

ACUERDO DE ENCOMIENDA DE GESTIÓN PARA EL DESARROLLO Y EJECUCIÓN DE DIVERSOS PROYECTOS EN MATERIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, ACUÍFEROS, REDES DE OBSERVACIÓN HIDROGEOLÓGICA Y EXPLOTACIÓN DE MASAS DE AGUA

Elaboración de perímetros de salvaguarda para la protección
de las captaciones de abastecimiento urbano

Tomo I

METODOLOGÍA GENERAL

ACUERDO DE ENCOMIENDA DE GESTIÓN PARA
EL DESARROLLO Y EJECUCIÓN DE DIVERSOS
PROYECTOS EN MATERIA DE AGUAS
SUBTERRÁNEAS, ACUÍFEROS, REDES DE
OBSERVACIÓN HIDROGEOLÓGICA Y
EXPLOTACIÓN DE MASAS DE AGUA

Elaboración de perímetros de salvaguarda para la
protección de las captaciones de abastecimiento urbano

Septiembre 2009

Equipo de trabajo

Los trabajos de “Elaboración de perímetros de salvaguarda para la protección de las captaciones de abastecimiento urbano” se han desarrollado conjuntamente por técnicos del Instituto Geológico y Minero de España, de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y de la Agencia Andaluza del Agua, contándose con la asistencia técnica de NIP, S.A. Y CRN, S.A.

Por el Instituto Geológico y Minero de España:

Carlos Martínez Navarrete
Alberto Jiménez Madrid
Juan Antonio Luque Espinar
Juan Carlos Rubio Campos
Miguel Martín Machuca
Ángel Díaz Pérez

Por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir:

Agustín Argüelles Martín (Jefe O.P.H.-C.H.G.)
Víctor Cifuentes Sánchez (O.P.H.-C.H.G.)

Por la Agencia Andaluza del Agua:

Javier Serrano Aguilar (Director General del Dominio Público Hidráulico)
Juan Luís Ramírez Vaca (Director General de Infraestructuras)

Empresas colaboradoras:

CRN, S.A.

José Antonio Zuazo Osinaga
Pedro Jiménez Marcos
Pedro Martínez Zubieta
Tomás Egido Herráez
Mario Iglesias Martínez
Beatriz Membrado Torrijos
Ana Rebollo Baños

NIP, S.A.

Jesús Tenajas López
Silvia Gutiérrez González
Antonio Carmona Ruiz

ÍNDICE GENERAL

TOMO I.- METODOLOGÍA GENERAL

TOMO II.- INFORMES ESPECÍFICOS DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN (SON 10 CARPETAS)

- **TOMO II-1**

INFORME DE PERÍMETRO DE PROTECCION	M.A.S	MUNICIPIO	PERÍMETRO
Perímetro de protección del Sondeo El Hoyazo y el Manantial El Artesón de abastecimiento al núcleo urbano de Quesada	05.01 Sierra de Cazorla	Quesada	05.01.001
Perímetro de protección del Manantial de La Caída y del Manantial El Tobazo de abastecimiento a la pedanía de Arroyo Frío en el municipio de La Iruela	05.02 Quesada-Castril	La Iruela	05.02.001
Perímetro de protección del Manantial del Barranco de La Canal de abastecimiento a los municipios de Huesa y Quesada	05.02 Quesada-Castril	Quesada	05.02.002
Perímetro de protección del Manantial de Puente de La Cerrada de abastecimiento al núcleo urbano de Hinojares	05.02 Quesada-Castril	Hinojares	05.02.003
Perímetro de protección del Manantial de Siete Fuentes de abastecimiento a la pedanía de Cuenca en el municipio de Hinojares	05.02 Quesada-Castril	Hinojares	05.02.004
Perímetro de protección del Pozo San Pedro, de abastecimiento al núcleo urbano de Galera y a la pedanía de La Alquería	05.06 Orce-María-Cúllar	Galera	05.06.001
Perímetro de protección del Manantial de las de las Siete Fuentes de abastecimiento al núcleo urbano de Galera	05.06 Orce-María-Cúllar	Galera	05.06.002
Perímetro de protección del Pozo de la Umbría y de Pozo Alfonso, de abastecimiento al núcleo urbano de Orce y a la pedanía de Fuente Nueva	05.06 Orce-María-Cúllar	Orce	05.06.003

- **TOMO II-2**

INFORME DE PERÍMETRO DE PROTECCION	M.A.S	MUNICIPIO	PERÍMETRO
Perímetro de protección del Pozo de la Comunidad de Regantes de Venta Micena de abastecimiento a las pedanías de Venta Micena y Pozo de la Rueda en el municipio de Orce	05.06 Orce-María-Cúllar	Orce	05.06.004
Perímetro de protección de los sondeo El Cercado y La Gallega de abastecimiento al núcleo urbano de Cúllar	05.06 Orce-María-Cúllar	Cúllar	05.06.005
Perímetro de protección de la Galería de Venta Quemada de abastecimiento al núcleo urbano de Cúllar y a la pedanía de Pulpite	05.06 Orce-María-Cúllar	Cúllar	05.06.006
Perímetro de protección del Sondeo de Venta Quemada de abastecimiento a la pedanía de Venta Quemada en el municipio de Cúllar	05.06 Orce-María-Cúllar	Cúllar	05.06.007
Perímetro de protección del Pozo Celestino de abastecimiento a las pedanías de Las Vertientes, Tarifa y varios cortijos del paraje El Aguadero en el municipio de Cúllar	05.06 Orce-María-Cúllar	Cúllar	05.06.008
Perímetro de protección del Sondeo de Los Olivos de abastecimiento a la pedanía de El Margen en el municipio de Cúllar	05.06 Orce-María-Cúllar	Cúllar	05.06.009
Perímetro de protección del Sondeo Rambla de Las Colorás de abastecimiento a la pedanía de Venta del Peral en el municipio de Cúllar	05.08 Sierra de las Estancias	Cúllar	05.08.001
Perímetro de protección del Nuevo Pozo de la Raposa de abastecimiento a la pedanía de Pozo Iglesias en el municipio de Cúllar	05.08 Sierra de las Estancias	Cúllar	05.08.002

- **TOMO II-3**

INFORME DE PERÍMETRO DE PROTECCION	M.A.S	MUNICIPIO	PERÍMETRO
Perímetro de protección del Pozo de los Gallardos, de abastecimiento a varias pedanías del municipio de Caniles	05.09 Baza-Caniles	Caniles	05.09.001
Perímetro de protección del Pozo Fuente Maneta de abastecimiento al núcleo urbano de Caniles y a las pedanías de La Vega y Las Molineras	05.09 Baza-Caniles	Caniles	05.09.002
Perímetro de protección del Pozo Rejano, de abastecimiento a varias pedanías del municipio de Caniles	05.09 Baza-Caniles	Caniles	05.09.003
Perímetro de protección del sondeo Cuesta Negra de abastecimiento al núcleo urbano de Torredelcampo	05.16 Jabalcuz	Torredelcampo	05.16.001
Perímetro de protección del sondeo Cuesta Negra de abastecimiento al núcleo urbano de Torredelcampo	05.16 Jabalcuz	Torredelcampo	05.16.002
Perímetro de protección del Sondeo Loma Pineda de abastecimiento al núcleo urbano de Jamilena	05.16 Jabalcuz	Jamilena	05.16.003
Perímetro de protección del Sondeo y Manantial La Maleza de abastecimiento al núcleo urbano de Martos	05.16 Jabalcuz	Martos	05.16.004
Perímetro de protección del Pozo Pericano y el Pozo de la Cueva de abastecimiento al núcleo urbano de Torredelcampo	05.17 Jaén	Torredelcampo	05.17.001

- **TOMO II-4**

INFORME DE PERÍMETRO DE PROTECCION	M.A.S	MUNICIPIO	PERÍMETRO
Perímetro de protección del Manantial de Las Torrecillas de abastecimiento al núcleo urbano de Torredelcampo.	05.17 Jaén	Torredelcampo	05.17.002
Perímetro de protección del Manantial Fuente del Orado de abastecimiento al núcleo urbano de Torres	05.21 Sierra Mágina	Torres	05.21.001
Perímetro de protección del Manantial El Gargantón de abastecimiento al núcleo urbano de Bélmez de la Moraleda	05.21 Sierra Mágina	Bélmez de La Moraleda	05.21.002
Perímetro de protección del Manantial El Robledo de abastecimiento al municipio de Alcalá La Real	05.28 Montes Orientales Sector Norte	Alcalá la Real	05.28.001
Perímetro de protección del Sondeo Fuente de Tudela de abastecimiento al núcleo urbano de Mures en Alcalá la Real	05.28 Montes Orientales Sector Norte	Alcalá la Real	05.28.002
Perímetro de protección del Sondeo Torre de Charilla de abastecimiento a la pedanía de Charilla en el municipio de Alcalá La Real	05.28 Montes Orientales Sector Norte	Alcalá la Real	05.28.003
Perímetro de protección del Sondeo Cuesta de la China de abastecimiento al núcleo urbano de Otura	05.32 Depresión de Granada	Otura	05.32.001
Perímetro de protección del Sondeo Camino del Olivar de abastecimiento al núcleo urbano de Otura	05.32 Depresión de Granada	Otura	05.32.002
Perímetro de protección del Pozo de los Pinos II de abastecimiento al núcleo urbano de Otura	05.32 Depresión de Granada	Otura	05.32.003

- **TOMO II-5**

INFORME DE PERÍMETRO DE PROTECCION	M.A.S	MUNICIPIO	PERÍMETRO
Perímetro de protección de los sondeos de abastecimiento al núcleo urbano de Granada.	05.32 Depresión de Granada	Granada	05.32.004
Perímetro de protección del Sondeo Ermita Nueva de abastecimiento a la pedanía de Ermita Nueva en el municipio de Alcalá La Real	05.34 Madrid-Parapanda	Alcalá la Real	05.34.001
Perímetro de protección del manantial Fuente de Zagrilla de abastecimiento a varias aldeas de Priego de Córdoba	05.35 Cabra-Gaena	Priego de Córdoba	05.35.001
Perímetro de protección del Manantial de Fuente Pata de abastecimiento al núcleo urbano de Luque	05.35 Cabra-Gaena	Luque	05.35.002
Perímetro de protección del Manantial de Fuente Alhama de abastecimiento a varios municipios del Sur de Córdoba	05.35 Cabra-Gaena	Luque	05.35.003
Perímetro de protección de los manantiales Fuente Marbella, Fuenfría y Zarzadilla, de abastecimiento a Luque, Baena y Zuheros	05.35 Cabra-Gaena	Luque/Zuheros	05.35.004
Perímetro de protección del Manantial Fuente de la Plata de abastecimiento al núcleo urbano de Doña Mencía	05.35 Cabra-Gaena	Doña Mencía	05.35.005
Perímetro de protección del manantial Pilar de Abajo de abastecimiento al núcleo urbano de Doña Mencía	05.35 Cabra-Gaena	Doña Mencía	05.35.006

- **TOMO II-6**

INFORME DE PERÍMETRO DE PROTECCION	M.A.S	MUNICIPIO	PERÍMETRO
Perímetro de protección del manantial fuente de las Jarcas de abastecimiento al municipio de Cabra	05.35 Cabra – Gaena	Cabra	05.35.007
Perímetro de protección del manantial fuente del Río de abastecimiento al municipio de Cabra	05.35 Cabra – Gaena	Cabra	05.35.008
Perímetro de protección del sondeo “Pozo la Culebra” de abastecimiento a la pedanía de Cabra: Gaena Casas Gallegas	05.35 Cabra – Gaena	Cabra	05.35.009
Perímetro de protección del manantial “Fuente Las Palomas” de abastecimiento al municipio de Carcabuey	05.35 Cabra – Gaena	Carcabuey	05.35.010
Perímetro de protección del manantial “Fuente Bernabé” de abastecimiento al municipio de Carcabuey	05.35 Cabra – Gaena	Carcabuey	05.35.011
Perímetro de protección del sondeo de Algar de abastecimiento a la pedanía de Carcabuey: Algar	05.35 Cabra – Gaena	Carcabuey	05.35.012
Perímetro de protección del manantial Campo de Aras de abastecimiento al municipio de Lucena	05.35 Cabra – Gaena	Lucena	05.35.013
Perímetro de protección del Manantial Fuente del Rey de abastecimiento al núcleo urbano de Priego de Córdoba	05.36 Rute-Horconera	Priego de Córdoba	05.36.001

- **TOMO II-7**

INFORME DE PERÍMETRO DE PROTECCION	M.A.S	MUNICIPIO	PERÍMETRO
Perímetro de protección del Manantial La Milana de abastecimiento a la aldea de Genilla en el municipio de Priego de Córdoba	05.36 Rute-Horconera	Priego de Córdoba	05.36.002
Perímetro de protección del Manantial Fuente de Los Villares de abastecimiento a la aldea de Los Villares, en el municipio de Priego de Córdoba	05.36 Rute-Horconera	Priego de Córdoba	05.36.003
Perímetro de protección del Manantial Fuente Azores de abastecimiento a la aldea de La Concepción, en el municipio de Priego de Córdoba	05.36 Rute-Horconera	Priego de Córdoba	05.36.004
Perímetro de protección del Manantial Fuente de Los Ricardos de abastecimiento a varios cortijos del municipio de Priego de Córdoba	05.36 Rute-Horconera	Priego de Córdoba	05.36.005
Perímetro de protección del Manantial Fuente de Cañatiendas de abastecimiento a la aldea de Las Lagunillas en el municipio de Priego de Córdoba	05.36 Rute-Horconera	Priego de Córdoba	05.36.006

• **TOMO II-8**

INFORME DE PERÍMETRO DE PROTECCION	M.A.S	MUNICIPIO	PERÍMETRO
Perímetro de protección de los pozos Petronilos, Petronilos Nuevo y Los Llanos, de abastecimiento a la aldea de Las Lagunillas en el municipio de Priego de Córdoba	05.36 Rute-Horconera	Priego de Córdoba	05.36.007
Perímetro de protección del nacimiento del Río de La Hoz de abastecimiento al municipio de Rute	05.36 Rute-Horconera	Rute	05.36.008
Perímetro de protección de las Captaciones de Las Navas de abastecimiento a la aldea de Las Navas en el municipio de Priego de Córdoba	05.37 Albayate-Chanzas	Priego de Córdoba	05.37.001
Perímetro de protección del sondeo El Puntal de abastecimiento a los municipios de Casarriche, Roda de Andalucía y Lora de Estepa	05.43 Sierra y Mioceno de Estepa	Lora de Estepa	05.43.001
Perímetro de protección del sondeo Fuente de Santiago de abastecimiento al municipio de Estepa	05.43 Sierra y Mioceno de Estepa	Estepa	05.43.002
Perímetro de protección del sondeo nuevo y sondeo depósito de abastecimiento al municipio de Gilena	05.43 Sierra y Mioceno de Estepa	Gilena	05.43.003
Perímetro de protección del sondeo La Calderona de abastecimiento al municipio de Herrera	05.43 Sierra y Mioceno de Estepa	Herrera	05.43.004

- **TOMO II-9**

INFORME DE PERÍMETRO DE PROTECCION	M.A.S	MUNICIPIO	PERÍMETRO
Perímetro de protección del sondeo Matagallá y Cerro del Ojo de abastecimiento al municipio de Pedrera	05.43 Sierra y Mioceno de Estepa	Pedrera	05.43.005
Perímetro de protección del sondeo y Pozo Arroyo Huerta y los sondeos arroyo Pilar Viejo I y II, abastecimiento de emergencia al núcleo urbano de Aznalcóllar	05.49 Gerena-Posadas	Aznalcóllar	05.49.001
Perímetro de protección de los sondeos nuevo y viejo I y II de abastecimiento de emergencia al núcleo urbano de Brenes	05.49 Gerena-Posadas	Brenes	05.49.002
Perímetro de protección de los sondeos Canal, Polígono, Campo de fútbol, Campo de S. Francisco de abastecimiento al núcleo urbano de Burguillos.	05.49 Gerena-Posadas	Burguillos	05.49.003
Perímetro de protección de los sondeos Pavón viejo y nuevo, de abastecimiento de emergencia al núcleo urbano de Gerena.	05.49 Gerena-Posadas	Gerena	05.49.004
Perímetro de protección del pozo y sondeos de la Molineta de abastecimiento de emergencia al núcleo urbano de Gerena	05.49 Gerena-Posadas	Gerena	05.49.005
Perímetro de protección de los sondeos Depuradora 1 y 2 de abastecimiento al núcleo urbano de Guillena.	05.49 Gerena-Posadas	Guillena	05.49.006

- **TOMO II-10**

INFORME DE PERÍMETRO DE PROTECCION	M.A.S	MUNICIPIO	PERÍMETRO
Perímetro de protección del sondeo Villanueva de abastecimiento de emergencia al núcleo urbano de Villanueva del Río y Minas.	05.49 Gerena-Posadas	Villanueva del Río y Minas	05.49.007
Perímetro de Protección de los sondeos La Higuera, Eucalipto, Matalagrana I y Matalagra II , de abastecimiento a los núcleos urbanos de Almonte, Bollullos par del Condado y Rociana del Condado.	05.51 Almonte Marismas	Almonte	05.51.001
Perímetro de protección de los sondeos Estación eléctrica, El Polígono, El Rincón, Los Llanos, Sevillana 1 y Sevillana 2, de abastecimiento a la aldea del Rocío en término municipal de Almonte.	05.51 Almonte Marismas	Almonte	05.51.002
Perímetro de protección de los nº 2, 3-2, 6-2, 9 y 10 de abastecimiento a la pedanía de Matalascañas en término municipal de Almonte	05.51 Almonte Marismas	Almonte	05.51.003
Perímetro de protección de los sondeos Nº 3 Y 4 de abastecimiento al núcleo urbano de Hinojos.	05.51 Almonte Marismas	Hinojos	05.51.004
Perímetro de protección de los sondeos nº 1, 2 y 3, de abastecimiento al núcleo urbano de Villamanrique de la Condesa	05.51 Almonte Marismas	Villamanrique de la Condesa	05.51.005
Perímetro de protección del Manantial Fuente de Los Chorros de abastecimiento al núcleo urbano de Valdepeñas de Jaén	05.70 Gracia-Ventisquero	Valdepeñas de Jaén	05.70.001

