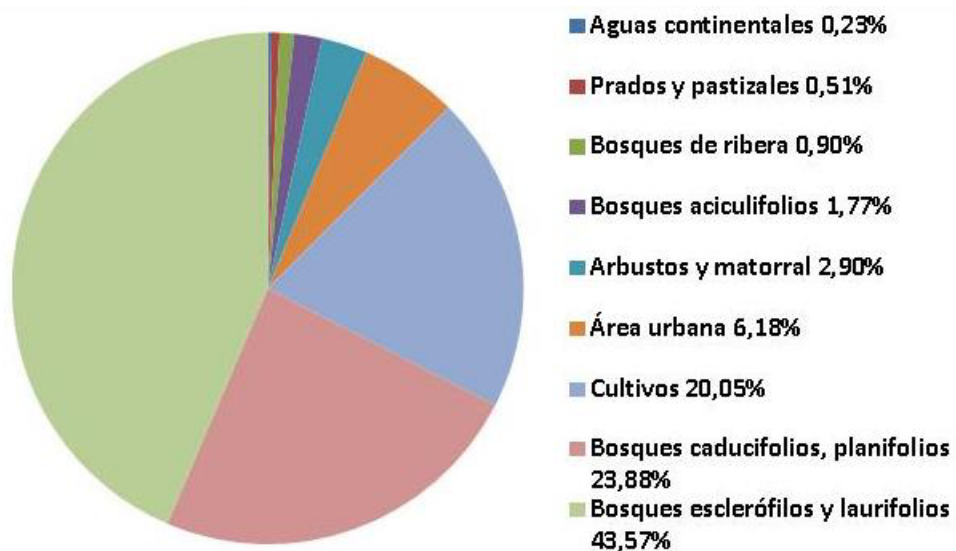


Figura 4. Hábitats del municipio de Sant Joan les Fonts según la cartografía de los Hábitats de Catalunya Versió 2 (2008/2012).

A su vez, en el conjunto de los 2 espacios de la Red Natura 2000, se identifican especies de interés comunitario referidas en el anexo II de la Directiva de Hábitats. Algunas de estas especies también se encuentran en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y Catálogo Español de Especies Amenazadas y su estado de conservación, valorado de acuerdo a los Informes de aplicación de la Directiva de Pájaros (2009/147/CEE) y la Directiva Hábitats en Catalunya, en la mayoría de los casos es desfavorable. Esta información se resume en la Tabla 1.

Tabla 1. Especies de interés comunitario referidas en el artículo 4 de la Directiva 2009/1477EC y listadas en el anexo II de la Directiva 92/43/EEC. En azul se indican las especies ligadas con el medio hídrico.

Grupo	Código	Nombre de la especie	Espacio RN2000	Categoría del catálogo	Estado de conservación
Insecto	6170	<i>Actias isabellae</i>	Ambos	X	
Insecto	1092	<i>Austropotamobius pallipes</i>	Ambos	Vulnerable	Desfavorable-inadecuado
Mamífero	1308	<i>Barbastella barbastellus</i>	ES5120004	X	Desfavorable-inadecuado
Pez	1138	<i>Barbus meridionalis</i>	Ambos		Desfavorable-inadecuado
Insecto	1088	<i>Cerambyx cerdo</i>	ES5120004	Vulnerable	Sin datos
Insecto	1044	<i>Coenagrion mercuriale</i>	ES5120004	X	Sin datos
Insecto	1065	<i>Euphydryas aurinia</i>	ES5120004	X	Desfavorable-inadecuado
Insecto	6199	<i>Euplagia quadripunctaria</i>	ES5120004		Sin datos
Insecto	1083	<i>Lucanus cervus</i>	ES5120004	X	Sin datos
Mamífero	1355	<i>Lutra lutra</i>	Ambos	X	Favorable
Reptil	1221	<i>Mauremys leprosa</i>	ES5120004	X	Favorable
Mamífero	1310	<i>Miniopterus schreibersii</i>	ES5120004	Vulnerable	Desfavorable-malo
Mamífero	1307	<i>Myotis blythii</i>	ES5120004	Vulnerables	Desfavorable-malo
Mamífero	1316	<i>Myotis capaccinii</i>	ES5120004	En peligro de extinción.	Desfavorable-malo
Mamífero	1321	<i>Myotis emarginatus</i>	ES5120004	Vulnerable	Desfavorable-malo
Mamífero	1324	<i>Myotis myotis</i>	ES5120012	Vulnerable	Desfavorable-malo
Insecto	1041	<i>Oxygastra curtisii</i>	ES5120004	Vulnerable	Desfavorable-malo
Mamífero	1305	<i>Rhinolophus euryale</i>	ES5120004	Vulnerable	Desfavorable-malo
Mamífero	1304	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Ambos	Vulnerable	Desfavorable-malo
Mamífero	1303	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Ambos	X	Desfavorable-malo



## 1.3 El agua en los ámbitos de estudio

### 1.3.1 Usos del agua

La Agencia Catalana del Agua (ACA) elabora los datos de consumo de agua a partir de las declaraciones que realizan las entidades suministradoras de agua, los usuarios industriales y otras actividades económicas. Estos datos desglosados a nivel municipal, permiten realizar una aproximación a los usos del agua declarada, según las actividades a las que se destina el recurso. La información a nivel municipal muestra el volumen de agua consumido según dos categorías: la red doméstica y las actividades económicas y fuentes propias. Estas últimas hacen referencia a las fuentes privadas (pozos) que no proceden de entidades suministradoras. Los datos para el año 2018 muestran que las actividades económicas y fuentes propias son las categorías que consumen un mayor volumen de agua y que representan un 79% del total en Sant Hilari Sacalm (0,77 hm<sup>3</sup>/año) y un 90,6% en Sant Joan les Fonts (1,1 hm<sup>3</sup>/año).

A estos datos debemos añadir el volumen de agua destinada a actividades agrícolas que teniendo en cuenta las superficies de cultivos dedicadas a regadío, en Sant Hilari Sacalm sería inapreciable. En Sant Joan les Fonts, teniendo en cuenta una dotación media de regadío en Catalunya de 5.544 m<sup>3</sup>/ha año (ACA, 2016), se destinarían al riego unos 0,53 hm<sup>3</sup>/año.

Los usos de agua mayoritarios se relacionan con las actividades económicas de los municipios. En Sant Hilari Sacalm el agua y la economía están actualmente vinculadas mediante las plantas embotelladoras de agua mineral natural. La extracción se realiza a través de pozos de captación profundos. En el municipio se sitúan las instalaciones del agua de Font Vella y Font d'Or, además de otras marcas embotelladoras cercanas al municipio. Las empresas embotelladoras son las responsables de las principales extracciones del acuífero regional (Menció, 2018). Por otra parte, Sant Joan les Fonts es un municipio con una actividad industrial importante y actualmente en crecimiento (SIGMA, 2002) por lo que el uso del agua destinado a las actividades económicas también es relevante.

### 1.3.2 Red hidrográfica

En relación a las aguas superficiales, Sant Hilari Sacalm se caracteriza por una red hidrográfica que se adapta a la orografía accidentada con diferencias altitudinales significativas. Como consecuencia, la red fluvial se presenta bien desarrollada, con una densidad de drenaje elevada y cuencas receptoras pequeñas donde los cursos de agua tipo torrente son los más abundantes (Font, 2002). La mayor parte del drenaje se realiza hacia la cuenca hidrográfica del río Ter al Norte, mientras que la parte Sur del municipio drenan hacia la cuenca del río Tordera.

En Sant Joan les Fonts, las aguas superficiales drenan hacia el río Fluvià, que recorre el municipio encajado entre coladas basálticas. El Fluvià es un río poco alterado dentro de contexto de las Cuencas Internas Catalanas, en el sentido de no presentar grandes obras de infraestructura y conservar un patrimonio natural y sociocultural importante. En Sant Joan les Fonts, el río está vinculado al progreso del municipio debido al establecimiento de una importante concentración de molinos papeleros en el siglo XIX. Esta industria se fue transformando en las actuales fábricas de papel continuo (Pujiula, 2002).

### 1.3.3 Hidrogeología

#### *Sant Hilari Sacalm*

Sant Hilari Sacalm se integra en el sistema hidrogeológico de naturaleza granítica del Montseny-Guilleries y desde el punto de vista de la gestión de las aguas subterráneas forma parte de la masa de agua subterráneas 13 – Montseny Guilleries. El sistema se caracteriza por una gran diversidad litológica y complejidad tectónica que determinan las características de las diferentes unidades hidrogeológicas. La permeabilidad y porosidad de los materiales es, en general, baja y el flujo de agua subterránea se realiza principalmente a través de la red de fisuración. Se puede diferenciar tres unidades acuíferas principales, unidad granítica, la paleozoica y la de los aluviales cuaternarios (Carmona, 1999)

Los materiales que afloran son mayoritariamente de naturaleza granítica y forman la unidad acuífera principal, por el volumen de reservas y superficie de recarga y volumen de explotación. En la **unidad granítica** Podemos diferenciar tres subunidades (Font 2002 y Menció, 2018):

-Subunidad Sablón: Los materiales graníticos en superficie se encuentran alterados en forma de sablón, que en la zona de Sant Hilari puede alcanzar espesores entre 25 y 30 m. Estos materiales forman un acuífero libre.

-Subunidad del granito fisurado: Los granitos se encuentran intensamente fracturados y fisurados debido a su complejidad estructural en este ámbito. Las diaclasas que se observan en superficie condicionan la meteorización que progresa en profundidad hasta llegar al granito fresco. De esta forma, la subunidad se encuentra conectada hidráulicamente a la subunidad sablón y forma también un acuífero libre.

-Subunidad de granito fracturado: Por último, esta unidad incluye las principales fracturas del macizo que constituyen importantes líneas de drenaje. Las fracturas regionales condicionan el trazado de los cursos superficiales y juega un papel muy importante en el flujo de las aguas subterráneas. Los pozos de las empresas embotelladoras se sitúan en el área de influencia de estas fracturas

La **unidad paleozoica** que da lugar a los relieves montañosos, presenta baja permeabilidad recursos y reservas. El interés hidrogeológico se centra en que constituyen importantes zonas de recarga. La baja permeabilidad de los materiales genera importantes volúmenes de escorrentía superficial que se infiltran al llegar a los materiales graníticos.

La **unidad de los aluviales cuaternarios**, que en la zona estaría desarrollada en la riera d'Osor. Forma un acuífero de carácter libre conectado hidráulicamente con la unidad del granito.

En este ámbito, el flujo de agua subterránea sigue la topografía, presentando un gran gradiente debido a la abrupta orografía. Las divisorias de aguas coincidirían con las de las aguas superficiales. La recarga natural se realiza por infiltración del agua de lluvia y por infiltración de las aguas superficiales en los acuíferos aluviales. Las descargas se realizan principalmente a través de fuentes y extracciones destinadas al abastecimiento y al uso industrial (plantas embotelladoras).

Desde un punto de vista hidroquímico, las aguas subterráneas situadas en la unidad granítica y aluvial, presentan en general una composición de las aguas subterráneas de naturaleza bicarbonatada-cálcica, es decir, los iones bicarbonato y calcio predominan sobre el resto de iones mayoritarios, aunque en la unidad granítica existen muestras que

presentan un mayor contenido en los iones sodio y cloruros. Las fuentes denominadas “picants” que dan lugar a la naturaleza mineromedicinal de algunas aguas, también presentan facies bicarbonatadas-cálcicas, pero se diferencian de las fuentes en granitos en que la conductividad es mucho más elevada.

### *Sant Joan les Fonts*

El municipio de Sant Joan les Fonts se sitúa en la masa de agua subterránea 9-Fluvio-Volcànic de la Garrotxa. El contexto geológico regional se caracteriza por el vulcanismo que tuvo lugar durante el Neógeno y Cuaternario y que se asentó sobre materiales preexistentes del Eoceno. En el *Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa* se han identificado 38 conos volcánicos, diez de los cuales se sitúan en el municipio de Sant Joan les Fonts.

Los diferentes episodios de actividad volcánica han configurado la hidrogeología de la zona. Las coladas de tipo explosivo circulaban siguiendo la topografía y cubriendo los cauces y materiales aluviales y coluviales preexistentes, a la vez que los depósitos volcánicos eran fosilizados por nuevos aportes aluviales. La separación en el tiempo de las diferentes erupciones volcánicas ha dado lugar a las superposiciones de materiales volcánicos y los depósitos fluviales y lacustres relacionados que forman un acuífero de naturaleza fluvio-volcánica.

De esta manera, los acuíferos de este ámbito están asociados al vulcanismo y a materiales eocénicos, diferenciándose las siguientes unidades (IGME, 1989):

**-Acuífero fluvio-volcánico**, formado por una alternancia de materiales aluviales y depósitos volcánicos que constituye la unidad acuífera principal. El acuífero es predominantemente de naturaleza libre, aunque forma un acuífero confinado en el sector de la fosa de la Garrotxa debido a la presencia de limos y arcillas de que confinan los materiales inferiores.

**-Acuífero eocénico**: Constituye un acuífero poco productivo formado por conglomerados, areniscas y arcillas rojizas que forman parte de la llamada Formación Bellmunt.

**-Acuífero Aluvial** cuaternario asociado a la red fluvial

La recarga del sistema se realiza por infiltración de la precipitación en áreas aflorantes y recarga a partir del río Fluvià. La descarga se realiza de forma natural a través de manantiales o por salidas difusas en tramos de los del río Fluvià o cuando la superficie piezométrica corta valles o zonas que canalizan el drenaje.

La masa de agua 9-Fluvió-Volcànic de la Garrotxa, presenta también una composición química en su mayoría bicarbonatada-cálcica, con algunas muestras con mayor contenido en calcio y sulfato que se sitúan en el acuífero del Eoceno.

## 2 Marco conceptual de los servicios ecosistémicos

La *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio* ([www.millenniumassessment.org](http://www.millenniumassessment.org)) describe los servicios ecosistémicos simplemente como los beneficios que los ecosistemas proporcionan a las personas. Existen otras muchas definiciones e interpretaciones del concepto como la que aparece en *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* ([www.teebweb.org](http://www.teebweb.org)) donde los servicios ecosistémicos se definen como las contribuciones directas o indirectas del ecosistema al bienestar humano (De Groot, 2010). A pesar de las diferencias que puede haber entre definiciones, las iniciativas que estudian los servicios ecosistémicos en definitiva tratan de entender las relaciones que existen entre la naturaleza y la sociedad (Haines-Young, 2018).

Este concepto se desarrolló a finales de los años 90 a través de la edición del libro *Nature's services* de Gretchen Daily (1997) y un artículo en *Nature* sobre el valor de los servicios ecosistémicos (Costanza, 1997). Las dos publicaciones representaron el punto de partida de un gran número de proyectos de investigación en torno al concepto de Servicios ecosistémicos, desarrollo de políticas y de aplicaciones de la idea, incluyendo la edición periódica de revistas científicas especializadas (Constanza, 2017).

Posteriormente la difusión del proyecto *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio* fomentó el uso del concepto de servicios ecosistémicos por parte de los responsables políticos y de la comunidad empresarial (de Groot, 2010). Por otra parte, la iniciativa a nivel mundial *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* tuvo como objetivo principal destacar los beneficios de la biodiversidad sobre la economía global, con el fin de valorar el significado de la pérdida y la degradación de los ecosistemas, y para reunir suficientes conocimientos científicos, económicos y de gestión que permitieran avanzar en el concepto. Este programa acercó los servicios ecosistémicos a un público más amplio. Por último, actualmente, el organismo intergubernamental *Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* ([www.ipbes.net](http://www.ipbes.net)) proporciona información sobre biodiversidad y los servicios ecosistémicos con el objetivo de incorporarlos en la toma de decisiones (Constanza, 2017).

En el ámbito europeo, se adoptó la *Estrategia de la UE sobre la Biodiversidad hasta el año 2020*, con la finalidad de evitar la pérdida de biodiversidad y asegurar el buen estado de los ecosistemas capaces de suministrar servicios a la sociedad. En el marco de

esta estrategia, se cartografió y valoró los ecosistemas y sus servicios a nivel europeo (Maes, 2016).

Los servicios ecosistémicos establecen una conexión entre el bienestar humano y las funciones del ecosistema, proporcionando un marco que permite la organización de los procesos ecológicos que afectan a las personas (Brauman, 2013). Las diferentes perspectivas que han abordado el concepto de los servicios ecosistémicos, coinciden en la necesidad de caracterizar las estructuras, procesos y funciones del ecosistema para entender de qué manera los ecosistemas suministran los servicios a la sociedad. Es decir, es necesario dibujar una ruta que va desde el ecosistema en un extremo, hasta el bienestar de las personas en el otro. Una de las propuestas para dibujar esta ruta se ha descrito con el modelo conceptual en “cascada” (Potschin y Haines-Young, 2011).

El modelo en cascada (Figura 5) examina el ecosistema incluyendo a las personas, en lo que podría describirse como un "sistema socio-ecológico". Por tanto, el modelo no solo requiere el estudio de la ecología, sino también de la gobernanza las instituciones, la tecnología y, lo que es más importante, las cosas que la gente valora (Haines-Young, 2018). Las partes interesadas, los beneficiarios de los servicios ecosistémicos y quienes gestionan el territorio desempeñan un papel clave en el análisis de servicios ecosistémicos (Brauman, 2013).

En el modelo en cascada se distinguen la estructura, los procesos y las funciones del ecosistema. Entendemos como funciones del ecosistema al subconjunto de las interacciones entre la estructura y los procesos responsables de la capacidad del ecosistema para proporcionar bienes y servicios (de Groot, 2010). Los procesos se definen como cualquier cambio o reacción física, química o biológica que ocurre en el ecosistema (MEA, 2005). Por último, la estructura se refiere a atributos que se pueden valorar con mediciones puntuales y que reflejan la condición o el estado del ecosistema (Palmer, 2012).

El modelo conceptual en cascada muestra que los factores que determinan la distribución de los servicios ecosistémicos dependerán del ecosistema y su biodiversidad. Los ecosistemas están influidos por la interacción entre organismos y elementos abióticos, mientras que la biodiversidad tiene un papel esencial en el mantenimiento de las funciones de los ecosistemas (Maes, 2016). Por tanto, cambios en el suministro de servicios ecosistémicos estarán relacionados directamente con cambios

en el ecosistema. De esta manera se pone de manifiesto el papel esencial que desempeña la biodiversidad en el funcionamiento de los ecosistemas y en los numerosos servicios que sustentan (Grizzeti, 2016).

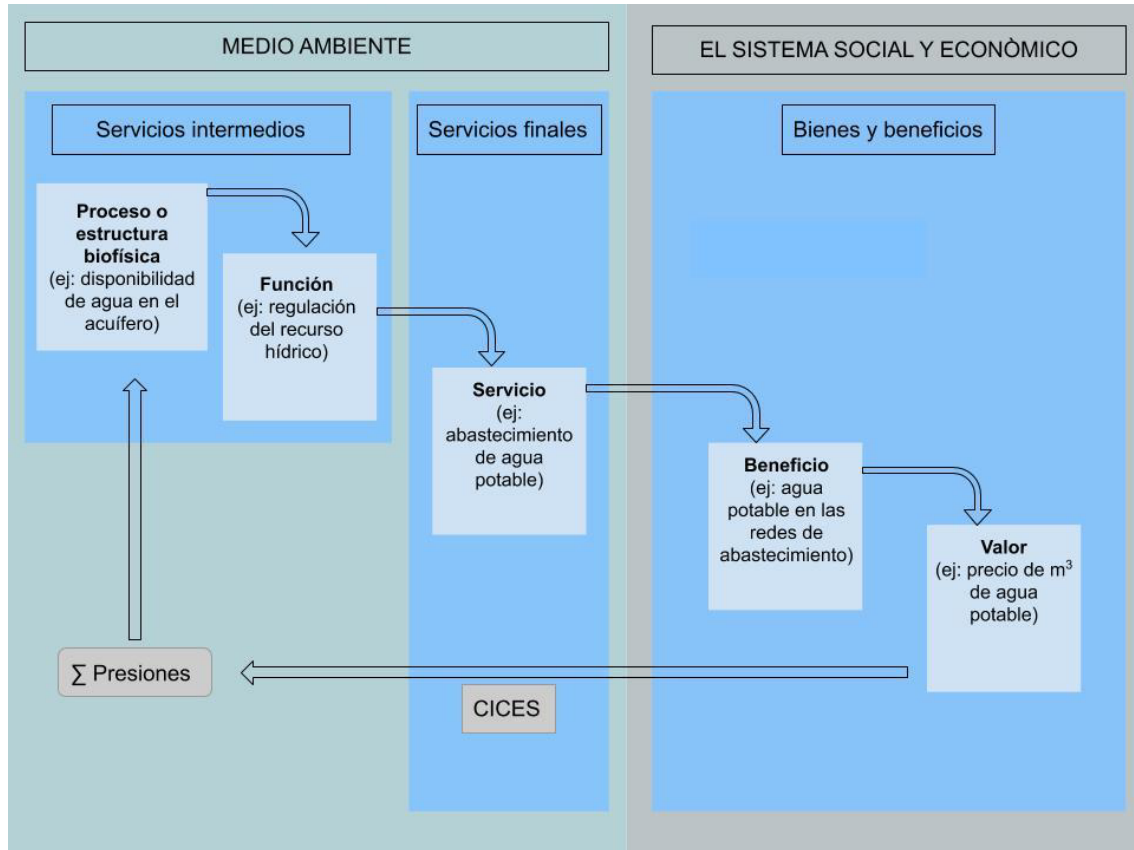


Figura 5. El modelo en cascada (modificado de Haines-Young, 2018)

Un aspecto importante reside en reconocer que el ecosistema produce múltiples servicios que interactúan entre ellos y que además se ven afectados por las decisiones que se lleven a cabo en la gestión del territorio. Esto normalmente conduce a trade-offs o compromisos (cuando un servicio decrece mientras que otro aumenta), por ejemplo, el suministro de plantas cultivadas puede disminuir el de agua potable cuando afecta a la calidad. Pero los servicios también pueden interactuar positivamente creando sinergias (cuando incrementando el suministro de un servicio también aumenta el de otro), por ejemplo, el mantenimiento de la polinización que incrementaría el suministro de plantas cultivadas (Balvanera, 2017).



### 3 Clasificación de los servicios ecosistémicos en sistemas fontinales: Metodología CICES

El análisis de los servicios ecosistémicos, o cualquier tarea que implique la medida, cartografía, valorización e incluso su comunicación, requiere previamente de la categorización de estos servicios. La categorización los servicios ecosistémicos se ha dividido normalmente en cuatro grupos (Brauman, 2013):

**Servicios de abastecimiento:** Son bienes que el ecosistema produce y la gente utiliza, como los cultivos agrícolas, especies que se pescan para la alimentación, setas o frutos silvestres recolectados, la madera de los árboles o especies vegetales para uso medicinal.

**Servicios de regulación:** Describe la forma en que los ecosistemas inciden en el flujo y el funcionamiento de un sistema mayor. Estos servicios incluyen entre otros la vegetación, que afecta la tasa de infiltración del agua de lluvia en los acuíferos, las zonas de vegetación cerca de los cursos fluviales capaces de retener o degradar contaminantes y mejorando la calidad aguas abajo, o la captación de CO<sub>2</sub> en los bosques que interviene en la regulación del clima

**Servicios de mantenimiento:** Agrupan procesos que la gente no utiliza directamente pero que sustentan otros servicios. Es el caso de la polinización realizada por insectos, o la formación del suelo por la degradación de restos vegetales y otros procesos ecológicos necesarios para el desarrollo de la vida.

**Servicios culturales:** Describe los valores recreacionales, espirituales y estéticos que se derivan del uso de la naturaleza. Engloban actividades recreativas como el senderismo, pesca, el baño, etc., y también el desarrollo del conocimiento, la reflexión o experiencias estéticas o espirituales como el deseo de estar rodeado de naturaleza.

Existen diferentes maneras de organizar los servicios ecosistémicos, incluyendo la propuesta de la *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio* (MA, 2005) y *The Economics of Ecosystem and Biodiversity* (de Groot, 2010). Un ejemplo más reciente lo constituye el proyecto CICES, *The Common International Classification of Ecosystem Services* (Haines-Young and Potschin 2018). La clasificación de los servicios ecosistémicos en este trabajo se realiza bajo la perspectiva de esta clasificación.

La clasificación CICES, se ha utilizado en la Unión Europea para realizar las cartografías de los servicios ecosistémicos en el marco de la acción 5 de la Estrategia de la UE sobre la Biodiversidad hasta 2020 y dentro del programa *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services* (MAES) (<https://biodiversity.europa.eu/maes>), además de otros proyectos europeos como OpenNess (<http://www.openness-project.eu/>) y ESMEERALDA (<http://www.esmeralda-project.eu/>).

La metodología se organiza de forma jerárquica (Figura 6), aplicando en una primera categoría de “sección” los servicios de aprovisionamiento, regulación y mantenimiento, y culturales, básicamente tal como se definen en la clasificación de la *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio* y *The Economics of Ecosystem and Biodiversity*. Posteriormente, las secciones se dividen en “divisiones”, “grupos” y “clases”, de manera que cada uno de los niveles y de manera progresiva admite una definición del servicio más detallada y específica. Así, la estructura permite a los usuarios utilizar el nivel de detalle más apropiado para una aplicación particular (Haynes-Young, 2018).

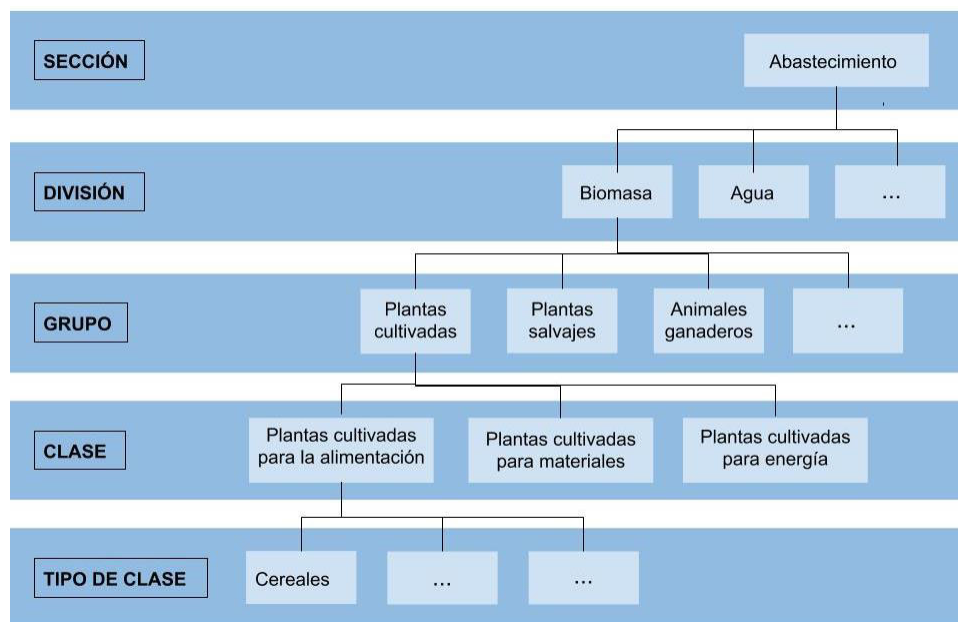


Figura 6. Organización jerárquica de la clasificación de servicios ecosistémicos según CICES (modificado de Haines-Young, 2018)

El enfoque principal de CICES recae en la manera en que los sistemas biológicos permiten el desarrollo de servicios. Sin embargo, la última versión de esta clasificación

también incluye la clasificación de las contribuciones abióticas que provee el ecosistema y que se agrupan en la división “agua”.

A su vez, la organización jerárquica permite la agrupación y combinación de los diferentes niveles a unidades más amplias para realizar comparaciones o informar los resultados. Como se ha comentado, los diferentes niveles son progresivamente más específicos y se mantienen anidados en las categorías más amplias situadas por encima, de manera que las propiedades en los niveles de “sección”, “división” y “grupo” son heredadas por el nivel “clase”. La posibilidad de agregar a nivel de “clase”, “grupo” o “división” depende de las métricas que se utilicen y del sentido en términos biofísicos que resulte de la agregación.

Siguiendo la clasificación CICES, y atendiendo a la singularidad de los ecosistemas fontinales, en el trabajo se han escogido aquellos servicios relacionados directamente con el agua y los ecosistemas acuáticos o con la interacción entre el agua y el territorio. La clasificación de los servicios se realiza considerando la capacidad del ecosistema para proporcionar el servicio, aunque éste finalmente no se utilice (Teixeira, 2019). La Tabla 2 recoge la lista los servicios seleccionados para los ámbitos del estudio.

En la aplicación de esta metodología en los ecosistemas fontinales, se propone la agregación y combinación del área de los servicios culturales, donde la diferenciación entre servicios bióticos y abióticos impone una serie de distinciones que son difíciles de valorar. En particular, la clasificación se ha agrupado a nivel de “división” y “grupo”, de forma que se combinan las clases que diferencian para un mismo “grupo” servicios bióticos y abióticos.