ÍNDICE

Pag nº

1. INTRODUCCIÓN	5
2. ANTECEDENTES	8
3. TRABAJOS REALIZADOS	11
3.1. INFORMACIÓN UTILIZADA	16
3.1.1. Información de focos potenciales de contaminación.....	16
3.1.2. Información de vulnerabilidad	17
3.1.3. Otras fuentes de información	17
4. RESUMEN METODOLÓGICO DEL ESTABLECIMIENTO Y DELIMITACIÓN DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN	19
4.1. TRABAJOS DE CAMPO	19
4.1.1. Entrevistas en Ayuntamientos.....	19
4.1.2. Visita a las captaciones de abastecimiento de agua a la población.....	19
4.1.3. Inventario de focos potenciales de contaminación.....	23
4.2. TRABAJOS DE GABINETE	25
4.3. METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA DELIMITACIÓN DEL PERÍMETRO DE PROTECCIÓN.....	30
4.4. METODOLOGÍA EN ACUÍFEROS DETRÍTICOS Y MIXTOS	31
4.5. METODOLOGÍA EN ACUÍFEROS KÁRSTICOS.....	34
4.5.1. Perímetros para captaciones sobre zonas de descarga de áreas kársticas.....	38
4.5.2. Perímetros para captaciones extractivas en zonas de recarga o circulación	45
4.6. MÉTODO EMPLEADO EN EL CÁLCULO DEL PERÍMETRO DE PROTECCIÓN DE LA CANTIDAD	46
4.6.1. Zona de protección de la cantidad en manantiales	46
4.6.2. Zona de protección de la cantidad en sondeos.....	46
4.7. VULNERABILIDAD INTRÍNSECA FRENTE A LA CONTAMINACIÓN.....	47
4.7.1. Índice DRASTIC Reducido	48
4.7.2. Método COP.....	48
4.8. PRESIONES Y RIESGOS	49
4.8.1. Evaluación de la peligrosidad.....	50
4.8.2. Evaluación del riesgo.....	56
5. RESULTADOS	58

5.1.	PERIMETROS DE PROTECCIÓN DEFINIDOS	58
5.2.	EVALUACIÓN DEL RIESGO	67
5.3.	IMPLANTACIÓN DE LOS PERÍMETROS DE PROTECCIÓN	76
5.4.	CONTROL Y VIGILANCIA.....	79
6.	ZONAS DE SALVAGUARDA.....	81
6.1.	FUENTES DE INFORMACIÓN Y RECOPIACIÓN DE COBERTURAS SIG	82
6.2.	PRIMERA FASE: (CONSTRUCCIÓN DE ELIPSES)	84
6.2.1.	<i>Construcción del SIG para generación de elipses.....</i>	<i>84</i>
6.2.2.	<i>Tabla de datos para generación de elipses</i>	<i>85</i>
6.2.3.	<i>Estructura de la tabla de datos para Wyssling.....</i>	<i>88</i>
6.2.4.	<i>Generación de elipses mediante Wyssling.....</i>	<i>91</i>
6.2.5.	<i>Revisión y calibrado de la metodología</i>	<i>92</i>
6.2.6.	<i>Resultados obtenidos con el método de Wyssling.....</i>	<i>95</i>
6.3.	SEGUNDA FASE: LÍMITES HIDROGEOLÓGICOS Y ZONAS DE ALIMENTACIÓN	97
6.4.	TERCERA FASE: REVISIÓN FINAL – CRITERIO DE EXPERTO	103
6.5.	ENTREGA DE DOCUMENTACIÓN DE ZONAS DE SALVAGUARDA	106
6.6.	CONTROL FINAL	107
6.7.	REDEFINICIÓN FINAL DE ZONAS DE SALVAGUARDA.....	108
7.	REFERENCIAS	110

INDICE DE PLANOS

Plano A	-	Perímetros de protección delimitados en la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.
Plano B	-	Perímetros de protección en la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.
Plano C-1	-	Perímetros de protección. Masa de Agua 05.01 Sierra de Cazorla. Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.
Plano C-2	-	Perímetros de protección. Masa de Agua 05.02 Quesada-Castril. Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.
Plano C-3	-	Perímetros de protección. Masa de Agua 05.06 Orce-María-Cúllar. Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.
Plano C-4	-	Perímetros de protección. Masa de Agua 05.08 Sierra de Las Estancias. Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.
Plano C-5	-	Perímetros de protección. Masa de Agua 05.09 Baza-Caniles. Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.
Plano C-6	-	Perímetros de protección. Masa de Agua 05.16 Jabalcuz. Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.
Plano C-7	-	Perímetros de protección. Masa de Agua 05.17 Jaén. Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.
Plano C-8	-	Perímetros de protección. Masa de Agua 05. 21Sierra Mágina. Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.
Plano C-9	-	Perímetros de protección. Masa de Agua 05.28 Montes Orientales. Sector Norte. Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.
Plano C-10	-	Perímetros de protección. Masa de Agua 05.32 Depresión de Granada. Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.

- Plano C-11 - Perímetros de protección. Masa de Agua 05.34 Madrid-Parapanda. Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.
- Plano C-12 - Perímetros de protección. Masa de Agua 05.35 Cabra-Gaena. Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.
- Plano C-13 - Perímetros de protección. Masa de Agua 05.36 Rute-Horconera. Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.
- Plano C-14 - Perímetros de protección. Masa de Agua 05.37 Albayate-Chanzas. Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.
- Plano C-15 - Perímetros de protección. Masa de Agua 05.43 Sierra y Mioceno de Estepa. Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.
- Plano C-16 - Perímetros de protección. Masa de Agua 05.49 Gerena-Posadas. Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.
- Plano C-17 - Perímetros de protección. Masa de Agua 05.37 Almonte-Marismas del Guadalquivir. Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.
- Plano C-18 - Perímetros de protección. Masa de Agua 05.70 Gracia-Ventisquero. Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.
- Plano D - Zonas de salvaguarda delimitadas en la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.
- Plano E - Zonas de salvaguarda y perímetros de protección delimitados en la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.

1. **INTRODUCCIÓN**

La presente memoria corresponde al Informe General y Metodológico de la Asistencia para la “ELABORACIÓN DE PERÍMETROS DE SALVAGUARDA PARA LA PROTECCIÓN DE LAS CAPTACIONES DE ABASTECIMIENTO URBANO” de masas de agua de la Cuenca Hidrográfica del Guadalquivir, llevada a cabo por el INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, IGME.

Estos trabajos se han realizado en el marco del “Acuerdo de Encomienda de Gestión entre la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y el IGME para el desarrollo y ejecución de diversos proyectos en materia de aguas subterráneas, acuíferos, redes de observación hidrogeológica y explotación de masas de agua”. Así como con la Agencia Andaluza del Agua conforme a lo establecido en el Real Decreto 1666/2008, de 17 de octubre, sobre traspaso de funciones y servicios de la Administración del Estado a la Comunidad Autónoma de Andalucía en materia de recursos y aprovechamientos hidráulicos, correspondientes a las aguas de la cuenca del Guadalquivir.

Con este proyecto se pretenden mejorar las medidas de protección en las masas de agua de la cuenca del Guadalquivir para dar cumplimiento a los objetivos de la DMA, con el establecimiento de zonas de salvaguarda y de perímetros de protección de la calidad y la cantidad para las principales captaciones de abastecimiento urbano. Se han delimitado 75 perímetros de protección para 126 captaciones.

La Directiva Marco del Agua establece en su artículo 7, apartado 1, que los Estados miembros especificarán dentro de su demarcación todas las masas de agua utilizadas para la captación de agua destinada al consumo humano que proporcionen un promedio de más de 10 m³ diarios o que abastezcan a más de 50 personas, así como todas las masas de aguas destinadas a tal uso en el futuro.

En el apartado 3, del mismo artículo 7, se indica que “los Estados miembros velarán por la necesaria protección de las masas de agua especificadas con objeto de evitar el deterioro de su calidad, contribuyendo así a reducir el nivel de tratamiento de purificación necesario para la producción de agua potable. Los Estados miembros podrán establecer perímetros de protección (*Safeguard zones*, en el texto original en inglés) para esas masas de agua”

Así, las zonas de salvaguarda (“safeguard zones”) son áreas cuyo establecimiento (de forma opcional) contempla la Directiva Marco del Agua para la protección de las masas de agua que cumplen los requisitos del apartado 7.1. Las zonas de salvaguarda son áreas en cuyo ámbito se centran las medidas para proteger las aguas subterráneas con el objetivo de limitar el deterioro de su calidad y estando dicha limitación referida “al nivel de tratamiento de purificación necesario para la producción del agua potable”.

Equivalen por tanto a “perímetros de protección” de masas de agua subterránea destinadas al consumo humano según el artículo 7.3 de la DMA. Éstas no han sido aún objeto de transposición a la legislación española.

Su tamaño es muy variable, será en muchos casos menor que las masas de agua subterránea y pueden existir varias zonas de salvaguarda en una masa de agua si bien también pueden extenderse fuera de la misma.

En este sentido cabe recordar que muchos Estados ya utilizan perímetros de protección de captaciones con principios muy similares a los indicados. Estos perímetros de protección pueden ser empleados al delimitar zonas de salvaguarda para cumplir los requerimientos del artículo 7.3. En España, el “*perímetro de protección de captaciones de aguas de consumo humano*” es una figura ampliamente reflejada en la legislación de aguas, tanto desde la Ley de Aguas (RDL 1/2001, de 20 de julio), como en el Reglamento de Dominio Público Hidráulico (Real Decreto 849/1986 de 11 de abril). De cara a las restricciones de actividades en el perímetro de protección, se admite en la práctica la división del perímetro en zonas alrededor de la

captación, según su importancia en cuanto a las restricciones de actividad impuestas. Esta zonación debe proponerse en cada documento de delimitación del perímetro de protección.

Con todo lo anterior, en relación con la presente asistencia se han realizado 75 *perímetros de protección de 126 captaciones* que se seleccionaron dentro de 18 masas de aguas subterráneas de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir y también se han delimitado 606 zonas de salvaguarda en todas las masas de agua subterránea del Guadalquivir.

2. **ANTECEDENTES**

El Instituto Geológico y Minero de España (IGME), amparado en la normativa legal establecida en la disposición adicional cuarta del Texto Refundido de la Ley de Aguas (R.D.L.1/2001, de 20 de julio), que le faculta para llevar a cabo planes de investigación y ejecutar trabajos de asesoramiento técnico a las Administraciones Públicas, firmó en agosto de 2004 con el Ministerio de Medio Ambiente, a través de la Secretaría General para el Territorio y la Biodiversidad (Dirección General del Agua), un Convenio de colaboración para “la realización de trabajos técnicos para la aplicación de la Directiva Marco del Agua en materia de aguas subterráneas”. Mediante este Convenio de colaboración (2003-2006) se abordaron una serie de trabajos necesarios para la implantación de la Directiva Marco del Agua (DMA), relativos a dos campos claramente diferenciados:

- a) Identificación, delimitación y caracterización de las masas de agua subterránea.

- b) Calidad natural y seguimiento del estado químico de las masas de agua subterránea.

Por otra parte, en cumplimiento de los requerimientos de la Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua (DMA), los Organismos de cuenca concluyeron en 2005 la caracterización inicial de las masas de agua subterránea delimitadas en cada demarcación. Tras una revisión de las masas de agua subterránea, resultaron, en las cuencas intercomunitarias, 194 en riesgo de no alcanzar en el año 2015 los objetivos medioambientales fijados por la DMA en su artículo 4.

El Ministerio de Medio Ambiente y el Ministerio de Educación y Ciencia suscribieron el 26/09/2007 un Acuerdo para la Encomienda de Gestión por el MMA, Dirección General del Agua, al IGME para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas con una vigencia de 36 meses. Éste contempla como actividad 9 la “Protección de las aguas empleadas para

consumo humano según los requerimientos de la Directiva Marco del Agua”. Estos trabajos quedan también contemplados, en lo referente a las masas de agua de la Demarcación del Guadalquivir, en el “Acuerdo de Encomienda de Gestión entre la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir y el IGME para el desarrollo y ejecución de diversos proyectos en materia de aguas subterráneas, acuíferos, redes de observación hidrogeológica y explotación de masas de agua”. Estos acuerdos contemplan (art. 10 de la Encomienda) que el IGME puede acometer los trabajos bien sea por sus propios medios o en colaboración con instituciones nacionales e internacionales con capacidad adecuada en las materias propias del Acuerdo.

El IGME ha aprobado (reunión nº 12/2007 de 8/11/2007 del Comité de Dirección) el proyecto 469 (“Protección de las aguas subterráneas empleadas para el consumo humano según los requerimientos de la DMA”). En dicho proyecto figura una asistencia técnica para afrontar parte de los trabajos contemplados en la Encomienda de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir, en concreto el establecimiento de zonas de salvaguarda o perímetros de protección en captaciones para consumo humano de masas de agua de la Demarcación del Guadalquivir.

Dentro de la actividad 9 de la encomienda con el MMA, el IGME ha llevado a cabo, un registro de captaciones y zonas protegidas en las masas de agua intercomunitarias, mediante asistencia técnica que ha llevado a cabo la empresa CRN, S.A. Bajo esta asistencia se han identificado, revisado y registrado todas las captaciones de consumo humano y los perímetros de protección para abastecimientos a núcleos de población, tanto propuestos como aprobados, así como los perímetros de protección de aguas minerales en todas las masas de agua subterránea de la Demarcación del Guadalquivir. Constituye por lo tanto la base para el establecimiento del Registro en el sentido del artículo 6 de la DMA, que incluirá todas las masas de agua utilizadas para la captación de aguas destinadas al consumo humano que proporcionen un promedio de 10 m³/día o que abastezcan a más de 50 personas y también las masas de agua destinadas a tal uso en el futuro. Las coberturas del Registro de zonas protegidas han sido actualizadas para la Demarcación del Guadalquivir y se presentan en el CD que se adjunta a esta memoria, en la carpeta CARTO_APOYO, en los ficheros: “captaciones existentes.shp” y “perímetros existentes.shp”.

Además de la DMA, la Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (Unión Europea, 2006) relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro, establece medidas específicas para prevenir y controlar la contaminación de las aguas subterráneas y especialmente la protección de las aguas utilizadas como agua potable. La importancia que le ha dado la Comisión Europea a la protección de las aguas subterráneas motivó la formación del “Working Group C”, Aguas subterráneas, creado en 2003 para facilitar la implantación de la DMA y la constitución de un grupo de trabajo específico “Groundwater protected areas”, con participación de España formando parte del equipo de trabajo los técnicos del MMA y del IGME. Este grupo ha elaborado una guía (European Commission, 2007, Anexo 2) que clarifica los requerimientos de la DMA para áreas protegidas.

3. TRABAJOS REALIZADOS

Se han realizado 75 perímetros de protección de captaciones para la protección de la calidad y la cantidad para las principales captaciones de abastecimiento urbano, un total de 126 captaciones correspondientes a 18 Masas de Agua Subterránea. Además se han realizado las zonas de salvaguarda para todas las masas de aguas subterráneas en las que se ubican las captaciones de abastecimiento urbano, con los requisitos del Artículo 7 de la DMA, y según unos criterios y metodología sistemática.

Para los perímetros de protección se ha aplicado la metodología ya establecida para el IGME

Por otro lado, uno de los objetivos ha sido definir también la metodología para el establecimiento de las zonas de salvaguarda en todas las masas.

Las zonas de salvaguarda integran los perímetros de protección de calidad de captaciones ya definidos y los que se elaboran en este proyecto junto con otras medidas para garantizar la protección de la calidad en las masas de agua subterránea empleadas para consumo humano.

Las actividades realizadas han sido las siguientes:

1. Selección de municipios y/o captaciones que requieren perímetros de protección y zonas de salvaguarda prioritariamente.
2. Clasificación de las zonas de salvaguarda y de los municipios por su prioridad o necesidad de definir perímetros de protección según el riesgo de contaminación.

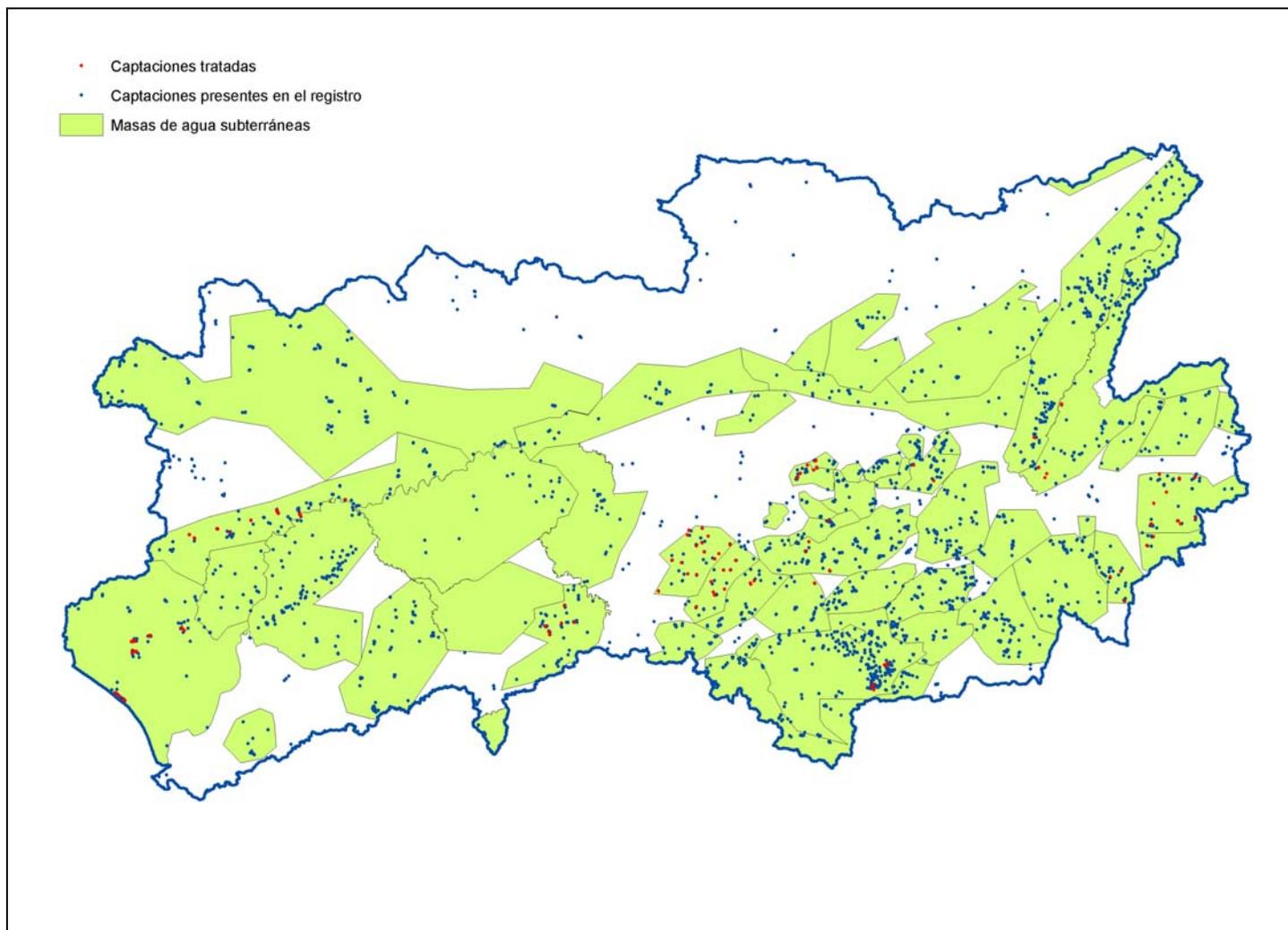
3. Análisis previo para la definición de los criterios y metodología a aplicar en la definición de perímetros de protección de las captaciones seleccionadas y zonas de salvaguarda de todas las masas de agua subterránea según el riesgo de contaminación.
4. Aplicación de la metodología con explotación en SIG y aplicación de criterios hidrogeológicos y del riesgo de contaminación a todas las masas de agua de la Demarcación del Guadalquivir (Registro de captaciones de abastecimiento y de perímetros de protección de la Actividad 9 y demás capas de datos relacionadas con el riesgo de contaminación).
5. Elaboración de los perímetros de protección de calidad y cantidad y zonas de salvaguarda para las captaciones seleccionadas y masas de agua subterránea en las que se ubican aplicando la metodología definida, incluyendo una etapa de campo para verificar y completar los datos y otra de aplicación de los métodos analíticos e hidrogeológicos para conseguir los siguientes resultados:
 - Zonificación detallada de la vulnerabilidad
 - Inventario de presiones o focos potenciales de contaminación
 - Zonificación por métodos analíticos e hidrogeológicos
 - Aplicación diferenciada y óptima de los métodos según la tipología de acuífero
 - Definición de las restricciones
6. Revisión y redefinición final de zonas de salvaguarda sobre los perímetros de protección ya existentes y los nuevos perímetros de protección realizados en la asistencia.
7. Integración de los perímetros de protección y zonas de salvaguarda definidos en un sistema de información geográfica (SIG) según los requerimientos de los acuerdos de Encomienda con el MMA y la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.

8. Elaboración de la memoria final de síntesis de los trabajos realizados en todas las fases de ejecución del proyecto

El primer paso para la realización de los perímetros de protección ha sido preparar la información básica relativa a las captaciones, presiones e hidrogeología de las zonas (Masas de Agua Subterránea) en las que se van a realizar los trabajos de campo. Esta información es la siguiente:

- Tablas de las captaciones de abastecimiento humano objeto del perímetro de protección: Plano de localización y tablas con las características de las captaciones, obtenidas del Registro de captaciones realizado
- Tablas de datos y localización de otros puntos de agua del entorno aunque no tengan uso para abastecimiento: Se han obtenido de las diferentes tablas procesadas para el Registro de captaciones y zonas protegidas y se han localizado en un plano en el entorno de las captaciones de abastecimiento humano.

En la siguiente figura se muestran las captaciones de abastecimiento presentes en el Registro de captaciones y las captaciones objeto del perímetro de protección en este proyecto.



Captaciones de abastecimiento presentes en el Registro y captaciones objeto de perímetro de protección.

- Mapa geológico e hidrogeológico: obtenido de las cartografías del IGME, o bien de los planos de las Normas de Explotación de las U.H. (70 Unidades Hidrogeológicas). En los planos hidrogeológicos están marcadas las condiciones de contorno a comprobar en campo, límites, zonas de recarga, descarga y datos numéricos principales del balance, etc.
- Piezometría y red de flujo: El plano hidrogeológico llevará la piezometría general de la U.H. o de la masa de agua y la red de flujo obtenida de diversas fuentes, bien del IGME o de las redes de control piezométrico. También se incorporarán las líneas de flujo que figuren en dichas fuentes o bien las que se puedan interpretar de la piezometría.
- Listados de hidroquímica: Para identificar evidencias de contaminación.
- Planos de vulnerabilidad de las MAS.
- Análisis de presiones e impactos del estudio IMPRESS.

Los trabajos de campo son de importancia fundamental para la buena consecución de los perímetros de protección ya que se realizan las comprobaciones y validaciones y se efectúa la toma de datos a nivel de inventario tanto de las captaciones como de los focos potenciales de contaminación.

Además, la recopilación y verificación sistemática de datos en el campo se plantea basada en tres fichas de trabajo:

- Ficha de datos de la captación
- Ficha de presiones del entorno
- Fichas de Sistemas de Abastecimiento

Así, en el campo la secuencia de trabajo y metodología ha sido la siguiente:

- Entrevistas en los Ayuntamientos.
- Visita a las captaciones de consumo humano para verificación de datos y completar la ficha de captaciones.
- Fichas de Sistemas de Abastecimiento del municipio.
- Piezometría del entorno.
- Inventario de focos potenciales de contaminación.

3.1. INFORMACIÓN UTILIZADA

3.1.1. Información de focos potenciales de contaminación

- Inventario de campo. Focos de contaminación puntuales más próximos a las captaciones visitadas en las campañas de campo.
- Focos de contaminación del Plan de Control de Granada y Jaén, realizados por el IGME. El emplazamiento y descripción de estos focos se ha importado desde las bases de datos del Plan de Control para su representación en GIS. Estos focos de contaminación corresponden a presiones puntuales.
- Focos de contaminación y presiones en coberturas GIS:
 - IMPRESS: Graveras, vertederos, industrias IPPC, aguas de drenaje de minas, piscifactorías y gasolineras

- SIA (Sistema Integral de Información del Agua): EDAR, puntos de vertido, cabezas de ganado y contaminación difusa (estos dos últimos se representan por miles de cabezas de ganado por comarca y kg/km^2 , respectivamente, siendo estos valores los correspondientes a la totalidad de la comarca en la que se encuentra la captación)
- CORINE: Usos del suelo del año 2000. Los focos de contaminación obtenidos mediante esta fuente de información han sido contrastados en campo y mediante el análisis de ortofoto digital para incluir las presiones correspondientes a los distintos usos del suelo.

3.1.2. Información de vulnerabilidad

Los valores empleados para la estimación de la vulnerabilidad son los correspondientes al método COP mediante el análisis de la cartografía de la vulnerabilidad intrínseca en medios kársticos y el índice DRASTIC Reducido en medios detríticos y mixtos. Estos valores de vulnerabilidad se han obtenido del Mapa de Vulnerabilidad de España realizado por el IGME en el marco de la Encomienda de Gestión para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas.

3.1.3. Otras fuentes de información

La información geográfica y temática utilizada como coberturas de base para la elaboración de los perímetros de protección se adjunta en un CD anexo a la presente memoria (CARTO_APOYO/captaciones existentes.shp y perímetros existentes.shp) y se enumeran a continuación.

- Registro de captaciones y zonas protegidas en las masas de agua intercomunitarias. Captaciones de consumo humano y perímetros de

protección para abastecimientos a núcleos de población, tanto propuestos como aprobados. Incluye todas las masas de agua utilizadas para la captación de aguas destinadas al consumo urbano que proporcionen un promedio de 10 m³/día o que abastezcan a más de 50 personas y también las masas de agua destinadas a tal uso en el futuro. Es una versión actualizada del “Registro de captaciones y zonas protegidas para consumo humano en las masas de agua intercomunitarias”

- Coberturas técnicas de la DMA: Límites de Masas de Aguas Subterránea de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.
- Coberturas de protección ambiental: ZEPAs, RAMSAR, LIC, IBAs, ENP, Reserva Biosfera.
- Red hidrográfica de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir
- Coberturas administrativas: Provincias, municipios y núcleos de población de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.
- Mapa Litoestratigráfico y de Permeabilidad de España, editado por el Instituto geológico y Minero de España en 2006. Incorpora además la descripción litológica de toda la Demarcación del Guadalquivir con una estimación de la permeabilidad de los materiales en cinco categorías.
- Revisión y Actualización de las Normas de Explotación de las Unidades Hidrogeológicas de las Demarcaciones del Guadalquivir y Guadalete – Barbate. (ITGE-Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. 2000-2001)
- Planes de Control. El Plan de Control de Recursos y Gestión de Captaciones de Aguas Subterráneas para Abastecimientos Urbanos de las provincias de Granada y Jaén se enmarca en las actividades previstas en el Convenio de Colaboración establecido entre la Diputación de Granada, la Diputación de Jaén y el Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E). Analizan el estado de funcionamiento de la infraestructura de abastecimiento de los términos municipales de las provincias, y propone mejoras en caso de ser necesarias.

4. RESUMEN METODOLÓGICO DEL ESTABLECIMIENTO Y DELIMITACIÓN DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN

4.1. TRABAJOS DE CAMPO

4.1.1. Entrevistas en Ayuntamientos

En el campo, la revisión de captaciones se ha realizado por municipios mediante la entrevista con los ayuntamientos y el personal técnico encargado del servicio de abastecimiento urbano.

En primer lugar se ha tenido una entrevista con el personal, a poder ser, técnico del Ayuntamiento de modo que se facilitara el acceso a las instalaciones de captación, que faciliten la revisión y la información sobre las características del sistema de abastecimiento y depuración de las aguas de abastecimiento a la población.

4.1.2. Visita a las captaciones de abastecimiento de agua a la población

Los trabajos a realizar en la visita de las captaciones serán:

- *Verificar y completar los datos que se tienen cumplimentando la “ficha de captación” de abastecimiento humano:* El planteamiento, de una parte importante del trabajo de campo en relación con las captaciones, está orientado a la verificación, comprobación y a completar la información que ya se tiene en las tablas preparadas para el campo. No obstante, sobre el terreno se ha completado la ficha de captaciones detallada. El tipo de ficha se ha basado en la “ficha de inventario de puntos de agua” del IGME. Las fichas de inventario de captaciones se encuentran en un anexo incorporado a cada informe de perímetro de protección.

A continuación se muestra una de las fichas de inventario de puntos de agua:

 <p>INVENTARIO PUNTO ACUÍFERO</p>	① N° de registro 183840024 N° de puntos descritos 01 Hoja topográfica 1/50.000 MARTOS Número 946	② COORDENADAS Lambert X <input type="text"/> <input type="text"/> Y <input type="text"/> <input type="text"/> UTM Huso Sector X 30 S Y 423301 4181099																									
	③ Croquis acotado o mapa detallado		④ Cuenca hidrográfica GUADALQUIVIR 05 Unidad hidrogeológica 17 Sistema acuífero Provincia JAEN 23 Término Municipal TORREDELCAMPO Toponimia REBICANO	⑤ Objeto Cota 789 Referencia topográfica ⑥ Naturaleza 3070 4 Profundidad de la obra 211 Profundidad/Longitud de la obra secundaria																							
	⑦ Tipo de perforación Trabajos aconsejados por Año de ejecución Profundidad 211 m Reprofundizado el año Profundidad final		⑧ MOTOR Naturaleza Tipo equipo de extracción Potencia cv	BOMBA Naturaleza Capacidad Marca y tipo																							
⑨ Utilización del agua ABASTECIMIENTO E Cantidad extraída (Dm ³) Durante días		⑩ ¿Tiene perímetro de protección? <input type="checkbox"/> Bibliografía del punto acuífero Documentos intercalados Entidad que contrata y/o ejecuta la obra Escala de representación Redes a las que pertenece el punto P C I G H Ex II Ve																									
⑪ MEDIDAS DE NIVEL Y/O CAUDAL																											
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:15%;">Fecha</th> <th style="width:5%;">Superficie</th> <th style="width:20%;">Altura del agua respecto a la referencia</th> <th style="width:15%;">Caudal m/h</th> <th style="width:15%;">Cota absoluta del agua</th> <th style="width:30%;">Método de medida</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> <tr> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> <td><input type="text"/></td> </tr> </tbody> </table>	Fecha	Superficie	Altura del agua respecto a la referencia	Caudal m/h	Cota absoluta del agua	Método de medida	<input type="text"/>	⑫ Sistema de Explotación: ⑬ Zonas Húmedas:																			
Fecha	Superficie	Altura del agua respecto a la referencia	Caudal m/h	Cota absoluta del agua	Método de medida																						
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>																						
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>																						
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>																						
⑭ Usuario MANUEL JESUS CUELLAR ORTEGA Nombre Propietario EMAT (EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA) Telf. 618 65 18 63 Dirección C/ PUERTA DE MARTOS, 15 Localidad TORREDELCAMPO																											
⑮ OBSERVACIONES																											
⑯ Modificaciones efectuadas en los datos del punto acuífero Año en que se efectuó la modificación		⑰ Includido por Fecha																									
Consumo anual (m ³ /año)		Días de bombeo																									
Caudal instantáneo (l/s)	3-10 l/s	Consumo municipio (m ³ /año)																									
Volumen diario (m ³ /día)		Entidad gestora																									

Ficha de inventario de punto de agua

- *Realización de una piezometría del entorno para la comprobación de los gradientes y niveles piezométricos:* Se ha tenido en cuenta si la captación está en el momento de la visita bombeando y se ha medido el nivel del sondeo siempre que la instalación del sondeo lo haya permitido. Se ha tomado medidas de niveles piezométricos en todos aquellos puntos del entorno de la captación que sean susceptibles de medición, con el fin de poder realizar una piezometría local en el entorno de la captación para poder definir las líneas de flujo en la zona y así definir la zona de protección más detallada.
- *Arranque de prueba de la bomba de la captación para realizar comprobaciones de descensos y caudales:* En los casos que ha sido posible se ha realizado un ensayo de bombeo en la captación para comprobar el descenso producido para tiempos cortos y los caudales instantáneos bombeados, y así establecer los parámetros hidráulicos del acuífero.

4.1.3. Inventario de focos potenciales de contaminación

Durante la visita de campo se ha realizado un inventario de focos de contaminación próximos a las captaciones de estudio. Con los datos recogidos en campo se han completado unas fichas de presiones, que constan de 3 grupos de datos orientados a:

- Descripción de la Actividad. Información referente al tipo y descripción de la actividad y las sustancias contaminantes.
- Descripción del Emplazamiento. Información sobre el medio físico en que se sitúa el foco potencial de contaminación.
- Usos del suelo. Uso actual y futuro del suelo sobre el que se encuentra la actividad, así como el uso del terreno situado en el entorno de la misma.

A continuación se muestra la estructura de las fichas de inventario de presiones:

ACTIVIDAD

	Nombre	Tipo de actividad	Estado	Descripción	Datos de producción	Sustancias contaminantes	Residuos producidos	Residuos o material abandonado	Medidas de contencion existentes	Estado de las medidas	Observaciones
1											
2											
3											

EMPLAZAMIENTO

	Dirección	Termino Municipal	Provincia	Coordenadas	Superficie	Superficie construida	Presencia de otros pozos/manantial	Distancia al cauce más próximo	Nombre del cauce	Posición respecto a la zona de recarga	Observaciones
1											
2											
3											

USOS DEL SUELO

	Uso actual	Uso futuro	Clasificación urbanística	Usos del suelo alrededor del emplazamiento	Observaciones
1					
2					
3					

4.2. TRABAJOS DE GABINETE

Una vez que se ha obtenido la información de campo, se ha procedido al trabajo en gabinete. Se han incorporado en una base de datos y en SIG los datos obtenidos del inventario de presiones, tablas de piezometría, caudales, etc. De este modo se han completado las tablas de captaciones, y se han generado tablas nuevas.