Tabla 2. Selección de los servicios en ecosistemas fontinales según la clasificación CICES V.5.1

Sección	División	Grupo	Clase	Código
<b>Abastecimiento (Abiótico)</b>	Agua	Agua subterránea utilizada para alimentación, materiales o energía	Aguas subterráneas (y subsuperficial) para agua potable	4.2.2.1
<b>Abastecimiento (Biótico)</b>	Biomasa	Plantas terrestres cultivadas para alimentación, materiales o energía	Plantas terrestres cultivadas (incluyendo hongos y algas) para fines alimentarios	1.1.1.1
<b>Abastecimiento (Biótico)</b>	Biomasa	Plantas terrestres cultivadas para alimentación, materiales o energía	Fibras y otros materiales procedentes de plantas cultivadas, hongos, algas y bacterias, para uso directo	1.1.1.2

Sección	División	Grupo	Clase	Código
			o procesado (excluyendo los materiales genéticos)	
<b>Abastecimiento (Biótico)</b>	Biomasa	Animales criados para la nutrición, materiales o energía	Animales criados para fines alimentarios	1.1.3.1
<b>Abastecimiento (Biótico)</b>	Biomasa	Animales salvajes (terrestres y acuáticos) para alimentación, materiales o energía.	Animales salvajes (terrestres o acuáticos) para fines alimentarios	1.1.6.1
<b>Regulación &amp; Mantenimiento (Biótico)</b>	Transformación de los "inputs" bioquímicos o físicos en ecosistemas	Mediación de residuos o sustancias tóxicas de origen antrópico por procesos biológicos	Biorremediación realizada por microorganismos, algas, plantas y animales	2.1.1.1
<b>Regulación &amp; Mantenimiento (Biótico)</b>	Regulación de las condiciones físicas, químicas y biológicas.	Regulación de flujos de base y eventos extremos	Ciclo hidrológico y regulación del flujo de agua (control de crecidas y protección de costas incluido)	2.2.1.3
<b>Regulación &amp; Mantenimiento (Biótico)</b>	Regulación de las condiciones físicas, químicas y biológicas.	Mantenimiento de ciclo de vida, hábitat y pool genético	Polinización (o dispersión de "gametos" en un contexto marino)	2.2.2.1
<b>Regulación &amp; Mantenimiento (Biótico)</b>	Regulación de las condiciones físicas, químicas y biológicas.	Mantenimiento de ciclo de vida, hábitat y pool genético	Dispersión de semillas	2.2.2.2
<b>Regulación &amp; Mantenimiento (Biótico)</b>	Regulación de las condiciones físicas, químicas y biológicas.	Mantenimiento de ciclo de vida, hábitat y pool genético	Mantenimiento de las poblaciones vivero y hábitats (incluyendo la protección del pool genético)	2.2.2.3
<b>Cultural</b>	Interacciones directas, in situ y al aire libre con sistemas físicos naturales que dependen de la presencia de un entorno ambiental	Interacciones físicas y vivenciales con componentes naturales del medioambiente		6.1.1.1 , 3.1.1.X
<b>Cultural</b>	Interacciones directas, in situ y al aire libre con sistemas físicos naturales que dependen de la presencia de un entorno ambiental	Interacciones intelectuales y representativas con componentes naturales del medio ambiente		6.1.2.1 , 3.1.2.X
<b>Cultural</b>	Interacciones indirectas, remotas, normalmente en espacios interiores con sistemas físicos naturales que dependen de la presencia de un entorno ambiental	Interacciones espirituales, simbólicas y de otro tipo con los componentes naturales del medio ambiente		6.2.1.1 , 3.2.1.X
<b>Cultural</b>	Interacciones indirectas, remotas, normalmente en espacios interiores con sistemas físicos naturales que dependen de la presencia de un entorno ambiental	Otras características bióticas y abióticas que tiene valores no basados en el uso		6.2.2.1, 3.2.2.X

## 4 Indicadores del estado del ecosistema fontinal y sus servicios ecosistémicos

Una vez adoptado el modelo conceptual y seleccionados los servicios ecosistémicos, el siguiente paso en la aplicación de la metodología consiste en proponer un conjunto de indicadores para valorar el ecosistema y sus servicios. Los indicadores proporcionan la información para poder entender la condición, las tendencias o la tasa de cambio en el ecosistema y los servicios ecosistémicos (Maes, 2016).

En el contexto del trabajo, entendemos por indicador un número o descriptor cualitativo generado con un método bien definido y que refleja un fenómeno de interés. Los indicadores permiten reducir la complejidad de los elementos que representa, de manera que se entienden y comunican de una manera más sencilla (Reyers, 2010). Es decir, un indicador puede tener un carácter cualitativo, pero también cuantitativo cuando se corresponda a un parámetro o a un índice. El parámetro se define como la medición de un estado, cantidad o proceso que se obtiene mediante observaciones o monitoreo. Un índice, comprende un número de parámetros combinados de una manera determinada de forma que se incrementa su sensibilidad, fiabilidad o facilidad de comunicación.

Los indicadores deben reunir unos ciertos requerimientos básicos y otros más específicos dependiendo del objetivo del proyecto para el cual se definen. Los requerimientos básicos serían los siguientes:

- Relevancia, debe presentar una relación intuitiva con aspectos relevantes al objetivo del proyecto;
- Facilidad de cálculo, incluyendo la disponibilidad de los datos necesarios;
- Facilidad de interpretación de los resultados obtenidos;
- Baja redundancia, debe superponerse lo menos posible con aspectos ya cubiertos por otros indicadores;
- Mostrarse sensibles a los cambios;
- Facilidad de comprensión.

En el contexto de la valoración de servicios ecosistémicos en la Unión Europea y de acuerdo con el proyecto *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services* MAES (Maes, 2018), los indicadores ante todo deben ser relevantes para las políticas ambientales y contribuir a los objetivos ambientales de la legislación europea. Además,

deben reflejar las prioridades de estas políticas (p.e, la conservación de los hábitats), las presiones de los ecosistemas (p.e, el volumen de agua extraída en un acuífero) o la capacidad del ecosistema para suministrar servicio (p.e, el volumen de agua destinada para el abastecimiento).

#### 4.1 Construcción de la red de indicadores

El paso previo necesario para la construcción de la red de indicadores es la identificación de la estructura, procesos y funciones de los ecosistemas fontinales estudiados y que se ha realizado a partir de la bibliografía.

A continuación, y siguiendo el modelo en cascada, se selecciona y organiza los indicadores de manera que pueden responder al estado o evolución de los diferentes elementos que caracterizan el ecosistema fontinal, y los servicios que puede suministrar (Tablas 3, 4 y 5). Cabe remarcar que no se ha podido llevar a cabo la valoración de algunos de los indicadores propuestos, principalmente los que se asocian a funciones y servicios del ecosistema, debido a que algunos de ellos requieren información y técnicas muy específicas que no están al alcance de este trabajo.

En el estudio se elabora una lista inicial de indicadores, basada en una revisión bibliográfica de conjuntos de indicadores ya existentes, a los que se añaden otros indicadores relevantes que se han identificados por conocimiento experto. La literatura revisada forma parte principalmente de los proyectos: *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* (2010) y *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services* (Maes, 2018), además del Sistema Europeo de Indicadores de Biodiversidad (SEBI)<sup>4</sup>. La lista integra también indicadores utilizados en la valoración de las masas de agua bajo la perspectiva de la DMA y que forman parte de los documentos IMPRESS de las Cuencas Internas Catalanas<sup>5</sup>.

Se han escogido tipos de indicadores basados en modelos (hidrológicos y de balance de nitratos) o en parámetros que describen elementos del ecosistema, además de índices de sostenibilidad o indicadores categóricos, de manera que algunos son capaces de valorar

<sup>4</sup> <https://biodiversity.europa.eu/topics/sebi-indicators>

<sup>5</sup> Estudio general de la demarcación, análisis de impactos y presiones de la actividad humana, y análisis económico del uso del agua en las masas de agua del Distrito de cuenca fluvial de Catalunya (2019) [http://aca.gencat.cat/web/content/10\\_ACA/E\\_Informacio\\_publica/projectes\\_de\\_disposicions\\_plans\\_i\\_prgames/IMPRESS\\_2019\\_Memoria\\_es.pdf](http://aca.gencat.cat/web/content/10_ACA/E_Informacio_publica/projectes_de_disposicions_plans_i_prgames/IMPRESS_2019_Memoria_es.pdf)

los cambios en el tiempo, mientras que otros muestran la condición o el estado del elemento que valora. Para los servicios culturales, excepto los indicadores relacionados con el turismo o actividades recreativas, no existen medidas que proporcionen resultados concretos o valoren los cambios de los servicios en aspectos como por ejemplo la espiritualidad o el sentido de la identidad en un territorio. En estos casos se han utilizado indicadores cualitativos que describen el beneficio del ecosistema pero que suponen un reto cuando se necesita comunicar su valoración.

Los indicadores se han aplicado en los dos ámbitos de estudio a diferentes escalas de interés que varían desde el entorno de las fuentes a ámbitos más amplios (acuífero, masa de agua o límite del espacio protegido) dependiendo de la fuente de información utilizada y si ésta es espacialmente explícita.

Debido a que el enfoque del análisis son las fuentes de los municipios, se ha realizado una selección de las mismas donde se aplica los indicadores espacialmente explícitos. En el ámbito de Sant Hilari Sacalm se han seleccionado las fuentes que forman parte de los itinerarios que propone el ayuntamiento para conocer estos ecosistemas. Además, se ha añadido por su entidad, fuentes donde existe alguna medida de caudal significativo. El criterio de selección en Sant Joan les Fonts ha sido diferente. Por un lado, se han seleccionado también los manantiales que se incluyen en itinerarios de naturaleza (itinerarios comarcales y del *Parc natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa*), dos de los cuales también forma de la red de control del ACA. Por otra parte, y de acuerdo con Dorca (2006), se han seleccionado las fuentes con alguna singularidad cultural, popular, o ambiental (ver Anexo 1).

Tabla 3. Indicadores seleccionados para los elementos que caracterizan la estructura y procesos del ecosistema fontinal (elaboración propia)

Elemento	Indicador	Medida / Índice / Categoría	Escala de aplicación
E_1 Acuífero	-Asignación del índice DRASTIC	-Índice de vulnerabilidad	Fuente
E_2 Disponibilidad / reserva de agua subterránea	-Evolución del nivel piezométrico	-Nivel piezométrico (m)	Acuífero y Sector modelo PATRICAL
E_4 Composición química de las aguas: nutrientes y otros compuestos	-Indicadores del estado en masas de aguas subterráneas y en masas de aguas superficiales	-Estado masas de agua	Masa de agua superficial y subterránea
	-Evolución del contenido en nitratos en el acuífero	-Concentración de Nitratos (mg/L)	Acuífero y Sector modelo PATRICAL
	-Evolución del contenido en nitrógeno en aguas superficiales	-Concentración de Nitratos (mg/L)	Municipal
E_5 Usos del suelo	-Evolución de la superficie agraria útil	-Superficie (Km <sup>2</sup> )	Municipal
E_7 Explotación del acuífero	-Balance del sistema acuífero	-Volumen de agua (hm <sup>3</sup> /año)	Masa de agua subterránea
	-Índice de explotación de la masa de agua subterránea	-Índice de explotación	Municipal y fuente
E_8 Hábitat	-Valoración del estado general de los hábitats de interés comunitario	-Valoración Hábitats Protegidos	Municipal y fuente
	-Asignación de áreas de interés faunístico y florístico	-Asignación de áreas	
	-Especies Invasoras	-Presión especies invasoras	
	-Abundancia y distribución de especies seleccionadas		Municipal y fuente
E_9 Fauna y Flora	-Elementos de calidad biológica utilizados para valorar el estado ecológico de las masas de agua		
E_10 Integridad del ecosistema	-Asignación a figuras de protección ambiental	-Asignación a figuras de protección	Municipal y fuente
P_1 Recarga	-Evolución de la recarga del agua de lluvia	-Recarga (hm <sup>3</sup> /año)	Sector modelo PATRICAL
P_2 Almacenamiento y flujo de agua subterránea	-Evolución del nivel piezométrico	-Nivel piezométrico (m)	Acuífero
P_3 Descarga	-Evolución del nivel piezométrico	-Nivel piezométrico (m)	Acuífero
P_4 Escorrentía	-Evolución de los caudales circulantes en ríos	-Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Masa de agua subterránea
P_5 Flujo de componentes químicos y nutrientes en el agua subterránea	-Balance de nitrógeno	-Balance de nitrógeno (Kg Nitrógeno/ha)	Municipal
P_7 Modificación del hábitat	-Cambios en la cobertura del ecosistema		
P_8 Eutrofización	-Estado trófico		
P_9 Fotosíntesis	-FAPR, NDVI o LAI (*)		

(\*) FAPR: Radiación solar fotosintéticamente activa absorbida, NDVI: Índice de vegetación de diferencia normalizada, LAI: Índice de superficie foliar



Tabla 4. Indicadores seleccionados para los elementos que caracterizan las funciones del ecosistema fontinal (elaboración propia)

Elemento	Indicador	Medida / Índice / Categoría	Escala de aplicación
F_1 Estabilidad físico - química del agua subterránea	-Componentes físico-químicos mayoritarios del agua subterránea	-Concentración de los componentes mayoritarios del acuífero (mg/L)	Acuífero
F_2 Regulación del caudal en el acuífero	-Evolución del nivel piezométrico	-Nivel piezométrico (m)	Acuífero
F_3 Depuración en el acuífero: Desnitrificación en el acuífero	-Indicadores de procesos de desnitrificación natural en el acuífero	-Valoración de datos hidroquímicos e isotópicos de bibliografía	Acuífero
F_4 Polimización	-Actividad del sector apícola	-Número de colmenas	Municipal y fuente
F_5 Cadena trófica	-Presencia / ausencia de determinados hábitats	-Asignación tipología de hábitat	
F_6 Producción primaria	-Estado trófico		
F_7 Regulación de materia y energía entre sistemas	-Producción primaria neta		
F_8 Crecimiento de especies vegetales	-Índice de biomasa		
F_9 Naturalidad / diversidad del paisaje	-Indicador de naturalidad y diversidad paisajística		
F_10 Rendimiento vegetativo	-Evolución de la producción agraria		
F_11 Refugio de taxones sensibles y amenazados	-Presencia de especies con protección especial o amenazadas		

Tabla 5. Indicadores seleccionados para los servicios ecosistémicos del ecosistema fontinal (elaboración propia)

Código y clase del servicio ecosistémico según CICES	Indicador	Medida / Índice / Categoría	Escala de aplicación
4.2.2.1 Agua subterránea (y subsuperficial) para agua potable	-Evolución del consumo municipal de agua subterránea -Información sobre empresas/bebidas envasadas.	-Volumen de agua potable consumida / -Evolución del consumo de agua envasada (m <sup>3</sup> /año)	Municipal
1.1.1.1 Plantas terrestres cultivadas (incluyendo hongos y algas) para fines alimentarios	-Evolución de la producción agraria		
1.1.1.2 Fibras y otros materiales procedentes de plantas cultivadas, hongos, algas y bacterias, para uso directo o procesado (excluyendo los materiales genéticos)	-Superficie y evolución de las plantaciones de coníferas		
1.1.3.1 Animales criados para fines alimentarios	-Evolución del número de explotaciones y plazas de ganado	-Plazas de ganado	Municipal
1.1.6.1 Animales salvajes (terrestres o acuáticos) usados para fines alimentarios	-Superficie municipal dedicada a actividades cinegéticas -Número de licencias de caza	-Superficie dedicada a actividades cinegéticas (Km <sup>2</sup> ) -Licencias de caza	Municipal / Provincial
2.1.1.1 Biorremediación realizada por microorganismos, algas, plantas y animales	-Tasas de desnitrificación de los nitratos	-Valoración de Datos hidroquímicos e isotópicos de bibliografía	Acuífero
2.2.1.3 Ciclo hidrológico y regulación del flujo de agua (control de crecidas y protección de costas incluido)	-Evolución del caudal de las fuentes		
2.2.2.1 Polimización (o dispersión de "gametos" en un contexto marino)	-Actividad del sector apícola -Presencia / ausencia de determinados hábitats	-Número de colmenas -Asignación tipología de hábitat	Municipal y fuente
2.2.2.2 Dispersión de semillas	-Abundancia y número de especies		
2.2.2.3 Mantenimiento de las poblaciones vivero y hábitats (incluyendo la protección del pool genético)	-Abundancia y número de determinadas especies		
6.1.1.1, 3.1.1.X Interacciones físicas y vivenciales con componentes naturales del medioambiente	-Evolución del número de visitantes en las oficinas de turismo, Rutas de senderismo y educación ambiental		Municipal y espacio protegido
6.1.2.1, 3.1.2.X Interacciones intelectuales y representativas con componentes naturales del medio ambiente	-Recopilación de documentos, estudios y artículos científicos, piezas literarias y artes gráficas		Municipal y espacio protegido
6.2.1.1, 3.2.1.X Interacciones espirituales, simbólicas y de otro tipo con los componentes naturales del medio ambiente	-Leyendas o canciones populares asociadas a las fuentes		Municipal y espacio protegido
6.2.2.1, 3.2.2.X Otras características bióticas y abióticas que tiene valores no basados en el uso	-Espacios naturales de alto valor natural		Municipal y espacio protegido

## 4.2 Listado y valoración de los indicadores en los sistemas fontinales del estudio

### Grupo 1. Indicadores de la estructura y procesos del ecosistema

---

#### ■ E\_1\_ Características de los acuíferos

##### Indicadores

-Índice de vulnerabilidad, utilizando el método DRASTIC (Aller, 1985) y la cartografía de Mapa de Vulnerabilidad de Acuíferos superficiales (ACA, 2016). Este indicador mide el riesgo previsible de alteración de la calidad del agua subterránea como consecuencia de actividades que puedan generar sustancias contaminantes. El método DRASTIC implica obtener y combinar mapas de los parámetros que afectan al transporte de contaminantes desde la superficie hasta el acuífero. Posteriormente, se asignan valores a estos parámetros para finalmente obtener un índice de vulnerabilidad clasificado en cinco categorías desde muy bajo a muy alto, y que se atribuyen a un grado cualitativo de vulnerabilidad.

##### Escala de aplicación

Entorno de las fuentes seleccionadas

##### Fuentes

-Mapa de Vulnerabilidad de Acuíferos Superficiales (Documento interno ACA, 2016)

##### **Valoración**

En Sant Hilari Sacalm, las características hidráulicas de los materiales graníticos mayoritarios que afloran, con permeabilidades y porosidades bajas, la orografía pronunciada y la vegetación frondosa hace que los índices de vulnerabilidad calculados en las inmediaciones de las fuentes presenten valores que van desde una vulnerabilidad baja a moderada.

En Sant Joan les Fonts predomina el acuífero fluvio-volcánico libre que presenta permeabilidades altas. El flujo relativamente rápido de este acuífero, y la zona no saturada de poco espesor configura una vulnerabilidad que se clasifica como alta. En contraste, las fuentes asociadas al acuífero del Eoceno que también aflora en este municipio, se describen como poco permeables (IGME, 1993) y presentan en general vulnerabilidades de bajas a moderadas, excepto las que se encuentran próximas a los contactos con materiales volcánicos con vulnerabilidades altas.

## ■ E\_2\_ Disponibilidad y reservas de agua subterránea

### Indicadores

-Evolución de los niveles piezométricos de los acuíferos, que describen el balance entre la recarga, el almacenamiento y la descarga de un sistema acuífero y proporcionan información en relación a las reservas de agua subterránea. Para su valoración, se han utilizado datos históricos mensuales de los niveles piezométricos en piezómetros que forman parte de la red de control cuantitativa del ACA, además de los resultados del modelo de simulación Patrical para las dos masas de agua subterráneas implicadas (Pérez, 2005).

El modelo Patrical construye modelos del ciclo hidrológico y calidad de las aguas distribuidos espacialmente, con paso de tiempo de simulación mensual. La simulación se realiza en régimen natural o alterado por la actividad antrópica. Los resultados se muestran por sectores definidos dentro de las masas de agua subterráneas. Los periodos de simulación abarcan desde octubre de 1970 a octubre del 2019.

### Escala de aplicación

Acuífero y sector del modelo Patrical

### Fuente

-Datos de los niveles piezométricos de la red de control de cantidad del ACA accesible en: <http://aca-web.gencat.cat/sdim21/>.

-Resultados del modelo Patrical (Pérez, 2005)

## Valoración

En el ámbito de Sant Hilari Sacalm se analizan las series de piezómetros considerados como representativos que se sitúan en el acuífero del Montseny –Guillerries. Además, se añade un punto próximo a Sant Hilari Sacalm, situado en el acuífero aluvial de la Riera de Santa Coloma, que recibe aportes significativos del acuífero granítico con el que existe una continuidad hidráulica (Tabla 6.).

Tabla 6. Resumen de las series de niveles piezométricos y valoración de tendencias en el ámbito de Sant Hilari Sacalm (datos ACA)

Código	Municipio	Profundidad (m)	Fecha inicial	Mediana (m)	Rango (m)	Tendencia
08241-0019	Sant Sadurní d'Osormort	18,5	11/12/2009	518,7	2,3	Sin tendencia
17009-0206	Arbúcies	155	13/3/2013	406,8	12,8	Sin tendencia
17027-0020	Breda	16	11/12/2009	161,6	7,8	Sin tendencia
17180-0099	Santa Coloma de Farners	9	Enero 2010	107,8	1,1	Ligeramente Negativa

Las series se controlan desde el año 2009, y presentan rangos de oscilación del nivel piezométrico que van desde los 1,1m. en el aluvial de Santa Coloma, hasta los 12m. del piezómetro profundo de la unidad granítica. En los piezómetros de la unidad granítica no se observa tendencia en la evolución del nivel piezométrico. No obstante, se detecta una tendencia ligeramente negativa en el piezómetro situado en el aluvial de Santa Coloma (17180-0099) (Figura 7).

Estos resultados difieren de las simulaciones de realizadas con el modelo Patricial para el sector 10101320 Montseny-Guillerries, que describe una clara tendencia claramente negativa para el acuífero de la unidad granítica (Figura 8). Se ha optado por no considerar estos datos en particular en la valoración del indicador, debido a la diferencia que existe entre los datos reales y los datos del modelo.

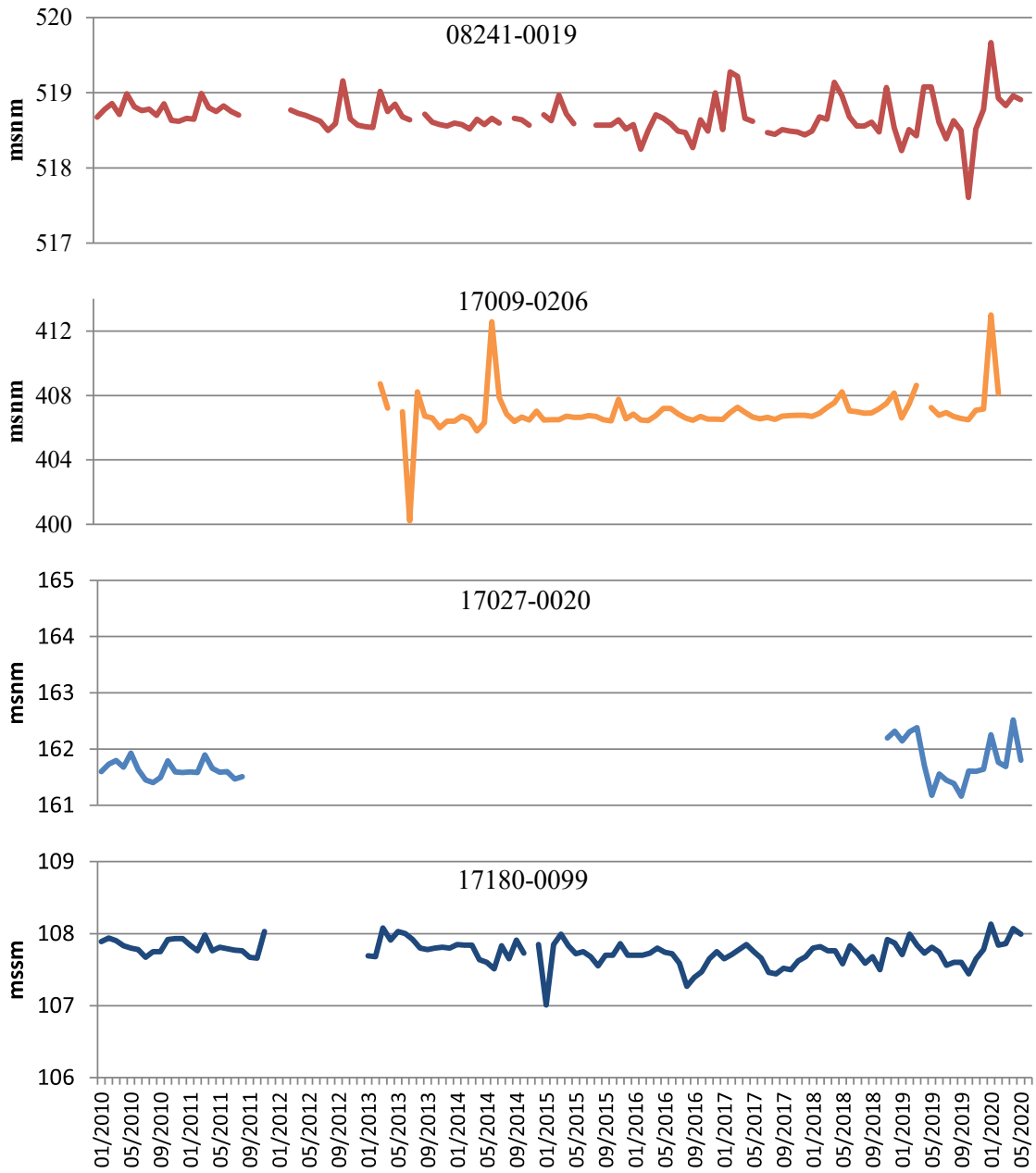


Figura 7. Evolución de los niveles piezométricos en el ámbito de Sant Hilari Sacalm (datos ACA)

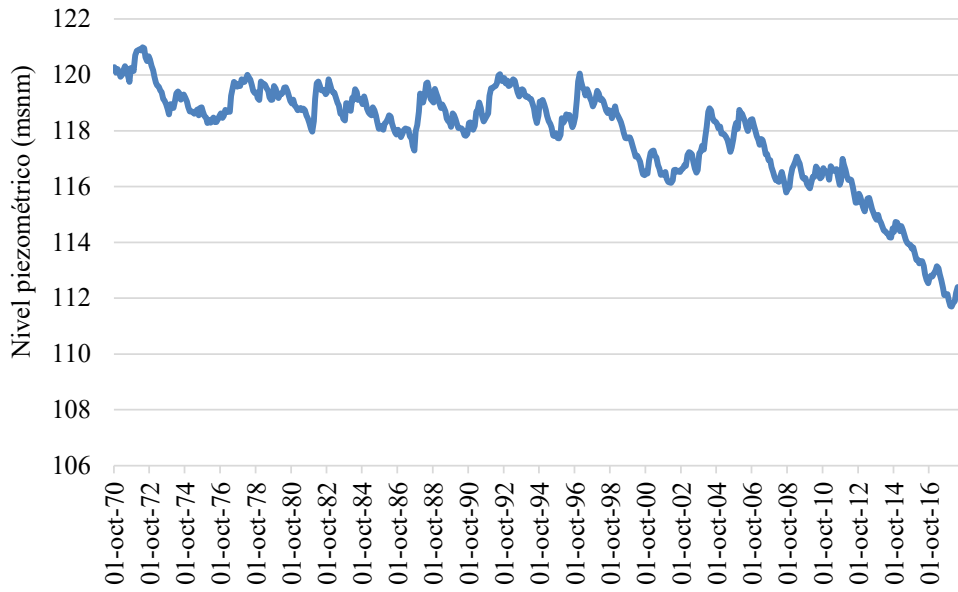


Figura 8. Resultados de niveles piezométricos para el sector 10101320 Montseny - Guilleries (datos modelo Patrical)

De la misma manera, en la zona de Sant Joan les Fonts: se analizan las series de los piezómetros representativos que se sitúan en el acuífero fluvio-volcánico. En este caso el control se inició en enero del 2010 y el nivel de piezométrico presenta rangos de oscilación entre 5,5 y 9 m. La Tabla 7 resume las principales características de las tres series de niveles piezométricos, todas ellas con una tendencia del nivel ligeramente negativa (Figura 9).

Tabla 7. Resumen de las series de niveles piezométricos y valoración de tendencias en el ámbito de Sant Joan les Fonts (datos ACA)

Código	Municipio	Profundidad (m)	Fecha inicial	Mediana (m)	Rango (m)	Tendencia
17114-0054	Olot	38	Enero - 2010	398,5	5,96	Ligeramente Negativa
17114-0080	Olot	41	Enero - 2010	428,9	8,94	Ligeramente Negativa
17185-0049	Sant Joan les Fonts	55	Enero - 2010	322,1	5,49	Ligeramente Negativa



Figura 9. Evolución de los niveles piezométricos en el ámbito de Sant Joan les Fonts (datos ACA)

Los resultados del modelo Patrical también describen tendencias ligeramente descendentes en la simulación realizada para los dos sectores que incluye el municipio de Sant Joan les Fonts (sectores 10100926 Olot - Santa Pau y sector 10100928 Bajo Fluvià) (Figura 10).



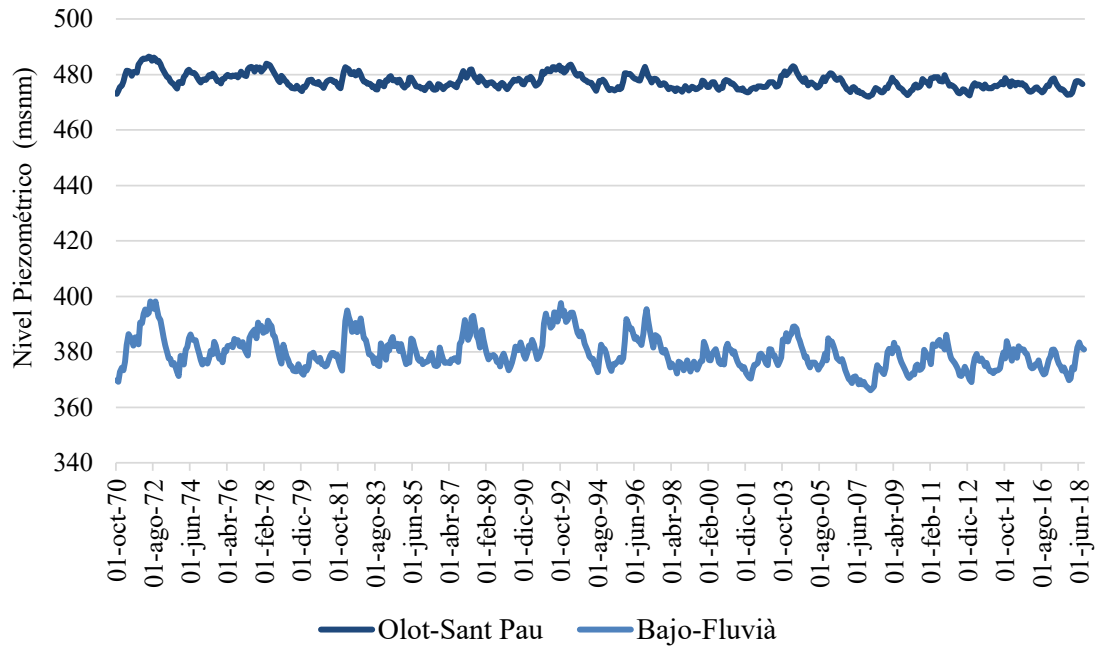


Figura 10. Resultados de niveles piezométricos para los sectores 10100926 Olot - Santa Pau y sector 10100928 Bajo Fluvià (datos modelo Patrical)

#### ■ E\_4\_ Composición química de las aguas: nutrientes y otros compuestos

##### Indicadores

-Indicadores del estado cualitativo de las masas de agua subterráneas y del estado ecológico y físico-químico de las masas categoría río de acuerdo a los requerimientos de la DMA

-Evolución del contenido en nitrógeno en aguas superficiales y subterráneas, que permite evaluar el principal problema de contaminación difusa en las aguas subterráneas de Catalunya y que también afecta a las aguas superficiales.

##### Escala de aplicación

Masa de agua superficial categoría río, masa de agua subterránea y sectores del modelo Patrical

##### Fuente

-Valoración de la red de control de calidad de las aguas subterráneas y de la red de control de aguas superficiales categoría ríos del ACA accesible: en <http://aca-web.gencat.cat/WDMA/>

-Datos de calidad del agua subterránea de los Programas de seguimiento y Control del ACA, accesible en: <http://aca-web.gencat.cat/sdim21/>

-Documentos del Plan de Gestión del Distrito de cuenca Fluvial de Catalunya, accesible en: <http://aca.gencat.cat/ca/plans-i-programes/pla-de-gestio/>

-Resultados del modelo Patrical (Pérez, 2005).