- Captaciones de abastecimiento: Se ha generado una base de datos para las captaciones objeto de los perímetros de protección con las características de las mismas y con los datos validados y completados en campo. Esta base de datos tiene la misma estructura que la base de datos del Registro de captaciones de la Actividad 9. Esta base de datos está formada por cuatro tablas, cuya estructura se muestra a continuación:

Tabla principal:

INTEGRACION_GUADALQUIVIR_PRINCIPAL : Tabla			
Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción	
CODIGO_REGISTRO	Número	Clave primaria de la tabla principal. Código generado para el global del proyecto (7 dígitos) xx (cod demarcación)+yyyy(cod. punto del registro)	
CODIGO_ORIGEN	Texto	Codigo de la información original (IGME o ALBERCA o + codigo)	
UTMX30	Número	Coordenada X en huso 30 de la captación	
UTMY30	Número	Coordenada Y en huso 30 de la captación	
Z	Número	Cota del punto	
TOPONIMIA	Texto	Nombre de la captación o en su defecto del paraje en que se encuentra	
TIPO	Texto	Tipo o naturaleza del punto de abastecimiento	
CAUDAL_EXTRACCION	Número	Caudal instantáneo o de elevación de la captación	
VOLUMEN_ANUAL	Número	Volumen anual total que se emplea para abastecer a la totalidad de la población/es abastecida/s obtenido de la tabla original	
MUNICIPIO_FUENTE	Texto	Municipio existente en la fuente de información	
CODIGO_MUNICIPIO_FUENTE	Texto	Código del municipio que aparece en la tabla fuente	
MUNICIPIO_SITUACION	Texto	Municipio de situación del punto obtenido en el GIS con las coordenadas de la fuente de información	
PROVINCIA_SITUACION	Texto	Provincia en la que se sitúa la captación	
MASA_AGUA	Texto	Masa de agua en la que se encuentra la captación	
COD_MASA_AGUA	Texto	Código establecido para la masa de agua	
MASA_AGUA2	Texto	Masa de agua en la que se encuentra la captación	
COD_MASA_AGUA2	Texto	Código establecido para la masa de agua	
DEMARCACION	Texto	Demarcación en la que se encuentra la captación	
COD_DEMARCACION	Texto	Código de la demarcación	
COD_PERIMETRO_PROTECCION	Texto	Código del Registro asignado al perímetro de protección en caso de que exista	
FTE_INF	Texto	Origen de la información	
FIABILIDAD	Texto	Fiabilidad de la fuente de información (4 dígitos => 0 ó 1)	

Tabla de características:

INTEGRACION_GUADALQUIVIR_CARACTERISTICAS : Tabla		
Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción
CODIGO_REGISTRO	Número	Clave primaria de la tabla principal. Código generado para el global del proyecto (7 dígitos) xx (cod demarcación)+yyyy (cod. punto del registro)
CODIGO_ORIGEN	Texto	Código de la información original (IGME, ALBERCA, + código)
NUM_PUNTOS	Número	Número de puntos de la captación cuando hay varios puntos de captación con iguales coordenadas en la tabla de origen
PROFUNDIDAD	Texto	Profundidad para pozos, sondeos...
DIAMETRO	Número	Diámetro de la obra
TIPO	Texto	Tipo o naturaleza del punto acuífero
METODO_PERFORACION	Texto	Método de percusión, rotación, excavación o una combinación de estos procedimientos
FECHA_OBRA	Fecha/Hora	Fecha de ejecución de la obra
CAUDAL_EXTRACCION	Texto	Caudal instantáneo o de elevación de la captación
TIPO_BOMBA	Texto	Tipo de motor utilizado: gas-ol, gasolina, eléctrico, etc.
POTENCIA_CV	Número	Potencia del motor en CV
PARAJE	Texto	Paraje en el que se encuentra la captación
UNIDAD_HIDRO	Texto	Nombre de la unidad hidrogeológica a la que pertenece
COD_UH	Texto	Número establecido para la unidad hidrogeológica dentro de la demarcación
SIST_ACUIFERO	Texto	Nombre del sistema acuífero en que se encuentra ubicado el punto
COD_SIST_ACUIFERO	Texto	Número establecido para el sistema acuífero al que pertenece el punto
LITOLOGIA	Texto	Litología del terreno
SURGENTE	Texto	Si la captación es o no surgente
TRANSMISIVIDAD	Texto	Transmisividad de la zona de captación
ESPESOR_ACUIFERO	Texto	Espesor del acuífero
POROSIDAD_EFICAZ	Texto	Porosidad eficaz
PERMEABILIDAD_HORIZONTAL	Texto	Permeabilidad horizontal
CAUDAL_ENSAYO	Texto	Caudal de bombeo del ensayo para la estimación de parámetros hidrogeológicos
GRADIENTE_HIDRAULICO	Texto	Gradiente hidráulico
COEFICIENTE_ALMACENAMIENTO	Número	Coefficiente de almacenamiento
ZONA_PROTEGIDA	Texto	Si se localiza dentro de alguna zona natural protegida que no sea perímetro de protección de aguas de abastecimiento
SEG_ESTADO_QUIMICO	Texto	Si pertenece al programa de seguimiento del estado químico
RED_PIEZOMETRICA	Texto	Si el punto pertenece a una red de piezometría establecida
RED_DE_CALIDAD	Texto	Si el punto pertenece a una red de calidad establecida
OBSERVACIONES	Texto	Datos que se consideren de interés para una mejor descripción del punto acuífero
BIBLIOGRAFIA	Texto	Posibles informes que pudiera tener el punto acuífero

Tabla de usos:

INTEGRACION_GUADALQUIVIR_USOS : Tabla		
Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción
CODIGO_REGISTRO	Número	Clave primaria de la tabla principal. Código generado para el global del proyecto (7 dígitos) xx (cod demarcación)+yyyy(cod. punto del registro)
CODIGO_ORIGEN	Texto	Código de la información en la tabla original (IGME o ALBERCA o + código)
NUM_USO	Texto	Número de uso del aprovechamiento correlativamente cuando hay varios
MUNICIPIO_ABASTECIDO	Texto	Municipio al que abastece la captación
NUCLEO_ABASTECIDO	Texto	Núcleo al que abastece la captación
COD_NUCLEO	Texto	Código del núcleo abastecido
HAB_NUCLEO	Número	Número de habitantes del núcleo abastecido
CAUDAL_EXTRACCION	Texto	Caudal instantáneo o de elevación de la captación
DOTACION	Número	Dotación asignada del núcleo abastecido (l/hab/d)
VOLUMEN_ANUAL	Número	Volumen anual que se emplea para abastecer a la población del núcleo abastecido obtenido de la tabla original
VOLUMEN_ANUAL_TEORICO	Número	Volumen anual teórico calculado de la dotación o bien tomado de la tabla original cuando figura
DIAS	Número	Días al año de uso del aprovechamiento

Tabla de titulares:

INTEGRACION_GUADALQUIVIR_TITULARES : Tabla		
Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción
CODIGO_REGISTRO	Número	Clave primaria de la tabla principal. Código generado para el global del proyecto (7 dígitos) xx (cod demarcación)+yyyy(cod. punto del registro)
CODIGO_ORIGEN	Texto	Código de la información original (IGME o ALBERCA o + código)
EXPEDIENTE	Texto	Número de expediente
AÑO_EXPEDIENTE	Número	Año de expediente
NUM_TITULAR	Número	Número del titular ya que a veces hay varios
NOMBRE	Texto	Nombre del titular
APELLIDOS	Texto	Apellidos del titular
CIF	Texto	CIF o NIF del titular
TITULAR	Texto	Titular de la captación
GESTOR	Texto	Gestor de la captación o de la distribución de agua en el núcleo de población
INSCRIPCION	Texto	Sección o catálogo de inscripción del aprovechamiento (Sección B, C, catálogo, etc)
FECHA_INSCRIPCION	Fecha/Hora	Fecha de la inscripción
FECHA_RESOLUCION	Fecha/Hora	Fecha de la Resolución

- Presiones y riesgos: Los focos potenciales de contaminación inventariados en campo se han incluido en una base de datos de presiones para su posterior análisis en SIG junto con los focos potenciales de contaminación procedentes de otras fuentes de información. Esta integración de las presiones en las zonas en las que se encuentran las captaciones de abastecimiento ha permitido evaluar la peligrosidad y el riesgo de contaminación que constituyen para las aguas subterráneas de las MAS.

La base de datos de presiones está compuesta por una tabla con los datos relativos a la actividad potencialmente contaminante, y otra con información del emplazamiento y usos del suelo en la zona en que se desarrolla la actividad. En las siguientes figuras se muestran los campos de las tablas de la base de datos de presiones:

Tabla de datos de la actividad del foco potencial de contaminación:

Actividad : Tabla		
Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción
COD	Texto	
Nombre	Texto	Nombre de la actividad
Tipo de actividad	Texto	Tipo de actividad que se está llevando a cabo, bien sea agrícola, ganadera, vertedero, industrial o emplazamiento de minería abandonado o infraestructura como cementerio.
Estado	Texto	Si esta activo o si es una ruina industrial (en este caso definir estado de las instalaciones, existencia de residuos, etc.)
Descripción	Texto	Descripción de la actividad potencialmente contaminante
Unidades	Texto	Unidades de producción (cabezas de ganado, m3, toneladas, etc.)
Producción	Texto	Cantidad de unidades producidas
Sustancias contaminantes	Texto	Materias primas, residuos y vertidos..
Residuos producidos	Texto	Indicar tipo de residuo, cantidad, almacenaje,...
Medidas correccion	Texto	Pavimentación, impermeabilización, colectores..

Tabla de datos del emplazamiento del foco potencial de contaminación:

Emplazamiento : Tabla		
Nombre del campo	Tipo de datos	Descripción
COD	Texto	
TipoPresion	Texto	Tipo de actividad del foco potencial de contaminación
Topologia	Texto	Puntual, lineal, polígono
Dirección/Paraje	Texto	Dirección en la que se ubica
Núcleo urbano	Texto	Núcleo urbano en que se encuentra la presión o el más próximo a ella
Término Municipal	Texto	Término Municipal en el que se ubica
Provincia	Texto	Provincia en la que se ubica
UTM X	Número	Coordenada X de la ubicación
UTM Y	Número	Coordenada Y de la ubicación
Cota Z	Texto	Cota en m s.n.m.
Superficie (m2)	Número	Superficie de la instalación en metros cuadrados
Superficie construida (m2)	Número	Superficie construida en metros cuadrados
Captacion	Texto	Captación próxima a la presión
Distancia a la captacion	Número	Distancia en m al pozo/manantial
Otras captaciones	Texto	Otras captaciones próximas
Distancia al cauce más próximo	Número	Distancia en m al curso de agua superficial más próximo
Nombre del cauce	Texto	Nombre del cauce más próximo
Posicion respecto recarga	Texto	Indicar si está aguas arriba o aguas abajo de la zona de recarga
Litologia	Texto	Descripción de la litología donde se asienta la instalación
Permeabilidad	Texto	Valor de permeabilidad del Mapa de permeabilidades 1:200.000
Usos del suelo Entorno	Texto	Usos del suelo en el entorno (Polígono Industrial, casco urbano , zona agrícola de regadío, secano, ganadera, etc)
Fuente de informacion	Texto	Fuente de información (campo, plan de control, etc...)
Observaciones	Texto	Anotaciones relevantes que no estén explicadas en los campos anteriores

- Estudio del funcionamiento de las MAS y definición de elementos principales del funcionamiento y de los parámetros para los métodos analíticos
- Aplicación de los métodos analíticos en la definición de los perímetros de protección. Para ello, se han aplicado metodologías diferentes según se trate de acuíferos detríticos, mixtos o kársticos. Para los acuíferos detríticos y mixtos se ha aplicado el método Wyssling y para kársticos se han aplicado métodos de delimitación según criterios hidrogeológicos.
- Revisión hidrogeológica de los perímetros propuestos. Revisión detallada según las características hidrogeológicas y con análisis diferenciado según el tipo de acuífero (carbonatado o detrítico).

4.3. METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA DELIMITACIÓN DEL PERÍMETRO DE PROTECCIÓN

Para la delimitación del perímetro de protección de cada captación destinada a consumo humano se necesita una descripción del marco geológico e hidrogeológico. Dentro del primero, se asignarán los materiales a su dominio geológico correspondiente, se describirán las distintas unidades litoestratigráficas, así como la estructura geológica de la zona. El marco hidrogeológico debe describir el comportamiento de los materiales frente al agua, incluir la hidroquímica del sector donde se encuentra la captación, límites y geometría del acuífero, parámetros hidrodinámicos y piezometría así como el funcionamiento hidrogeológico y balance hidráulico de la MAS donde se integra la captación de abastecimiento.

Al delimitar los perímetros de protección de la calidad que empleen el criterio del tiempo de tránsito se distinguirán preferentemente tres áreas de restricciones de uso crecientes con la proximidad a la captación (*Martínez Navarrete, C. y García García, A. 2003. Perímetros de protección para captaciones de agua subterránea destinada a consumo humano. Metodología y aplicación al territorio. IGME*), denominadas:

- Zona I o de restricciones absolutas (tiempo de tránsito de 1 día): La zona de restricciones absolutas se considera como el círculo cuyo centro es cada una de las captaciones a proteger y cuyo radio es la distancia que tendría que recorrer una partícula para alcanzar la captación en un día. La zona de restricciones absolutas representa una protección sanitaria en el ámbito inmediato a la captación.
- Zona II o de restricciones máximas (tiempo de tránsito de 60 días): La zona de restricciones máximas se considera como el espacio que tendría que recorrer una partícula para alcanzar la captación en más de un día y menos de 60 días. Queda delimitada entre la zona de protección inmediata y la isocrona de 60 días. La zona de restricciones máximas permite proteger contra la contaminación microbiológica.

- Zona III o de restricciones moderadas (tiempo de tránsito de 4 años): La zona de restricciones moderadas limita el área comprendida entre la zona de restricciones máximas y la isocrona de 4 años. El objetivo de la zona de restricciones moderadas es la protección contra los contaminantes de larga persistencia.

Además de la delimitación de las zonas de protección de la calidad, se delimitará una zona de protección de la cantidad.

En los siguientes apartados se detalla el método empleado para la delimitación de los perímetros de protección en acuíferos detríticos y mixtos y en acuíferos kársticos (apartados 4.4 y 4.5)

4.4. METODOLOGÍA EN ACUÍFEROS DETRÍTICOS Y MIXTOS

La metodología empleada en este tipo de acuíferos ha sido el método de Wyssling, que fue diseñado para el dimensionamiento de perímetros de protección en acuíferos con porosidad intergranular y homogéneos.

El método de Wyssling (*Wysslin, 1979 en Lallemand – Barrés, Rous, 1989*) consiste en el cálculo de la zona de llamada de una captación, es decir, de la parte del área de alimentación en la cual puede apreciarse un descenso piezométrico consecuencia del bombeo y las líneas de corriente se dirigen a la captación, y la búsqueda posterior del tiempo de tránsito deseado.

La resolución del método precisa conocer las siguientes variables:

i = gradiente hidráulico

Q = caudal de bombeo (m^3/s)

K = permeabilidad horizontal (m/s)

m_e = porosidad eficaz

b = espesor del acuífero

A partir de estos datos se calcula el radio de influencia o de la llamada zona (X_0), la anchura del frente de llamada (B), el ancho de llamada a la altura de la captación (B'), y la velocidad efectiva (V_e) según las expresiones siguientes:

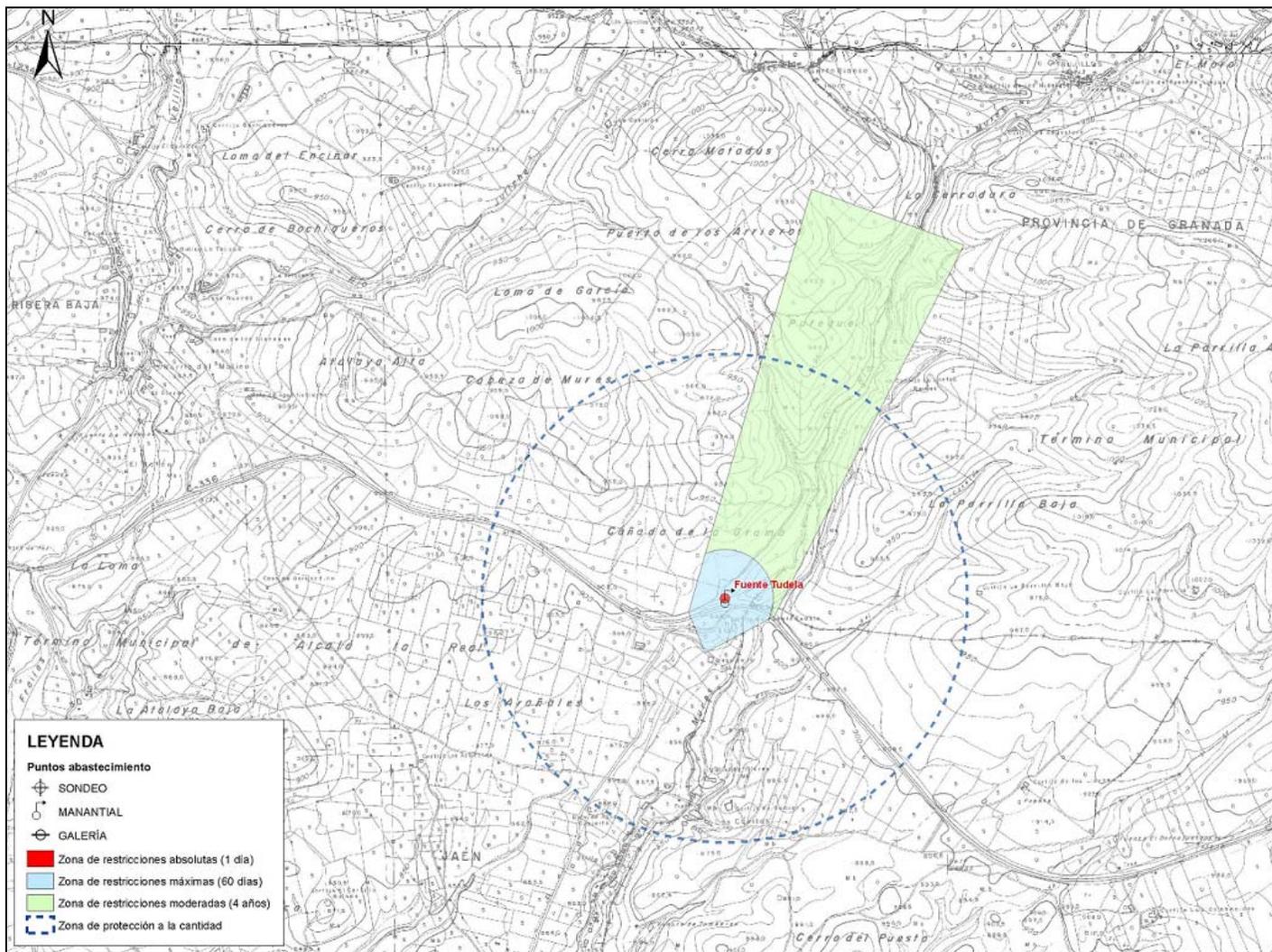
$$X_0 = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot b \cdot i \cdot k}; \quad B = \frac{Q}{k \cdot b \cdot i}; \quad B' = \frac{B}{2}; \quad V_e = \frac{K \cdot i}{m_e}$$

La distancia desde la captación a un punto con un tiempo de tránsito t (en días) viene dada por la expresión:

$$S = \frac{\pm l + \sqrt{l \cdot (l + 8 \cdot X_0)}}{2}$$

Donde l es el producto de la velocidad efectiva por el tiempo de tránsito. El signo positivo inicial se utiliza para calcular la distancia aguas arriba de la captación y el signo negativo para calcular la distancia aguas abajo de la captación.

A continuación se muestra uno de los perímetros realizados mediante el método de Wyssling:



Perímetro de protección delimitado mediante el método Wyssling.

4.5. METODOLOGÍA EN ACUÍFEROS KÁRSTICOS

Dada la singularidad y especificidad del funcionamiento hidrogeológico de cada área kárstica, los métodos tradicionales empleados en medios no karstificados para la estimación y definición de los perímetros de protección no ofrecen unos resultados adecuados para garantizar su funcionalidad y efectividad.

Esto obedece a una serie de peculiaridades específicas de los acuíferos kársticos, que requieren también de unas técnicas de investigación específicas. Algunas de las principales características que distinguen los acuíferos kársticos de otras tipologías son identificadas por *Goldscheider, N. and Drew, D. (2007). Methods in karst Hydrogeology. International Association of Hydrogeologists. Taylor & Francis Group, London, 264 pp.*

- Evolución del acuífero.
- Heterogeneidad espacial.
- Efecto escala en la conductividad hidráulica.
- Dualidad de la recarga e infiltración.
- Dualidad en la porosidad, el flujo y el almacenamiento.
- Variabilidad temporal.

Además de éstas, cabe reseñar otro elemento determinante que, en parte, está contenido de forma implícita en las anteriores características. Se trata de la relación unívoca entre la configuración física y contexto hidrogeológico del área kárstica y las características intrínsecas del acuífero. Esto es, el contexto tiene la capacidad de condicionar, determinar o configurar las características hidráulicas intrínsecas del propio acuífero y, por tanto, dichas características pueden ser variables y evolutivas.

Atendiendo a todo ello, la definición de perímetros de protección requiere de una metodología específica que permita recoger esa influencia del contexto sobre lo intrínseco. Es decir, una acción particular, como es la definición de un perímetro de protección para un elemento concreto, debe abordarse desde la óptica del estudio de

sistemas, considerando el objeto de protección como un elemento totalmente integrado en un sistema más amplio y complejo.

Dada la limitada efectividad de los métodos de cálculo numéricos para la definición de perímetros en áreas kársticas, toma especial relevancia el análisis hidrogeológico. Para la realización de dicho análisis hidrogeológico se han integrado todos los datos disponibles en una tabla que presenta los siguientes campos:

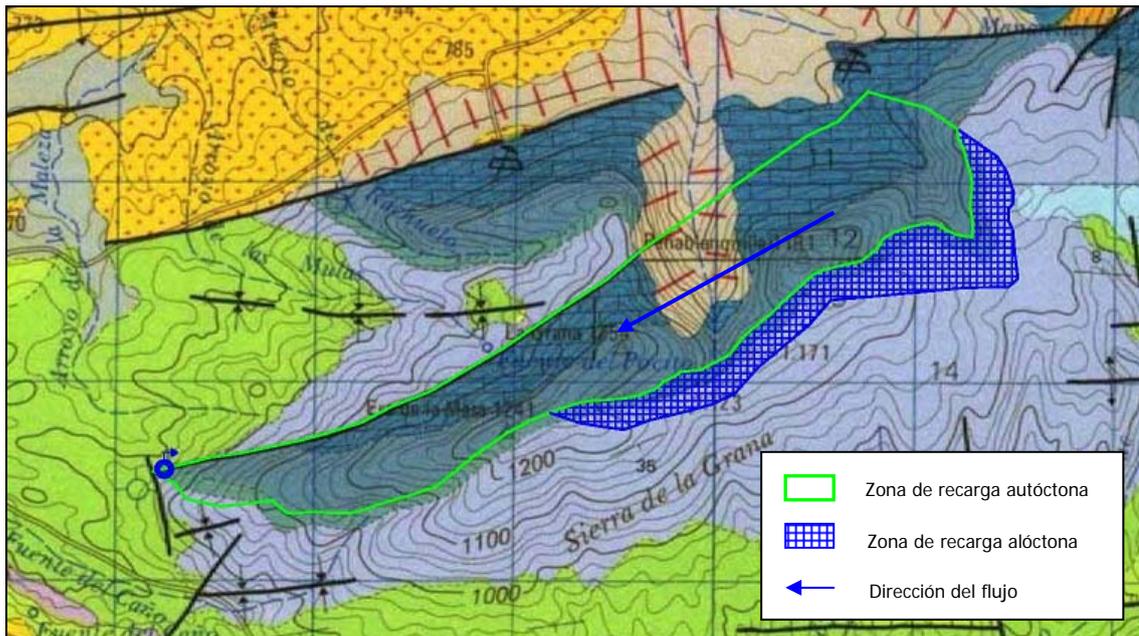
Elaboración de perímetros de salvaguarda para la protección de las captaciones de abastecimiento urbano.

X(UTM)	Y(UTM)	Z	Tipo Captación	Nombre	T.M.	Cód. M.A.	Cota min. (n.l.)	Prof. (m)	Q (l/s)	Tipo Acuífero	Funcionamiento	Lluvia útil (mm/a)	R. Autóctona (km2)	R. Aloctona (km2)	Recarga Total (km2)	Cota máx. sistema	Desnivel Potencial	Distancia máx.(mts)	Gradiente	Dirección gradiente	Espesor medio acuífero	Sistema Kárstico	Transmisividad (T=m2/s)	Almacenamiento (S)	Permeabilidad (K)	Espesor saturado (b)
454.540	4.178.476	1.297	Surgencia	Fuenmayor	Torres	05.20		0	30	Kárstico	Libre	400	3,49	0,00	3,49	2.000	703	2.250	0,31	40						
456.896	4.179.970	1.051	Mina de Agua	Fte. Orado	Torres	05.21		0	1-20	Kárstico	Libre	400	1,57	0,00	1,57	1.500	449	950	0,47	10			0	0	0	
463.910	4.174.456	1.000	Surgencia	Gargantón	Bélmez Moraleda	05.21		0	300	Kárstico	Libre	355	26,65	0,00	26,65	2.150	1.150	6.000	0,19	145 y 50	800					
428.047	4.161.050	932	Surgencia	Chorros	Valdepeñas de Jaén	05.70		0	idem	Kárstico	Semiconfinado	410	idem	idem	idem	1.700	768	8.500	0,09	255	300		0,02		300	
420.664	4.179.706	784	Sondeo	Santa Ana	Torredelcampo	05.16	734	175	6,5	Kárstico	Libre	225	1,48	0,26	1,74	1.000	216	2.000	0,06	330	200	Santa Ana				
422.624	4.178.077	874	Sondeo	Cuesta Negra	Torredelcampo	05.16	779	200	9	Kárstico	Libre	250	1,50	0,47	1,97	1.125	251	1.300	0,19	315		Baños Jabalcuz				
423.301	4.181.099	789	Pozo	Pozo Pericano	Torredelcampo	05.17				Kárstico	Libre	250	2,42	0,00	2,42	900	111	1.250	0,09	330						
423.557	4.181.272	674	Pozo	La Cueva	Torredelcampo	05.17	643	36	16	Kárstico	Libre	250	idem	idem	idem	900	226	1.350	0,17	320						
423.809	4.178.858	933	Mina de Agua	Torreclilla	Torredelcampo	05.17			5	Detrítico aluvial	Libre	250	0,35	0,00	0,35	965	32	1.000	0,03	280	10					
417.082	4.175.376	838	Sondeo	La Maleza	Martos	05.16	773	?	13	Kárstico	Libre	250	2,19	0,58	2,77	1.200	362	4.500	0,08	255	100	La Maleza	70			
417.222	4.175.533	824	Manantial	La Maleza	Martos	05.16		0	9	Kárstico	Libre	250	idem	idem	idem	1.200	376	4.500	0,08	255	100	La Maleza				
507.783	4.200.552	903	Manantial	Tobazo	La Iruela	05.02		0	4	Kárstico	Libre	540	1,20	0,00	1,20	1.400	497	1.100	0,45	330	100					50
507.775	4.200.121	878	Surgencia	la Calda	La Iruela	05.02		0	2	Mixto	Libre	540	idem	idem	idem	1.400	522	1.100	0,47	330	100					50
417.928	4.176.549	840	Sondeo	Loma Pineda	Jamlena	05.16	756	250	6	Kárstico	Libre	250	1,70	0,36	2,06	1.100	260	3.500	0,07	250	100		65		0,02	100
502.055	4.175.424	720	Manantial	Pte. de la Cerrada	Hinojares	05.02			10	Detrítico	Libre	500	0,70	0,20	0,90	820	100	1.500	0,07	120	50					
502.751	4.176.856	900	Manantial	Siete Fuentes	Hinojares	05.02			oct-20	Mixto	Libre	500	0,70	1,00	1,70	1.419	519	1.450	0,36	230	50	7 Fuentes				
498.363	4.189.167	1.006	Manantial	Arteson	Quesada	05.01			0-60	Kárstico	Libre	500	0,99	0,14	1,13	1.245	239	1.500	0,16							
498.634	4.189.151	1.064	Sondeo	el Hoyazo	Quesada	05.01		162	12	Kárstico	Libre	500	idem	idem	0,00	1.245	181	1.500	0,12				250			
499.603	4.178.655	800	Surgencia	Barranco la Canal	Quesada	05.02			160	Kárstico	Libre	500	10,90	0,00	10,90	1.618	818	10.000	0,08	215		La Canal				
421.179	4.153.858	830	Mina de Agua	El Robledo	Alcalá La Real	05.28			18	Kárstico	Libre	200	2,70	0,00	2,70	1.400	570	2.800	0,20	300	100	El Robledo				
423.105	4.139.668	940	Sondeo	Ermua Nueva	Alcalá La Real	05.34	908	50	7	Kárstico	Libre	300	0,80	0,00	0,80	1.225	285	5.600	0,05	230	>200	Cortijo Bañuelo				200
420.147	4.150.651	940	Sondeo	Torre Charilla	Alcalá La Real	05.28		50	?	Kárstico	Libre	200	2,80	0,00	2,80	1.150	210	2.500	0,08	265	>70		5600			
548.198	4.175.211	998	Sondeo	Pozo Alfonso	Orce	05.06	913	90	1	Kárstico	Semiconfinado	120	2,70		2,77	1.284	286	1.600	0,18	315	>200		860-8600	0,001		
548.220	4.174.847	1.030	Sondeo	Pozo de la Umbria	Orce	05.06	913	202	6	Kárstico	Semiconfinado	120	2,70		2,77	1.284	254	1.600	0,16	315	>200		860-8600	0,001		
553.601	4.175.605	1.003	Sondeo	C.R.Venta Micena	Orce	05.06				Kárstico	Semiconfinado	120	1,50		1,50	1.100	97	1.200	0,08		>200		860-8600	0,001		
547.747	4.160.909	1.078	Sondeo	Venta Quemada	Cúllar	05.06		150	5	Kárstico	Semiconfinado	120	0,90		0,90	1.175	97	2.000	0,05	300	>100					
536.929	4.152.562	1.042	Sondeo	Pozo Nuevo Raposa	Cúllar	05.08	945	170	2,5	Kárstico	Semiconfinado	40	2,90		2,90	1.240	198	1.000	0,20	300	>200					

Elaboración de perímetros de salvaguarda para la protección de las captaciones de abastecimiento urbano.

X(UTM)	Y(UTM)	Z	Tipo Captación	Nombre	T.M.	Cód. M.A.	Cota min. (n.l.)	Prof. (m)	Q (l/s)	Tipo Acuífero	Funcionamiento	Lluvia útil (mm/a)	R. Autóctona (km2)	R. Aloctona (km2)	Recarga Total (km2)	Cota máx. sistema	Desnivel Potencial	Distancia máx.(mts)	Gradiente	Dirección gradiente	Esesor medio acuífero	Sistema Kárstico	Transmisividad (T=m2/s)	Almacenamiento (S)	Permeabilidad (K)	Esesor saturado (b)
382.648	4.152.759	965	Manantial	Fuenfría	Zuheros	05.35			5	Kárstico	Libre	470	0,88		0,88	1.150	185	2.000	0,09	270	50	Fuente Marbella				
394.116	4.152.823	475	Surgencia	Fte Alhama	Priego de Córdoba	05.35			270	Kárstico	Semiconfinado	470	17,05	0,70	17,75	1.275	800	13.000	0,06	255	>300	Fuente Alhama				100
384.581	4.158.461	471	Surgencia	Fte. Marbella	Luque	05.35			215	Kárstico	Semiconfinado	470	12,40	4,24	16,64	1.100	629	8.000	0,08	15	>300	Fuente Marbella				200
386.594	4.155.782	720	Manantial	Fte. Pala	Luque	05.35			<1	Detrítico	Libre	470	0,09	0,04	0,13	800	80	450	0,18	80						
390.280	4.149.812	580	Surgencia	Zagrilla	Priego de Córdoba	05.35				Kárstico	Semiconfinado	470	7,37		7,37	1.234	654	5.500	0,12	150	>200	Fuente Zagrilla				
394.240	4.144.140	648	Surgencia	Fuente del Rey	Priego de Córdoba	05.36			150	Kárstico	Semiconfinado	386	10,40	4,46	14,86	1.570	922	7.500	0,12	35	>600	Fuente del Rey	>595	0,017		>300
391.937	4.144.192	655	Manantial	Milana	Priego de Córdoba	05.36			25	Kárstico	Semiconfinado	386	0,95	2,73	3,68	850	195	1.500	0,13	15	>600	Fuente del Rey	>595	0,017		>300
387.573	4.140.186	773	Surgencia	Los Villares	Priego de Córdoba	05.36			30	Kárstico	Libre	386	2,80	0,00	2,80	1.476	703	3.300	0,21	25	<100	Los Villares				
396.039	4.147.462	631	Surgencia	Fte. Azores	Priego de Córdoba	05.36			35	Kárstico	Semiconfinado	386	2,80	0,00	2,80	935	304	2.200	0,14	260	400	Azores				>300
392.174	4.139.771	856	Surgencia	Los Ricardos	Priego de Córdoba	05.36			28	Kárstico	Libre	386	2,30	0,00	2,30	1.400	544	3.200	0,17	90	>500	Los Ricardos				>300
388.389	4.136.643	900	Surgencia	Cañatiendas	Priego de Córdoba	05.36			20	Kárstico	Libre	386	1,65	0,00	1,65	1.260	360	2.000	0,18	265	<100	Cañatiendas				<100

Mediante el análisis de los elementos hidrogeológicos y el balance de recursos se han obtenido las zonas de alimentación de las captaciones en áreas kársticas. Así, para estimar la extensión de la zona de alimentación del sistema y poder contrastarla con sus límites hidrogeológicos, se ha considerado la relación entre la recarga y la descarga de la unidad, definiéndose las zonas de recarga autóctona y las zonas de recarga alóctona, en caso de que existan.



Definición de los límites hidrogeológicos de un manantial en un área kárstica

La metodología empleada para el análisis de las áreas kársticas y la posterior definición de perímetros de protección difiere en función de si la captación se realiza sobre una zona de descarga natural del sistema, o se trata de una extracción localizada en las zonas de recarga o circulación.

4.5.1. Perímetros para captaciones sobre zonas de descarga de áreas kársticas

La captación de agua para abastecimiento puede ser en sentido literal (capturas de caudales) o mediante extracción artificial en el entorno inmediato de la descarga. De

cara al análisis del sistema y a la metodología a emplear, ambos casos se pueden considerar similares, ya que desde el punto de vista hidrogeológico sólo difiere la forma en la que el agua accede a la superficie.

La metodología empleada para la definición de perímetros de protección de captaciones en las zonas de descarga de las áreas kársticas se estructura en las siguientes etapas o pasos:

- Análisis preliminar de las captaciones.
 - Identificación y definición del ámbito de análisis o sistema kárstico.
 - Identificación y caracterización (tipológica y funcional) de los diferentes ámbitos hidrogeológicos del karst (recarga, circulación y descarga).
 - Análisis del funcionamiento hidrogeológico e implicaciones sobre la vulnerabilidad.
 - Propuestas y recomendaciones para el establecimiento de los perímetros de protección.
-
- ***Análisis preliminar de las captaciones***

En esta etapa se realiza un análisis preliminar de las características y localización de las captaciones, con la finalidad de contextualizarlas desde el punto de vista hidrogeológico y asignarlas a una o varias zonas de descarga de áreas kársticas.

Este primer examen permitirá formalizar agrupaciones de captaciones si constituyeran puntos de agua de una misma zona de descarga. En este caso, un grupo de captaciones puede considerarse, para el análisis y definición de perímetros de protección, como un único elemento hidrogeológico de una determinada unidad kárstica.

En esta etapa también será necesario obtener, a partir de la información disponible y de bibliografía, un orden de magnitud de la cuantía de la descarga y de la recarga disponible (lluvia útil) en el entorno geográfico de la unidad kárstica.

- **Identificación y definición del ámbito de análisis o sistema kárstico.**

Una vez concretadas las zonas de descarga objeto de captación y obtenido un orden de magnitud del caudal de la descarga, la primera necesidad que se plantea de cara a abordar la definición de perímetros de protección es identificar el ámbito o área de influencia hidrogeológica sobre la descarga. Es decir, definir el sistema kárstico del que forma parte la zona de descarga en la que se localiza la captación.

Para ello, se avanzará de forma simultánea mediante dos líneas de análisis diferentes pero complementarias, que permitirán una aproximación a la extensión del área de recarga y a la localización de los límites de dicha área. Estas dos líneas de análisis son:

1. Comparación de la descarga frente a los recursos hídricos disponibles.

A partir de la lluvia útil característica de cada zona, obtenida de los registros climáticos, y de los datos de caudal medio anual de la zona de descarga se estima una superficie de alimentación, tal y como se indica a continuación:

$$S = Q_M / P_{\text{útil}}$$

S = Superficie de recarga

Q_M = Caudal medio anual de la zona de descarga.