## **Valoración**

### *Para las aguas superficiales*

En cada uno de los ámbitos se han escogido las masas de agua de la categoría ríos situadas próximas a las masas de agua subterráneas de los dos ámbitos de estudio.

En el ámbito del Montseny-Guillerics (Sant Hilari Sacalm) se analizan los resultados de las masas situadas en la riera d'Osor (Cuenca del Ter), y otras dos situadas en la cabecera de la riera d'Arbúcies y Santa Coloma (Cuenca de la Tordera) (Tabla. 8). Por otro lado, en la zona de la Garrotxa (Sant Joan les Fonts) se han valorado los resultados de las masas situadas en la cuenca del Fluvià próximas a Sant Joan les Fonts y que incluyen la riera de Bianya, riera de Ridaura y el Fluvià (Tabla 9).

El estado de las masas de agua se establece a partir de los datos extraídos de ciclos de 6 años del Programa de Seguimiento y Control del ACA. Cada masa de agua es evaluada en un punto de muestreo representativo correspondiente a la red de vigilancia y, si es el caso, a las redes operativas o de zonas protegidas.

En la zona del Montseny-Guillerics (Sant Hilari Sacalm) y para los dos periodos de control el estado físico químico es bueno, siendo las alteraciones del estado hidromorfológico, estado biológico y químico los elementos que contribuyen al mal estado de los tramos de río. En relación al estado químico de la Riera d'Osor, la masa incumple por metales (Zinc y Níquel) seguramente de origen geogénico (Tabla 8).

Tabla 8. Valoración de las masas de agua categoría río del ámbito Montseny-Guillerics (datos ACA)

Código		1400130	1400160	2000290
Nombre		Capçalera de la riera d'Arbúcies fins a la riera de Buixalleu (canvi de tipologia) inclosa la riera de Pineda	Capçalera de la riera de Santa Coloma fins a Santa Coloma de Farners	Riera d'Osor
Período 2007 - 2002	Estado físico-químico	Bueno	Bueno	Bueno
	Estado biológico	Bueno	Mediocre	Bueno
	Estado hidromorfológico	Sin valoración	Próximo a bueno	Próximo a bueno
	Estado ecológico	Bueno	Mediocre	Bueno
	Estado químico	Bueno	Bueno	Malo
	<b>Estado general</b>	<b>Bueno</b>	<b>Malo</b>	<b>Malo</b>
Período 2013 - 2008	Estado físico-químico	Muy bueno	Muy bueno	Bueno
	Estado biológico	Bueno	Bueno	Bueno
	Estado hidromorfológico	Mediocre	Deficiente	Mediocre
	Estado ecológico	Bueno	Mediocre	Bueno
	Estado químico	Bueno	Bueno	Malo
	<b>Estado general</b>	<b>Bueno</b>	<b>Malo (con incerteza)</b>	<b>Malo (con incerteza)</b>

Por otro lado, las masas de agua de la Garrotxa (Sant Joan les Fonts) muestran un estado general malo debido en el primer período de control al incumplimiento del estado químico, y en el segundo período de control, al incumplimiento del estado hidromorfológico. Se observan también alteraciones por excesos de nutrientes (fosfatos), cloruros y conductividad en el primer periodo 2007-2012 (Tabla 9).

Por lo que se refiere a la evolución de los contenidos en nitratos en aguas superficiales, se analizan las series con suficientes datos desde el 2007 (año en el que inicia el primer Plan de Seguimiento y Control) hasta la actualidad, cubriendo de esta forma los dos periodos de control. En el ámbito de Sant Hilari Sacalm, la variabilidad es muy escasa, situándose los valores del percentil 75 de las series por debajo o próximos al nivel detección de 5 mg NO<sub>3</sub>/L, con máximos entre 6,54 y 7,12 mg NO<sub>3</sub>/L. El ámbito del

Tabla 9. Valoración de las masas de agua categoría río en el ámbito del Fluvio-volcánico de la Garrotxa (datos ACA)

Código		2100020	2100030
Nombre		El Fluvià entre el Gurn i la Riera de Bianya	Riera de Bianya i riera de Riudaura
Periodo 2007 - 2012	Estado físico-químico	Bueno	Inferior a Bueno
	Estado biológico	Bueno	Bueno
	Estado hidromorfológico	Malo	Próximo a Bueno
	Estado ecológico	Bueno	Mediocre
	Estado químico	Inferior a bueno	Inferior a Bueno
	<b>Estado general</b>	<b>Malo</b>	<b>Malo</b>
Periodo 2013 - 2018	Estado físico-químico	Bueno	Malo
	Estado biológico	Bueno	Mediocre
	Estado hidromorfológico	Malo	Deficiente
	Estado ecológico	Mediocre	Mediocre
	Estado químico	Bueno	Bueno
	<b>Estado general</b>	<b>Malo (con incerteza)</b>	<b>Malo (con incerteza)</b>

fluvio-volcánico de la Garrotxa (Sant Joan les Fonts) alcanza valores más elevados con medianas de las series entre 11,5 y 17,5 mg NO<sub>3</sub>/L y valores del percentil 90 entre 16 y 26 mg NO<sub>3</sub>/L. Se han comparado los estadísticos descriptivos para los dos periodos de los Programas de Seguimiento y control., 2007-2012 y 2013-2018, con el objetivo de comparar las evoluciones en los contenidos de nitratos, no observándose diferencias significativas entre ambos (Tabla 10).

Tabla 10. Estadísticos descriptivos de los contenidos en nitratos en los puntos de control de las masas de agua categoría río (datos ACA)

	200029000		210002000		210003000	
	2007-2012	2013-2019	2007-2012	2013-2019	2007-2012	2013-2019
Máximo (mg/L)	7,6	11,8	33,8	30	20	28,5
Mínimo (mg/L)	1,8	2,5	3,1	8,9	7,4	2,5
Media (mg/L)	2,9	4,4	18,1	18,5	11,5	12,5
Mediana (mg/L)	2,5	2,5	19,3	17,5	11,05	11,5
P25 (mg/L)	2,5	2,5	13,65	14,25	9,25	9,15
P75 (mg/L)	2,5	6,1	22,1	22,5	12,5	14,8
P90 (mg/L)	4,4	7,9	25,34	26,6	15,81	19,54

*Para las aguas subterráneas*

Los resultados de los dos ciclos del Plan de Seguimiento y Control establecidos en la Cuencas Internas Catalanas permiten obtener información del estado de las masas del agua subterráneas mediante la valoración de los parámetros de calidad para los que se han fijado objetivos de calidad. En la masa de agua 13- Montseny-Guilleries (Sant Hilari Sacalm), el porcentaje de masa en buen estado en los dos ciclos de control es del 100% para todos los elementos de calidad. La masa de agua 9- Fluvio-Volcànic de la Garrotxa (Sant Joan les Fonts), presenta porcentajes de mal estado próximos al 20% en ambo ciclos de control para el parámetro nitratos. Además, presenta otros incumplimientos que no generan mal estado para los parámetros amonio, arsénico, sulfato y plomo (Tabla 11)

Tabla 11. Porcentajes de la masa de agua subterránea 9- Fluvio-Volcànic de la Garrotxa en buen estado cualitativo (datos ACA)

Elemento de calidad	Ciclo 2007-2012		Ciclo 2013 - 2018	
	% de masa en buen estado	Diagnóstico	% de masa en buen estado	Diagnóstico
Amonio (%)	87,9	Bueno	97,43	Bueno
Arsénico (%)	100	Bueno	98,9	Bueno
Cadmio (%)	100	Bueno	100	Bueno
Cloruros (%)	100	Bueno	100	Bueno
Conductividad (%)	100	Bueno	100	Bueno
Nitratos (%)	82,76	Malo	81,12	Bueno
Plomo (%)	99,42	Bueno	96,7	Bueno
Sulfato (%)	91,79	Bueno	83,5	Bueno
Plaguicida compuesto		Bueno		Bueno
Suma de Plaguicidas		Bueno		Bueno

Por otra parte, las concentraciones de nitratos en las dos masas de aguas muestran situaciones muy dispares. En la masa de agua de agua 13-Montseny-Guilleries (Sant Hilari Sacalm), las concentraciones de nitratos son bajas, con una mediana de 5,1 mg/L y un máximo de 39 mg/L.

La situación en la masa de agua 9-Fluvio-Volcànic de la Garrotxa (Sant Joan les Fonts) es diferente. La mediana de las concentraciones de nitratos alcanza los 29,7 mg/L con

un máximo de 228 mg/l, muy por encima de los 50 mg/L que se indica como objetivo de calidad para las masas de aguas subterráneas de la Directiva 2006/118/CE<sup>6</sup>.

Los resultados de las redes de control en ambas masas de agua no muestran tendencias en la evolución de las concentraciones de nitratos para un mismo punto de muestreo. Únicamente, en los puntos de Sant Joan les Fonts con concentraciones más elevadas se observa una mayor variabilidad en los contenidos de nitratos (Figura 11).

Los resultados del modelo Patricial proporcionan a su vez la evolución de las concentraciones de nitratos en aguas subterráneas desde principio de los años 70 para los tres sectores que incluyen los ámbitos de estudio (Figuras 12 y 13). Para establecer las tendencias, se consideran los valores de la serie antes y después de 2007, cuando se implementó el primer Plan de Seguimiento y Control. En el sector de la Garrotxa, las medias después del 2007 son menores que antes. No es el caso del Montseny-Guilleries, donde la media posterior al 2007 aumenta con respecto al periodo anterior, aunque las concentraciones que alcanza son bajas (menores de 10 mg/L), de manera que la tendencia al aumento no se considera representativa (Figura 12).

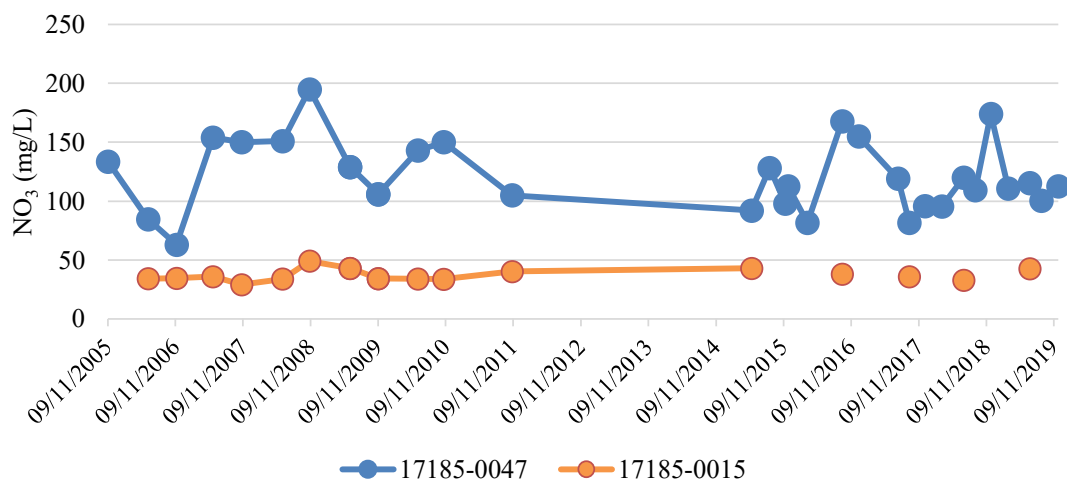


Figura 11. Evolución del contenido en nitratos en puntos de muestreo de agua subterránea de Sant Joan les Fonts (datos ACA)

<sup>6</sup> Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo Y del Consejo de 12 de diciembre de 2006, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro

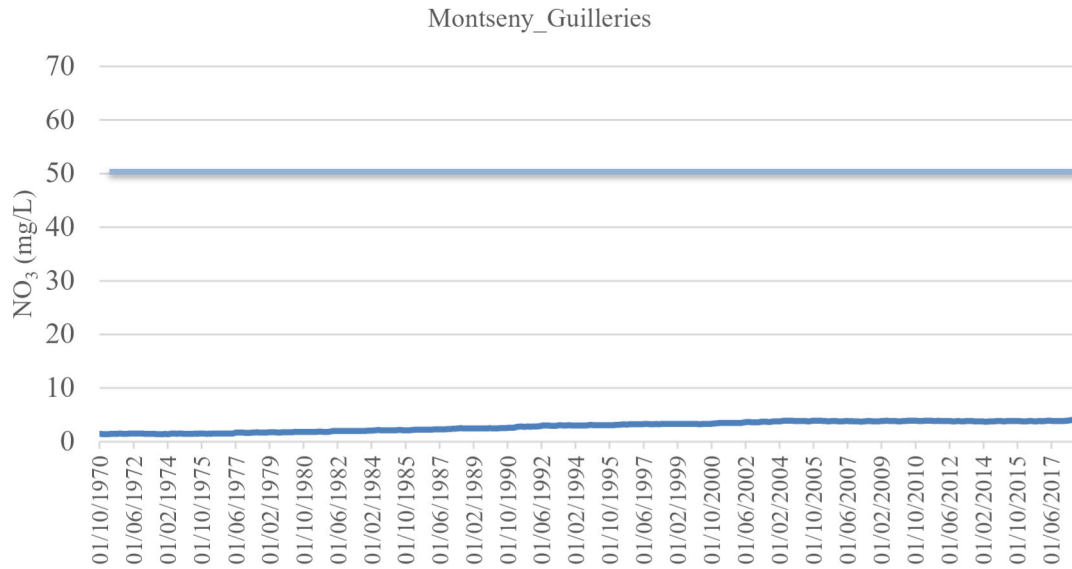


Figura 12. Evolución de la concentración de nitratos según el modelo Patrical para el sector 10101320 Montseny-Guilleries (datos modelos Patrical)

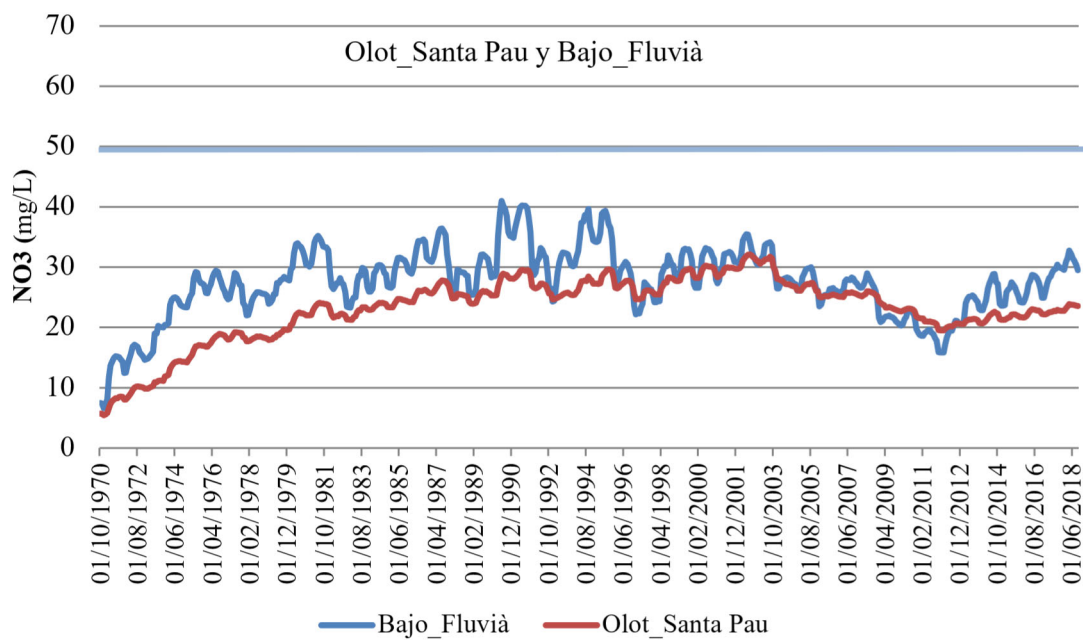


Figura 13. Evolución de la concentración de nitratos para los sectores 10100926 Olot - Santa Pau y sector 10100928 Bajo Fluvià (datos modelo Patrical)

## ■ E\_5\_ Usos del suelo

### Indicadores

-Evolución de la superficie agraria útil (SAU) como indicador de la presión que pueden ejercer las actividades agrícolas en el aumento de nutrientes y otros compuestos (como plaguicidas y metales pesados) en las aguas subterráneas en especial, y el medio hídrico en general.

### Escala de aplicación

Municipio

### Fuente

-IDESCAT Estadística oficial de Catalunya (<https://www.idescat.cat/>)

### **Valoración**

La evolución del SAU a nivel municipal a partir de los datos extraídos del IDESCAT se observa en la Figura 14. En Sant Hilari Sacalm, el porcentaje de la SAU en relación a la superficie total del municipio se mantiene constante en la serie de datos, mientras que en Sant Joan les Fonts el porcentaje aumenta en relación a los datos iniciales.

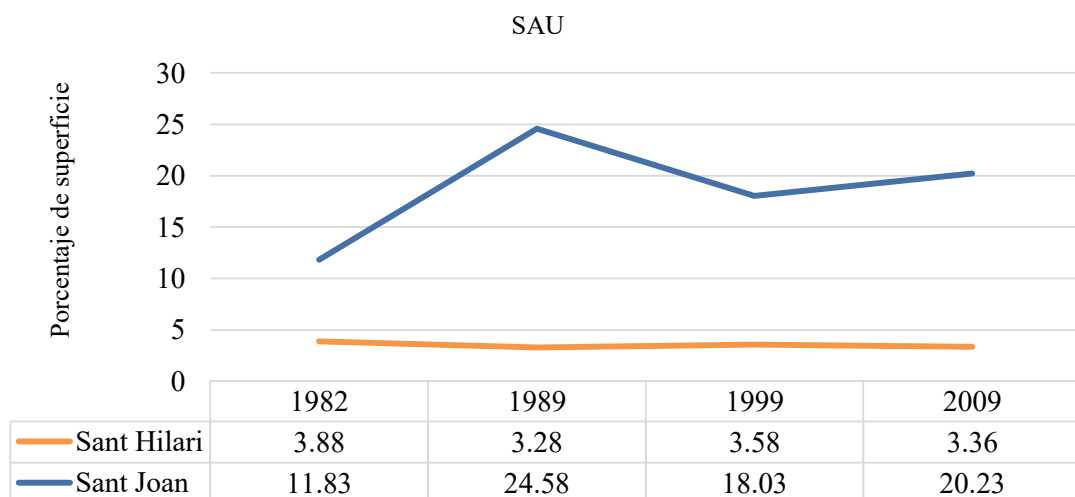


Figura 14. Evolución de la SAU en porcentaje de superficie del municipio (datos IDESCAT)



## ■ E\_7\_ Explotación del acuífero

### Indicadores

-Balance del sistema acuífero, como indicador de desequilibrios entre las entradas (recursos) y salidas (transferencias, demanda ambiental y extracciones) del sistema.

-Índice de explotación de las masas de agua subterráneas, utilizados para valorar el estado cuantitativo de las masas de agua subterráneas de acuerdo a los requerimientos de la DMA. Se define como el cociente entre las extracciones y el recurso disponible para un año medio y normal. El índice cuantifica el grado de explotación de las masas de agua subterráneas, de forma que si el valor es superior a 0,8 se considera la presión por extracciones elevada. Se utiliza como un índice de sostenibilidad del acuífero.

### Escala de aplicación

Masa de agua subterránea

### Fuente

-Documentos del Plan de Gestión del Distrito de Cuenca Fluvial de Catalunya, accesible en: <http://aca.gencat.cat/ca/plans-i-programes/pla-de-gestio/>

### **Valoración**

El anexo IV del segundo Plan de gestión de la cuenca fluvial de Catalunya detalla los recursos subterráneos disponibles anualmente en régimen natural calculados mediante un balance de entradas y salidas en las unidades de aguas subterráneas implicadas. (Tabla 12). Los datos en relación al recurso subterráneo en régimen natural, muestra un balance positivo para ambas masas de agua con salidas principales que corresponden a demandas ambientales y transferencias a otras masas de aguas.

Por otra parte, las extracciones de agua subterráneas constituyen la principal salida de agua debidas a las actividades antrópicas, derivando en muchos casos en desequilibrios en relación al régimen natural. En la Tabla 13 se resumen las extracciones de las dos masas de agua contempladas en el plan de gestión 2016-2021, donde se observa que

Tabla 12. Recursos subterráneos medios disponibles para un año normal y un año seco en las masas de agua subterráneas 9- Fluvio-Volcànic de la Garrotxa (Sant Joan les Fonts) y 13 – Montseny – Guillerics (Sant Hilari Sacalm) (datos ACA)

Masa de agua Subterráneas	Entradas (hm <sup>3</sup> /año)						Salidas (hm <sup>3</sup> /año)			Recursos disponibles (hm <sup>3</sup> /año)		
	Lluvia	Río	Laterales	Retorno de Riego	Pérdidas de red	Total entradas año normal	Total entradas año seco	Transferencias	Demanda ambiental	Total salidas año normal	Año normal	Año seco
9 – Fluvio-Volcànic Garrotxa	28,5	3,2	5,0	0,6	0,1	37,4	29,9	1,2	5,0	6,2	31,2	24,0
13 – Montseny – Guillerics	89,8	0,0	0,0	0,3		90,1	72,1	18,9	33,0	51,9	38,2	24,0

mientras en la masa de agua 9- Fluvio-Volcànic de la Garrotxa (Sant Joan les Fonts) la mayor extracción se debe al abastecimiento, en la masa de agua 13 – Montseny – Guillerics (Sant Hilari Sacalm) son las extracciones del sector industrial (empresas embotelladoras) las que representan un mayor volumen anual.

Tabla 13. Volúmenes de extracción en hm<sup>3</sup>/año en las masas de agua subterráneas 9- Fluvio-Volcànic de la Garrotxa y 13 – Montseny – Guillerics (datos ACA)

Masa de agua subterránea	Abastecimiento	Agrícola	Industrial	Ganadería	Extracción Total	Balanc e año normal	Balanc e año seco
9 – Fluvio-Volcànic de la Garrotxa	5,58	1,65	2,44	0,17	9,84	21.4	14.1
13 – Montseny – Guillerics	1,89	2,78	3,47	0,13	8,26	30.0	15.7

Así mismo, los documentos del Plan de Gestión del Distrito de cuenca Fluvial de Catalunya para el primer y segundo ciclo de planificación, muestran unos índices de explotación bajos en las dos masas de agua consideradas (Tabla 14.).

Tabla 14. Valores de los Índices de Explotación en las masas de agua subterráneas 9- Fluvio-Volcànic de la Garrotxa (Sant Joan les Fonts) y 13 – Montseny – Guillerics (Sant Hilari Sacalm) (datos ACA)

Masa de agua	Índice de explotación_1er ciclo		Índice de explotación_2 do ciclo	
	Año seco	Año normal	Año seco	Año normal
9 – Fluvio-Volcànic de la Garrotxa	0,47	0,36	0,4	0,3
13 – Montseny – Guillerics	0,31	0,19	0,3	0,2

## ■ E\_8\_ Hábitats

### Indicadores

-Estado general de los hábitats de interés comunitario, valoración que se realiza para dar cumplimiento a la Directiva de Pájaros y la Directiva de Hábitats y que permite la valoración general del estado de conservación de los hábitats y las especies.

### Escala de aplicación

Municipio y entorno de las fuentes seleccionadas.

### Fuente

-Cartografía dels hàbitats a Catalunya, versió 2. Departament de Territori i Sostenibilitat. Generalitat de Catalunya (2018).

-Cartografía dels hàbitats d'interés comunitari versió 2 Departament de Territori i Sostenibilitat. Generalitat de Catalunya (2018).

-*Parc Natural de la Zona volcànica de la Garrotxa* (<http://parcsnaturals.gencat.cat/ca/garrotxa>)

- Informes d'aplicació de la Directiva Ocells (art. 12) i la Directiva Hàbitats (art. 17) a Catalunya pel període 2013-2018, 2019. Departament de Territori y Sostenibilitat. (Generalitat de Catalunya) (Sainz de la Maza, 2019)

### **Valoración**

Los hábitats de interés comunitario representados en los dos ámbitos se han evaluado teniendo en cuenta la valoración general del estado de conservación que consta en los informes del Departamento de Territorio y Sostenibilidad (Generalitat de Catalunya), realizado para dar respuesta a la aplicación de la Directiva de Hábitats y Directiva de Pájaros en Catalunya. La Tabla 15 muestra que el estado de conservación para de hábitats de interés comunitario incluidos en los dos municipios, se clasifica en la mayoría de los casos como desfavorable inadecuado o desfavorable malo.

Tabla 15. Estado de conservación de los hábitats de interés comunitario según los informes de aplicación de la Directiva de Hábitats para los hábitats de Catalunya (Sainz de la Maza, 2019)

Código hábitat	Nombre	Ámbito	Estado de conservación
3260	Río de planicie con vegetación inmersa o parcialmente flotantes ( <i>Ranunculion fluitantis</i> i <i>Callitricho-Batrachion</i> )	Sant Joan les Fonts	Desfavorable inadecuado
3270	Ríos de orillas fangosas con vegetación nitrófila del <i>Chenopodion rubri</i> (p.p.) y del <i>Bidention</i> (p.p.)	Sant Joan les Fonts	Desfavorable malo
6210	Prados secos y facies de matorral sobre sustrato calcáreo ( <i>Festuco Brometea</i> )	Sant Joan les Fonts	Desconocido
6510	Prados de siega de montaña ( <i>Alopecurus pratensis</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i> )	Sant Joan les Fonts Sant Hilari Sacalm	Desfavorable inadecuado
8220	Pendientes rocosas silíceas con vegetación rupícola	Sant Hilari Sacalm	Favorable
9120	Hayedos acidófilos	Sant Hilari Sacalm	Desfavorable inadecuado
9160	Robledales pedunculados y bosques mixtos del <i>Carpinion betuli</i>	Sant Joan les Fonts	Desfavorable inadecuado
91EO	Vernedas y otros bosques de ribera afines ( <i>Alno-Padion</i> )	Sant Joan les Fonts Sant Hilari Sacalm	Desfavorable inadecuado
9260	Castaños	Sant Joan les Fonts Sant Hilari Sacalm	Desfavorable inadecuado
9330	Alcornocales	Sant Hilari Sacalm	Desfavorable inadecuado
9340	Alzinar y carrascal	Sant Joan les Fonts Sant Hilari Sacalm	Desfavorable malo
9540	Pinares mediterráneos	Sant Hilari Sacalm	Desfavorable malo

## ■ E\_9\_ Fauna y flora

### Indicadores

-Áreas de interés faunístico y florístico, que permiten la identificación, utilizando el Mapa d'Àrees d'Interès Faunistic i Floristic, de las áreas más críticas de las especies de

fauna y florar amenazadas y protegidas y de las que se dispone de una información especialmente detallada.

La consulta de estas áreas se considera una herramienta informativa de conservación. El mapa representa, a escalas detalladas las áreas afectadas sin indicar las especies, de modo que funciona como una herramienta que puede ser consultada antes de realizar cualquier actuación en el territorio que las pueda afectar

-Especies invasoras, que implican un riesgo potencial de afección a la biodiversidad autóctona. Se identifica las especies invasoras en los ámbitos de estudio utilizando la base de datos EXOCAT y EXOAQUA en los dos ámbitos de estudio.

#### Escala de aplicación

Municipio y entorno de las fuentes seleccionadas.

#### Fuente

- Fichas Natura 2000 y ZEC de *Les Guilleries* (código ES5120012) y *Zona Volcànica de la Garrotxa* (código ES5120004), accesible en <http://mediambient.gencat.cat/es/>

- Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y, en su caso, del Catálogo Español de Especies Amenazadas. (Número de taxones incluidos según el Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero y sus modificaciones: Orden AAA/75/2012, de 12 de enero; Orden AAA/1771/2015, de 31 de agosto; Orden AAA/1351/2016, de 29 de julio y Orden TEC/596/2019, de 8 de abril).

- Áreas de interés faunístico y florístico, accesible en <http://mediambient.gencat.cat/es/>

-Bases de datos EXOCAT Sistema de información de las especies exóticas de Catalunya, accesible en: [http://exocatdb.creaf.cat/base\\_dades/](http://exocatdb.creaf.cat/base_dades/)

-Base de datos EXOAQUA Sistema de información de las especies exóticas de los ecosistemas acuáticos de Catalunya accesible en:

<http://aca.gencat.cat/ca/laigna/proteccio-i-conservacio/especies-invasores/index.html>

#### **Valoración**

En el municipio de Sant Joan les Fonts se localizan 6 zonas de interés faunístico y florístico con códigos 840, 843, 847, 865, 891 y 1309, mientras que en Sant Hilari Sacalm se localizan 2 zonas con códigos 650 y 768. En relación a las fuentes seleccionadas, cada uno de los ámbitos presenta una fuente que se incluye en una de estas áreas.

Con respecto a las especies invasoras, y a partir de la base de datos EXOCAT, se constata la detección de diversas especies exóticas e invasoras en ambos ámbitos. A partir de esta información, y de acuerdo con la base de datos SI-EXOAQUA, se han identificado aquellas especies relacionadas con el medio hídrico. La base de datos SI-EXOAQUA asigna un nivel de riesgo a cada especie relacionado con la presión que ejercen en los ecosistemas acuáticos (Muy alto, Alto, Medio, Bajo, sin determinar (resto de especies)) (Tabla 16). Se indica en relación al listado inicial de especies, se han excluido los pájaros, y las especies catalogadas como introducidas y no establecidas.

El número de especies invasoras y su riesgo asociado permite comparar de forma relativa la presión que existe en los ecosistemas acuáticos de los dos ámbitos de estudio en relación a las especies exóticas invasoras y de acuerdo con el cálculo del indicador EI (especies invasoras) utilizado en el documento IMPRESS del ACA<sup>7</sup>. El indicador realiza la suma ponderada de las especies invasoras según su grado de riesgo y la fórmula siguiente:

$$EI = (\text{SUM especies riesgo muy alto} * 0,25) + (\text{SUM especies riesgo alto} * 0,2) + (\text{SUM especies riesgo medio} * 0,15) + (\text{SUM especies riesgo bajo} * 0,1) + (\text{SUM especies riesgo no determinado} * 0,05).$$

Los resultados de aplicar el indicador de acuerdo con el número de especies y el riesgo asociado, muestra que la zona de la Garrotxa (EI= 7,65) está menos invadida que les Guillerics (EI=8,5).

---

<sup>7</sup> Estudio general de la demarcación, análisis de impactos y presiones de la actividad humana, y análisis económico del uso del agua en las masas de agua del Distrito de cuenca fluvial de Catalunya. [http://aca.gencat.cat/web/.content/10\\_ACA/E\\_Informacio\\_publica/projectes\\_de\\_disposicions\\_plans\\_i\\_programes/IMPRESS\\_2019\\_Memoria\\_es.pdf](http://aca.gencat.cat/web/.content/10_ACA/E_Informacio_publica/projectes_de_disposicions_plans_i_programes/IMPRESS_2019_Memoria_es.pdf)

Tabla 16. Número de especies invasoras de acuerdo al riesgo asociado en Sant Hilari Sacalm y Sant Joan les Fonts (datos extraídos de la base de datos EXOCAT y SI-EXOAQUA)

Riesgo	Ponderación	Número de especies por grupo	
		Sant Hilari Sacalm	Sant Joan les Fonts
Muy alto	0,25	1	1
Alto	0,2	12	11
Medio	0,15	11	4
Bajo	0,1	4	3
Incierto / no evaluado	0,05	76	86

## ■ E\_10\_ Integridad del ecosistema

### Indicadores

-Figuras de protección ambiental, como indicador de la existencia de lugares de protección y conservación de determinados ecosistemas o elementos de patrimonio natural, y por tanto, lugares donde se prioriza la preservación de la biodiversidad.

El sistema de espacios naturales protegidos en Cataluña se estructura alrededor de la figura de los PEIN (Plan de espacios de interés natural) que establecen un régimen de protección básico en territorios con característica geomorfológicas, paisajísticas relevantes o ricos en biodiversidad. El régimen de protección definido en los PEIN se puede completar mediante la declaración de espacios de protección especial entre los cuales se encuentran los Parques Naturales y las Reservas Naturales Parciales.

Así mismo, la integración con las directivas europeas de protección ambiental, la Directiva de aves y la Directiva de Hábitats, ha llevado a la configuración de la red Natura 2000 y la declaración de zonas especiales de conservación.

-Existencia de perímetros de protección de aguas minerales y termales, que imponen restricciones en cuanto a los aprovechamientos de agua y a la realización de actividades en su interior con el fin de proteger el recurso.

### Escala de aplicación

Municipio y entorno de las Fuentes seleccionadas

### Fuente

-Sistema de espacios naturales protegidos de Catalunya  
[http://mediambient.gencat.cat/ca/05\\_ambits\\_dactuacio/patrimoni\\_natural/senp\\_catalunya/](http://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/senp_catalunya/)

-Perímetros de protección de aguas minerales y termales (ley 22/1973)

### Valoración

Los dos ámbitos escogidos incluyen figuras de protección ambiental (Tabla 17), estando más representados en superficie y en régimen de protección el municipio de Sant Joan les Fonts.

En relación a los perímetros de protección de las aguas minerales y termales, 4 de las fuentes seleccionadas en el ámbito de Sant Hilari Sacalm se sitúan dentro del perímetro para la protección de la captación que explota la empresa embotelladora Font Vella.

Tabla 17. Listados de los espacios protegidos en los ámbitos de Sant Hilari Sacalm y Sant Joan les Fonts (información del Departamento de Territorio y Sostenibilidad (Generalitat de Catalunya))

Ámbito	Espacio protegido	Nombre	Superficie Km <sup>2</sup>	% area municipio
Sant Hilari Sacalm	PEIN	Collsacabra	4,35	5,23
	PEIN	Les Guilleries	29,05	34,88
	ZEC /ZEPA	Sistema transversal	4,35	5,23
	ZEC/ZEPA	Les Guilleries	29,05	34,88
Sant Joan les Fonts	PARQUE NATURAL	Zona Volcànica de la Garrotxa	24,48	63,52
	PEIN	Alta Garrotxa	2,26	5,85
	ZEC	Zona Volcànica de la Garrotxa	23,66	61,39
	LIC/ZEPA	Alta Garrotxa	2,26	5,85
	Reserva Natural Parcial	Reserva Natural parcial del volcán de Aiguanegra	0,30	<1%



## ■ P\_1\_ Recarga del acuífero

### Indicadores

-Evolución de la recarga por infiltración del agua de lluvia, como indicador de las entradas de agua en el sistema acuífero.

### Escala de aplicación:

Sector del modelo Patrical

### Fuente

-Resultados del modelo Patrical (Pérez, 2005).

### **Valoración**

Se valora la estimación de la recarga por infiltración del agua de lluvia en los tres sectores simulados en Patrical y que representan los ámbitos estudiados. Las series mensuales para cada sector se han resumido mediante el programa R a valores promedio anuales, con el fin de mejorar su representación e interpretación. Los gráficos de evolución de las medias anuales de recarga muestran una cierta ciclicidad en periodos de 4 o 5 años. Además, se observa que los volúmenes de máxima recarga disminuyen al final serie, siendo esta disminución más acusada en el sector de Montseny-Guilleries (Figura 15).

## ■ P\_4\_ Escorrentía

### Indicadores

-Evolución de los caudales circulantes en ríos, con el fin de evaluar el funcionamiento del sistema fluvial a lo largo del tiempo.

En el ámbito de la masa de agua 13 – Montseny – Guilleries (Sant Hilari Sacalm), se valora la estación de aforo EA056 (riera d'Arbúcies) y que se sitúa en la cuenca de la Tordera, no habiendo en la cuenca del Ter estaciones que se puedan valorar para el objetivo del trabajo. Para la masa 9 – Fluvio-Volcànic de la Garrotxa (Sant Joan les

Fonts), se ha escogido la estación EA013 (Olot), como la estación más representativa del ámbito volcánico de la Garrotxa.

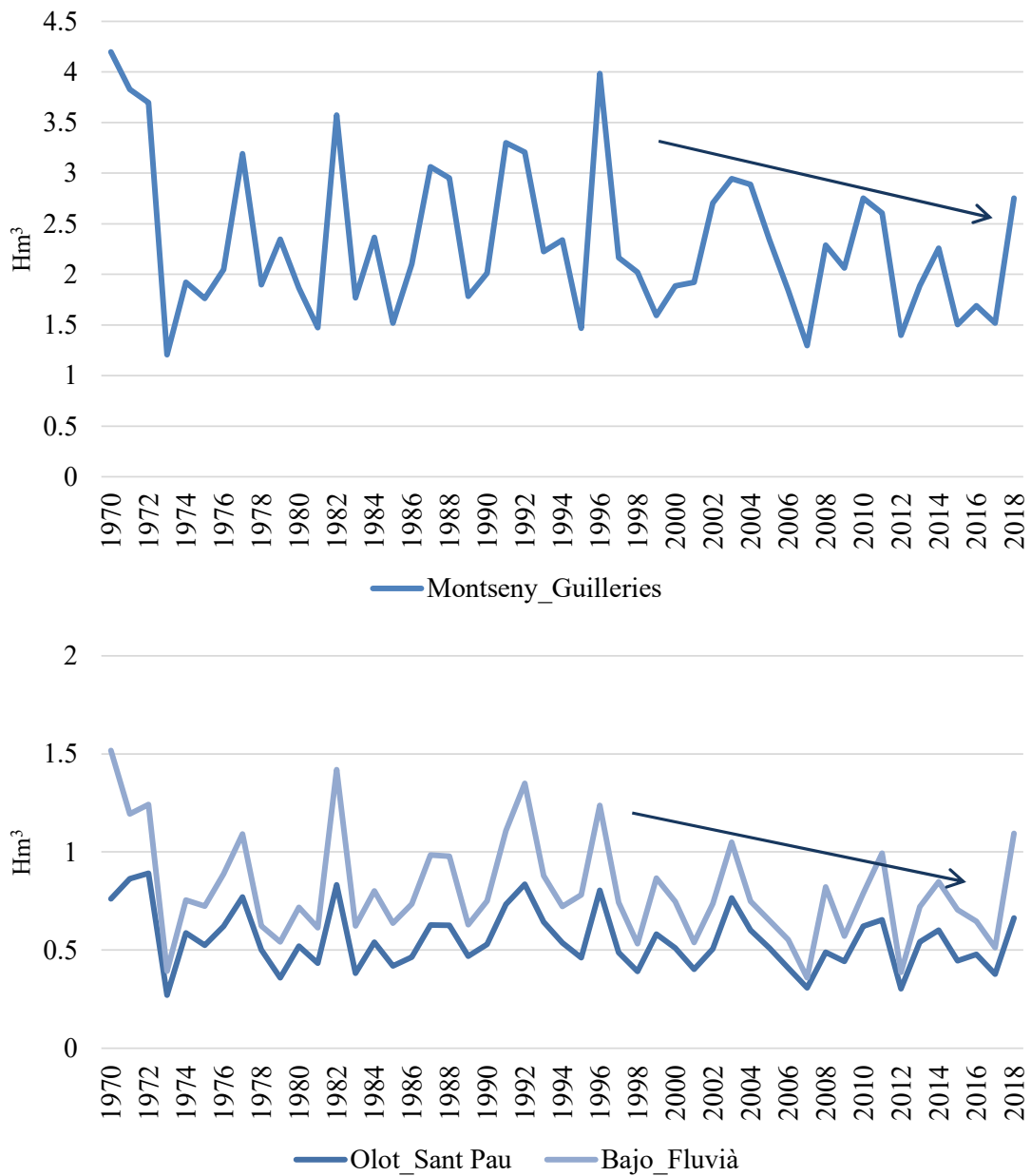


Figura 15. Evolución de la recarga en los sectores 10101320 Montseny\_Guilleries, 10100926 Olot - Santa Pau y sector 10100928 Bajo Fluvià (datos modelo Patrical)

Escala de aplicación:

Masa de agua subterránea

Fuente

-Red de control hidrológico (Fuente interna ACA)

### Valoración

Los hidrogramas de las estaciones de aforo (Figura 16 y 17) muestran una disminución de los episodios de elevado caudal en la última parte de la serie. Por ejemplo, la serie de la estación EA056 (riera d'Arbúcies) no alcanza caudales superiores a 20 m<sup>3</sup>/s después de 1995. Comparando los caudales medios circulantes antes y después de 1995, se observa que el caudal medio circulante pasa de 0,9 a 0,5 m<sup>3</sup>/s a partir de 1996.

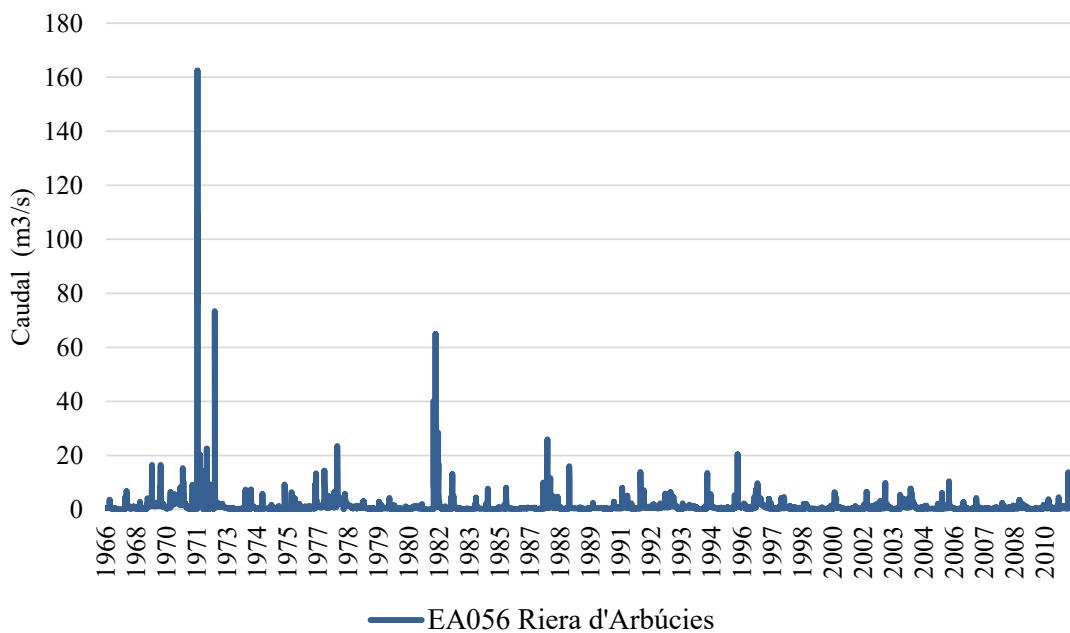


Figura 16. Hidrograma de la estación de muestreo EA056 (riera d'Arbúcies) (datos ACA)

En la estación EA013 (Olot), la reducción de los picos máximos de caudal se observa a partir del año 2003, cuando ya no se alcanzan caudales por encima de 40 m<sup>3</sup>/s. En este caso la variación promedio de caudal antes y después del 2003 es más acusada, pasando de 1,5 a 0,62 m<sup>3</sup>/s.

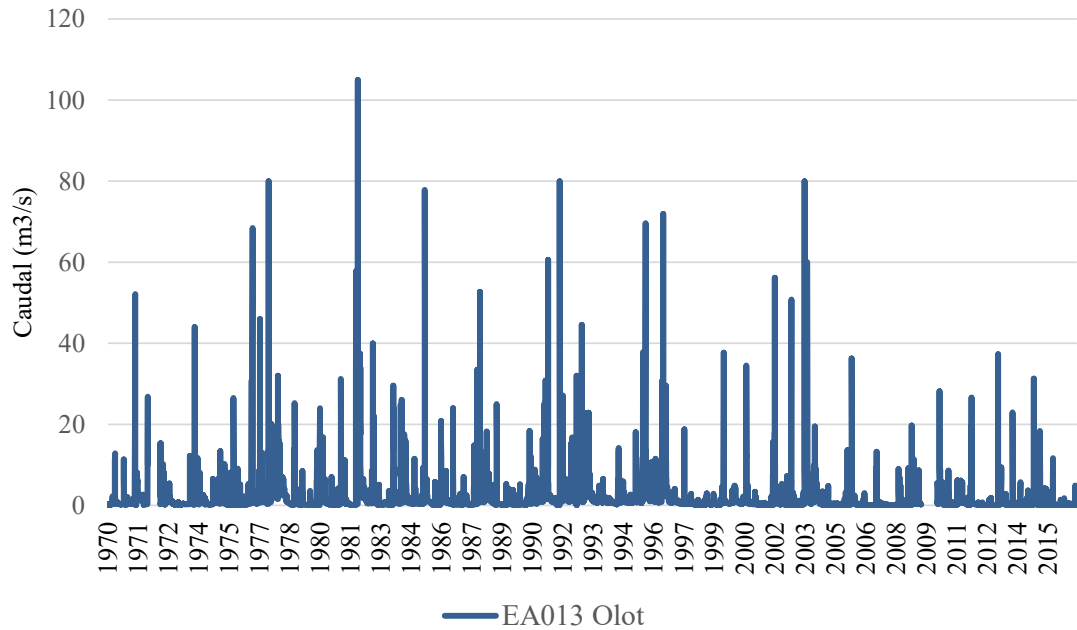


Figura 17. Hidrograma de la estación de muestreo EA013 (Olot) (datos ACA)

## ■ P\_5\_ Flujo de componentes químicos y nutrientes en el agua

### Indicadores

-Balance de nitrógeno a nivel municipal, entendido como la diferencia para cada intervalo de tiempo entre el nitrógeno que recibe el suelo (aportes) y el nitrógeno que sale del suelo (extracciones). El excedente corresponde al nitrógeno que permanece en el suelo, y que es susceptible de llegar al acuífero, para ser transportado hasta las zonas de descarga, y a las aguas superficiales.

### Escala de aplicación

Municipio

### Fuente

-Balance del nitrógeno en la agricultura española (Año 2016). (Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, 2018)

### **Valoración**

Para la valoración del indicador se utilizan las series de balance de nitrógeno, a nivel municipal, desde el año 1990 hasta el 2015. Se toma como referencia el año 2007, en el que se inicia el primer Programa de Seguimiento y Control. En los dos municipios se observa una disminución del excedente de nitrógeno al final de la serie, a partir del 2007, siendo más acusado en el municipio de Sant Joan les Fonts (Figura 18).

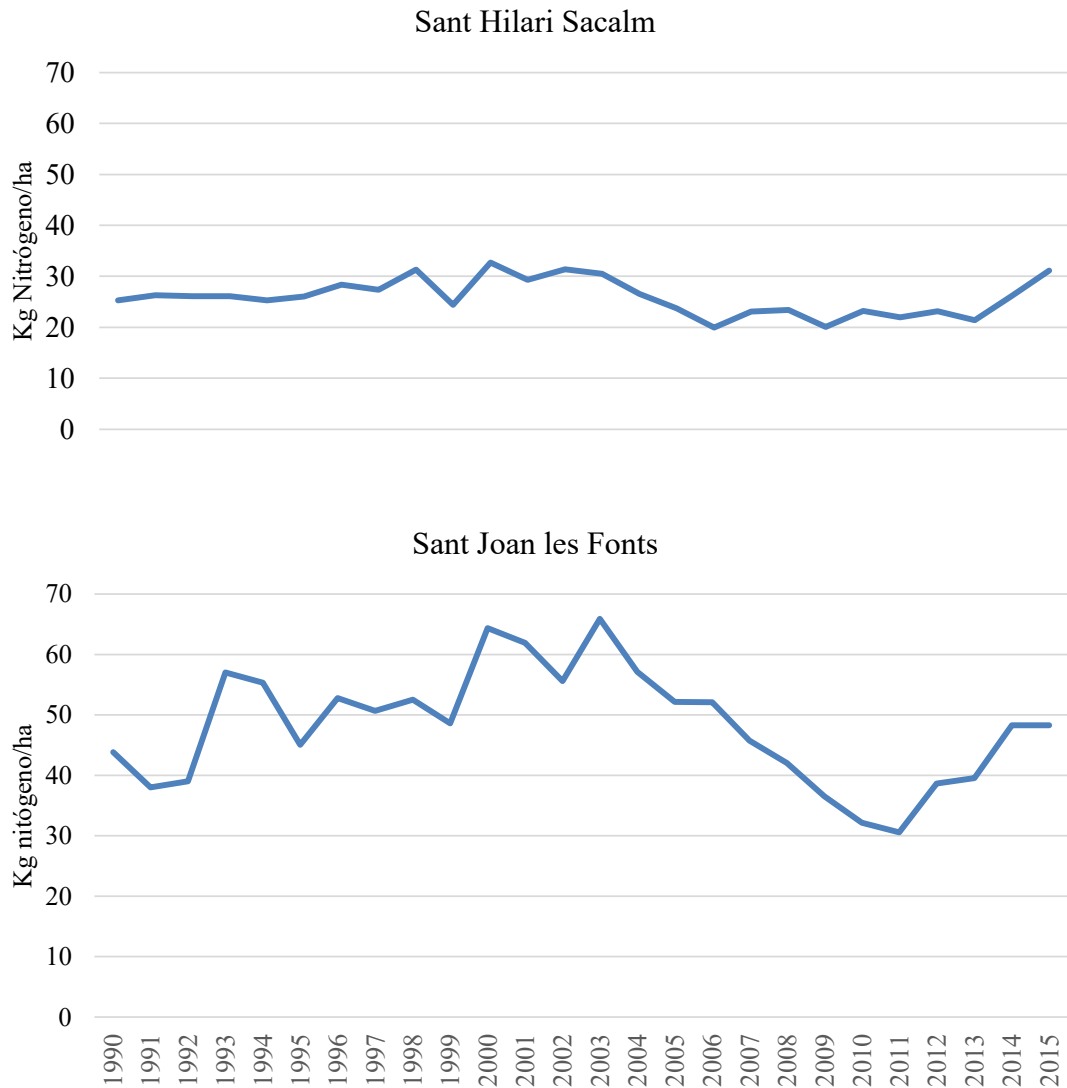


Figura 18. Evolución del excedente de nitrógeno por hectárea en los municipios de Sant Hilari Sacalm y Sant Joan les Fonts (MAPAMA, 2018)

## Grupo 2. Indicadores de las funciones del ecosistema

---

### ■ F\_1\_ Estabilidad físico-química del agua subterránea

#### Indicadores

-Componentes físico-químicos mayoritarios del agua subterránea. La composición de los elementos mayoritarios del agua subterránea puede variar a lo largo del sistema acuífero, desde la infiltración del agua de lluvia, la interacción con los minerales del acuífero y la descarga. Sin embargo, no se esperan cambios bruscos en la composición de los elementos mayoritarios, que serían indicadores de posibles procesos de contaminación.

#### Escala de aplicación

Acuífero

#### Fuentes

-Datos de calidad del agua subterránea de los Programas de seguimiento y Control del ACA, accesible en: <http://aca-web.gencat.cat/sdim21/>

#### **Valoración**

Con el fin de valorar la estabilidad química de las aguas subterráneas, se han recuperado los resultados y realizado un análisis descriptivo, de los iones y cationes mayoritarios, además de nitratos y fosfatos, de puntos que forman parte de la red de control de calidad de aguas subterráneas del ACA y que se sitúan en la unidad granítica y aluvial del Montseny-Guilleries (Sant Hilari Sacalm) y en el acuífero fluvio-volcánico de la Garrotxa (Sant Joan les Fonts), para el periodo 2015-2019.

En el ámbito del Montseny-Guilleries (Sant Hilari Sacalm) las medidas de posición central (mediana) y de dispersión (rango intercuartílico) que resumen los datos de calidad muestran una buena homogeneidad, destacando una mayor variabilidad en los bicarbonatos y calcio debido a composiciones diferentes de los flujos de aguas subterráneas (Tabla 18).

Tabla 18. Estadísticos descriptivos de los aniones y cationes mayoritarios en las aguas subterráneas. Ámbito Montseny –Guillerics (datos ACA).

Parámetro	Potasio (mg/L)	Bicarbonatos (mg/L)	Cloruros (mg/L)	Magnesio (mg/L)	Calcio (mg/L)	Sodio (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Fosfatos (mg/L)
Núm. Muestras	40	40	40	40	40	40	40	40	34
Media	1,4	148,9	18,7	7,0	36,4	24,3	17,2	10,4	0,21
Desviación estándar	0,7	51,2	12,3	3,3	14,5	27,6	9,8	9,2	0,02
Mínimo	1	54	10	2	7	9	8	5	0,20
Cuartil inferior (25%)	1	100,1	10	5	27,8	10	10,4	5	0,20
Mediana (50%)	1	158,3	15	7	39	17	14,5	5,1	0,20
Cuartil superior (75%)	1	186,2	20,1	8,6	48,6	22,6	19	12,8	0,20
Rango intercuartílico	0	86,1	10,1	3,6	20,8	12,6	8,6	7,8	0
Máximo	4	238,0	60,5	17	57	119,0	52	39	0,30

En el ámbito de la Garrotxa (Sant Joan les Fonts), existe una mayor dispersión en los parámetros cloruros, calcio, sulfato y nitratos, y además se observa una elevada variabilidad en los valores altos de estos compuestos (cuartil superior y máximos). En este caso, y para los nitratos y cloruros, la variabilidad se debería a impactos de origen antrópico (Tabla 19).

Tabla 19. Estadísticos descriptivos de los aniones y cationes mayoritarios en las aguas subterráneas. Ámbito fluvio-volcánico de la Garrotxa (datos ACA)

Parámetro	Potasio (mg/L)	Bicarbonatos (mg/l)	Cloruros (mg/L)	Magnesio (mg/l)	Calcio (mg/L)	Sodio (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Fosfatos (mg/L)
Num. Muestras	107	107	107	107	107	107	107	112	112
Media	5,7	17,5	294,8	21,5	99,6	13,9	49,8	43,3	0,26
Desviación estándar	4,0	5,1	73,1	15,9	38,7	5,3	51,9	38,6	0,17
Mínimo	1,0	7,0	141,0	10,0	47,0	5,0	8,0	5,0	0,20
Cuartil inferior	2,0	14,0	242,0	12,0	75,5	10,2	22,0	20,4	0,20

(25%)									
Mediana (50%)	6,0	17,0	276,0	18,4	94,0	14,0	38,0	29,7	0,20
Cuartil superior (75%)	9,0	19,0	338,4	22,9	105,8	16,0	70,0	50,7	0,30
Rango intercuartílico	7,0	5,0	96,3	10,8	30,3	5,8	48,0	30,3	0,1
Máximo	15,0	32,0	548,2	88,9	275,0	34,0	498,0	228,8	1,70

### ■ F\_3\_ Depuración en el acuífero: Desnitrificación en el acuífero

#### Indicadores

-Indicadores de procesos de desnitrificación, es decir, de procesos de atenuación natural de la contaminación por nitratos en el acuífero

#### Escala de aplicación

Acuífero

#### Fuentes

Mas-Pla (2019) y Tolosana-Delgado (2008)

#### **Valoración**

En el trabajo de Tolosana-Delgado (2008) se estudiaron cinco de las áreas declaradas vulnerables a la contaminación por nitratos de origen agrario en Catalunya (Directiva 91/676/EU) utilizando datos hidroquímicos y métodos multi-isotópicos con el objetivo de determinar el origen de la contaminación, verificar si tienen lugar procesos de destrinificación, así como determinar los factores que controlan las reacciones de desnitrificación. En concreto, en la zona vulnerable de la Garrotxa (Sant Joan les Fonts), se analizaron un total de 31 muestras en un área de 100 Km<sup>2</sup>. El artículo concluye que la desnitrificación no está teniendo lugar de forma clara en toda el área, ya que sólo dos muestras presentan valores isotópicos acordes con procesos de desnitrificación. Posteriormente, el artículo de Mas-Pla et al. (2019) mantiene la misma conclusión, citando que en el acuífero fluvio-volcánico de la Garrotxa no se han identificado



procesos de desnitrificación. No se ha encontrado proyectos que aporten datos sobre la desnitrificación en el acuífero en el Montseny-Guillerics (Sant Hilari Sacalm).

## ■ F\_4\_Polinización

### Indicadores

-Actividad del sector apícola en los dos municipios, como indicador de la importancia del sector.

-Existencia de hábitats que presentan especies de plantas atractivas para los polinizadores, como indicador del potencial de desarrollo de la función de polinización.

### Escala de aplicación

Entorno de las fuentes seleccionadas

### Fuentes

-Estadística relativa a las explotaciones y plazas de ganado del Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (Generalitat de Catalunya), accesible en: <http://agricultura.gencat.cat/ca/departament/estadistiques/>

-Medidas para favorecer los polinizadores en la restauración ambiental del Departamento de Territorio y Sostenibilidad (Generalitat de Catalunya), accesible en: <http://mediambient.gencat.cat/es/>

### **Valoración**

El Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación publica para los años 2018 y 2019 información del sector apícola a nivel municipal. De acuerdo con los datos, el sector es más importante en Sant Hilari Sacalm con 145 y 130 colmenas en los dos años, frente a las 34 colmenas de Sant Joan les Fonts. No obstante, la actividad del sector en los dos municipios es poco relevante comparado con el resto de Catalunya.

Por otra parte, se ha utilizado la información y cartografía del documento del Departamento de Territorio y Sostenibilidad donde se realiza una selección amplia de los hábitats de Catalunya con especies atractivas para los polinizadores. Todas las fuentes

seleccionadas excepto una situada en Sant Joan les Fonts se sitúan en tipologías de hábitats con especies vegetales que favorecen la polinización.

### **Grupo 3. Indicadores de los servicios ecosistémicos**

---

#### **■ 4\_2\_2\_1 Agua subterránea (y subsuperficial) para abastecimiento**

##### Indicadores

- Evolución del consumo municipal de agua subterránea
- Cifras del sector de la industria española de agua envasada, como información a tener en cuenta en Sant Hilari Sacalm donde las empresas embotelladoras de agua representan una actividad económica importante.

##### Escala de aplicación

Municipio

##### Fuentes

- Volumen de consumo municipal según el ACA, accesible en:  
<http://aca.gencat.cat/ca/laigua/consulta-de-dades/altres-dades/>
- Asociación de empresas de agua de bebidas envasadas. Accesible en:  
<http://www.aneabe.com/asociacion-empresas-aguas-bebida-envasadas>
- Vilar-Rodríguez (2015)

##### **Valoración**

En ambos municipios, el abastecimiento de agua se realiza principalmente mediante agua subterránea. La página web del ACA proporciona los datos de la evolución del consumo de agua municipal (Figuras 19 y 20). En el municipio de Sant Joan les Fonts, la mayor parte de las extracciones de agua subterránea aprovechan el acuífero fluvio-volcánico de la Garrotxa. En relación al consumo de agua municipal, se observa desde el 2010 una ligera tendencia al aumento desde el inicio de la serie, debido

principalmente al aumento en el consumo de las actividades económicas, mientras que el consumo doméstico se mantiene sin cambios.

Por su parte, en el municipio de Sant Hilari Sacalm, la tendencia al aumento de la línea de consumo se describe de forma clara a partir del año 2013, también debido al

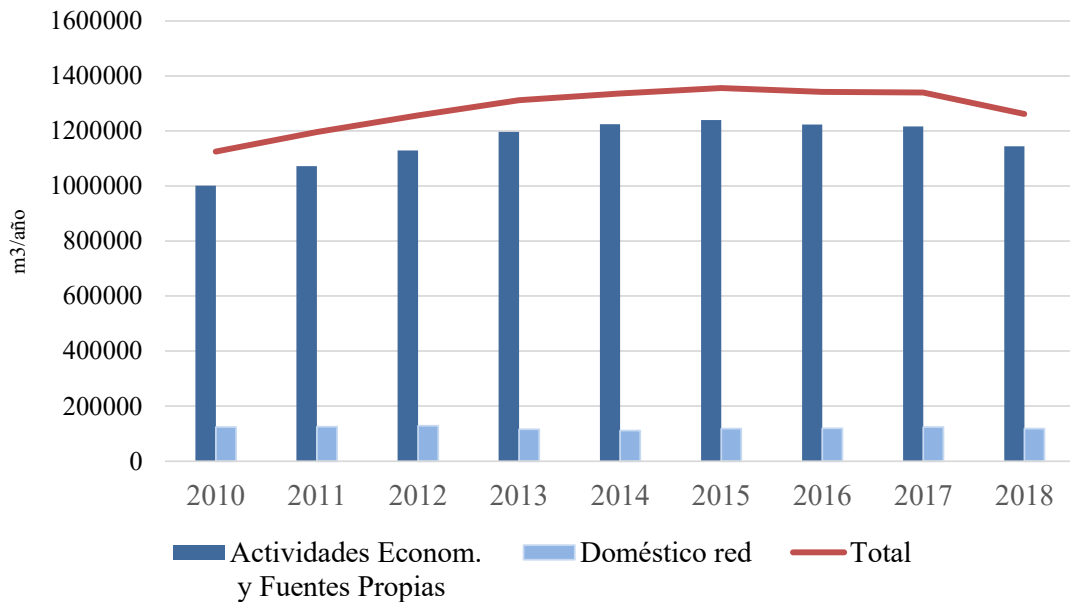


Figura 19. Evolución del consumo de agua municipal en Sant Joan les Fonts (datos ACA)

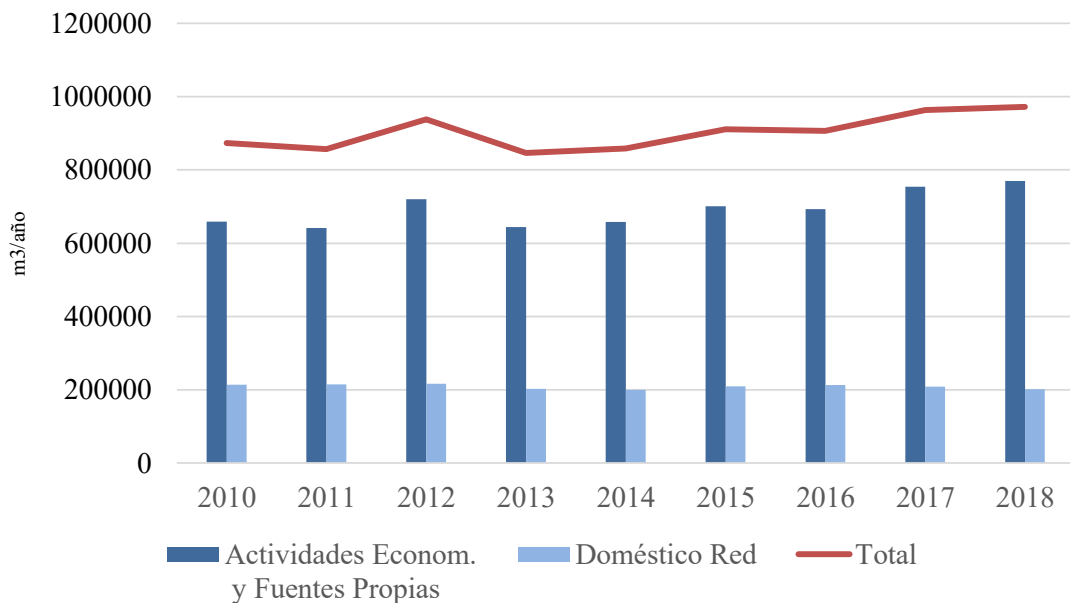


Figura 20. Evolución del consumo de agua municipal en Sant Hilari Sacalm (datos ACA)

comportamiento de las actividades económicas. En este municipio, estos datos se deben interpretar junto a la información del sector del agua envasada, principal consumidor del

agua subterránea en este ámbito. El trabajo de Vilar-Rodríguez (2015) muestra una recuperación del sector después del periodo de crisis económica. A estos datos debemos añadir que la marca de agua de agua mineral embotellada con mayor número de consumidores en España en 2018 fue Font Vella, empresa situada en Sant Hilari Sacalm.