P_{útil} = Lluvia útil

Esta superficie estimada mediante criterio climático será utilizada, junto con los límites obtenidos a partir del análisis hidrogeológico, para establecer los límites y geometría de la zona de recarga. En definitiva, se trata de acotar el ámbito en el que ha de estudiarse y concretarse la definición de los perímetros de protección de cada captación analizada.

2. Análisis hidrogeológico y determinación de las condiciones de contorno.

El análisis del marco geológico y geomorfológico en el que se asienta el sistema kárstico es indispensable para lograr su comprensión. Es imposible entender un sistema acuífero kárstico sin considerar las litologías de las formaciones geológicas que componen el cuerpo acuífero, la fracturación y pliegues que las afectan, la topografía, las formas kársticas y la evolución del relieve.

En este sentido, los pasos a dar en el análisis global del sistema serían los siguientes:

- Identificar las formaciones geológicas en las que se desarrolla el karst, así como su papel hidrogeológico (hidroestratigrafía o control litológico).
- Definir la estructura general y geometría de las formaciones acuíferas (pliegues, fallas, contactos, etc), para establecer las condiciones de contorno y de flujo general en el sistema. (control estructural).
- Analizar las posibles relaciones entre las formas del relieve y el funcionamiento hidrogeológico, definiendo gradientes hidráulicos, sentidos de flujo, organización vertical del karst, zonas de recarga concentrada, etc (control geográfico o geomorfológico).

En definitiva, este análisis tiene que ofrecer una fotografía del marco (framework) en el que se desarrolla el sistema, mostrando su configuración y los condicionantes que impone al funcionamiento. El resultado más visible de este análisis será un área limitada por elementos de diversa índole (geológicos, hidrogeológicos, geomorfológicos, etc) que definen o imponen unas condiciones de contorno al sistema estudiado.

Una vez considerados los criterios climáticos y el análisis hidrogeológico, es momento de integrarlos. Así, la superficie de recarga obtenida a partir de los datos climáticos y de la cuantía de la descarga media anual ha de “encajarse” dentro de los límites obtenidos mediante el análisis hidrogeológico. El grado de

coincidencia entre ambas superficies será un buen indicador de la validez de la “fotografía” realizada al sistema. Por el contrario, un gran desfase entre ambas superficies sería indicativo de que algún factor o elemento significativo de la configuración y funcionamiento del sistema no se ha considerado o no debería de haberse considerado:

- Si la superficie calculada por el criterio climático es muy superior a la obtenida mediante el análisis hidrogeológico, habría que buscar aportaciones al sistema más allá de los límites hidrogeológicos establecidos o, si ello no fuera viable, ver la posibilidad de que se estén produciendo recargas inferidas de otros elementos ajenos al sistema (por ejemplo, de un río alóctono).
- Si la superficie obtenida a partir de los datos climáticos fuera muy inferior a la que delimitan los bordes hidrogeológicos, cabría pensar en la existencia de una mayor compartimentación del macizo kárstico, con otras zonas de descarga (o extracción) no contempladas en el análisis hidrogeológico.

- ***Identificación y caracterización de los ámbitos hidrogeológicos del karst.***

Debido a la dualidad de la recarga y de la infiltración en los sistemas kársticos, así como a las implicaciones en el funcionamiento hidrogeológico del sistema, es necesario delimitar las zonas que corresponden a una alimentación alóctona concentrada frente a otras en las que la recarga es por infiltración difusa sobre el propio afloramiento carbonatado.

La relación entre estos dos tipos de recarga va a propiciar el desarrollo y organización de la red de drenaje subterránea y, por tanto, los parámetros hidráulicos, funcionamiento y vulnerabilidad del sistema.

En líneas generales, las recargas concentradas procedentes de subcuencas

alóctonas van a permitir el desarrollo de una red de drenaje kárstica bien desarrollada, jerarquizada y de alta eficiencia en la vehiculización de los flujos subterráneos, tanto en la zona vadosa, como en la freática. Por el contrario, una recarga difusa puede atravesar la zona vadosa del karst sin llegar a converger en una corriente hídrica de entidad (con capacidad erosiva) y, por tanto, incapaz de desarrollar una red de drenaje organizada. En este caso, esta concentración de caudales sólo se producirá al alcanzar la zona saturada, donde las condiciones hidrodinámicas responden a una menor energía y, en consecuencia, menor capacidad erosiva, limitando la capacidad de jerarquización y desarrollo de una red de drenaje eficiente.

Precisamente, la eficiencia de la red de drenaje subterránea es una de las claves fundamentales que van a regir la vulnerabilidad intrínseca del medio kárstico y, por tanto, será uno de los principales condicionantes a considerar a la hora de establecer un perímetro de protección para una captación situada en la zona de descarga de un sistema kárstico.

Por otra parte, la zona de descarga del sistema kárstico ya suele estar identificada, pues corresponde normalmente con la localización de las captaciones en manantial que se están estudiando para la definición de sus perímetros de protección. Tan sólo cabría determinar si la zona de captación abarca la totalidad de la descarga o, por el contrario, el sistema presenta otros puntos de emisión que conforman una zona de descarga más amplia.

- ***Análisis del funcionamiento hidrogeológico e implicaciones sobre la vulnerabilidad.***

Una vez establecida la configuración, límites y geometría del sistema kárstico, se puede abordar el análisis de su funcionamiento hidrogeológico, así como prever su comportamiento y zonificación hidrodinámica. Esto es: estimación de la magnitud vertical de la zona vadosa y de la zona freática, direcciones de circulación preferencial, desarrollo y base de la karstificación, ponderación de la recarga alóctona concentrada en la aportación de recursos totales, etc.

Para ello, además de haber identificado las diferentes zonas y tipologías de la recarga, es de gran ayuda la consideración de las características y comportamiento de las surgencias en la zona de descarga, a través de la hidroquímica y del estudio de sus hidrogramas. El estudio de esta información va a permitir obtener una idea general del funcionamiento del sistema (comportamiento inercial o explosivo, relación flujo/almacenamiento, karstificación en zona vadosa y freática, tendencias piezométricas, etc).

A partir de estos elementos, que están caracterizando a la red de drenaje subterránea del sistema, es posible una mayor aproximación al comportamiento de un contaminante incorporado al sistema. Por tanto, se estará en condiciones de establecer unos perímetros de protección que no estén ligados en exclusiva a la variable "distancia" y que tengan en consideración otra serie de factores característicos de cada área kárstica y que son determinantes del comportamiento de un contaminante introducido en el sistema.

- ***Propuestas y recomendaciones para el establecimiento de los perímetros.***

Tras la delimitación del ámbito de estudio (sistema kárstico), la identificación de las diferentes zonas hidrogeológicas del sistema (recarga, circulación y descarga) y su tipología, el análisis del funcionamiento y la caracterización de su comportamiento, es posible desarrollar una propuesta de perímetro de protección para las captaciones localizadas en zonas de descarga de sistemas carbonatados.

Además de una propuesta de perímetro de protección, este análisis global del sistema facilita una aproximación a la realidad de cada caso, lo que permitiría plantear una serie de recomendaciones específicas para cada perímetro de protección propuesto.

4.5.2. Perímetros para captaciones extractivas en zonas de recarga o circulación

La metodología empleada en estos casos se diferencia del anterior en la necesidad de acudir a alguno de los diferentes métodos de cálculo existentes para la definición de perímetros de protección, aunque luego los resultados hayan de ser validados mediante el análisis hidrogeológico.

Por tanto, en el caso de las captaciones, principalmente pozos y sondeos, localizadas en las zonas de recarga (cabecera) y circulación de sistemas carbonatados, también se identifica, delimita y analiza el funcionamiento del sistema kárstico en el que se encuentran. El objetivo que se busca es contextualizar las extracciones dentro del sistema y definir el ámbito hidrogeológico en el que se desarrollan. A partir de ahí, será posible tanto evaluar su afección al funcionamiento natural del sistema, como estimar los condicionantes de dicha posición hidrogeológica sobre las extracciones.

Una vez conocidos los condicionantes y el emplazamiento hidrogeológico de las extracciones, se recomienda la aplicación de alguno de los métodos numéricos para el cálculo de perímetros de protección (p.e. Wyssling).

Los resultados obtenidos mediante estos métodos se cotejarán con el análisis hidrogeológico del sistema, con la finalidad de realizar ajustes para corregir desviaciones e incoherencias incompatibles con la configuración y funcionamiento del sistema.

4.6. MÉTODO EMPLEADO EN EL CÁLCULO DEL PERÍMETRO DE PROTECCIÓN DE LA CANTIDAD

4.6.1. Zona de protección de la cantidad en manantiales

Para la protección de la cantidad de manantiales se definirá un perímetro en función del radio de influencia R:

$$R = 1,5 (T t / S)^{1/2}$$

Donde:

T = transmisividad

t = tiempo de bombeo (120 días)

S = coeficiente de almacenamiento.

En caso de que el radio de influencia obtenido sea mayor al área de recarga del manantial, la zona de protección de la cantidad se establecerá en base a criterios hidrogeológicos, coincidiendo esta zona de protección con la zona de recarga de la captación.

4.6.2. Zona de protección de la cantidad en sondeos

Para la protección de la cantidad de los sondeos de abastecimiento, se ha calculado el descenso en el nivel piezométrico que podrían provocar sondeos de semejantes características a las de la captación a proteger, situados a determinadas distancias.

Para los cálculos de descensos se utiliza la fórmula de Jacob:

$$D = \frac{0,183}{T} Q \log \frac{2,25Tt}{r^2 S}$$

Donde,

D = descenso del nivel piezométrico

T = transmisividad

Q = caudal (caudal máximo del sondeo a proteger)

t = tiempo de bombeo (120 días)

r = distancia al sondeo de captación

S = coeficiente de almacenamiento

La zona de protección de la cantidad se definirá en función del descenso provocado por el radio r , por lo que, con grandes descensos, se delimitará una zona de mayor radio en función de la distancia al sondeo que provoque uno descensos admisibles en relación con el espesor saturado del acuífero.

4.7. VULNERABILIDAD INTRÍNSECA FRENTE A LA CONTAMINACIÓN

La vulnerabilidad en el presente proyecto de delimitación de perímetros de protección y zonas de salvaguarda proviene de una cobertura en formato SIG proporcionada por el IGME. Su utilidad ha sido incorporada a la definición de perímetros de protección para incluir las zonas de alimentación situadas aguas arriba de la captación o en el ámbito del efecto de llamada de los sondeos y se ha tenido en cuenta para su incorporación si los criterios hidrogeológicos así lo indicaban.

En el análisis de la vulnerabilidad intrínseca se ha empleado el método COP para el caso de los acuíferos kársticos y el índice DRASTIC para los acuíferos detríticos.

4.7.1. Índice DRASTIC Reducido

El método DRASTIC Reducido se basa en la asignación de índices que van de 1 a 10 y considerada las siguientes variables:

D (profundidad del agua), R (recarga neta), A (litología del acuífero), S (suelo), T (topografía), I (impacto en zona no saturada), C (conductividad hidráulica del acuífero).

El rango posible de valores del índice DRASTIC Reducido está comprendido entre 23 -226 siendo más frecuentes valores entre 50 -200. Los intervalos de vulnerabilidad o riesgo se definen en función de la aplicación. En el trabajo realizado se han establecido los siguientes grados:

<119 Vulnerabilidad muy baja

120-139 Vulnerabilidad baja

140-159 Vulnerabilidad moderada

160-179 Vulnerabilidad alta

>180 Vulnerabilidad muy alta

4.7.2. Método COP

El grupo de Hidrogeología de la Universidad de Málaga, dentro de la Acción cost 620, "*Vulnerability and risk zapping for the protection of carbonate (karst) aquifers*", ha desarrollado el método de COP de cartografía de la vulnerabilidad en medios kársticos según las premisas establecidas en dicha acción para la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos.

Este método se basa en la obtención del índice COP en función de la multiplicación

de tres factores, que son los siguientes:

C, Concentración de flujo

O, Estratos suprayacentes

P, Precipitación

El factor O corresponde a la capacidad que presentan las capas que conforman la zona no saturada para filtrar los contaminantes o de protección del acuífero frente a éstos. El factor C se relaciona con las condiciones que controlan, en la superficie, los flujos de agua hacia zonas de infiltración rápida en las que la capacidad de atenuación de los posibles contaminantes es mas reducida. El factor P informa sobre la influencia de la precipitación en el transporte de contaminantes hacia la zona saturada.

El método se basa en la evaluación inicial de O, el parámetro que define la protección natural del acuífero, y éste posteriormente corregido mediante los factores de C y P.

El parámetro C es específico de los medios kársticos y se le asignan valores entre 0, en el caso en la que capacidad de protección del acuífero sea nula, y 1, en el caso en que ésta no disminuya. El factor P toma valores entre 0.5 y 1.

4.8. PRESIONES Y RIESGOS

Los acuíferos tienen presiones que son los aspectos antrópicos de contaminación y alteración potenciales a la cantidad y a la calidad, susceptibles de producir contaminación en el acuífero. Las presiones dan lugar a un riesgo con la posibilidad de que alcance la captación.

En cuanto al riesgo de contaminación de los acuíferos, la peligrosidad viene dada por

la capacidad del contaminante de producir mayor o menor daño sobre el agua subterránea.

4.8.1. Evaluación de la peligrosidad

La peligrosidad de un contaminante es función de tres factores (De Keteleare et al., 2004):

- La nocividad intrínseca del contaminante inherente a su propia naturaleza.
- La intensidad potencial del episodio de contaminación, dependiente de la cantidad de contaminante vertido.
- La probabilidad de que el peligro se active, esto es, de que se desencadene una fuga o vertido del contaminante.

A partir de estos factores, la metodología propuesta por De Keteleare et al. 2004 para la evaluación y cartografía de la peligrosidad se resume en el siguiente Índice de Peligrosidad (Hazard Index, HI):

H = nocividad del contaminante o de una actividad antrópica potencialmente contaminante

Qn = cantidad de contaminante

Rf = probabilidad de ocurrencia del accidente

El índice de peligrosidad HI se obtiene mediante el producto de los tres factores y puede variar entre un factor mínimo de 0 y un máximo de 120.

$$HI = H \cdot Qn \cdot Rf$$

HI index	Clase de peligrosidad
[0 – 24]	Muy baja
(24 – 48]	Baja
(48 – 72]	Moderada
(72 – 96]	Alta
(96 – 120]	Muy alta

Para el análisis de la peligrosidad se ha procedido a puntuar cada presión según sus características. El valor H viene definido por el método. Se ha puntuado el factor Qn según la dimensión del peligro a partir de su identificación en el campo. El valor máximo de Qn es igual a 1,2. El valor asignado a este parámetro dependerá de la extensión que ocupe el foco potencial de contaminación dentro de la zona de recarga de las captaciones a proteger y de la cantidad del contaminante.

Al factor Rf se le ha dado la mayor puntuación (Rf=1) excepto cuando existen datos que demuestran que la probabilidad de contaminación es nula.

Las siguientes tablas recogen los valores de H utilizados y definidos por él método, así como el factor Qn estimado para los focos potenciales de contaminación.

CLAVE	PELIGRO	FACTOR H
I.	INFRAESTRUCTURAS DE DESARROLLO URBANO	
1.1	AGUAS RESIDUALES	
1.1.1	Zonas urbanizadas con red de alcantarillado	35
1.1.2	Zonas urbanizadas sin red de alcantarillado	70
1.1.3	Casas aisladas sin red de alcantarillado	45
1.1.4	Fosas sépticas, letrinas y pozos negros	45
1.1.5	Cloacas en granjas y sistema de riego con aguas residuales	55
1.1.6	Descarga desde una planta de tratamiento inferior	35
1.1.7	Superficie para aguas residuales urbanas	60
1.1.8	Riego con aguas residuales	60
1.1.9	Descarga de aguas residuales en cursos de agua superficial	45
1.1.10	Inyección de aguas residuales en pozos	85
1.2	RESIDUOS MUNICIPALES	
1.2.1	Basureros, Vertederos	40
1.2.2	Estación de carga de residuos y depósito de chatarras	40
1.2.3	Vertedero sanitario	50
1.2.4	Depósito de escombros	35
1.2.5	Residuos de planta de tratamiento	35
1.3	COMBUSTIBLES	
1.3.1	Tanques de almacenaje sobre tierra	50
1.3.2	Tanques de almacenaje bajo tierra	55
1.3.3	Estaciones de carga de combustible	60
1.3.4	Gasolineras	60
1.3.5	Cuevas de almacenaje bajo tierra	65
1.4	TRANSPORTE Y TRÁFICO	
1.4.1	Carretera	40
1.4.2	Túnel de carretera	40
1.4.3	Área de aparcamiento	35
1.4.4	Línea de tren	30
1.4.5	Túnel de ferrocarril	30
1.4.6	Estación de trenes	35
1.4.7	Pista de aterrizaje (Helipuertos)	35
1.4.8	Conducciones de líquidos peligrosos	60
1.5	INSTALACIONES RECREATIVAS	
1.5.1	Centro turístico	30
1.5.2	Campamento	30
1.5.3	Estadios y pistas de deportes al aire libre	25
1.5.4	Campo de golf	35
1.6	VARIOS	
1.6.1	Cementerio	25
1.6.2	Cementerio de animales	35
1.6.3	Local de lavado	35
1.6.4	Instalaciones militares y abandonadas	35
2.	ACTIVIDADES INDUSTRIALES	
2.1	MINERÍA (ACTIVA O ABANDONADA)	
2.1.1	Mina de minerales no metálicos	70
2.1.2	Mina de mineral metálico	70
2.1.3	Depósitos al aire libre de materias primas peligrosas	85
2.1.4	Molienda de minerales e instalaciones de enriquecimiento	70
2.1.5	Basuras y residuos mineros	70
2.1.6	Residuos minerales	70
2.1.7	Balsa de residuos minerales	65
2.2	CANTERAS (ACTIVAS O ABANDONADAS)	
2.2.1	Excavación y terraplenes	10
2.2.2	Mina de arena y grava	30
2.2.3	Canteras	25
2.3	EXPLOTACIÓN DE GAS Y PETRÓLEO	
2.3.1	Oleoductos	55
2.4	PLANTAS INDUSTRIALES	
2.4.1	Fundición	40

CLAVE	PELIGRO	FACTOR H
2.4.2	Metalurgia y siderurgia	40
2.4.3	Procesamiento de metales e industria de acabado	50
2.4.4	Fábrica de galvanizados	55
2.4.5	Refinería de petróleo	85
2.4.6	Factoría química	65
2.4.7	Industria de caucho y neumáticos	40
2.4.8	Manufacturas de pasta de papel	40
2.4.9	Curtidos y pieles	70
2.4.10	Industria alimenticia	45
2.5	CENTRALES ENERGÉTICAS	
2.5.1	Central de gas	60
2.5.2	Central térmica	50
2.6	ALMACENAJE INDUSTRIAL	
2.6.1	Tanques de reserva de materia prima y química	60
2.6.2	Contenedores de sustancias peligrosas	70
2.6.3	Vertedero de cenizas y escorias	70
2.6.4	Zona de residuos no peligrosos	45
2.6.5	Zona de residuos peligrosos	90
2.7	DESVÍO Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	
2.7.1	Conducto de aguas residuales	65
2.7.2	Superficie de aguas residuales	65
2.7.3	Planta de tratamiento	40
2.7.4	Pozos de inyección de aguas residuales	85
3.	GANADERÍA Y AGRICULTURA	
3.1	GANADERÍA	
3.1.1	Granja de animales	30
3.1.2	Pesebres	30
3.1.3	Factoría agrícola	30
3.1.4	Estercolero	45
3.1.5	Tanques de almacenaje de estiercol líquido	45
3.1.6	Área de pastoreo intensivo	25
3.2	AGRICULTURA	
3.2.1	Campo de cultivo	25
3.2.2	Agricultura de secano	25
3.2.3	Agricultura de regadío	30
3.2.3	Depósito de fertilizantes y pesticidas	40
3.2.4	Áreas de agricultura intensiva (alta demanda de fertilizantes y pesticidas)	30
3.2.5	Jardín	15
3.2.6	Vivero	20
3.2.7	Riego con aguas residuales	60
3.2.8	Balsa de alpeorujó	

OTRAS ACTIVIDADES INDUSTRIALES	
ACTIVIDAD	FACTOR H
Taller mecánico	50
Lavado y engrase de vehículos	50
Industria de pinturas, lacas y barnizados	60
Industria de piedras ornamentales	40
Carpintería metálica	50
Venta de fitosanitarios y abonos	40
Carpintería de madera	30
Restaurante	25
Secaderos de esparto	30
Planta de tratamiento de plantas aromáticas	30
Comercio de metales	30
Comercio productos construcción	25
Fabrica de productos cerámicos	30
Elaboración y crianza de vinos	25
Industria agroalimentaria	40
Fábrica de jabones y detergentes	40
Fabricación de pavimentos y derivados del cemento	40
Prefabricados de escayola	30

TIPO DE PELIGRO	Factor Qn
Zona urbanizada sin red de alcantarillado	1,2
Fosa séptica	1
Zona urbanizada con red de alcantarillado	1
Cultivos en secano de poca entidad	1
Cultivos en secano de media entidad	1,1
Cultivos en secano de gran entidad	1,2
Carretera poco transitada	0,8
Carretera	0,9
Autovía, autopista	1
Escombrera de RSU	0,8-1
Cantera de áridos	1,1
Cultivos en regadío	1,2
Cultivos en regadío de poca entidad	1
Taller mecánico	1
Desguace	1
Pinturas, lacas y barnizados	0,9
Piedras ornamentales	0,8
Carpintería metálica	0,9
Venta de fitosanitarios y abonos	0,9
Carpintería de madera	0,8
Granja de animales (20/30 UG)	0,9
Granja de animales (>30 UG)	1,1
Restaurante	0,8
Estación de servicio	1
Cementerio	0,9
Almacén de estiércol	1,1
Complejo deportivo	0,9
Almacén de chatarra	0,9
Cantera	1
Vertido de aguas residuales en cauce superficial	1,2
Polígono industrial (<10 naves industriales)	1
Industria agroalimentaria	1
Industria de productos cárnicos	1
Secadero de esparto	1
Fabrica de jabones y detergentes	1
Camping	1
Comercio de metales	0,9
Comercio productos de construcción	0,8
Fabrica de productos cerámicos	0,9
Lavado y engrase de vehículos	1
Elaboración y crianza de vinos	0,9
Prefabricados de escayola	0,8
Fabricación de pavimentos y derivados del cemento	1
Vivero	1
Área de aparcamiento	0,8

4.8.2. **Evaluación del riesgo**

- **Acuíferos carbonatados**

El riesgo de contaminación, en base a las presiones actuales, se obtiene a partir de la combinación de la peligrosidad obtenida de las actividades ubicadas sobre el acuífero y de la vulnerabilidad de este último. El índice de intensidad del riesgo (RII) se ha calculado a partir del cociente entre el índice de vulnerabilidad obtenido con el método COP y el índice de peligrosidad (HI). El valor del factor COP se ha obtenido como la media de los distintos valores de éste en la zona en la que se sitúa el foco potencial de contaminación. (Jimenez Madrid et al., 2009. Groundwater pollution risk assessment. Application to different carbonate aquifers in south Spain, European Geosciences Union, General Assembly, Vienna 2009)

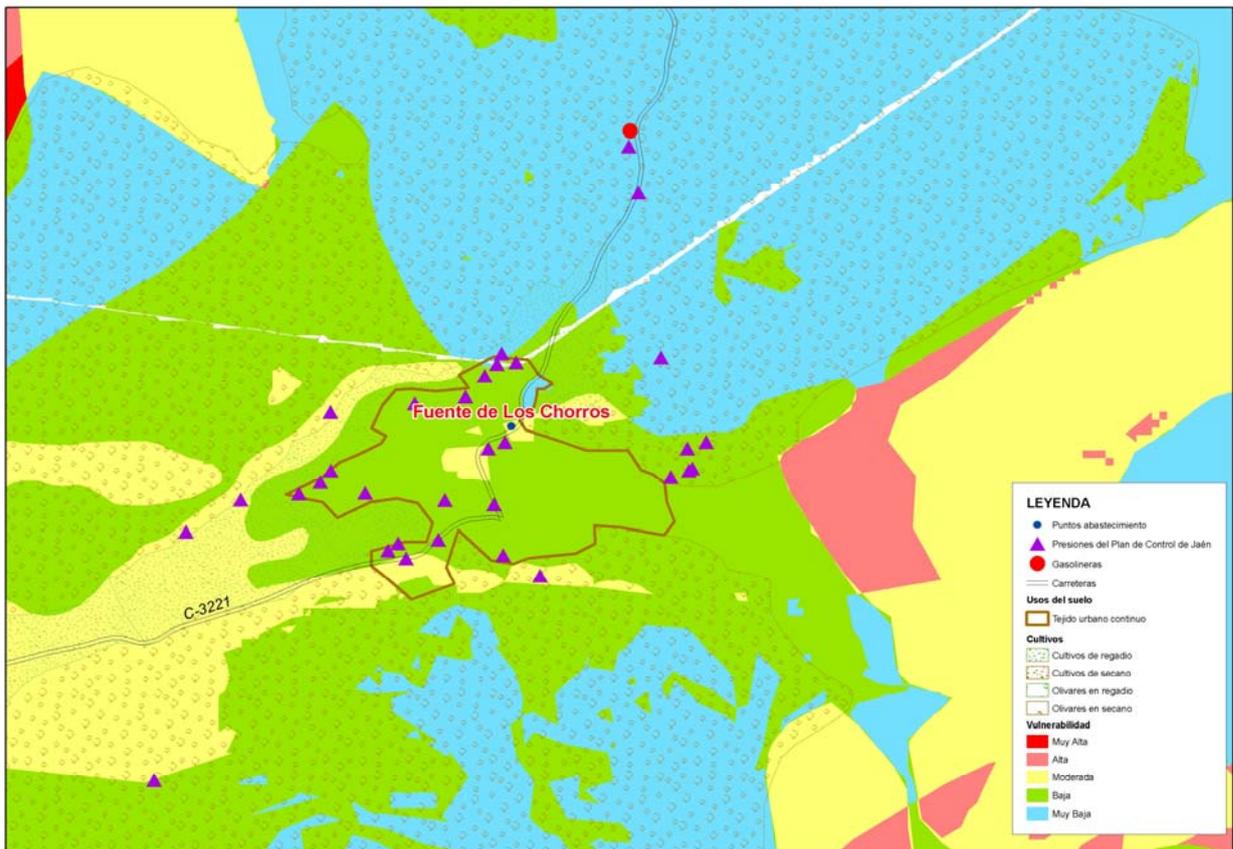
FACTOR COP	FACTOR HI	1/HI	RII= COP * 1/HI	CLASE DE RIESGO	NIVEL DE RIESGO
4-15	0-24	>0.042	>0.168	1	Muy bajo
2-4	24-48	0.042-0.021	0.168-0.042	2	Bajo
1-2	48-72	0.021-0.014	0.042-0.014	3	Moderado
0.5-1	72-96	0.014-0.010	0.014-0.005	4	Alto
0-0.5	96-120	<0.010	<0.005	5	Muy alto

- **Acuíferos detríticos**

En función de la clase de peligrosidad y el valor de la vulnerabilidad DRASTIC en la zona donde se sitúa el foco potencial de contaminación se obtiene un valor cualitativo del nivel de riesgo.

EVALUACIÓN DEL RIESGO					
Peligrosidad	Vulnerabilidad				
	Muy baja	Baja	Moderada	Alta	Muy alta
Muy baja	Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo	Bajo-Moderado
Baja	Muy bajo	Bajo	Bajo	Bajo-Moderado	Moderado
Moderada	Bajo	Bajo	Moderado	Moderado	Alto
Alta	Bajo-Moderado	Moderado	Moderado-Alto	Alto	Alto
Muy alta	Moderado	Moderado	Alto	Alto	Muy alto

En la siguiente figura se muestran los focos potenciales de contaminación en el entorno de una captación, representados sobre los distintos valores de vulnerabilidad de la zona.



Vulnerabilidad y focos potenciales de contaminación en el entorno de una captación

5. **RESULTADOS**

5.1. **PERIMETROS DE PROTECCIÓN DEFINIDOS**

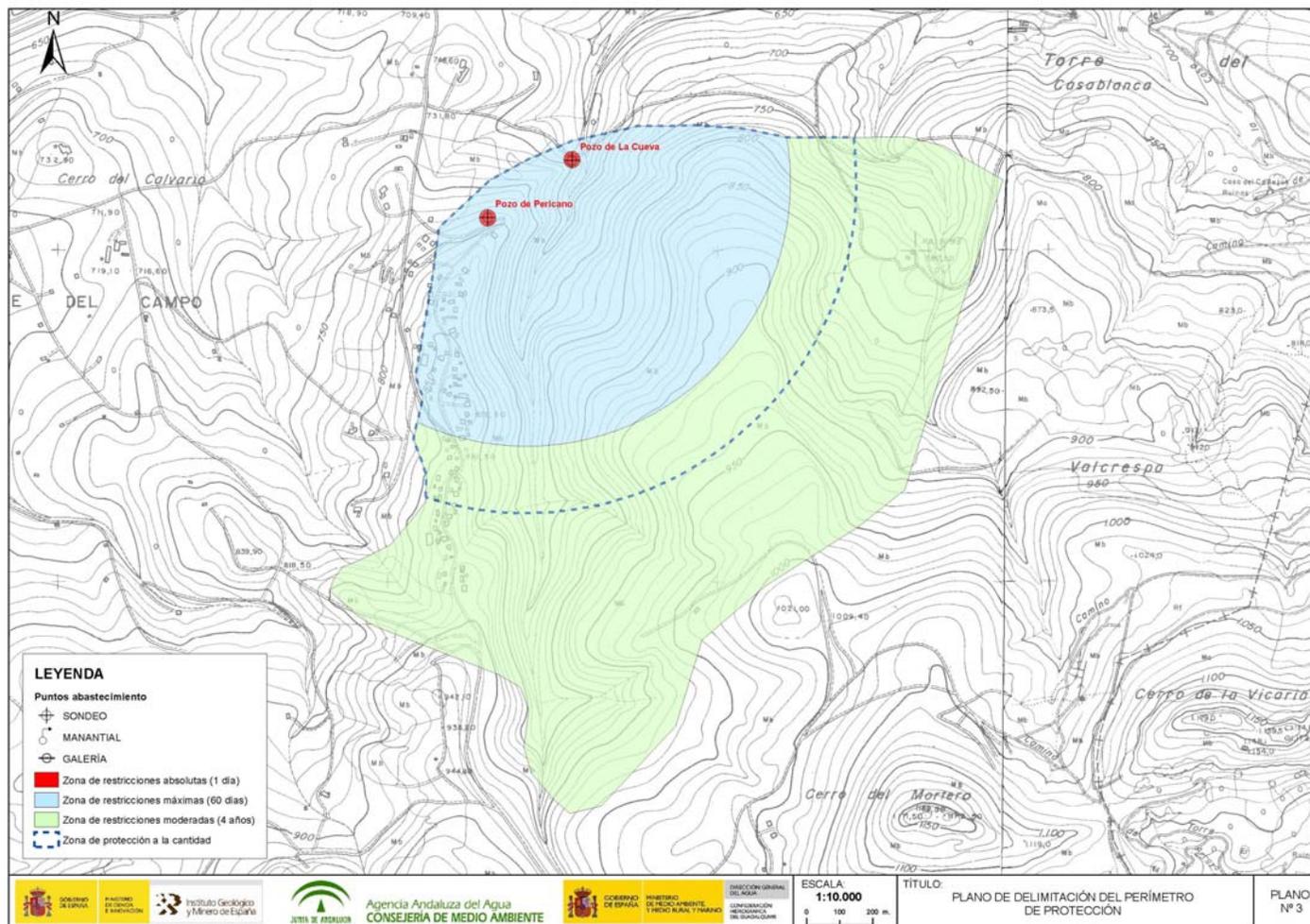
Se han definido 75 perímetros de protección en 126 captaciones de abastecimiento. Cada uno de estos perímetros de protección está descrito y justificado en los informes de perímetros de protección del Tomo II (compuesto por 10 volúmenes) del presente proyecto. Cada uno de estos informes específicos de cada perímetro incluye:

- Memoria técnica
- Anexos: Reportaje fotográfico de las captaciones y su entorno, fichas de inventario de las captaciones, análisis químicos de las captaciones y fichas de inventario de presiones.
- Planos: (1) mapa de situación de las captaciones de abastecimiento, (2) mapa de vulnerabilidad y presiones y (3) mapa del perímetro de protección

Además, se entrega en CD adjunto a esta memoria, la información digital correspondiente al presente proyecto, que presenta la siguiente estructura:

ESTRUCTURA DE LA INFORMACIÓN DIGITAL	
ÁMBITOS /CARTO_APOYO/	Cartografía de apoyo para la generación de los mapas. Incluye la base de datos de las presiones inventariadas en la campaña de campo y coberturas de base del proyecto, tales como la cobertura actualizada de las zonas protegidas por emplearse para consumo humano en las masas de agua subterráneas intercomunitarias (perímetros existentes.shp)
MAPAS	Mapas del Tomo I y Tomo II
MEMORIAS	Memorias del Tomo I y Tomo II
METADATOS	Metadatos correspondientes a las cartografías generadas en este proyecto
MXD	Proyecto SIG de los resultados obtenidos. Contiene las captaciones de abastecimiento, los perímetros de protección realizados y las zonas de salvaguarda (Guadalquivir. mxd), También contiene los archivos mxd de los planos Directores correspondientes al Tomo I.
SHAPES	Capas de información del proyecto SIG y base de datos de los perímetros realizados.