### ■ 1\_1\_3\_1 Animales criados para fines alimentarios

#### Indicadores

-Evolución del número de explotaciones y plazas de ganado

#### Escala de aplicación

Municipio

#### Fuentes

-Estadística relativa a las explotaciones y plazas de ganado del Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (Generalitat de Catalunya), accesible en: <http://agricultura.gencat.cat/ca/departament/estadistiques/>

#### **Valoración**

Con el fin de valorar la evolución de la ganadería en los municipios de estudio, se han extraído los datos del número de explotaciones y plazas de ganado disponible desde 2009 hasta 2019. La ganadería relevante en los dos ámbitos es la porcina, aunque en Sant Joan les Fonts también es significativa la ganadería bovina.

Los datos indican una disminución en el número de plazas en el sector porcino en Sant Hilari Sacalm, mientras que en Sant Joan les Fonts, el número se mantiene constante, con un ligero aumento si consideramos la diferencia entre el inicio y el final de la serie. Por otro lado, el sector bovino también se mantiene constante a lo largo de la serie (Figuras 21 y 22).

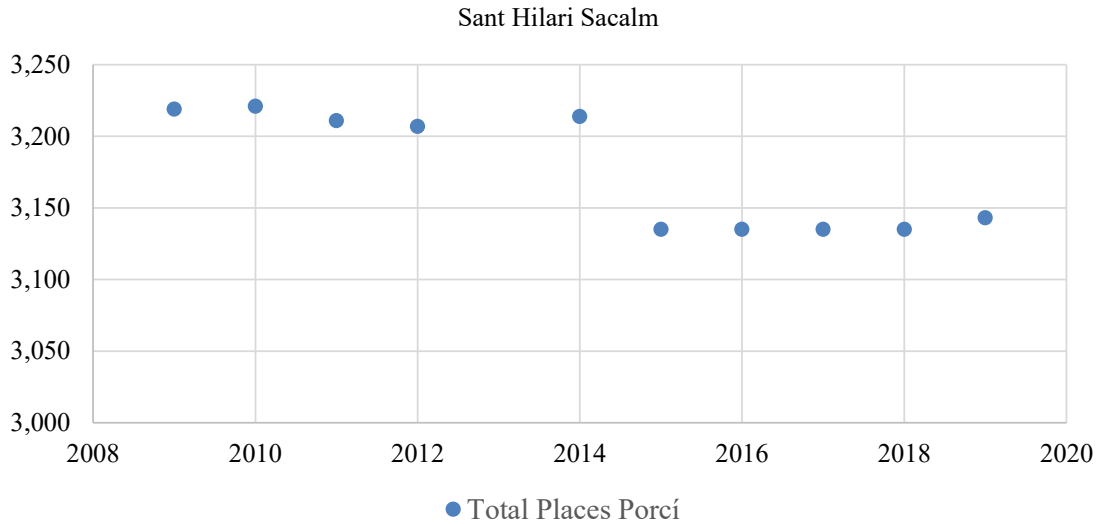


Figura 21. Evolución del número de plazas ganaderas (datos del Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (Generalitat de Catalunya))

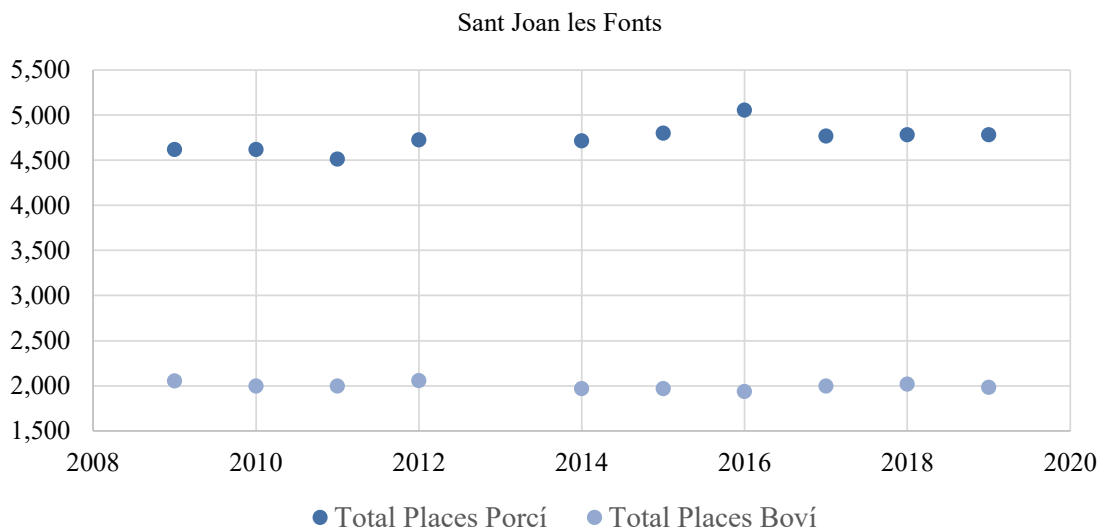


Figura 22. Evolución del número de plazas ganaderas según (datos del Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (Generalitat de Catalunya))

### ■ 1\_1\_6\_1 Animales salvajes (terrestres y acuáticos) para fines alimentarios

#### Indicadores

-Superficie municipal dedicada a actividades cinegéticas, como indicador de la relevancia de la actividad. Se valora la superficie del municipio que se incluye en

alguna área de gestión cinegética y la inclusión de las fuentes seleccionadas en alguna de estas áreas

-Número de licencias de caza, se valora la evolución del número de licencias de caza por provincia

### Escala de aplicación

Municipio, provincia

### Fuentes

-Àrees de Gestió Cinegètica. Departamento de Territorio y Sostenibilidad (Generalitat de Catalunya), accesible en: <http://agricultura.gencat.cat/ca/detalls/Article/Arees-gestio-cinegetica>

-Número de licencias de caza por provincia. Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (Generalitat de Catalunya) accesible en:

<http://agricultura.gencat.cat/ca/departament/estadistiques/forest/casa/>

### **Valoración**

Los terrenos cinegéticos en ambos municipios ocupan prácticamente todo el territorio (Tabla 20). Sólo un 0,54 % de la superficie de Sant Hilari Sacalm y un 2,5 % de la superficie de Sant Joan les Fonts está ocupado por terrenos donde no se puede cazar o existen restricciones.

Por lo que se refiere al número de licencias de caza, esta información sólo está disponible a nivel provincial. Además, los datos de la provincia de Girona describen la tendencia general en el ámbito de la caza en relación a la disminución en los últimos años del número de cazadores.

Tabla 20. Porcentaje de superficie del municipio dedicada a actividades cinegéticas (datos del Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (Generalitat de Catalunya))

Figura Cinegética	% Sant Hilari Sacalm	% Sant Joan les Fonts
Área Privada de caza	93,81	89,14
Zona de aprovechamiento común	5,65	0,84
Zona de aprovechamiento prohibido por estar		3

dentro ENPE (*)		
Zona de aprovechamiento prohibido por ser menor 25ha	0,39	1,63
Zona de Seguridad Declarada		0,01
Zona de Seguridad No Declarada	0,15	5,39

(\*) Espacio natural de protección especial

## ■ 6\_1\_1\_1 – 3\_1\_1\_X Interacciones físicas y experienciales con el medio natural

### Indicadores

- Evolución del número de visitantes en las oficinas de turismo
- Rutas de senderismo relacionadas con las fuentes
- Empresa dedicada a educación ambiental

### Escala de aplicación

Municipio y espacio protegido

### Fuentes

- Oficina de turismo de Sant Hilari Sacalm, accesible en: <https://lesguillerieskm0.cat/>
- Oficina de turismo de Sant Joan les Fonts, accesible en: <http://www.turismesantjoanlesfonts.com/es/sant-joan-les-fonts>

### **Valoración**

Los datos en relación al número de visitantes aportados por las oficinas de turismo (Figura 23), muestran comportamientos muy diferentes. En Sant Hilari Sacalm hay un fuerte descenso en el número a partir de 2014, debido según la oficina de turismo, a dificultades técnicas derivadas de un cambio en el programa gestor de visitantes. En Sant Joan les Fonts, el número de visitantes se mantiene más estable en el tiempo, con una ligera disminución durante los años de crisis.

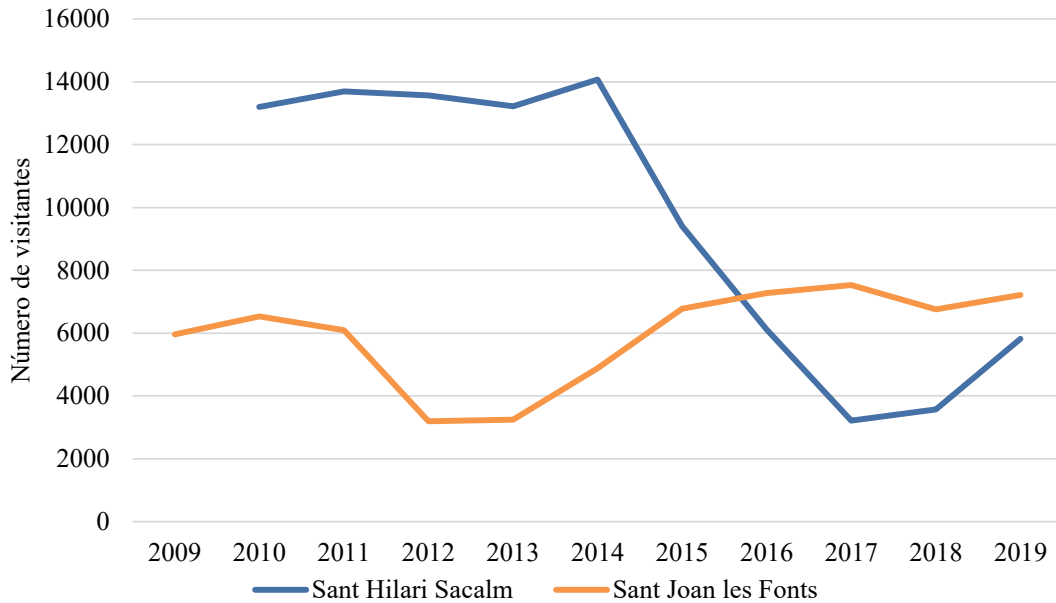


Figura 23. Evolución del número de visitantes de las oficinas de turismo (datos de las oficinas de turismo de Sant Hilari Sacalm y Sant Joan les Fonts)

En cuanto a rutas de senderismo, ambos municipios ofrecen en sus páginas web diferentes rutas y visitas guiadas para conocer el entorno natural.

Desde la oficina de turismo de Sant Hilari Sacalm se ofrecen cuatro rutas donde las fuentes y el agua son el hilo conductor, además de dos rutas de gran recorrido integradas en “els-grans-camins de l’ aigua” de la comarca de la Selva. De igual modo, la oficina de Sant Joan les Fonts ofrece rutas locales, aunque en este caso, sólo dos de ellas incluyen las fuentes en su recorrido.

Por último, los dos espacios protegidos donde se incluyen los municipios disponen de empresas de educación ambiental. En este caso, en el *Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa* (Sant Joan les Fonts) seis empresas centran su actividad en la educación ambiental y actividades de tipo cultural, mientras que en *les Guilleries* (Sant Hilari Sacalm) existen dos empresas dedicadas a la educación ambiental.



## ■ 6\_1\_2\_1 – 3\_1\_2\_X Interacciones intelectuales y representativas con el medio natural

### Indicadores

- Documentos, estudios y artículos científicos como indicadores de incremento del conocimiento
- Piezas literarias y artes gráficas como indicador de la apreciación estética del entorno natural

### Escala de aplicación

Municipio, espacio protegido

### Fuentes

- Buscadores de documentos de contenido científico y académico Google Académico (<https://scholar.google.es/>), Dialnet (<https://dialnet.unirioja.es/>) y ResearchGate (<https://www.researchgate.net/>).
- Itineraris literaris. Càtedra de Patrimoni Literari Maria Àngels Anglada – Carles Fages de Climent. Institut de Llengua i Cultura Catalanes. Universitat de Girona, accesible en: <https://www.patrimoniliterari.cat/itinerari/index.php>
- Nogé i Font (1985)
- Portals Martí (2015)

### **Valoración**

#### *Documentos de contenido científico y académico*

Los buscadores mencionados se han utilizado para crear una lista de documentos académicos y científicos centrados en los ámbitos geográficos del Montseny-Guilleries (Sant Hilari Sacalm) y la Garrotxa (Sant Joan les Fonts) y donde las fuentes son motivo de estudio o de mención especial. Se han podido reunir un total de 19 documentos, 14 situados en el Montseny-Guilleries, 4 en la Garrotxa, y uno en los dos ámbitos. En cuanto al tipo de documento, 2 forman parte de libros, 3 son trabajos de fin de grado, hay 2 contribuciones a congreso y el resto (11) son publicaciones en revistas

de científicas de diferentes temáticas. Los documentos pertenecen mayoritariamente (11) al ámbito de conocimiento de las ciencias de la tierra, biología y ciencias ambientales, y estudian aspectos relacionados con la hidrogeología, la biodiversidad y el patrimonio geológico y cultural de las fuentes. En menor número aparecen las humanidades, ciencias sociales y geografía con documentos que versan sobre la literatura, los balnearios, etnología, y también hidrología y biodiversidad. Destaca la presencia de dos documentos con carácter pluridisciplinar y que estudian cuestiones relacionadas sobre el patrimonio, la historia, geografía y literatura.

### *Actividad literaria*

El paisaje del entorno de las fuentes es un recurso para la inspiración literaria. Se ha utilizado *Els Itineraris Literaris* de la Càtedra de Patrimoni Literari Maria Àngels Anglada – Carles Fages de Climent y otras fuentes bibliográficas para crear una lista que, sin querer ser exhaustiva, pretende citar los autores con alguna obra dedicada a las fuentes y su entorno en los ámbitos de estudio.

En el Montseny-Guillerics y particularmente en Sant Hilari Sacalm, encontramos diversas referencias sobre el paisaje y las fuentes. El autor de Sant Hilari Sacalm, Anton Busquets Punset, en su primera obra *Lliroya* (Busquets Punset, Anton. *Lliroya. Primeres Poesies*. Ripoll 1985), ya escribía “...ampanar oviro, les fonts i les vernedes, obagues i tossals, amb eixa alegre vista m'encanto i fins deliro pensant en la infantesa, lo temps que no té igual.”

También Jacint Verdaguer hace referencia a este paisaje en el poema *L'Arpa* incluido en *Obres completes* (Barcelona, 1974) “...avés de les cordes, fonts perennes per on lo paradís se m'hi vessava, a aquell bocí de món que coneixia, a la terra i al cel doní una ullada... (...) Vegí el Montseny engarlandant de boscos, vegí el Puigmal de cabellera blanca damunt la serra de Pirene altívol com un gegant al cim d'una ...”. Así mismo, encontramos en la poesía de Verdaguer una obra dedicada a la Font Vella del municipio y que se encuentra grabada en la fuente (Jacint Verdaguer. *Tenia set d' aigua pura*. *Annals de l'Institut d'estudis Gironins XXV*, 2, 1899).

El poeta Salvador Espriu, del mismo modo, hizo referencia al paisaje de su ciudad natal, Santa Coloma de Farners en su obra. (Espriu, Salvador. *Aproximació a Santa Coloma de Farners i a algun dels seus entorns* Barcelona: Llibres del Mall, 1983)

Los balnearios también fueron lugares de creación literaria para escritores que pasaban algunas temporadas en ellos. Existe en el Montseny-Guilleries ejemplos de escritores veraneantes y excursionista como Victor Balaguer, quien realizaba estancias de verano en Sant Hilari Sacalm. En su obra *Al Pie de la Encina* (Balaguer, Victor. *Al Pies de la Encina*. El Progreso Editorial, Madrid 1893), ofrece su visión del Montseny y hace referencia al agua de las fuentes de Sant Hilari Sacalm, en especial de la Font Picant. Algo semejante ocurre con Joan Vinyoli y su relación con Santa Coloma de Farners donde pasó los veranos de niñez y juventud. En poemas como *Temps* (Vinyoli, Joan. *Temps*. Vent d'aram Barcelona: Proa, 1976) o el prólogo del su libro *El Camí dels mesos* (Vinyoli, Joan. *Pel camí dels mesos (pròleg) Els mesos de l'any* Barcelona: SADAG, 1956) el autor evoca al paisaje de Santa Coloma, "... la vida secreta del bosc i els gorgs, l'esplendor del pla i de la muntanya, és a dir, tot el que de la natura entra pels cinc sentits...".

Uno de los alicientes del paisaje de la Garrotxa y que se convierten en motivos poéticos recurrentes son las fuentes. Autores como Maria Castanyer (Castanyer, Maria. *Juegos Florales de Olot*. Olot: Aubert, 1951), M. Concepció Carreras (Carreras Pau, M. Concepció. *Tribut al Paisatge i Fonts d'Olot*. Olot: Aubert, 1953) o Joan Teixidor (Teixidor, Joan. *Fluvià*. Barcelona: Columna, 1989) describen las fuentes y sus paisajes en su obra. Una de las poesías de M. Concepció Carreras dibuja las fuentes en los siguientes versos de la poesía *Font de les Tries* de esta manera:

*“Font ombrosa i regalada!  
la de xarbotells més clars.  
Tens cinc dolls i una cascada  
refulgent,  
d'argent  
i glaç.  
Font cantaire i esquitxaire  
que salmegeges dins l'ombriu  
d'una arbreda esmeragdina  
i amb onduls de serpentina  
t'enfonses al nu del riu.”*

Las fuentes no son tan solo parte el disfrute del paisaje, sino también lugares donde la gente se encontraba y relacionaba, tal como explica Joan Maragall en *La dona d'aigua* donde describe las mujeres que se reúnen y van a lavar la ropa a la fuente (Maragall, Joan. *La dona d'aigua. Obres completes* 19. Barcelona: Edició dels fills , 1935): “Jo m'estava assegut en aquell pedrís que volta la plaça, a l'ombra, davant la font, i mirava a baix les dones com rentaven en la corrent de l'aigua.”. Las fuentes de la Garrotxa son a su vez lugares de romería tal como describe Josep Berga en su obra *L'aplec de Sant Roc* (Berga, Josep. *L'aplec de Sant Roc*. Institut de Cultura de la Ciutat d'Olot, 2014). El mismo autor, en su obra *Clareta, mar de brutícia* (Berga, Josep. *Clareta, mar de brutícia*, Estampa de Vda. De N. Planadevall, Olot 1917) detalla como la protagonista, Clareta, bebe agua de la Font Bona y disfruta de su paisaje.

### *Registro gráfico*

En el ámbito de les Guillerries encontramos de forma puntual, artistas que plasman su paisaje. Es el caso de Marian Pidelaserra (Barcelona, 1877-1946) en su obra *Les Guillerries desde el Montseny*. Después de una tormenta, que forma parte de la serie de pinturas del Montseny (Figura 24).

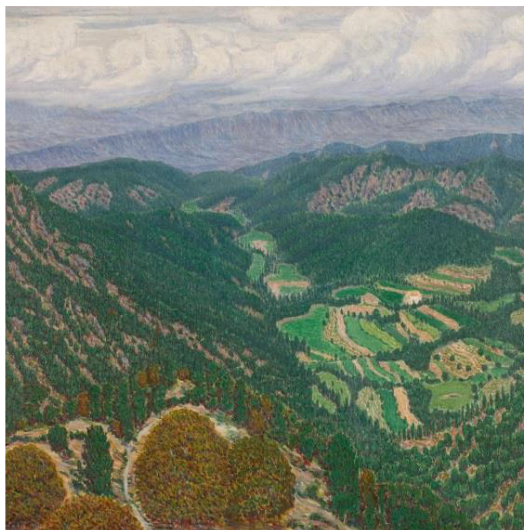


Figura 24. *Les Guillerries desde el Montseny*. Después de una tormenta, Marian Pidelaserra (Barcelona, 1877-1946). Oleo sobre lienzo.

Por otro lado, destaca las colecciones de piezas fotográficas y postales de principios de siglo XX en Sant Hilari Sacalm que reflejan numerosas escenas cotidianas o con veraneantes en las fuentes del municipio (Figura 25). Las series de postales que siguen fueron realizadas por Josep Ximeno Planas de Sant Hilari Sacalm, para la marca de ediciones de postales ATV<sup>8</sup>.



Figura 25. Selección de postales de Josep Ximeno Planas (Barcelona, 1865 - Sant Hilari Sacalm, 1926)

Con respecto a la obra pictórica en la Garrotxa, destaca l'Escola d'Olot, como movimiento paisajístico catalán de mediados del siglo XIX. La escuela acoge artistas de la Garrotxa, como los hermanos Joaquim y Marian Vayreda o Josep Berga, y otros que utilizan el paisaje como fuente de inspiración y elemento principal de la obra (Figura 26).

<sup>8</sup> <http://postalsantigues.cat/postals-de-catalunya/>.



Figura 26. Les bugaderes, Joaquim y Marià Vayreda, 1883. Óleo sobre tela. Museo de la Garrotxa

## ■ 6\_2\_1\_1 – 3\_2\_1\_X Interacciones espirituales y simbólicas con el medio natural

### Indicadores

-Leyendas o canciones populares asociadas a las fuentes como indicador de interacción simbólica de la población con el entorno

### Escala de aplicación

Municipio

### Fuente

-Menció, 2018.

-Dorca, 2006

### **Valoración**

Las fuentes suelen aparecer en leyendas y canciones populares que forman parte de la identidad cultural de un territorio.

En Sant Hilari Sacalm, la leyenda de la Font de Can Josep, explica cómo un pastor descubrió sus propiedades cuando uno de sus bueyes se curó al beber de sus aguas. A su vez, encontramos la referencia de la Font Picant en canciones populares, algunas de ellas de carácter religioso como en los Goigs de Nostra Senyora de Mont-Solí (Soldevilla, 1991):

*“Los malalts que de lluny venen  
A péndrer l’aygua picant,  
Del mal lo remey entenen  
Que de Vos ve dimanant; ...”*

Sant Joan les Fonts es a su vez territorio de leyendas con historias de brujas y hadas relacionadas con el agua dulce. Dorca (2006) en su libro cita historias sobre reuniones de brujas que ocurren cada sábado en Puig de Lliurella, cerca de la fuente con el mismo nombre.

Sant Joan les Fonts cuenta también con una versión de la leyenda de mujeres del agua, unos de los personajes del patrimonio de las leyendas catalanas más extendido. Estos personajes fantásticos, generalmente buenos, viven en aguas dulces; ríos, pozas, balsas, fuentes o pozos y se encargan de proteger las aguas. En este municipio, se explica que en la noche de San Juan las mujeres de agua se dejan ver unos instantes, lavando sus ropas y bailando danzas alegres.

## ■ 6\_2\_2\_1 – 3\_2\_2\_X Otras características bióticas y abióticas con “non-use values”

### Indicadores

-Espacios naturales de alto valor natural como indicadores de elementos que queremos preservar para nosotros y para generaciones futuras

### Escala de aplicación

Municipio

### Fuente

-Associació Sèlvans, accesible en: <https://selvans.org/>

## Valoración

En Sant Hilari Sacalm se ha creado un itinerario forestal terapéutico en el bosque de robles y hayas “Bac de Serra d’Heures”, un bosque de un alto valor natural y donde las fuentes y el agua tienen una presencia destacada. La implementación del itinerario es una colaboración entre el ayuntamiento del municipio, la asociación Sèlvans, administraciones provinciales y de gestión de los espacios naturales y tres empresas patrocinadoras. El objetivo de esta figura, es la preservación y conservación del valor patrimonial, paisajístico y ecológico del bosque, buscando también fórmulas de implicación económica para su preservación. En el itinerario se realiza la actividad “baño de bosque”, que consiste en paseos guiados con beneficios en la salud y en el bienestar de las personas (Figura 27).



Figura 27. Cartel explicativo a la entrada del bosque terapéutico Serra d'Heures



## **5 Relación entre el ecosistema fontinal y sus servicios ecosistémicos**

Los servicios ecosistémicos surgen cuando una estructura, proceso o función del ecosistema, de una manera directa o indirecta, contribuye a alcanzar una necesidad humana (Daniel, 2012). Por tanto, y tal como se viene sugiriendo en los apartados anteriores, las relaciones entre los procesos biofísicos y los servicios ecosistémicos son un elemento clave en el marco de la identificación y valoración de estos servicios (Brauman, 2015). El dilema que se plantea aquí es como construimos estas relaciones.

El enfoque realizado en el trabajo con el fin de dibujar la trayectoria entre el ecosistema y los servicios ecosistémicos, consiste en formular la hipótesis que un ecosistema específico, en este caso los ecosistemas fontinales, prestan unos determinados servicios.

### **5.1 Estructura, procesos y funciones del ecosistema fontinal**

Antes de examinar las relaciones entre el ecosistema y los servicios se realiza un paso previo, donde se definen las conexiones en el mismo ecosistema. Es decir, se establecen los vínculos entre la estructura y procesos del ecosistema fontinal y sus funciones. Para ello, los elementos que caracterizan el ecosistema se organizan en cuatro categorías de análisis (calidad y cantidad de agua, elemento abióticos integradores y elementos biótico). En la Tabla 21, que muestra esta organización con la misma codificación que la utilizada en la valoración de los indicadores, se observa que los elementos que se integran en una misma categoría presentan una relación inherente.

Sin embargo, los vínculos entre los elementos del ecosistema son complejos. Un elemento que pertenezca a una de las categorías, se relacionará con los elementos de su misma categoría a la vez que con otros atributos del ecosistema. Así, por ejemplo, las características relacionadas con la cantidad de agua, de forma natural se vinculan a la función de regulación del caudal del ecosistema, al mismo tiempo que interviene en otras funciones como el crecimiento de cultivos, y las funciones biológicas.

### **5.2 Ecosistema fontinal y servicios ecosistémicos**

En un segundo paso, se identifican las relaciones consideradas significativas entre el ecosistema fontinal y los servicios que provee. La identificación de las relaciones se lleva a cabo principalmente mediante una revisión bibliográfica. De este modo, y a

partir de las secciones de abastecimiento, regulación, mantenimiento y cultural definidas en CICES (Haines-Young, 2018), se dibujan los nexos entre los ecosistemas fontinales en los ámbitos de estudio y los servicios, obteniéndose una estructura característica de cada sección para su posterior análisis. A continuación, se describe cada una de estas estructuras que aparecen en las Figuras 28, 29 y 30, donde los elementos del ecosistema siguen la codificación que se ha estado utilizando en el estudio, y los servicios ecosistémicos la codificación según CICES (ver Tabla 2).

Tabla 21. Atributos del ecosistema que integran las categorías de análisis (elaboración propia)

Categorías de análisis	Estructura y procesos		Funciones
Calidad y Cantidad de agua	Calidad	E_4_Composición química de las aguas: nutrientes y otros compuestos P_5_Flujo de componentes químicos y nutrientes en el agua subterránea P_8_Eutrofización	F_1_Estabilidad físico -química del agua subterránea F_3_Depuración en el acuífero: Desnitrificación en el acuífero
	Cantidad	E_2_Disponibilidad de agua subterránea E_7_Explotación del acuífero P_1_Recarga P_2_Almacenamiento y flujo de agua subterránea P_3_Descarga P_4_Escorrentía	F_2_Regulación del caudal en el acuífero
Elemento abiótico integrador (*)	E_1_Acuífero E_10_Integridad del ecosistema E_5_Usos del suelo E_8_Hábitat P_7_Modificación del hábitat		F_8_Crecimiento de especies vegetales F_9_Naturalidad / diversidad del paisaje F_10_Rendimiento vegetativo F_11_Refugio de taxones sensibles y amenazados
Elemento biótico	E_9_Fauna y Flora P_9_Fotosíntesis		F_4_Polinización F_5_Cadena trófica F_6_Producción primaria F_7_Regulación de materia y energía entre sistemas

(\*) Elemento abiótico integrador: agrupa atributos de los ecosistemas relacionados con las categorías de cantidad y calidad del agua y elementos biológicos. Son los componentes químicos y físicos del medio que afectan a los organismos vivos y condicionan el funcionamiento del ecosistema.

### *Servicios de abastecimiento*

La Figura que explica las relaciones para los servicios de abastecimiento (Figura 28) muestra que la mayoría precisan del mantenimiento del régimen hídrico con cierta capacidad de regulación, y de una calidad del agua subterránea adecuada y característica de cada acuífero. Este es el caso del servicio de abastecimiento de agua potable de origen subterráneo (código CICES 4.2.2.1), que requiere de unos estándares de calidad exigentes, y de una cierta capacidad de almacenamiento y disponibilidad de agua en el acuífero. La calidad y cantidad del agua también se relaciona directamente con el servicio de cultivos de plantas y otros materiales, la cría de ganado y la caza (códigos CICES 1.1.1.1., 1.1.1.2., 1.1.3.1. y 1.1.6.1.).

En condiciones cercanas al régimen natural, el flujo y la calidad del agua subterránea que descarga en las fuentes son constantes, cualidad que demandan mucho de los servicios que proveen. Además, las aguas subterráneas suelen proporcionar agua de buena calidad a los ecosistemas asociados ya que poseen la capacidad de depurar algunos compuestos químicos (Griebler et al 2015). El paso del agua de recarga a través del suelo y la zona saturada interviene en la disolución de componentes inorgánicos (como el cloruro o nitratos) y orgánicos, además de su transformación.

Los usos del suelo y la naturalidad del paisaje también se vinculan con el servicio de abastecimiento de agua potable debido principalmente a la relación entre las características del área de recarga del acuífero y la disponibilidad de agua para abastecimiento (Brauman, 2015). Estas funciones, a su vez, participan en la producción de los cultivos. Por ejemplo, los elementos de vegetación perenne o seminatural entre campos de cultivos mejoran las funciones ecológicas que sustentan estos servicios (Elmqvist y Maltby, 2010).

Por último, y en relación a los elementos bióticos del ecosistema, el servicio ecosistémico de producción de productos agrícolas y producción de fibras (códigos CICES 1.1.1.1. y 1.1.1.2.) depende en gran manera de la actividad de los polinizadores (Elmqvist y Maltby, 2010).

### *Servicios de regulación y mantenimiento*

La estructura de las relaciones para estos servicios en las fuentes resulta diferente. Se evidencian un mayor número de vínculos entre elementos bióticos y los servicios de esta sección (Figura 29).

La capacidad de regulación hídrica mediante la infiltración, almacenamiento y flujo en el acuífero y descarga sostenida, se relaciona con el servicio de regulación del flujo del agua que descarga en las fuentes (código CICES 2.2.1.3.). De igual modo que con los servicios de abastecimiento, la Figura 29 muestra como las características del paisaje y especialmente el uso del suelo también están relacionados con este servicio, al proporcionar una capacidad de infiltración del agua de lluvia y de escorrentía (Manzano, 2010). Por otro lado, el servicio de biorremediación se relaciona con la capacidad de mejora de la calidad del agua en el acuífero debido a la acción de microorganismos (código 2.1.1.1).

Algunos servicios de este grupo, como la polinización y la dispersión de semillas (códigos CICES 2.2.2.1. y 2.2.2.2.), se producen a escala local mediante organismos móviles que se alimentan dentro o entre hábitats. Estos servicios, se relacionan a su vez con los usos del suelo (Kremen, 2007). La riqueza y abundancia de especies florales y lugares de nidificación, además de una buena conservación del hábitat con grados de fragmentación bajos están relacionados a la provisión de estos servicios (Elmqvist y Maltby, 2010). El paisaje, a su vez, crea las condiciones bióticas y abióticas con las que interacciona los organismos móviles y que resultaran en el suministro de estos servicios.

Las fuentes representan ecotonos que unen por una parte ecosistemas terrestres y acuáticos, por otra el acuífero con las aguas superficiales, y por último la fuente o surgencia con la cabecera o el nacimiento del río. Esta característica se relaciona con el servicio de mantenimiento de poblaciones vivero y hábitats (código CICES 2.2.2.3.). A esta particularidad, se le une el hecho de estar formada por diferentes microhábitats estructurados en mosaico que favorecen la diversidad y abundancia de especies (Cantonati et al, 2006 y 2012). Estas características se mantienen debido a unas determinadas condiciones hidráulicas que proporciona el acuífero, además de una estabilidad en la composición físico-química del agua que descarga en la fuente, uniendo también de esta manera los factores físicos y biológicos del ecosistema. Las fuentes además se caracterizan por un acusado aislamiento geográfico, que permite la

presencia de especies específicas y endémicas de estos hábitats, algunas de ellas amenazadas o en riesgo de desaparición.

### *Servicios culturales*

Los servicios culturales, como el resto de servicios, deben demostrar una relación significativa entre las estructuras de los ecosistemas y las funciones especificadas en el ámbito biofísico y la satisfacción de las necesidades humanas (Daniel, 2012). De hecho, existen numerosas situaciones donde la cultura interacciona con la naturaleza, aunque en la práctica, y quizás porque las relaciones que se establecen no son materiales, es difícil definir relaciones concretas entre ambas.

Para este grupo de servicios, existe una estrecha relación con los elementos del paisaje. Este aspecto es evidente en servicios que dan lugar actividades recreativas, en los que podemos relacionar el bosque, una fuente o un elemento geológico con el disfrute del servicio (código CICES 6.1.1.1.,3.1.1.X.). En estos casos se puede además asociar los servicios culturales con el disfrute y apreciación de la diversidad (TEEB, 2010). Además, y en relación a estos servicios, las manifestaciones de aguas subterráneas son ejemplos magníficos para desarrollar aspectos de educación ambiental relacionados con el ciclo hidrológico y el funcionamiento del acuífero.

Los paisajes vinculados a los manantiales y las características del funcionamiento del acuífero asociado también se relacionan con el resto de servicios culturales. Los ecosistemas fontinales despiertan el interés científico sobre el funcionamiento del acuífero y las características bióticas de los ecosistemas dependientes, además de estimular la inspiración artística (código CICES 6.1.2.1.,3.1.2.X.). También aspectos relacionados con valores espirituales, como las existencias de leyendas o creencias, o incluso el placer estético (código CICES 6.1.2.1.,3.2.1.X.) y bienestar se vinculan a estas funciones del ecosistema (Manzano, 2010) (códigos CICES 6.1.2.1.,3.2.2.X.)

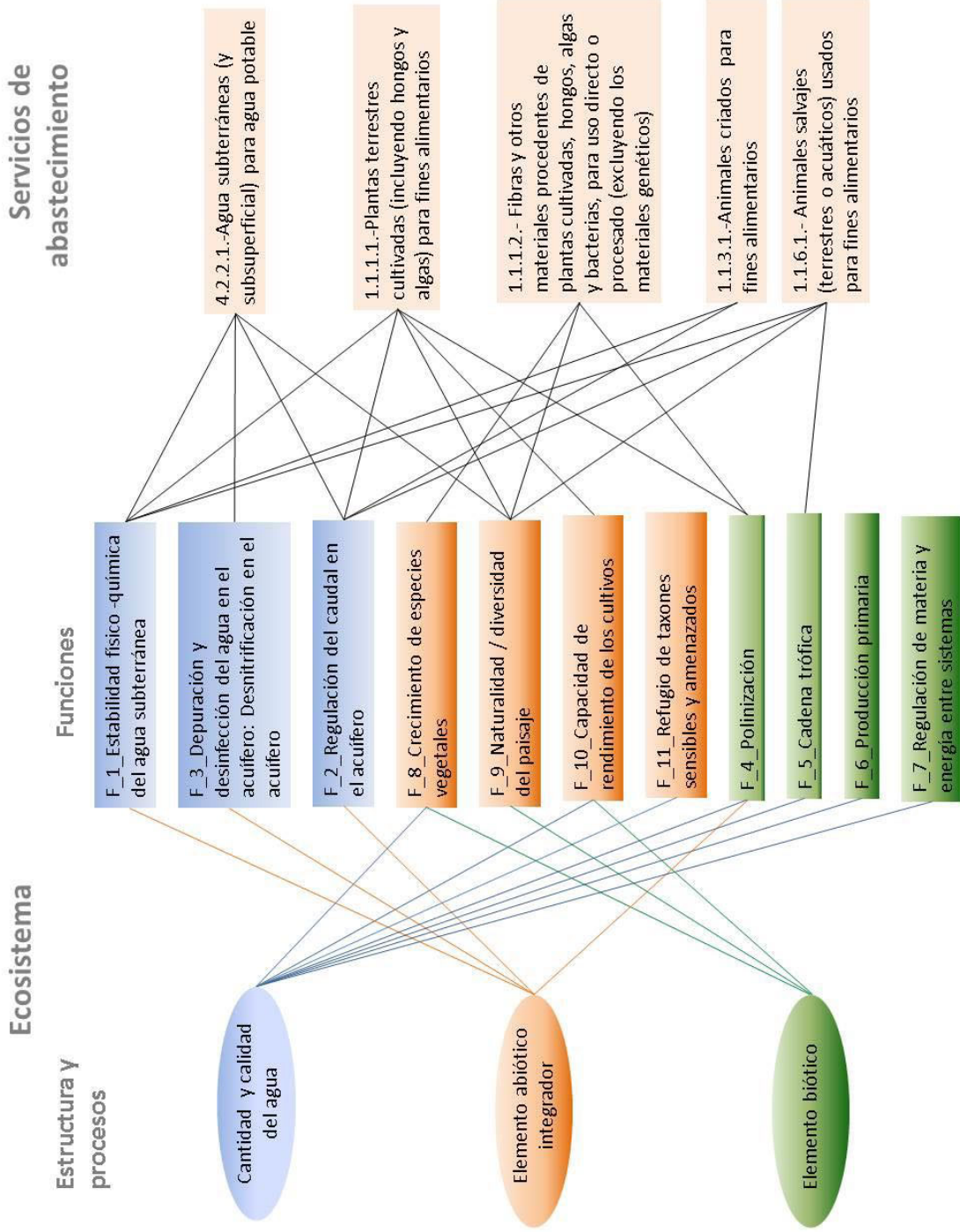


Figura 28. Relaciones entre la estructura, procesos y funciones del ecosistema fontinal con los servicios de abastecimiento (elaboración propia)

**Servicios de regulación y mantenimiento**

**Ecosistema**

**Estructura y procesos**

**Funciones**

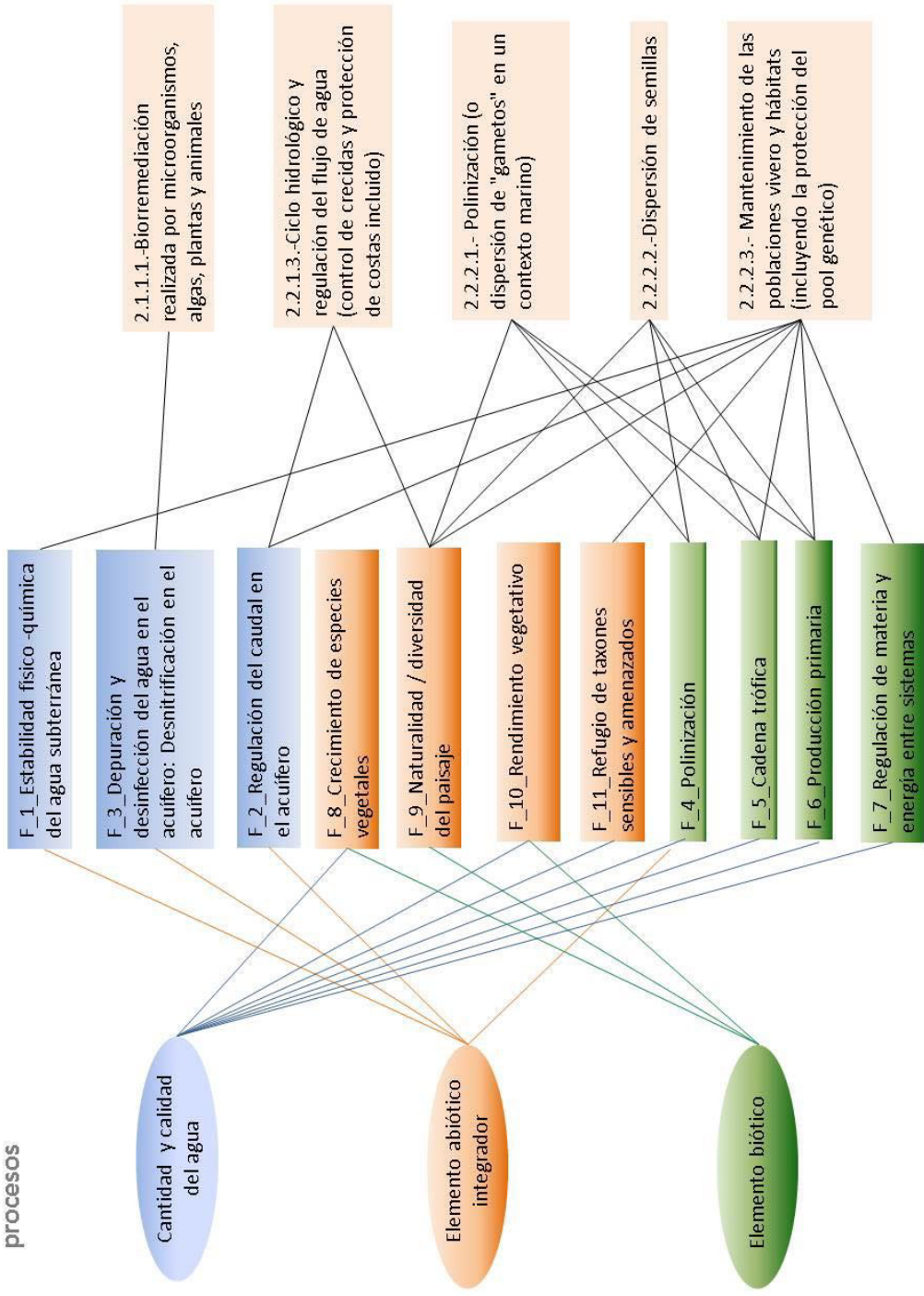


Figura 29. Relaciones entre la estructura, procesos y funciones del ecosistema fontinal con los servicios de regulación y mantenimiento (elaboración propia)

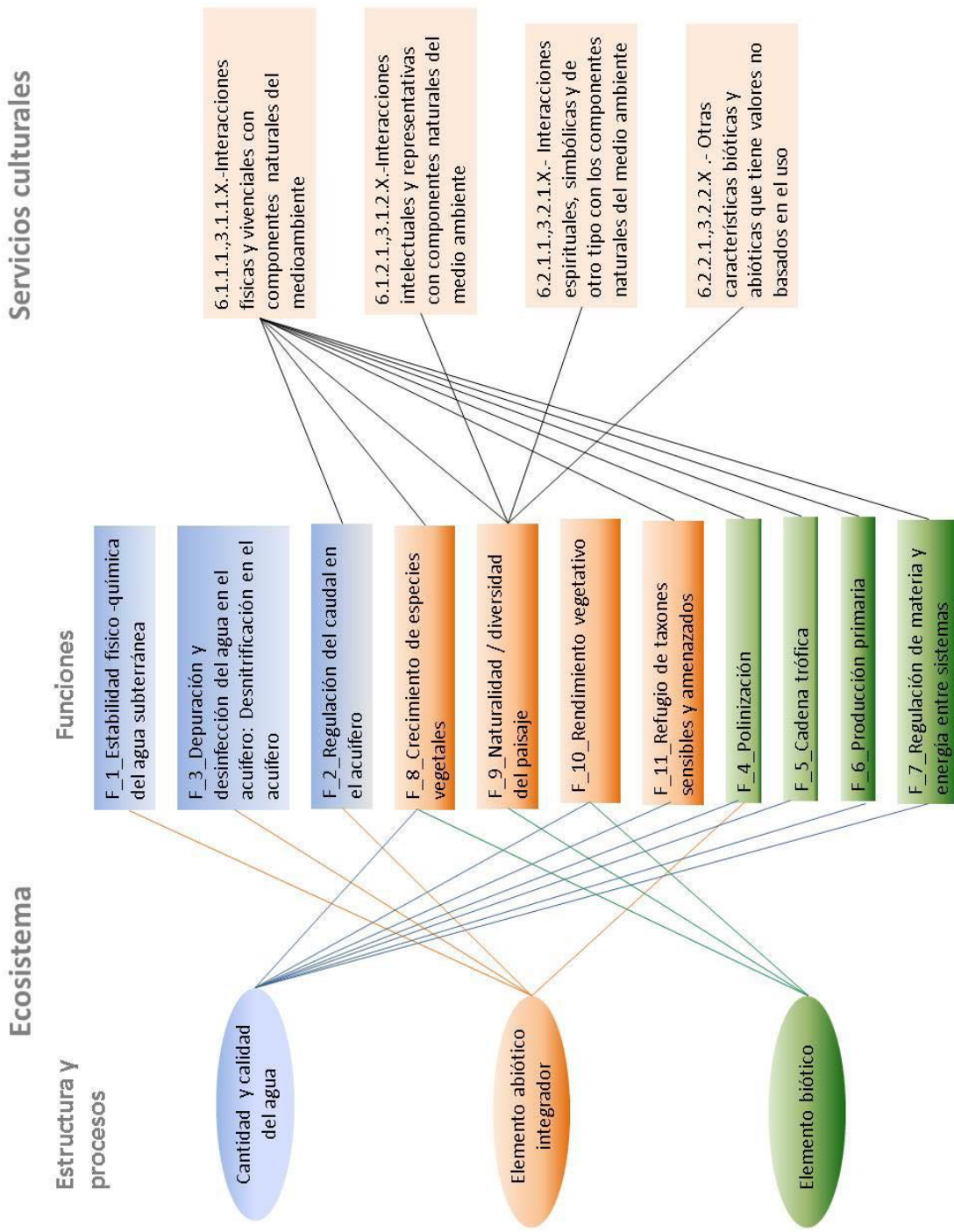


Figura 30. Relaciones entre la estructura, procesos y funciones del ecosistema fontinal con los servicios culturales (elaboración propia)



## 6 Los servicios ecosistémicos fontinales en la gestión del agua

La estructura de los servicios ecosistémicos es una herramienta que puede encajar dentro en un marco más amplio de gestión de cuencas fluviales. La metodología permite reconocer las múltiples funciones de los ecosistemas y los múltiples beneficios que las personas reciben de la naturaleza, justificando de esta manera los costos en su protección y mejora (Grizzetti, 2016). Además, unos de los puntos fuertes de la metodología se basan en la buena capacidad para visualizar y comunicar estos beneficios y recibir a su vez los intereses de las partes implicadas (Brauman, 2013).

Sin embargo, la falta de acuerdos en cómo abordar la cuantificación y valoración de los servicios ecosistémicos ha dificultado hasta ahora su aplicación en la gestión del agua (Griebler, 2015; y Grizzetti, 2016).

La adopción de la DMA comprometió a los Estados miembros europeos con el objetivo de proteger y restaurar los ecosistemas y alcanzar el buen estado de todas las masas de agua en el 2015. No obstante, los resultados del segundo ciclo de los planes de gestión de las cuencas hidrográficas muestran que las aguas en Europa siguen bajo diversas presiones que afectan el funcionamiento de los ecosistemas, contribuyen a la pérdida de biodiversidad y amenazan la prestación en un futuro de los servicios ecosistémicos (EEA, 2018). Las dificultades en la aplicación de la Directiva se han atribuido a una visión simplificada de la misma, con algunos planes de gestión dirigidos a los síntomas más que a las causas que originan la degradación de los ecosistemas (Voulvoulis, 2017).

Asegurar la implantación de una gestión integral y sostenible del agua, que promueva un enfoque holístico, es uno de los principales retos actuales de las políticas ambientales europeas, y que quedan recogidos en el Programa en materia de medio ambiente hasta el 2020 (Decisión No 1386/2013/UE del Parlamento europeo y del Consejo de 20 de noviembre de 2013) y en la consecución de la nueva Estrategia Europea sobre la Biodiversidad para 2020 (COM(2011) 244 final de 3 de mayo de 2011).

En este punto hay que indicar que las fuentes no están incluidas en la DMA, lo que hace especialmente difícil su protección (Biggs, 2017), aunque se tienen en cuenta de forma implícita como uno de los ecosistemas terrestres dependientes del agua subterránea. Uno de los objetivos ambientales que se incluye en el artículo 4 de la DMA, establece el buen estado de las aguas subterráneas. Los ecosistemas terrestres que dependen

directamente de las aguas subterráneas pueden afectar el estado de la masa de agua cuando ésta sea la causa del deterioro de estos ecosistemas. Los documentos técnicos que acompañan la implementación de la DMA, incluyen las fuentes como una de las situaciones donde el agua subterránea es esencial para el mantenimiento de los ecosistemas terrestres dependientes (Shutten, 2011). En consecuencia, la valoración cuantitativa y cualitativa de las masas de agua subterráneas deberán tener en cuenta las fuentes que se consideren ecosistemas dependientes de las aguas subterráneas. También, en el marco de la Directiva de Hábitats, algunos tipos de fuentes están protegidos debido a la presencia de musgos y diversas especies de interés ambiental o hábitats singulares fruto de depósitos de carbonato cálcico (Biggs, 2017).

El enfoque de los servicios ecosistémicos, puede ofrecer formas de mejorar la coordinación entre las políticas relacionadas con la protección de las aguas, y en especial para la correcta evaluación del estado de las masas de agua subterráneas en relación a su directa conexión con los ecosistemas acuáticos dependientes y las medidas correctoras necesarias para preservar o conseguir el buen estado de éstas. Además, este marco se puede utilizar para evaluar los múltiples beneficios que ofrecen las masas de agua en buen estado y apuntar las sinergias y compensaciones que aparecen en la gestión del agua y en las políticas ambientales relacionadas (EEA, 2018).

## **6.1 Evaluación del ecosistema fontinal y sus servicios**

La red de indicadores descrita en la sección 4, permite valorar el estado o la evolución de los diferentes elementos del ecosistema fontinal y de determinados servicios. El resultado de esta evaluación junto con las relaciones dibujadas entre los elementos del ecosistema y sus servicios de la sección 5, proporcionará información necesaria para orientar la gestión del ecosistema hacia su conservación y mejora. Se debe tener en cuenta en la evaluación, que la información utilizada es variable, proviene de diferentes fuentes y presenta grados de representación diversos.

Con el objetivo de conseguir una visión conjunta de las condiciones y tendencias de los elementos del ecosistema fontinal y sus servicios, el comportamiento de cada uno de los indicadores, se traduce en una valoración cualitativa sintética con el siguiente código de colores y formas (Tablas 22 y 23):

- ■ Cuadrado verde, cuando el estado o la evolución del indicador se considera bueno teniendo en cuenta el servicio que valora
- ■ Cuadrado rojo, cuando el estado o la evolución del indicador se considera malo teniendo en cuenta el servicio que valora
- ■ Cuadrado amarillo, cuando el indicador no proporciona información suficiente para su valoración
- ✕ Cruz gris, cuando el indicador de un determinado elemento no se ha podido evaluar por falta de datos, pero interviene en el suministro del servicio.

Además, en el caso de valorar tendencias, su dirección (ascendente, descendente o neutra) también se ha incluido en el cuadro de valoración. Los resultados se han representado para los dos ámbitos estudiados: Sant Hilari Sacalm (“SH” en la Tabla) y Sant Joan les Font (“SJ” en la Tabla).

En el anexo 2 del documento se detalla la metodología utilizada para pasar de la definición y valoración de los indicadores a su categorización final, utilizando el código de colores antes mencionado.

Esta forma de representación integra la valoración de los indicadores y las relaciones entre el ecosistema y sus servicios, de modo que las categorías de valoración se muestran solo si se ha definido la relación entre el elemento del ecosistema y el servicio ecosistémico (ver Figuras 28, 29, y 30). La representación permite además observar los múltiples servicios que ofrece el ecosistema y las interrelaciones que se producen entre ellos y los ecosistemas fontinales. Conviene aclarar que la valoración de un determinado indicador puede ser diferente atendiendo al servicio ecosistémico que se esté analizando. Esta representación se ha podido realizar únicamente para los servicios de abastecimiento y los de regulación y mantenimiento, pero no para los culturales debido a la dificultad que presenta la valoración de los mismos.

### *Servicios de abastecimiento*

Los servicios de abastecimiento (Tabla 22) se muestran muy dependientes de las condiciones hidrológicas del territorio, es decir, de los elementos del ecosistema relacionados con la calidad y cantidad del agua. El mantenimiento de estos servicios

dependerá por una parte del equilibrio del balance de agua subterránea en los sistemas que descargan en los manantiales y del mantenimiento de su calidad.

Los indicadores de calidad de las aguas, ligados al suministro de cuatro servicios de abastecimiento, muestran problemas debido principalmente a las concentraciones elevadas de nitratos. Estas observaciones se corresponden con la valoración de la calidad de las masas de aguas subterráneas que incluyen los ámbitos de estudio y realizada según los requerimientos de la DMA (ver Tabla 11). A su vez, el indicador de evolución de este parámetro y que proviene del modelo matemático, nos avisa de una ligera tendencia al aumento de la concentración de nitrato en las aguas subterráneas del ámbito de Sant Hilari Sacalm. Aunque las concentraciones que indica el modelo sean bajas (por debajo de 10 mg/L), su evolución se debería controlar mediante el monitoreo de fuentes con el fin de proteger la calidad del agua.

Todos los servicios de abastecimiento se relacionan con los indicadores de la categoría de cantidad de agua. Parte de estos indicadores muestran una evolución reciente de la disponibilidad del agua mediante las medidas del nivel piezómetro del acuífero, el cálculo de los índices de explotación, o medidas de aforo en río (ver Figuras 7 a 10, y 16 y 17). Otros indicadores, que provienen de modelos matemáticos como la evolución de la descarga en el acuífero, muestran una evolución histórica del recurso. En el ámbito de Sant Joan les Fonts, el conjunto de indicadores relacionados con la cantidad de agua muestra tendencia a la disminución en la disponibilidad de agua que no se corresponde con la valoración cuantitativa realizada en el marco de los Planes de Gestión y que valoran la masa de agua subterránea (Masa de agua 9 –Fluvio-volcànic de la Garrotxa) en buen estado cuantitativo (ACA, 2016). Los valores de recarga disminuyen en los dos sectores siguiendo las evidencias científicas de alteración del clima en el sentido de un aumento general de la temperatura media global. La disminución de la recarga en los acuíferos sería la consecuencia de la disminución en las precipitaciones, del aumento de la evapotranspiración y una mayor frecuencia de episodios de lluvia intensos (Andreu, 2019). Por último, la tendencia al aumento del indicador de extracción de agua municipal utilizado para valorar el servicio de agua subterránea para uso de boca (ver Figura 20), pone de manifiesto un riesgo añadido al mantenimiento de los servicios de abastecimiento en el ámbito de Sant Hilari Sacalm.

La Tabla construida para los servicios de abastecimiento muestra también la influencia de los elementos abióticos relacionados con los usos del suelo, su cobertura y la ordenación del territorio, en la provisión de estos servicios. Así, se debe considerar la sustitución de los paisajes naturales por zonas de cultivo en Sant Joan les Fonts (ver Figura 14), o la evidencia (aunque el indicador no se ha podido valorar) de porcentajes significativos de terrenos dedicados a la silvicultura donde se ha desplazado la vegetación natural en Sant Hilari Sacalm (Solà, 2008).

En la franja de valoración de los elementos abióticos integradores, se observa el trade-off (o compromiso) que ofrece el indicador de los usos del territorio. El aumento de la superficie agraria del municipio (ver Figura 20) favorece el servicio de cultivos de plantas para la alimentación, pero pone en riesgo el resto de servicios de abastecimiento, en particular el de agua para uso de boca en el ámbito de Sant Joan les Fonts donde existen fuentes utilizadas para suministrar este uso. Lo mismo sucede con la tendencia de las explotaciones ganaderas positivas para el sector económico, pero no para mantener la calidad del agua en las fuentes (ver Figura 22).

Tabla 22. Evaluación de los elementos del ecosistema y los servicios ecosistémicos de abastecimiento, escogidos de acuerdo a la clasificación CICES (elaboración propia)

	ELEMENTO DEL ECOSISTEMA	INDICADOR		111C.Cultivo para alimentación		1112.Fibras y otros materiales		113A.mineral para alimentación		116A.mineral para alimentación			
		SH	SJ	SH	SJ	SH	SJ	SH	SJ	SH	SJ		
Calidad	E_4_Composición química de las aguas	Estado masas de agua	█										
		Evolución Nitratos acuífero		█								█	
		Evolución Nitratos ríos		█								█	
		Balace de nitrógeno		█								█	
	P_5_Flujo de componentes químicos y nutrientes	P_8_Eutrofización											
		F_1_Estabilidad físico-química del agua subterránea											
		F_3_Depuración del agua en el acuífero		█									
		E_2_Disponibilidad / reserva de agua											
Cantidad	E_7_Explotación del acuífero	Elementos mayoritarios del acuífero											
		Indicadores desnutricación en el acuífero											
		Evolución del nivel piezométrico										█	
		Balace del sistema acuífero										█	
	P_1_Recarga	Indice de explotación del acuífero										█	
		Evolución de la recarga del agua de lluvia		█								█	
		Evolución del nivel piezométrico										█	
		Evolución del nivel piezométrico										█	
P_2_Almacenamiento y flujo de agua subterránea	Hidrogramas de estaciones aforo										█		
	F_2_Regulación del caudal en el acuífero										█		
	E_1_Acuífero										█		
	E_10_Integridad del ecosistema										█		
Elemento abiótico	F_11_Refugio de taxones sensibles y amenazados	Asignación del índice DRASTIC											
		Asignación a las figuras de protección ambiental											
		Evolución de la superficie agraria útil										█	
		Valoración de hábitats de interés comunitario										█	
		Cambios en la cobertura del ecosistema										█	
		Indice de biomasa										█	
		Indicador de naturalidad y diversidad paisajística										█	
		Evolución de la producción agraria										█	
		Presencia de especies con protección especial										█	
		Asignación de áreas de interés faunístico y florístico										█	
		Especies Invasoras										█	
Elemento biótico	P_9_Fotosíntesis	Abundancia y distribución de especies seleccionadas											
		Elementos de calidad biológica											
		Indices FAPR, NDVI o LAI											
		Presencia / ausencia de hábitats										█	
		Actividad apícola										█	
		Estado trófico										█	
		Producción primaria neta										█	
<b>VALORACION DEL SERVICIO ECOSISTEMICO</b>													
	Diferentes indicadores para cada SE	█											

Tabla 23. Evaluación de los elementos del ecosistema y los servicios ecosistémicos de regulación y mantenimiento, escogidos de acuerdo a la clasificación CICES (elaboración propia)

	ELEMENTO DEL ECOSISTEMA	INDICADOR		2111.Biorre- mediación		2213.Ciclo hidrológico y regulación		2221.Poliniza- ción		2222.Bsper- sión de semillas		2223.Mainten- imiento de hábitats	
		SH	SJ	SH	SJ	SH	SJ	SH	SJ	SH	SJ	SH	SJ
Calidad	E_4_Composición química de las aguas												
	P_5_Flujo de componentes químicos y nutrientes												
	P_8_Eutrofización												
	F_1_Estabilidad físico-química del agua subterránea												
	F_3_Depuración del agua en el acuífero												
	E_2_Disponibilidad / reserva de agua												
	E_7_Explotación del acuífero												
Cantidad	P_1_Recarga												
	P_2_Almacenamiento y flujo de agua subterránea												
	P_3_Descarga												
	P_4_Esorrentía												
	F_2_Regulación del caudal en el acuífero												
	E_1_Acuifero												
	E_10_Integridad del ecosistema												
Elemento abiótico	E_5_Usos del suelo												
	E_8_Habitat												
	P_7_Modificación del habitat												
	F_8_Crecimiento de especies vegetales												
	F_9_Naturalidad / diversidad del paisaje												
	F_10_Rendimiento vegetativo												
	F_11_Refugio de taxones sensibles y amenazados												
	E_9_Fauna y Flora												
	P_9_Fotosíntesis												
	F_4_Polinización												
	F_5_Cadena trófica												
F_6_Producción primaria													
F_7_Regulación de materia y energía entre sistemas													
<b>VALORACION DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO</b>													
	Diferentes indicadores para cada SE												

### *Servicios de mantenimiento y regulación*

La categorización de los indicadores para los servicios de mantenimiento y regulación (Tabla 23) muestran también que una disminución en la disponibilidad del recurso compromete al servicio de mantenimiento de poblaciones y hábitats de los ecosistemas fontinales, que necesitan un régimen de descarga y con patrón estacional característico para el mantenimiento de la flora y fauna y para regular el caudal de descarga. Al mismo tiempo, el mantenimiento de este servicio requiere de una calidad del agua estable y característica del sistema hidrogeológico y sin elementos que indiquen contaminación. En este sentido, la atención se debe dirigir a la disminución del recurso que se observa especialmente en el ámbito de Sant Joan les Fonts y las concentraciones elevadas en nitratos en el acuífero y que se han comentado en el apartado anterior.

En la Tabla también se observa que la pérdida o el deterioro de determinados hábitats y los cambios en el uso del suelo también influyen en la mayoría de los servicios ecosistémicos de mantenimiento y regulación definidos. Estos cambios podrían traducirse en una pérdida de la biodiversidad de los ecosistemas ya que afectan a la composición de la flora y la fauna a escala local. En los ámbitos de estudio, el aumento de la superficie dedicada a la agricultura en Sant Joan les Fonts, la valoración de los hábitats de Sant Hilari Sacalm y Sant Joan les Fonts y una representación reducida de figuras de protección ambiental en Sant Hilari Sacalm podrían comprometer el suministro de estos servicios.

Otro rasgo que muestra la Tabla 23 es la relación entre los elementos bióticos y la coexistencia de los servicios de polinización, dispersión de semillas y mantenimiento de las poblaciones y hábitats. El ciclo de vida de cualquier especie depende de la interacción con los elementos abióticos y de la interdependencia con otras especies. (Elmqvist y Maltby, 2010). La pérdida de biodiversidad dará lugar a la pérdida de funciones del ecosistema, que a su vez conlleva la pérdida o degradación de estos servicios ecosistémicos. Aunque no se han podido valorar muchos de los indicadores de los elementos bióticos, la consideración anterior es especialmente importante en ecosistemas fontinales ya que exhiben una biodiversidad particularmente elevada en relación a la superficie que ocupan. Entre los elementos bióticos, sí que se ha podido trabajar el indicador para especies invasoras, que evidencia una situación de riesgo en Sant Hilari Sacalm (ver Tabla 16).



### *Servicios culturales*

Como se ha comentado anteriormente, en cuanto a los servicios culturales y en el marco del trabajo, se ha podido llegar a su identificación, pero no a su valoración. A través de los indicadores escogidos se evidencia la existencia de estos servicios, y su significación en la contribución del bienestar humano. Sin embargo, la ausencia de una metodología específica que trate este tipo de datos, ha impedido su traducción en categorías de valoración.

En esta categoría, el servicio no representa a un fenómeno en concreto, sino más bien el resultado de relaciones complejas y dinámicas entre los ecosistemas y los seres humanos (Plieninger, 2013). Además, a menudo estos servicios se han clasificado como “intangibles” o “subjetivos” lo que ha dificultado su valoración (Daniel, 2012). En muchas ocasiones la valoración se construye en base a percepciones individuales que requieren la implicación de las partes interesadas (Hernández-Morcillo, 2013) y que no se ha podido desarrollar en este trabajo.

### *Propuesta de medidas*

Teniendo en cuenta las consideraciones en la valoración de los servicios, en una etapa posterior, habría que diseñar las medidas potenciales con el fin de prevenir o minimizar afecciones y proteger los ecosistemas fontinales. Utilizando el enfoque de los servicios ecosistémicos, se deberá optimizar los beneficios hacia la sociedad y evitar efectos no deseados que comprometan el ecosistema (Vlachopoulou, 2014). Así mismo, y dado que la propuesta de las medidas se debe llevar a cabo mediante la participación de los usuarios, es necesario una buena transferencia e intercambio de la información científica, técnica y cultural relacionada con las fuentes en cada uno de los ámbitos.

Se proponen cuatro grupos de medidas, la primera de las cuales estaría orientada a asegurar un cierto caudal de descarga y con una determinada calidad, a modo de caudal ecológico requerido para el mantenimiento del buen estado de los ecosistemas acuáticos asociados. No se debe perder de vista la estrecha relación que existe en los ecosistemas fontinales entre la calidad y la cantidad de agua. A la vez, y si es posible, definir unos objetivos consensuados con los usuarios respecto al flujo de descarga de los manantiales y su calidad para asegurar el mantenimiento de los servicios definidos. Para ello sería necesario estudios de detalles de balance hídrico de los acuíferos. Teniendo en cuenta los resultados de las valoraciones, también se deben priorizar medidas de control y

valoración del estado cuantitativo del acuífero en el ámbito de Sant Hilari Sacalm, y del estado cuantitativo y cualitativo en Sant Joan les Fonts. El uso de modelos de flujo y concentración de nitratos con la definición de diferentes escenarios serían buenas herramientas para abordar la complejidad de las interacciones que conducen a la producción de los servicios.

En un segundo grupo, se debería tener en cuenta medidas de conservación de los usos del suelo y que promuevan ciertas prácticas que ayuden a la protección del ecosistema. Sería el caso en la zona de Sant Joan les Fonts, por ejemplo, de medidas de protección del área de recarga de las fuentes, en especial en los acuíferos libres donde se llevan a cabo actividades agrícolas, o medidas de preservación de espacios naturales. También, promover una fertilización de cultivos y actividad ganadera sostenible para el conjunto del ecosistema. En Sant Hilari, la protección de los paisajes naturales, mayoritarios en este ámbito, se considera esencial para la preservación de los ecosistemas fontinales.

En un tercer grupo se propone la mejora en el conocimiento de los ecosistemas fontinales en aspectos básicos que expliquen su estructura y funciones. Ya se ha comentado la necesidad de realizar un balance hídrico, pero también sería necesario estudios geoquímicos de los manantiales, además de la caracterización hidromorfológica y de diversidad de especies que ayuden a definir su riqueza en relación patrimonio genético (Biggs, 2017).

En cuarto lugar, se proponen medidas que promuevan la implicación de la ciudadanía en la conservación del territorio. En este grupo se incluiría el fomento de la educación ambiental y de los aspectos culturales relacionados con las fuentes, así como proyectos de ciencia ciudadana, que implica la participación de la sociedad en proyectos científicos. Existen ejemplos exitosos, donde se han llevado a cabo proyectos de monitoreo por actores locales en servicios ecosistémico que son relevantes desde un punto de vista local (Balvanera, 2017), como es el caso de los ámbitos del estudio.

Las medidas propuestas deberán estar en coherencia con otras políticas que acompañan a la DMA que aplican en el contexto de los ámbitos de estudio. En particular, son de especial consideración la Directiva de Nitratos (Directiva 91/676/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1991), la Directiva de gestión de Inundaciones (Directiva 2007/60 CE, de 23 de octubre de 2007), y la Directiva de Hábitats (Directiva 92/43/CEE del Consejo de 21 de mayo de 1992).

## **6.2 El papel de la participación pública en el marco de los servicios ecosistémicos**

Aunque no se ha podido desarrollar en el marco del estudio, la ejecución de un proyecto de servicios ecosistémicos requiere y sobre todo se enriquece mediante la inclusión de procesos de consulta de las partes interesadas.

El examen del ecosistema junto a los actores permite la identificación de servicios claves y reconocidos para la sociedad, así como la utilización de los indicadores que sean más significativos para ellos (Brauman, 2013). La pregunta sobre cuál de los servicios identificados es más importante que los demás, depende en gran medida de las necesidades y puntos de vista de las partes interesadas. Esta idea toma especial relevancia en el caso de presentarse trade-offs entre los servicios ecosistémicos. En este caso, la participación pública es necesaria para definir la percepción y las preferencias de las partes interesadas y consensuar las estrategias de futuro de forma que impacten lo menos posible en el bienestar de la comunidad.

En el proceso de valoración realizado, los gráficos de relaciones que se presentan en la sección 5 y las Tablas de valoración de los indicadores de esta sección, representarían instrumentos de comunicación en un proceso de consulta: Estos instrumentos, evidencian las relaciones entre el ecosistema y sus servicios y su valoración de una forma sintética. También, este marco de trabajo expone de una forma clara las sinergias y compensaciones entre servicios, facilitando su comunicación y gestión. Así, las partes interesadas pueden analizar los conflictos que se presentan y comunicar su percepción y preferencias, generando el conocimiento que permite establecer las opciones de gestión para resolverlos (Constanza, 2017).

Los actores principales también deben comprometerse en la formulación y puesta en marcha de las decisiones relacionadas con la gestión (Constanza, 2017). En una fase avanzada, los resultados de las valoraciones se deberían alimentar con las prioridades de locales para diseñar una propuesta de medidas.

Pasando al ámbito concreto de la DMA, se ha ido constatando la necesidad de demostrar y comunicar mejor los beneficios de la implementación de la DMA y el impacto que puede tener en la sociedad. LA DMA ha elaborado un argot propio que dificulta la comunicación ente gestores y actores. El marco de los servicios

ecosistémicos podría ofrecer un lenguaje más sencillo para comunicar la posición y los intereses de los actores (Vlachopoulou, 2014).

## 7 Conclusiones

Este trabajo planteaba como objetivo general la aplicación de la metodología de valoración biofísica de servicios ecosistémicos en fuentes de los ámbitos de Sant Hilari Sacalm y de Sant Joan les Fonts.

Para llevar a cabo el objetivo general, se ha escogido el modelo conceptual en “cascada” que ha proporcionado un marco de referencia para la aplicación de la metodología de valoración de los servicios ecosistémicos. Este modelo incluye las estructuras, procesos y funciones del ecosistema que suministran los servicios a la sociedad. El desarrollo de trabajo ha demostrado que este marco de análisis ha sido útil en la valoración los servicios ecosistémicos y en la propuesta de una serie de medidas de gestión destinadas a la protección y mejora de los ecosistemas.

Para seleccionar las categorías de servicios ecosistémicos en las fuentes se ha utilizado la metodología CICES versión 5.1. La organización de las categorías de los servicios (abastecimiento, regulación y mantenimiento, y cultural) en un sistema jerarquizado, ha permitido llegar, para cada tipología, a diferentes niveles de especificidad, adaptándose de este modo a las características de los ecosistemas fontinales. Así, la clasificación de los servicios abastecimiento y regulación ha alcanzado el máximo detalle en la organización. No ha sucedido lo mismo para los servicios culturales, cuya clasificación resulta particularmente compleja y ambigua, y ha llegado a un menor nivel de detalle.

En la aplicación de la metodología se han identificado tres puntos clave que han permitido su desarrollo y posterior aplicación a la gestión mediante propuesta de medidas.

El primero de ellos ha sido la elaboración de un marco de indicadores que cuantifican, categorizan, o valoran los cambios a lo largo del tiempo de los elementos del ecosistema y los servicios. El marco definido de indicadores, que incluye características relacionadas con la estructura, procesos y funciones del ecosistema, de carácter biótico y abiótico, además de indicadores específicos de servicios, ha puesto de manifiesto requerimientos de información y especialización de diversas áreas de conocimiento. En consecuencia, y en el marco del trabajo, se han podido analizar tan sólo un cierto número de indicadores, con representación y grado de detalle diverso. Por otra parte, el uso combinado de indicadores relacionados con la estructura, función del ecosistema y

servicios ecosistémicos ha permitido una valoración global del ecosistema y sus servicios. Cada uno de los indicadores ha aportado información sobre un elemento, complementándose con los demás y contribuyendo así a la valoración integral. En relación a la tipología de servicios ecosistémicos, los indicadores propuestos han podido describir los servicios culturales, identificando su relevancia en el marco de los ecosistemas fontinales. Sin embargo, la mayoría de los indicadores de esta categoría no permiten realizar una valoración biofísica, de manera que su evaluación debería finalmente considerarse en un futuro proceso de participación ciudadana.

Un segundo punto importante en el desarrollo de este trabajo, ha residido en el establecimiento de las relaciones entre los elementos del ecosistema y los servicios que conectan con el bienestar de la sociedad. Las conexiones entre los elementos de ecosistema (que vinculan por una parte la estructura y procesos que ocurren en el ecosistema fontinal con las funciones) y los servicios se muestran complejas y con estructuras diferentes para cada tipología de servicio. Así, los servicios de abastecimiento han mostrado relaciones relevantes con los elementos de cantidad y calidad del agua del acuífero, mientras que los servicios de mantenimiento y regulación, evidencian relaciones consistentes con los elementos bióticos del ecosistema. Por último, la estructura de los servicios culturales, indica vinculaciones evidentes con los elementos del paisaje, característica que también se muestra fuerte en los servicios anteriores. Esta complejidad en las relaciones, en definitiva, sería el reflejo de un hábitat complejo y rico en biodiversidad, y su interacción con el territorio.

Y, por último, se ha puesto de manifiesto, aunque no se ha podido llevar a cabo, la necesidad de implicación de las partes interesadas en el futuro desarrollo de la aplicación del marco conceptual.

El trabajo desarrollado ha permitido además hacer énfasis en la singularidad de los ecosistemas fontinales como ecotonos que relacionan el acuífero que alimenta la fuente, incluyendo su área de recarga, con los sistemas de aguas superficiales, en enclaves de una gran importancia desde el punto de vista de la biodiversidad y riqueza cultural. En este sentido, también se evidencia la necesidad de abordar el conocimiento del ecosistema fontinal teniendo en cuenta este carácter dual y por tanto integrando el acuífero con los componentes relacionados con el hábitat y biodiversidad.

Tomando como punto de partida el trabajo realizado con los indicadores, e integrando las relaciones entre el ecosistema y los servicios, ha concluido en la representación de la evaluación de los elementos del ecosistema y sus servicios (ver Tablas 22 y 23). La representación escogida, además de dar respuesta sencilla a la valoración de los servicios, muestra de forma comprensible las sinergias y trade-offs que surgen entre los servicios que suministra el ecosistema. A su vez, el marco de análisis ha permitido determinar hacia donde se deben dirigir las medidas y los beneficios múltiples de cada una de las medidas que se han propuesto para preservar el ecosistema y asegurar el mantenimiento de los servicios ecosistémicos.

En el caso concreto de aplicación de la metodología para los ámbitos de Sant Hilari Sacalm y Sant Joan les Fonts, la evaluación ha mostrado que se debe tomar especial atención a las medidas orientadas a la protección de la cantidad y calidad del agua de descarga de los acuíferos. Otro grupo de medidas, y teniendo en cuenta la importancia de la integridad del territorio, estaría orientada a mantener los paisajes naturales y realizar una gestión óptima de las parcelas agrarias. Por último, y sin pasar por alto la mejora en el conocimiento de los ecosistemas fontinales, se ha propuesto medidas que incentiven la participación ciudadana y que integren aspectos científicos técnicos, culturales y en la toma de decisiones.

La aplicación del marco conceptual en cascada de los servicios ecosistémicos realizado en este trabajo en la aplicación concreta para ecosistemas fontinales, ha permitido visualizar de forma clara las múltiples funciones que proporciona el ecosistema y los múltiples servicios que la sociedad recibe. La valoración de los servicios ofrece también la oportunidad de realizar un enfoque integral de estudio del ecosistema, donde además debe tener cabida la coordinación de las políticas relacionadas con el agua y la necesaria vinculación y de la ciudadanía la totalidad del proceso.

Este trabajo establece las bases metodológicas para su posterior implantación a gran escala en el análisis del estado de las masas de agua subterráneas y su relación con los ecosistemas acuáticos dependientes y terrestres asociados. La correcta valoración de los servicios ecosistémicos proporcionados por surgencias y sistemas fontinales, con respecto a masas de agua subterránea en buen estado cuantitativo, permiten la correcta valoración de las medidas necesarias para su preservación o mejora. Este es un ejemplo a tener en cuenta en los futuros planes de gestión de los Distritos de cuenca fluvial de

acuerdo con los requerimientos de la DMA para la correcta gestión del ciclo integral del agua.



## Bibliografía

- ACA (2016.) Plan de Gestión del Distrito de cuenca Fluvial de Catalunya 2016-2021 (<http://aca.gencat.cat/ca/plans-i-programes/pla-de-gestio/2n-cicle-de-planificacio-2016-2021/>)
- Aller, L., Bennet, T., Lehr, J.H. & Petty, R.J. (1985) DRASTIC: Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings. US EPA, Oklahoma.
- Balvanera, P., Quijas, S., Mwampamba, T., Karp, D.S, Ash, N.& Bennet, E. M.(2017). Ecosystem services. Case studies of capacity building for biodiversity monitoring. In: The GEO Handbook on Biodiversity Observation Networks. Eds: M. Walters & R.J. Sholes. Springer Open, pp. 39- 78. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-27288-7\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-27288-7_13)
- Biggs, J., von Fumetti, S., & Kelly-Quinn, M. (2017). The importance of small waterbodies for biodiversity and ecosystem services: implications for policy makers. *Hydrobiologia*, 793(1), 3–39. <https://doi.org/10.1007/s10750-016-3007-0>
- Bonada, N. & Resh, V. H. (2013). Mediterranean-climate streams and rivers: Geographically separated but ecologically comparable freshwater systems. *Hydrobiologia*. 719. [10.1007/s10750-013-1634-2](https://doi.org/10.1007/s10750-013-1634-2).
- Brauman, K. A. (2015). Hydrologic ecosystem services: linking ecohydrologic processes to human well-being in water research and watershed management. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 2(4), 345–358. <https://doi.org/10.1002/wat2.1081>
- Brauman, K. A., Van der Meules, S., & Brils, J. (2013). Ecosystem Services and River Basin Management. *The Handbook of Environmental Chemistry*. Ris, 29, 26–41. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-38598-8>
- Cantonati, M., Gerecke, R., & Bertuzzi, E. (2006). Springs of the Alps - Sensitive ecosystems to environmental change: From biodiversity assessments to long-term studies. In *Hydrobiologia* (Vol. 562). <https://doi.org/10.1007/s10750-005-1806-9>
- Cantonati, M., Füreder, L., Gerecke, R., Jüttner, I., & Cox, E. J. (2012). Crenic habitats, hotspots for freshwater biodiversity conservation: Toward an understanding of their ecology. *Freshwater Science*, 31(2), 463–480. <https://doi.org/10.1899/11-111.1>
- Carmona, J.M., Font, X., Bisbal, E. & Casas, A. (1999). Característiques hidrogeoquímiques de les aigües subterrànies i superficials del Montseny. *Monografies 27*. Diputació de Barcelona.
- Costanza, R., Folke, C., (1997). Valuing Ecosystem Services with Efficiency, Fairness, and Sustainability as Goals. *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. G. C. Daily. Washington D.C., Island Press: 49–69.

- Costanza, R., de Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., ... Grasso, M. (2017). Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, 28, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008>
- Daily, G.C. (1997). *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington D.C.
- Daniel, T. C., Muhar, A., Arnberger, A., Aznar, O., Boyd, J. W., Chan, K. M. A., ... Spierenburg, M. (2012). services agenda. 109(23). <https://doi.org/10.1073/pnas.1114773109>
- De Groot, R., Fisher, B., Christie, M., Aronson, J., Braat, L., Gowdy, J., ... Kadekodi, G. K. (2010). Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations*, (March), 9–40. <https://doi.org/10.4324/9781849775489>
- Dorca, H. (2006). Sant Joan les Fonts. Ajuntament de Sant Joan les Fonts. Pp 210.
- EEA (2018). European waters. Assesment of status and pressures 2018. EEA Report No 7/2018, European Environment Agency.
- Elmqvist, T., & Maltby E., (2010). Biodiversity, ecosystems and ecosystem services. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity. Ecological and Economic Foundations*, (March), 9–40. <https://doi.org/10.4324/9781849775489>
- Farrerons Vidal, Ó., & Corella Moragas, A. (2018). La riquesa oblidada del Montseny. *Recuperem la cultura de les fonts*. Revista de Vic, (Gener).
- Font, X., Viladevall, M., Carmona, JM., Batlle, J., Puigserver, D. & Villarraso, M. (2002). Model de gestió del sistema hidrogeològic de naturalesa granítica del Montseny-Guilleries. Departament de Medi Ambient. Generalitat de Catalunya.
- García, G. (2019). 1er Simposio Ibérico sobre conservación de ecosistemas fontinales. Abstract Book. Sociedad Catalana de Ciencias para la Conservación de la Biodiversidad (BioSciCat). Pp 55.
- Griebler, C., & Avramov, M. (2015). Groundwater ecosystem services: A review. *Freshwater Science*, 34(1), 355–367. <https://doi.org/10.1086/679903>
- Grizzetti, B., Lanzanova, D., Liqueste, C., Reynaud, A., & Cardoso, A. C. (2016). Assessing water ecosystem services for water resource management. *Environmental Science and Policy*, 61, 194–203. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.04.008>
- Haines-Young, R., Potschin-Young, M., & Czucz, B. (2018). Report on the use of CICES to identify and characterise the biophysical, social and monetary dimensions of ES assessments. Deliverable D4.2, EU Horizon 2020 Esmeralda Project, Grant Agreement No. 642007. Pp 106.

- Haines-Young, R., & Potschin, M. (2018). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5. 1. Guidance on the Application of the Revised Structure. Fabis Consulting, (January), 53.
- Haines-Young, R., & Potschin-Young, M. B. (2018). Revision of the common international classification for ecosystem services (CICES V5.1): A policy brief. *One Ecosystem*, 3, 1–6. <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e27108>
- Hernández-Morcillo, M., Plieninger, T., & Bieling, C. (2013). An empirical review of cultural ecosystem service indicators. *Ecological Indicators*, 29, 434–444. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.01.013>
- IGME. (1989). Estudio hidrogeológico. Volcánico de Olot. <https://doi.org/10.1108/AEAT-02-2013-0046>
- Kremen, C., Williams, N. M., Aizen, M. A., Gemmill-Herren, B., LeBuhn, G., Minckley, R., ... Ricketts, T. H. (2007). Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: A conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters*, 10(4), 299–314. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01018.x>
- Mas-Pla, J. & Menció, A. (2019). Groundwater nitrate pollution and climate change: learnings from a water balance-based analysis of several aquifers in a western Mediterranean region (Catalonia). *Environ Sci Pollut Res* 26, 2184–2202. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1859-8>
- Maes J., Teller A., Erhard M., Grizzetti B., Barredo J.I., Paracchini M.L., Condé S., Somma F., Orgiazzi A., Jones A., Zulian G., Vallecilo S., Petersen J.E., Marquardt D., Kovacevic V., Abdul Malak D., Marin A.I., Czúcz B., Mauri A., Löffler P., Bastrup-, W. B. (2018). Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services: An analytical framework for mapping and assessment of ecosystem condition in EU. <https://doi.org/10.2779/41384>
- Manzano Arellano, M., & Lambán Jiménez, L. J. (2011). Sección III. *Revue Internationale de Droit Pénal*, 75(3), 819. <https://doi.org/10.3917/ridp.753.0819>
- Menció, A & Benejam, Ll. (2018). Catàleg de fonts del terme municipal de Sant Hilari Sacalm. Càtedra de l'Aigua, Natura i Benestar.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA), 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press.
- Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (2018). Balance del Nitrógeno en la Agricultura Española (año 2016). [https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/medios-de-produccion/bn2016\\_metodologia-resultados\\_tcm30-507806.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/medios-de-produccion/bn2016_metodologia-resultados_tcm30-507806.pdf)
- Munk, M., van Breugel, C., Petersen, S.C., Korsgaard, L., Korsgaard, J. & Dannisøe, J.G., Canavan, R. (2014). Support Policy Development for Integration of Ecosystem Service Assessments into WFD and FD Implementation. COWI A/S.

- Nogé i Font, J (1985). Un assaig de lectura humanista del paisatge tradicional de la Garrotxa a través de la literatura. *Revista Catalana de Geografia*, Vol:1 Núm 1
- Pérez-Martín, M.A. (2005). Modelo distribuido de simulación del ciclo hidrológico con calidad de aguas integrado en sistemas de información geográfica para grandes cuencas. Aportación al análisis de presiones e impactos de la Directiva Marco del Europea del Agua. Ph.D. Tesis, Universidad Politécnica de Valencia.
- Plieninger, T., Dijks, S., Oteros-Rozas, E., & Bieling, C. (2013). Assessing, mapping, and quantifying cultural ecosystem services at community level. *Land Use Policy*, 33, 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.12.013>
- Portals Martí, J (2015). El Montseny de Víctor Balaguer. "Al pie de la encina". Una aproximació romàntica i llegendària al montseny de finals del segle XIX. *Monografies del Montseny*, ISSN 1135-9293, N° 30, págs. 191-209.
- Potschin, M., & Haines-Young, R. (2018). Defining and Measuring Ecosystem Services. *Routledge Handbook of Ecosystem Services*, (May), 25–44. <https://doi.org/10.4324/9781315775302-4>
- Potschin-Young, M.; Burkhard, B.; Czúcz, B. and F. S.-M. (2018). Glossary of ecosystem services mapping and assessment terminology – supplementary material. Pp 1–49. Retrieved from <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e27110>
- Potschin-Young, M., Haines-Young, R., Görg, C., Heink, U., Jax, K., & Schleyer, C. (2018). Understanding the role of conceptual frameworks: Reading the ecosystem service cascade. *Ecosystem Services*, 29, 428–440. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.05.015>
- Pujiula, J. (2002). Quatre paisatges industrials del Fluvià. *Revista de Girona*, No. 211. 30-35.
- Reyers, B., Bidoglio, G., Dhar, U., Gundimeda, H., O'Farrell, P., Paracchini, M. L., ... Schutyser, F. (2010). Measuring biophysical quantities and the use of indicators. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations*, (June), 47. <https://doi.org/10.4324/9781849775489>
- Sainz de la Maza, P., Bach, Q., Pont, S., Bota, G., Brotons, L., & Herrando, S. (2019). L'estat de la natura a Catalunya. Informes d'aplicació de la Directiva Ocells (art. 12) i la Directiva Hàbitats (art. 17) a Catalunya pel període 2013-2018.
- SIGMA (2002). Fase 1 – Diagnosi. Document III. Aspectes generals. Pla d'acció local per a la sostenibilitat de Sant Joan les Fonts. Diputació de Girona.
- Solà, J. et al (2008). Diagnosi estratègica. Pla d'acció local per a la sostenibilitat (PALS). Mancomunitat Intermunicipal de les Guillerries. Programa de suport de la Diputació de Girona a la redacció de Plans d'Acció Local per a la Sostenibilitat. Diputació de Girona.

- Spray, C. J., & Blackstock, K. (2013). Optimising Water Framework Directive River Basin Management Planning Using an Ecosystem Services Approach. Report. Retrieved from [crew.ac.uk/publications](http://crew.ac.uk/publications)
- Teixeira, H., Lillebø, A. I., Culhane, F., Robinson, L., Trauner, D., Borgwardt, F., ... Nogueira, A. J. A. (2019). Linking biodiversity to ecosystem services supply: Patterns across aquatic ecosystems. *Science of the Total Environment*, 657(March), 517–534. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.440>
- Tolosana-Delgado, R., Caminal, R., Menció, A., Mas-Pla, J., Otero, N., Torrentó C., ... Bach, J. (2008). Multi-isotopic and compositional exploration of factors controlling nitrate pollution.
- Vilar-Rodríguez, M., & Lindoso-Tato, E. (2015). La explotación empresarial de las aguas mineromedicinales: la industria del agua embotellada en España (1875-2013). *Agua y Territorio*, (6), 44. <https://doi.org/10.17561/at.v0i6.2809>
- Vlachopoulou, M., Coughlin, D., Forrow, D., Kirk, S., Logan, P., & Voulvoulis, N. (2014). The potential of using the Ecosystem Approach in the implementation of the EU Water Framework Directive. *Science of the Total Environment*, 470–471(2014), 684–694. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.09.072>

## Anexo 1 Características de las fuentes seleccionadas

Tabla 1. Características generales de las fuentes seleccionadas

Ámbito (*)	Toponimia	UTM_X	UTM_Y	Cuenca Hidrográfica	Acuífero	Caudal (l/s) (**)
SH	Font de la Cau	455108	4636697	Riera de la Cau.Riera d'Osor	Granito (sabllón)	36,8
SH	Font de la Formiga	460707	4640301	Riera del Gavatx. Riera d'Osor	Granito (materiales cristalinos, Relacionado con diques)	30,9
SH	Font sant Daniel	459786	4640002	Riera d'Osor	Granito (materiales cuaternarios)	77,3
SH	Font Sant Josep	459093,4	4639383,52	Riera d'Osor	Granito (falla regional)	Grifo
SH	Font Sant Roc	459635	4639608	Riera d'Osor	Granito (materiales cuaternarios)	3,2
SH	Font Santa Escolástica	459215	4639392	Riera d'Osor	Granito (falla regional)	0,1
SH	Font de Santa Teresa	459703	4635987	Riera de la Font Vella Riera d'Osor	Granito (falla regional)	0,8
SH	Font del Gavatx	460864	4639440	Riera del Gavatx. Riera d'Osor	Granito (fracturas, diaclasa, sabllón)	1,8
SH	Font del Pic	458804,3	4636369,52	Riera de la Font Vella Riera d'Osor	Granito (fracturas, diaclasa, sabllón)	2,9
SH	Font de Cal Sastre	460176	4637288	Riera de la Font Vella Riera d'Osor	Granito (fracturas, diaclasa, sabllón)	
SH	Font del Vern	461024	4639256	Riera del Gavatx. Riera d'Osor	Granito (fracturas, diaclasa, sabllón)	3
SH	Font dels Abeuradors	462590	4639212	Riera de Santa Coloma	Granito (materiales cristalinos alterados)	4,6
SH	Font d'en Gurb	456982	4636772	Sin nombre, Riera d'Osor	Granito (fracturas, diaclasa, sabllón)	2,5
SH	Font Vella	458166,3	4636615,53	Riera de la Font Vella Riera d'Osor	Granito (fracturas, diaclasa, sabllón)	6,1

SH	Font d'en Joel	457012	4637404	Sin nombre, Riera d'Osor	Granito (fracturas, diaclasa, sablón)	20,6
SH	Font Saguarda	461580	4641069	Sin nombre. Riera d'Osor	Granito (fracturas, diaclasa, sablón)	1
SH	Font de les Clotes	460237,4	4638257,51	Sin nombre Riera d'Osor	Granito (sablón)	
SJ	Font de Can Barranc	460966	4673588,5	Fluvià	Fluvió-volcánico	0,714
SJ	Font Fontfreda	458561,1	4673648,6	Fluvià	Fluvió-volcánico	1,4749
SJ	Font del Barleig/Les Mulleres	458443	4673238,3	Fluvià	Fluvió-volcánico	0,769
SJ	Font del Serrat de Baix	457791	4673686	Fluvià	Fluvió-volcánico	0,125
SJ	Font dels Capellans	460683,5	4670781,3	Río Turonell. Fluvià	Fluvió-volcánico	0,02
SJ	Font de Cossei	462344	4671369,5	Río Turonell. Fluvià	Eocénico	0,0073
SJ	Font Calenta	462482,5	4671401,5	Río Turonell. Fluvià	Fluvió-volcánico	0,25
SJ	Font de Pinadella	463258,6	4670486,5	Río Turonell. Fluvià		
SJ	Font Antiga de Can Devesa	462827,9	4669813,8	Río Turonell. Fluvià	Aluvial	0,8
SJ	Font ses Cots	463502,5	4669843,5	Río Turonell. Fluvià	Eocénico	0,106
SJ	Font del Camí del Roure	463142	4672093	Río Turonell. Fluvià	Eocénico	0,033
SJ	Font del Guix	463384	4671895,5	Riu Turonell. Fluvià	Eocénico	0,0007
SJ	Font d'Aiguanegra	459955,3	4672233,2	Sense nom. Fluvià	Eocénico	0,1428
SJ	Font Blanca	459656,7	4673053,6	Sense nom. Fluvià	Fluvió-volcánico	0,0735
SJ	Font de la Casota	458278,6	4673702,6	Fluvià	Fluvió-volcánico	0,125

SJ	Font de la Mina de Fonfreda	458519,9	4673780,3	Fluvià	Fluvià	Fluvió-volcánico	
SJ	Font de Can Xervanda	459113,5	4673832,8	Fluvià	Fluvià	Fluvió-volcánico	0,178
SJ	Font del Prat d'en Compte	458368,3	4673149,5	Fluvià	Fluvià	Fluvió-volcánico	0,27

(\*) SH: ámbito de Sant Hilari Sacalm

SJ: ámbito de Sant Joan les Fonts

(\*\*) Los datos de caudal son medidas puntuales que proceden de Menció (2018) para el ámbito de Sant Hilari Sacalm y Dorca (2006) para el ámbito de Sant Joan les Fonts

Tabla 2. Características ambientales de las fuentes seleccionadas

Ámbito (*)	Toponimia	Vulnerabilidad DRASTIC	Usos del suelo	Espacio Protegido	Hábitat interés comunitario	Espacio Natura 2000
SH	Font de la Cau	MODERADA	Terreno forestal	PEIN	9120 (Hayedos acidófilos)	
SH	Font de la Formiga	MODERADA	Terreno forestal	PEIN	9120 (Hayedos acidófilos)	Les Guillerries
SH	Font sant Daniel	MODERADA	Terreno forestal	PEIN	91E0 (Vernedas y otros bosques de ribera afines ( <i>Aino-Padion</i> ))	
SH	Font Sant Josep	MODERADA	Terreno forestal	PEIN	91E0 (Vernedas y otros bosques de ribera afines ( <i>Aino-Padion</i> ))	
SH	Font Sant Roc	MODERADA	Terreno forestal	PEIN	9120 (Hayedos acidófilos)	
SH	Font Santa Escolástica	MODERADA	Terreno forestal	PEIN	9260 (Castaños)	
SH	Font de Santa Teresa	MODERADA	Zona urbanizada laxa	PEIN		
SH	Font del Gavatz	MODERADA	Terreno forestal	PEIN	9260 (Castaños)	Les Guillerries
SH	Font del Pic	MODERADA	Terreno forestal	PEIN	9260 (Castaños)	
SH	Font de Cal Sastre	BAJA	Terreno forestal	PEIN		
SH	Font del Vern	MODERADA	Terreno forestal	PEIN	9260 (Castaños)	Les Guillerries
SH	Font dels Abeuradors	MODERADA	Terreno forestal	PEIN	9260 (Castaños)	
SH	Font d'en Gurb	MODERADA	Terreno forestal	PEIN	9120	
SH	Font Vella	MODERADA	Terreno forestal	PEIN	9260 (Castaños)	
SH	Font d'en Joel	MODERADA	Terreno forestal	PEIN	9260 (Castaños)	



SH	Font Saguarda	MODERADA	Terreno forestal	PEIN	9260 (Castaños)	Les Guillerics
SH	Font de les Clotes	MODERADA	Terreno forestal	PEIN	9260 (Castaños)	
SJ	Font de Can Barranc	MODERADA	Cultivos	PEIN / Parque natural		Zona Volcánica de la Garrotxa
SJ	Font Fontfreda	ALTA	Terreno forestal	PEIN / Parque natural		Zona Volcánica de la Garrotxa
SJ	Font del Barleig/Les Mulleres	ALTA	Cultivos	PEIN / Parque natural		Zona Volcánica de la Garrotxa
SJ	Font del Serrat de Baix	ALTA	Cultivos	PEIN / Parque natural		Zona Volcánica de la Garrotxa
SJ	Font dels Capellans	ALTA	Terreno forestal	PEIN / Parque natural	3270 (Ríos de orillas fangosas con vegetación nitrófila del <i>Chenopodium rubri</i> (p.p.) y del <i>Bidention</i> (p.p.)	Zona Volcánica de la Garrotxa
SJ	Font de Cossei	ALTA	Cultivos	PEIN / Parque natural		Zona Volcánica de la Garrotxa
SJ	Font Calenta	ALTA	Cultivos	PEIN / Parque natural		Zona Volcánica de la Garrotxa
SJ	Font de Pinadella	ALTA	Terreno forestal	PEIN / Parque natural		Zona Volcánica de la Garrotxa
SJ	Font Antiga de Can Devesa	BAJA	Terreno forestal	PEIN / Parque natural	9340 (Alzinar y carrascal)	Zona Volcánica de la Garrotxa
SJ	Font ses Cots	ALTA	Terreno forestal	PEIN / Parque natural		Zona Volcánica de la Garrotxa
SJ	Font del Camí del Roure	BAJA	Terreno forestal	PEIN / Parque natural	9340 (Alzinar y carrascal)	Zona Volcánica de la Garrotxa
SJ	Font del Guix	BAJA	Terreno forestal	PEIN / Parque natural		Zona Volcánica de la Garrotxa
SJ	Font d'Aiguanegra	BAJA	Terreno forestal	PEIN / Parque natural		Zona Volcánica de la Garrotxa
SJ	Font Blanca	BAJA	Terreno forestal	PEIN / Parque natural		Zona Volcánica de la Garrotxa
SJ	Font de la Casota	ALTA	Terreno forestal	PEIN / Parque natural		Zona Volcánica de la Garrotxa
SJ	Font de la Mina de Fonfreda	ALTA	Terreno forestal	PEIN / Parque natural	9160 (Robledales pedunculados y bosques mixtos del <i>Carpinion betuli</i> )	Zona Volcánica de la Garrotxa

Valoración de los servicios ecosistémicos en fuentes

SJ	Font de Can Xervanda	ALTA	Terreno forestal	PEIN / Parque natural	3270 (Ríos de orillas fangosas con vegetación nitrófila del <i>Chenopodium rubri</i> (p.p.) y del <i>Bidention</i> (p.p.)	Zona Volcánica de la Garrotxa
SJ	Font del Prat d'en Compte	ALTA	Cultivos	PEIN / Parque natural	3270 (Ríos de orillas fangosas con vegetación nitrófila del <i>Chenopodium rubri</i> (p.p.) y del <i>Bidention</i> (p.p.)	Zona Volcánica de la Garrotxa

## Anexo 2 Metodología para la categorización final de los indicadores

La valoración del marco de indicadores propuesto (ver sección 2 del documento) se traduce en una categorización sencilla con tres colores: verde si el estado o evolución del indicador se considera bueno; rojo si el estado o evolución del indicador se considera malo y amarillo si el indicador no proporciona información suficiente para su valoración (ver Tablas 22 y 23). Esta categorización permite obtener una representación sintética de la condición del ecosistema fontinal y los servicios que suministra. En este anexo se explica como, partiendo de la descripción y valoración del indicador, se llega hasta su categorización sintética final.

El marco de indicadores se ha trabajado siguiendo el modelo conceptual general de categorización que se representa en la Figura 1.

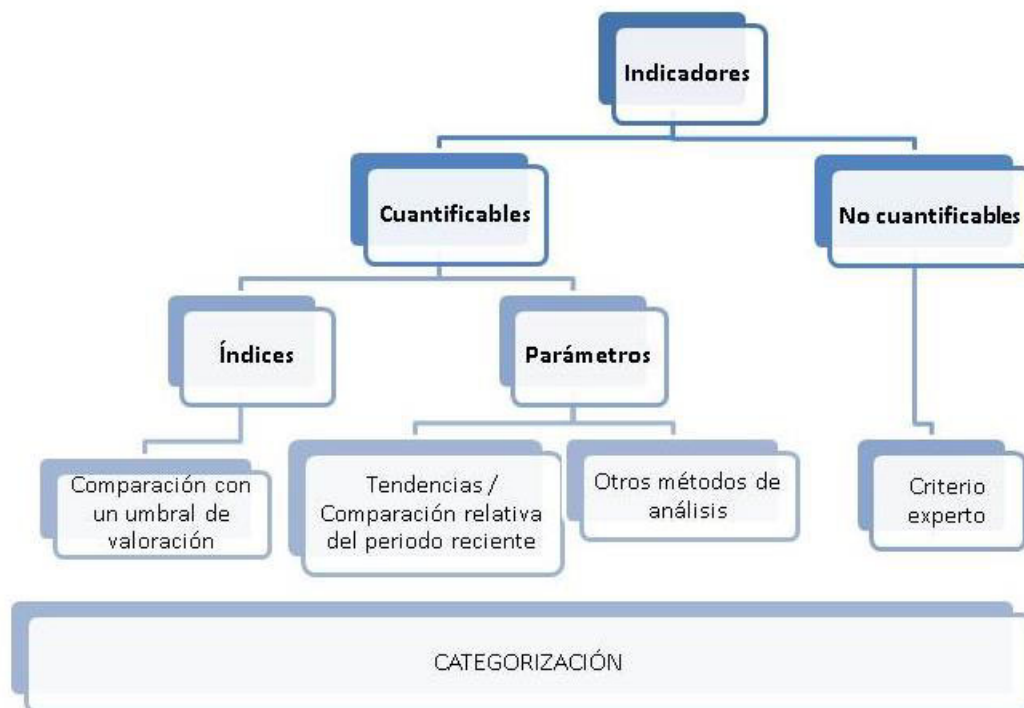


Figura 1. Modelo conceptual para la categorización final de los indicadores

Siguiendo el modelo conceptual, los indicadores analizan aspectos o condiciones del ecosistema de forma cualitativa o cuantitativa. Si el indicador se observa regularmente se podrán analizar los cambios durante los periodos de observación. De esta manera, los indicadores seleccionados se pueden dividir en tres grandes grupos: índices, parámetros

y otros indicadores no cuantificables. Para cada tipología de indicador se sigue un tratamiento diferente, basado en las propiedades de los datos, y con el objetivo final de concluir en una de las tres categorías finales.

En la categorización final hay que tener en cuenta que, tal como se indica en la sección 6 del documento, ésta puede ser diferente dependiendo del servicio ecosistémico que se esté valorando (trade-offs). También, un mismo indicador puede servir para valorar más de un elemento del ecosistema, tal como sucede con el nivel piezométrico en el acuífero, que se utiliza como indicador i) de la disponibilidad o reserva del agua en acuífero, ii) del almacenamiento y del flujo de agua subterránea, iii) de la descarga del sistema, y iv) de la regulación del caudal en el acuífero.

A continuación, se comentan cada uno de los indicadores de acuerdo con las tipologías de índices, parámetros e indicadores no cuantificables.

### *Índices:*

Los índices seleccionados en este trabajo para valorar el ecosistema y sus servicios se utilizan a su vez i) en la valoración de las masas de agua superficiales y subterráneas (por ejemplo, el índice de explotación), ii) para definir la vulnerabilidad a la contaminación en acuíferos (por ejemplo, el índice DRASTIC), o iii) en la valoración de hábitats de interés comunitario. En esta tipología de indicadores, la misma definición del índice establece unas categorías o umbrales con los que podemos comparar los datos de los ámbitos de estudio y establecer las evaluaciones finales. Cabe añadir, que para este grupo, los umbrales que se definen en algunos casos son normativos (por ejemplo, los indicadores de estado de las masas de agua). Los detalles de cada uno de los índices se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de los índices utilizados como indicadores

<b>Indicador:</b> Asignación del índice DRASTIC	
<b>Elemento del ecosistema / servicio:</b> E_1_Acuífero	
<b>Unidades:</b> Adimensional	<b>Escala de aplicación:</b> Fuente
<b>Umbral:</b> Clasificación de los acuíferos situados en el entorno de las fuentes seleccionadas según la metodología DRASTIC en vulnerabilidades que van de baja a alta	

<p><b>Categorización:</b>                      -En verde: La mayoría de las fuentes del ámbito se sitúan en acuíferos con vulnerabilidad de baja a moderada                      -En rojo: La mayoría de las fuentes del ámbito se sitúan en acuíferos con vulnerabilidad alta</p>	
<p><b>Indicador: Indicadores del estado en masas de agua (I: masas de agua subterráneas)</b></p>	
<p><b>Elemento del ecosistema / servicio:</b> E_4_Composición química de las aguas: nutrientes y otros compuestos</p>	
<p><b>Unidades:</b> Porcentaje de masa en mal estado</p>	<p><b>Escala de aplicación:</b> Masa de agua subterránea</p>
<p><b>Umbral:</b> Resultados de la valoración cualitativa de las masas de agua subterráneas incluidas en los ámbitos de estudio, en el primer y segundo ciclo de planificación. Se tiene en cuenta la evaluación de los incumplimientos debido a contaminantes detectados en los puntos de control y la superficie asociada a éstos incumplimientos</p>	
<p><b>Categorización:</b>                      -En verde: La masa de agua subterránea asociada al municipio no presenta incumplimientos en los dos ciclos de gestión                      -En rojo: La masa de agua subterránea asociada al municipio presenta incumplimientos en cada uno de los ciclos de gestión</p>	
<p><b>Indicador: Indicadores del estado en masas de agua (II: masas de agua categoría río)</b></p>	
<p><b>Elemento del ecosistema / servicio:</b> E_4_Composición química de las aguas: nutrientes y otros compuestos</p>	
<p><b>Unidades:</b> Adimensional</p>	<p><b>Escala de aplicación:</b> Masa de agua superficial</p>
<p><b>Umbral:</b> Resultados de la valoración del primer y segundo ciclo de planificación de las masas de agua categorías río situadas en los ámbitos de estudio o próximas a ellas.</p>	
<p><b>Categorización:</b>                      -En amarillo: Se considera que los puntos de control de las masas de agua categoría río se encuentran en zonas alejadas de las fuentes, que pueden englobar además presiones diferentes a las observadas en las fuentes de los ámbitos de estudio, por ejemplo, el vertido de aguas residuales urbanas</p>	
<p><b>Indicador: Índice de explotación de la masa de agua subterránea</b></p>	
<p><b>Elemento del ecosistema / servicio:</b> E_7_Explotación del acuífero</p>	
<p><b>Unidades:</b> Adimensional</p>	<p><b>Escala de aplicación:</b> Masa de agua subterránea</p>
<p><b>Umbral:</b> Se valora si el índice de explotación es superior a 0,8, lo que se considera una presión elevada por extracciones del agua del acuífero</p>	
<p><b>Categorización:</b>                      -En verde: El índice de explotación de la masa de agua subterránea asociada al municipio es menor o igual de 0,8                      -En rojo: El índice de explotación de la masa de agua subterránea asociada al municipio es mayor de 0,8</p>	
<p><b>Indicador: Valoración general de los hábitats de interés comunitario</b></p>	

<b>Elemento del ecosistema / servicio:</b> E_8_Hábitat	
<b>Unidades:</b> Adimensional	<b>Escala de aplicación:</b> Municipal y fuente
<b>Umbral:</b> La metodología de valoración de los hábitats categoriza su estado de conservación en favorable, desfavorable inadecuado, desfavorable malo o desconocido.	
<b>Categorización:</b> -En verde: La mayoría de los hábitats de interés incluidos en el ámbito de estudio presenta una valoración favorable -En rojo: La mayoría de los hábitats de interés incluidos en el ámbito de estudio presenta una valoración desfavorable inadecuada o desfavorable mala	
<b>Indicador:</b> Especies invasoras	
<b>Elemento del ecosistema / servicio:</b> E_9_Fauna y Flora	
<b>Unidades:</b> Adimensional	<b>Escala de aplicación:</b> Municipal
<b>Umbral:</b> La presión que ejercen las especies invasoras se han clasificado teniendo como referencia los niveles definidos en la metodología desarrollada para el documento IMPRESS. Teniendo en cuenta esta clasificación y la forma en que se recupera la información en la base de datos SI-EXOAQUA, con alguna posible repetición de especies, la valoración final se ha realizado comparando los dos ámbitos de estudio.	
<b>Categorización:</b> -En verde: Se valora el ámbito con menor presión por especies invasoras. -En rojo: Se valora el ámbito con mayor presión por especies invasoras	

### *Parámetros*

Las propiedades de los parámetros escogidos miden, en la mayoría de los casos, aspectos relacionados con la calidad del agua o la disponibilidad del recurso hídrico. Además, también se recopilan parámetros relacionados con cambios en los usos del suelo y con algún aspecto biótico. En esta tipología, las propiedades de los parámetros, se describen mediante diferentes tratamientos de datos (tendencias, análisis de estadísticos descriptivos y otros métodos de análisis numéricos) que indican el estado o los cambios del ecosistema. En la Tabla 2 se detalla el análisis realizado para los parámetros escogidos.

Tabla 2. Descripción de los parámetros utilizados como indicadores

<b>Indicador:</b> Evolución del nivel piezométrico en el acuífero
<b>Elemento del ecosistema / servicio:</b> E_2_Disponibilidad/reserva de agua subterránea

<b>Unidades:</b> msnm	<b>Escala de aplicación:</b> Acuífero / sector modelo Patrical
<b>Tendencia:</b> Se valora la dirección de la tendencia que describe el nivel piezométrico medido en los puntos que forman parte de la red de control o calculados mediante el modelo Patrical	
<b>Categorización:</b> -En verde: Los datos del nivel piezométrico en el acuífero no describen ninguna tendencia o describen una tendencia positiva -En rojo: Los datos del nivel piezométrico en el acuífero describen una tendencia negativa	
<b>Indicador: Evolución del contenido en nitratos en el acuífero</b>	
<b>Elemento del ecosistema / servicio:</b> E_4_Composición química de las aguas: nutrientes y otros compuestos	
<b>Unidades:</b> mg/L	<b>Escala de aplicación:</b> Masa de agua subterránea
<b>Tendencia:</b> Se valora la dirección de la tendencia que describe el contenido en nitrato en aguas subterráneas, medido ya sea en los puntos que forman parte de red de control o calculados mediante el modelo Patrical	
<b>Categorización:</b> -En verde: Los datos de concentración de nitratos en el agua subterránea no describen ninguna tendencia o describen una tendencia negativa -En rojo: Los datos de concentración de nitratos en el agua subterránea describen una tendencia positiva	
<b>Indicador: Evolución del contenido en nitratos en ríos</b>	
<b>Elemento del ecosistema / servicio:</b> E_4_Composición química de las aguas: nutrientes y otros compuestos	
<b>Unidades:</b> mg/L	<b>Escala de aplicación:</b> Masa de agua superficial
<b>Estadísticos descriptivos:</b> Se comparan los estadísticos descriptivos de la concentración de nitratos en agua del primer y segundo Programa de Seguimiento y Control.	
<b>Categorización:</b> -En verde: No se observan diferencias significativas entre periodos de control o los estadísticos descriptivos muestran concentraciones actuales menores que las del primer plan de seguimiento y control -En rojo: Los estadísticos descriptivos muestran concentraciones mayores para el periodo más recientes de control	
<b>Indicador: Evolución de la SAU en el municipio</b>	
<b>Elemento del ecosistema / servicio:</b> E_5_Usos del suelo	
<b>Unidades:</b> km <sup>2</sup>	<b>Escala de aplicación:</b> Municipal
<b>Tendencia:</b> Se valora la dirección de la tendencia que describe la evolución de la superficie agraria útil	
<b>Categorización (*)</b> para el servicio ecosistémico 4.2.2.1 Agua subterránea para agua potable: -En verde: Los datos de la superficie agraria útil no describen tendencia o describen una tendencia negativa -En rojo: Los datos de la superficie agraria útil describen una tendencia positiva	

<p><b>Categorización</b> para el servicio ecosistémico 1.1.1.1 plantas terrestres cultivadas para fines alimentarios:                  -En verde: Los datos de la superficie agraria útil describen una tendencia positiva                  -En rojo: Los datos de la superficie agraria útil no describen tendencia o describen una tendencia negativa</p>	
<p><b>Indicador: Balance del sistema acuífero</b></p>	
<p><b>Elemento del ecosistema / servicio:</b> E_7_Explotación del acuífero</p>	
<p><b>Unidades:</b> hm<sup>3</sup>/año</p>	<p><b>Escala de aplicación:</b> Masa de agua subterránea</p>
<p><b>Balance:</b> Se considera el balance entre las entradas (recursos) y salidas (transferencias a otros sistemas acuíferos, demanda ambiental y extracciones) del agua en la masa de agua subterránea</p>	
<p><b>Categorización:</b>                  -En verde: El sistema acuífero presenta un balance positivo, es decir, los recursos de agua subterránea son mayores que las extracciones y otras salidas de agua                  -En rojo: El sistema acuífero presenta un balance negativo</p>	
<p><b>Indicador: Evolución de la recarga del agua de lluvia</b></p>	
<p><b>Elemento del ecosistema / servicio:</b> P_1_Recarga</p>	
<p><b>Unidades:</b> hm<sup>3</sup>/año</p>	<p><b>Escala de aplicación:</b> Sector modelo Patricial</p>
<p><b>Comparación relativa con el periodo reciente:</b> Se realiza una comparación relativa de la evolución de la recarga del agua de lluvia del periodo reciente con el periodo inicial de la serie</p>	
<p><b>Categorización:</b>                  -En verde: Se observa una mejora de la recarga de agua de lluvia en el tramo reciente de la serie                  -En rojo: Se observa un deterioro de la recarga de agua de lluvia en el tramo reciente de la serie</p>	
<p><b>Indicador: Evolución de los caudales circulantes en ríos</b></p>	
<p><b>Elemento del ecosistema / servicio:</b> P_4_Esorrentía</p>	
<p><b>Unidades:</b> m<sup>3</sup>/s</p>	<p><b>Escala de aplicación:</b> Masa de agua subterránea</p>
<p><b>Comparación relativa con el periodo reciente:</b> Se valora la serie histórica de caudales teniendo en cuenta la presencia de episodios de elevado caudal, y comparando el periodo reciente con la parte inicial de la serie</p>	
<p><b>Categorización:</b>                  -En verde: La presencia de episodios de elevado caudal es mayor en la parte reciente que en la inicial                  -En rojo: La presencia de episodios de elevado caudal es menor en la parte reciente que en la inicial                  -En amarillo: Las estaciones de aforo disponibles no son suficientes para valorar el ámbito de estudio</p>	
<p><b>Indicador: Balance de nitrógeno</b></p>	
<p><b>Elemento del ecosistema / servicio:</b> P_5_Flujo de componentes químicos y nutrientes en el agua subterránea</p>	



<b>Unidades:</b> Kg Nitrógeno/ha	<b>Escala de aplicación:</b> Municipal
<b>Comparación relativa con el periodo reciente:</b> Se valora la evolución de los excedentes de nitrógeno en el suelo antes y después del inicio de los Planes de Seguimiento y Control	
<b>Categorización:</b> -En verde: La evolución del excedente de nitrógeno decrece en la parte reciente de la serie -En rojo: La evolución del excedente de nitrógeno aumenta en la parte reciente de la serie	
<b>Indicador: Componentes físico-químicos mayoritarios del agua subterránea</b>	
<b>Elemento del ecosistema / servicio:</b> F_1_Estabilidad físico-química del agua subterránea	
<b>Unidades:</b> mg/L	<b>Escala de aplicación:</b> Acuífero
<b>Estadísticos descriptivos:</b> Se estima la variabilidad físico-química del agua subterránea mediante estadísticos descriptivos que resumen los datos de los contenidos en iones y cationes mayoritarios medidos en los puntos de control	
<b>Categorización:</b> -En verde: Los estadísticos descriptivos de los componentes mayoritarios del agua subterránea exhiben homogeneidad -En rojo: Los estadísticos descriptivos de los componentes mayoritarios exhiben heterogeneidad	
<b>Indicador: Actividad del sector apícola</b>	
<b>Elemento del ecosistema / servicio:</b> F_4_Polinización	
<b>Unidades:</b> Unidades de colmena	<b>Escala de aplicación:</b> Municipal
<b>Estadísticos descriptivos:</b> Se valora los datos disponibles referente a la evolución del número de colmenas	
<b>Categorización:</b> -En amarillo: La disponibilidad de datos, únicamente para dos años, no permiten establecer una evolución del indicador	
<b>Indicador: Evolución del consumo de agua subterránea para abastecimiento</b>	
<b>Elemento del ecosistema / servicio:</b> SE_4221_Agua subterránea (y subsuperficial) para agua potable	
<b>Unidades:</b> m <sup>3</sup> /año	<b>Escala de aplicación:</b> municipal
<b>Tendencia:</b> Se valora la dirección de la tendencia que describe el consumo de agua subterránea para abastecimiento	
<b>Categorización:</b> -En verde: Los datos del consumo de agua subterránea no describen tendencia o describen una tendencia negativa -En rojo: Los datos del consumo de agua subterránea describen una tendencia positiva	

<b>Indicador: Evolución del número de explotaciones y plazas de ganado</b>	
<b>Elemento del ecosistema / servicio:</b> SE_1131_Animales criados para fines alimentarios	
<b>Unidades:</b> Unidades de plazas de ganado	<b>Escala de aplicación:</b> municipal
<b>Tendencia:</b> Se valora la dirección de la tendencia que describe el número de plazas de ganado	
<p><b>Categorización (*)</b> para el servicio ecosistémico 4.2.2.1 Agua subterránea para agua potable:                      -En verde: Los datos de evolución del número de plazas de ganado no describen tendencia o describen una tendencia negativa                      -En rojo: Los datos de evolución del número de plazas de ganado describen una tendencia positiva</p> <p><b>Categorización</b> para el servicio ecosistémico SE_1131_Animales criados para fines alimentarios                      -En verde: Los datos de evolución del número de plazas de ganado describen una tendencia positiva                      -En rojo: Los datos de evolución del número de plazas de ganado no describen tendencia o describen una tendencia negativa</p>	
<b>Indicador: Número de licencias de caza</b>	
<b>Elemento del ecosistema / servicio:</b> SE_1161_Animales salvajes (terrestres o acuáticos) usados para fines alimentarios	
<b>Unidades:</b> Licencias de caza	<b>Escala de aplicación:</b> Provincial
<b>Tendencia:</b> Se valora la tendencia que describe el número de licencias de caza	
<p><b>Categorización:</b>                      -En amarillo: La escala de aplicación del parámetro da poco detalle sobre la evolución del número de licencias de caza en los ámbitos de estudio.</p>	
<b>Indicador: Superficie municipal dedicada a actividades cinegéticas</b>	
<b>Elemento del ecosistema / servicio:</b> SE_1161_Animales salvajes (terrestres o acuáticos) usados para fines alimentarios	
<b>Unidades:</b> Km <sup>2</sup>	<b>Escala de aplicación:</b> Municipal
<b>Evaluación:</b> Se valora la superficie del municipio que ocupa los terrenos cinegéticos	
<p><b>Categorización:</b>                      -En amarillo: La valoración del indicador no proporciona información sobre el estado o la evolución del servicio ecosistémico</p>	

(\*) El Diseño de la tabla de resultados (tabla 22) no permite la visualización de las dos categorías de este indicador, de forma que solo se muestra la categorización teniendo en cuenta el servicio ecosistémico 4.2.2.1

### *Indicadores no cuantificables*

Este grupo de indicadores describe condiciones del ecosistema no cuantificables. En este caso, se llega a la categorización final utilizando diferentes criterios cualitativos como la presencia o ausencia de una de determinada característica del ecosistema (ver Tabla 3).

Tabla 3. Descripción de los indicadores no cuantificables

<b>Indicador: Asignación de áreas de interés faunístico y florístico</b>	
<b>Elemento del ecosistema / servicio:</b> E_9_Fauna y Flora	
<b>Unidades:</b> adimensional	<b>Escala de aplicación:</b> Fuente
<b>Evaluación:</b> Se valorar la inclusión o no de las fuentes seleccionadas en a las áreas de interés faunístico y florístico definidas	
<b>Categorización:</b> -En amarillo: La evaluación del indicador no permite asignar al ecosistema un determinado estado o condición	
<b>Indicador: Asignación a figuras de protección ambiental</b>	
<b>Elemento del ecosistema / servicio:</b> E_10_Integridad del ecosistema	
<b>Unidades:</b> adimensional	<b>Escala de aplicación:</b> Municipal y fuente
<b>Evaluación:</b> Se valorar y compara entre los dos ámbitos de estudio la inclusión a nivel de municipio y en el entorno de las fuentes seleccionadas de figuras de protección ambiental y el régimen de protección de estas figuras	
<b>Categorización:</b> -En verde: El ámbito de estudio donde existe una mayor representación de figuras de protección ambiental, en número y régimen de protección. -En rojo: El ámbito de estudio donde existe una menor representación de figuras de protección ambiental, en número y régimen de protección	
<b>Indicador: Indicadores de procesos de desnitrificación natural en el acuífero</b>	
<b>Elemento del ecosistema / servicio:</b> F_3_Depuración en el acuífero: Desnitrificación en el acuífero	
<b>Unidades:</b> adimensional	<b>Escala de aplicación:</b> Acuífero
<b>Evaluación:</b> Se valora la existencia de indicadores que verifiquen si tiene lugar procesos de desnitrificación en el acuífero.	
<b>Categorización:</b> -En amarillo: La información que se ha podido recopilar corresponde únicamente a unos de los ámbitos de estudio y no es concluyente en cuanto a la existencia en el acuífero de procesos de desnitrificación natural.	

<b>Indicador: Presencia o ausencia de hábitats favorables a la polinización</b>	
<b>Elemento del ecosistema / servicio:</b> F_4 Polinización	
<b>Unidades:</b> adimensional	<b>Escala de aplicación:</b> Fuente
<b>Evaluación:</b> Se valora la asignación de la tipología de hábitat en el entorno de la fuente y si éste se considera favorable a la polinización	
<b>Categorización:</b> -En verde: El hábitat en el entorno de la fuente se considera favorable a la polinización -En rojo: El hábitat en el entorno de la fuente no se considera favorable a la polinización	
<b>Indicador: Información sobre empresas de bebidas envasadas</b>	
<b>Elemento del ecosistema / servicio:</b> SE_4221_Agua subterránea (y subsuperficial) para agua potable	
<b>Unidades:</b> adimensional	<b>Escala de aplicación:</b> Municipal
<b>Evaluación:</b> Se valora el comportamiento de las empresas de bebidas envasadas en el contexto español después de la última crisis económica (2008-2014)	
<b>Categorización:</b> -En verde: El sector de empresas de bebidas envasadas presenta una evolución negativa en los últimos años -En rojo: El sector de empresas de bebidas envasadas presenta una evolución positiva en los últimos años	