A continuación se muestran los planos correspondientes a un informe de perímetros de protección:

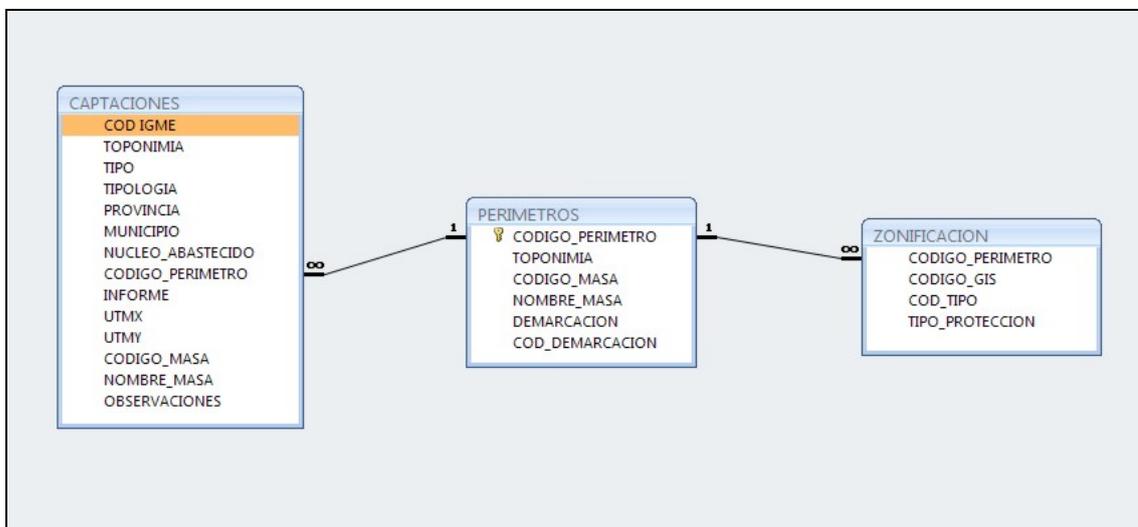


Mapa del perímetro de protección

La zonación realizada en el perímetro de protección se ha basado fundamentalmente en criterios hidrogeológicos, apoyándose en cálculos previos realizados según el método de Wyssling. Cada perímetro de protección ha sido delimitado a nivel gráfico por la siguiente información, que se ha integrado en SIG para dar lugar a las siguientes zonificaciones:

- Zona de restricciones absolutas
- Zona de restricciones máximas
- Zona de restricciones moderadas
- Perímetro de protección de la cantidad

Se ha obtenido una base de datos formada por tres tablas con los datos de las captaciones de abastecimiento, perímetros de protección y la zonificación de éstos. A continuación se muestra la estructura de esta base de datos y la relación entre las distintas tablas:



Estructura y relación de la base de datos de captaciones y perímetros

A continuación se muestra una tabla resumen con las características de los perímetros de protección delimitados, y las captaciones incluidas en los mismos:

MAS		MUNICIPIO	PERIMETRO	CAPTACIONES			INFORME DE PERÍMETRO DE PROTECCIÓN
NOMBRE	TIPOLOGÍA			TOPONIMIA	CÓDIGO IGME	TIPOLOGÍA	
05.01 Sierra de Cazorla	Kárstica	Quesada	05.01.001	El Artesón	213770001	Manantial	Perímetro de protección del Sondeo El Hoyazo y el Manantial El Artesón de abastecimiento al núcleo urbano de Quesada
05.01 Sierra de Cazorla	Kárstica	Quesada	05.01.001	El Hoyazo	213770053	Sondeo	
05.02 Quesada-Castril	Kárstica	La Iruela	05.02.001	La Caída	213740014	Manantial	Perímetro de protección del Manantial de La Caída y del Manantial El Tobazo de abastecimiento a la pedanía de Arroyo Frio en el municipio de La Iruela
05.02 Quesada-Castril	Kárstica	La Iruela	05.02.001	El Tobazo	213740022	Manantial	
05.02 Quesada-Castril	Kárstica	Quesada	05.02.002	Barranco la Canal	213830007	Manantial	Perímetro de protección del Manantial del Barranco de La Canal de abastecimiento a los municipios de Huesa y Quesada
05.02 Quesada-Castril	Kárstica	Hinojares	05.02.003	Puente de la Cerrada	213870003	Manantial	Perímetro de protección del Manantial de Puente de La Cerrada de abastecimiento al núcleo urbano de Hinojares
05.02 Quesada-Castril	Kárstica	Hinojares	05.02.004	Siete Fuentes	213870005	Manantial	Perímetro de protección del Manantial de Siete Fuentes de abastecimiento a la pedanía de Cuenca en el municipio de Hinojares
05.06 Orce-María-Cúllar	Kárstica y detrítica	Galera	05.06.001	Pozo San Pedro	233850037	Sondeo	Perímetro de protección del Pozo San Pedro, de abastecimiento al núcleo urbano de Galera y a la pedanía de La Alquería
05.06 Orce-María-Cúllar	Kárstica y detrítica	Galera	05.06.002	Manantial de las Siete Fuentes	223880008	Manantial	Perímetro de protección del Manantial de las de las Siete Fuentes de abastecimiento al núcleo urbano de Galera
05.06 Orce-María-Cúllar	Kárstica y detrítica	Orce	05.06.003	Pozo de la Umbría	233850037	Sondeo	Perímetro de protección del Pozo de la Umbría y de Pozo Alfonso, de abastecimiento al núcleo urbano de Orce y a la pedanía de Fuente Nueva
05.06 Orce-María-Cúllar	Kárstica y detrítica	Orce	05.06.003	Pozo Alfonso	233850008	Sondeo	
5.06 Orce-María-Cúllar	Kárstica y detrítica	Orce	05.06.004	Pozo Comunidad de Regantes Venta Micena	233860006	Sondeo	Perímetro de protección del Pozo de la Comunidad de Regantes de Venta Micena de abastecimiento a las pedanías de Venta Micena y Pozo de la Rueda en el municipio de Orce
05.06 Orce-María-Cúllar	Kárstica y detrítica	Cúllar	05.06.005	El Cercado	223980014	Sondeo	Perímetro de protección del Sondeo El Cercado de abastecimiento al núcleo urbano de Cúllar
05.06 Orce-María-Cúllar	Kárstica y detrítica	Cúllar	05.06.005	La Gallega	223940042	Sondeo	
05.06 Orce-María-Cúllar	Kárstica y detrítica	Cúllar	05.06.006	Galería de Venta Quemada	223910001	Galería	Perímetro de protección de la Galería de Venta Quemada de abastecimiento al núcleo urbano de Cúllar y a la pedanía de Pulpite
05.06 Orce-María-Cúllar	Kárstica y detrítica	Cúllar	05.06.007	Sondeo de Venta Quemada	223910007	Sondeo	Perímetro de protección del Sondeo de Venta Quemada de abastecimiento a la pedanía de Venta Quemada en el municipio de Cúllar
05.06 Orce-María-Cúllar	Kárstica y detrítica	Cúllar	05.06.008	Pozo Celestino	223920012	Sondeo	Perímetro de protección del Pozo Celestino de abastecimiento a las pedanías de Las Vertientes, Tarifa y varios cortijos del paraje El Aguadero en el municipio de Cúllar
05.06 Orce-María-Cúllar	Kárstica y detrítica	Cúllar	05.06.009	Sondeo de Los Olivos	223940041	Sondeo	Perímetro de protección del Sondeo de Los Olivos de abastecimiento a la pedanía de El Margen en el municipio de Cúllar
05.08 Sierra de las Estancias	Kárstica	Cúllar	05.08.001	Sondeo Rambla de las Colorás	223980053	Sondeo	Perímetro de protección del Sondeo Rambla de Las Colorás de abastecimiento a la pedanía de Venta del Peral en el municipio de Cúllar
05.08 Sierra de las Estancias	Kárstica	Cúllar	05.08.002	Pozo nuevo de la Raposa	223980054	Sondeo	Perímetro de protección del Nuevo Pozo de la Raposa de abastecimiento a la pedanía de Pozo Iglesias en el municipio de Cúllar
05.09 Baza-Caniles	Detrítica	Caniles	05.09.001	Pozo de los Gallardos	224030087	Sondeo	Perímetro de protección del Pozo de los Gallardos, de abastecimiento a varias pedanías del municipio de Caniles
05.09 Baza-Caniles	Detrítica	Caniles	05.09.002	Pozo Fuente Maneta	224020284	Sondeo	Perímetro de protección del Pozo Fuente Maneta de abastecimiento al núcleo urbano de Caniles y a las pedanías de La Vega y Las Molinerías
05.09 Baza-Caniles	Detrítica	Caniles	05.09.003	Pozo Rejano	224070031	Sondeo	Perímetro de protección del Pozo Rejano, de abastecimiento a varias pedanías del municipio de Caniles
05.16 Jabalcuz	Kárstica	Torredelcampo	05.16.001	Cuesta Negra	183880036	Sondeo	Perímetro de protección del sondeo Cuesta Negra de abastecimiento al núcleo urbano de Torredelcampo
05.16 Jabalcuz	Kárstica	Torredelcampo	05.16.002	Santa Ana I y II	183840021	Sondeo	Perímetro de protección del sondeo Cuesta Negra de abastecimiento al núcleo urbano de Torredelcampo
05.16 Jabalcuz	Kárstica	Jamilena	05.16.003	Captación Loma Pineda	183880035	Sondeo	Perímetro de protección del Sondeo Loma Pineda de abastecimiento al núcleo urbano de Jamilena
05.16 Jabalcuz	Kárstica	Martos	05.16.004	Sondeo la Maleza	183770028	Sondeo	Perímetro de protección del Sondeo y Manantial La Maleza de abastecimiento al núcleo urbano de Martos
05.16 Jabalcuz	Kárstica	Martos	05.16.004	Manantial la Maleza	183770003	Manantial	

MAS		MUNICIPIO	PERIMETRO	CAPTACIONES			INFORME DE PERÍMETRO DE PROTECCIÓN
NOMBRE	TIPOLOGÍA			TOPONIMIA	CÓDIGO IGME	TIPOLOGÍA	
05.17 Jaén	Kárstica	Torredelcampo	05.17.001	Pozo de La Cueva	183840001	Sondeo	Perímetro de protección del Pozo Pericano y el Pozo de la Cueva de abastecimiento al núcleo urbano de Torredelcampo
05.17 Jaén	Kárstica	Torredelcampo	05.17.001	Pozo de Pericano	183840024	Sondeo	
05.17 Jaén	Kárstica	Torredelcampo	05.17.002	Man. De Las Torrecillas	183840006	Manantial	Perímetro de protección del Manantial de Las Torrecillas de abastecimiento al núcleo urbano de Torredelcampo.
05.21 Sierra Mágina	Kárstica	Torres	05.21.001	Fuente del Orado	203810027	Manantial	Perímetro de protección del Manantial Fuente del Orado de abastecimiento al núcleo urbano de Torres
05.21 Sierra Mágina	Kárstica	Bélmez de La Moraleda	05.21.002	El Gargantón	203860009	Manantial	Perímetro de protección del Manantial El Gargantón de abastecimiento al núcleo urbano de Bélmez de la Moraleda
05.28 Montes Orientales Sector Norte	Kárstica y mixta	Alcalá la Real	05.28.001	El Robledo	183980008	Manantial	Perímetro de protección del Manantial El Robledo de abastecimiento al municipio de Alcalá La Real
05.28 Montes Orientales Sector Norte	Kárstica y mixta	Alcalá la Real	05.28.002	Fuente Tudela	194010027	Manantial	Perímetro de protección del Sondeo Fuente de Tudela de abastecimiento al núcleo urbano de Mures en Alcalá la Real
05.28 Montes Orientales Sector Norte	Kárstica y mixta	Alcalá la Real	05.28.003	Torre de Charilla	184080058	Sondeo	Perímetro de protección del Sondeo Torre de Charilla de abastecimiento a la pedanía de Charilla en el municipio de Alcalá La Real
05.32 Depresión de Granada	Detrítica	Otura	05.32.001	Sondeo Cuesta de la China	194270116	Sondeo	Perímetro de protección del Sondeo Cuesta de la China de abastecimiento al núcleo urbano de Otura
05.32 Depresión de Granada	Detrítica	Otura	05.32.002	Sondeo Camino del Olivar	194270124	Sondeo	Perímetro de protección del Sondeo Camino del Olivar de abastecimiento al núcleo urbano de Otura
05.32 Depresión de Granada	Detrítica	Otura	05.32.003	Pozo de los Pinos II	194230266	Sondeo	Perímetro de protección del Pozo de los Pinos II de abastecimiento al núcleo urbano de Otura
05.32 Depresión de Granada	Detrítica	Granada	05.32.004	Ronda Sur	194240093	Sondeo	Perímetro de protección de los sondeos de abastecimiento al núcleo urbano de Granada
05.32 Depresión de Granada	Detrítica	Granada	05.32.004	Ronda Sur	194240092	Sondeo	
05.32 Depresión de Granada	Detrítica	Granada	05.32.004	Ronda Sur	194240091	Sondeo	
05.32 Depresión de Granada	Detrítica	Granada	05.32.004	Ronda Sur	194240090	Sondeo	
05.32 Depresión de Granada	Detrítica	Granada	05.32.004	Ronda Sur	194240089	Sondeo	
05.32 Depresión de Granada	Detrítica	Granada	05.32.004	Ronda Sur	194240088	Sondeo	
05.32 Depresión de Granada	Detrítica	Granada	05.32.004	Ronda Sur	194240085	Sondeo	
05.32 Depresión de Granada	Detrítica	Granada	05.32.004	Ronda Sur	194240084	Sondeo	
05.34 Madrid-Parapanda	Kárstica	Alcalá la Real	05.34.001	Ermite Nueva	184080022	Sondeo	Perímetro de protección del Sondeo Ermita Nueva de abastecimiento a la pedanía de Ermita Nueva en el municipio de Alcalá La Real
05.35 Cabra-Gaena	Kárstica	Priego de Córdoba	05.35.001	Fuente de Zagrilla	174040007	Manantial	Perímetro de protección del manantial Fuente de Zagrilla de abastecimiento a varias aldeas de Priego de Córdoba
05.35 Cabra-Gaena	Kárstica	Luque	05.35.002	Fuente Pata	173970007	Manantial	Perímetro de protección del Manantial de Fuente Pata de abastecimiento al núcleo urbano de Luque
05.35 Cabra-Gaena	Kárstica	Luque	05.35.003	Fuente Alhama	173980001	Manantial	Perímetro de protección del Manantial de Fuente Alhama de abastecimiento a varios municipios del Sur de Córdoba
05.35 Cabra-Gaena	Kárstica	Luque	05.35.004	Fuente Marbella	173970026	Manantial	Perímetro de protección de los manantiales Fuente Marbella, Fuenfria y Zazadilla, de abastecimiento a Luque, Baena y Zuheros
05.35 Cabra-Gaena	Kárstica	Zuheros	05.35.004	Fuenfria	173970002	Manantial	
05.35 Cabra-Gaena	Kárstica	Zuheros	05.35.004	Fuente Zazadilla	173970023	Manantial	
05.35 Cabra-Gaena	Kárstica	Doña Mencía	05.35.005	Fuente de la Plata	173960008	Manantial	Perímetro de protección del Manantial Fuente de la Plata de abastecimiento al núcleo urbano de Doña Mencía
05.35 Cabra-Gaena	Kárstica	Doña Mencía	05.35.006	Pilar de Abajo	173960003	Manantial	Perímetro de protección del manantial Pilar de Abajo de abastecimiento al núcleo urbano de Doña Mencía
05.35 Cabra - Gaena	Kárstica	Cabra	05.35.007	Fuente Jarcas	174020002	Manantial	Perímetro de protección del manantial fuente de las Jarcas de abastecimiento al municipio de Cabra

MAS		MUNICIPIO	PERIMETRO	CAPTACIONES			INFORME DE PERÍMETRO DE PROTECCIÓN
NOMBRE	TIPOLOGÍA			TOPONIMIA	CÓDIGO IGME	TIPOLOGÍA	
05.35 Cabra – Gaena	Kárstica	Cabra	05.35.008	Fuente del Río	174020008	Manantial	Perímetro de protección del manantial fuente del Río de abastecimiento al municipio de Cabra
05.35 Cabra – Gaena	Kárstica	Cabra	05.35.009	Pozo la Culebra	174020030	Sondeo	Perímetro de protección del sondeo "Pozo la Culebra" de abastecimiento a la pedanía de Cabra: Gaena Casas Gallegas
05.35 Cabra – Gaena	Kárstica	Carcabuey	05.35.010	Fuente Las Palomas	174040009	Manantial	Perímetro de protección del manantial "Fuente Las Palomas" de abastecimiento al municipio de Carcabuey
05.35 Cabra – Gaena	Kárstica	Carcabuey	05.35.011	Fuente Bernabé	174030001	Manantial	Perímetro de protección del manantial "Fuente Bernabé" de abastecimiento al municipio de Carcabuey
05.35 Cabra – Gaena	Kárstica	Carcabuey	05.35.012	Sondeo 1	174030039	Sondeo	Perímetro de protección del sondeo de Algar de abastecimiento a la pedanía de Carcabuey: Algar
05.35 Cabra – Gaena	Kárstica	Carcabuey	05.35.012	Sondeo 2		Sondeo	
05.35 Cabra – Gaena	Kárstica	Lucena	05.35.013	Campo de Aras	174050001	Manantial	Perímetro de protección del manantial Campo de Aras de abastecimiento al municipio de Lucena
05.36 Rute-Horconera	Kárstica	Priego de Córdoba	05.36.001	Fuente del Rey / Fuente de la Salud	174040001	Manantial	Perímetro de protección del Manantial Fuente del Rey de abastecimiento al núcleo urbano de Priego de Córdoba
05.36 Rute-Horconera	Kárstica	Priego de Córdoba	05.36.002	La Milana / Genilla	174040003	Manantial	Perímetro de protección del Manantial La Milana de abastecimiento a la aldea de Genilla en el municipio de Priego de Córdoba
05.36 Rute-Horconera	Kárstica	Priego de Córdoba	05.36.003	Los Villares	174070023	Manantial	Perímetro de protección del Manantial Fuente de Los Villares de abastecimiento a la aldea de Los Villares, en el municipio de Priego de Córdoba
05.36 Rute-Horconera	Kárstica	Priego de Córdoba	05.36.004	Fuente Azores	184010007	Manantial	Perímetro de protección del Manantial Fuente Azores de abastecimiento a la aldea de La Concepción, en el municipio de Priego de Córdoba
05.36 Rute-Horconera	Kárstica	Priego de Córdoba	05.36.005	Los Ricardos	174080009	Manantial	Perímetro de protección del Manantial Fuente de Los Ricardos de abastecimiento a varios cortijos del municipio de Priego de Córdoba
05.36 Rute-Horconera	Kárstica	Priego de Córdoba	05.36.006	Fuente Cañatiendas	174080013	Manantial	Perímetro de protección del Manantial Fuente de Cañatiendas de abastecimiento a la aldea de Las Lagunillas en el municipio de Priego de Córdoba
05.36 Rute-Horconera	Kárstica	Priego de Córdoba	05.36.007	Pozo Petronilos Nuevo	174080034	Sondeo	Perímetro de protección de los pozos Petronilos, Petronilos Nuevo y Los Llanos, de abastecimiento a la aldea de Las Lagunillas en el municipio de Priego de Córdoba
05.36 Rute-Horconera	Kárstica	Priego de Córdoba	05.36.007	Pozo Petronilos	174080012	Sondeo	
05.36 Rute-Horconera	Kárstica	Priego de Córdoba	05.36.007	Pozo del Llano	174080031	Sondeo	
05.36 Rute-Horconera	Kárstica	Rute	05.36.008	Captación de la Hoz	174130002	Manantial	Perímetro de protección del nacimiento del Río de La Hoz de abastecimiento al municipio de Rute
05.37 Albatate-Chanzas	Kárstica y detrítica	Priego de Córdoba	05.37.001	Perforación Las Navas	184050009	Sondeo	Perímetro de protección de las Captaciones de Las Navas de abastecimiento a la aldea de Las Navas en el municipio de Priego de Córdoba
05.37 Albatate-Chanzas	Kárstica y detrítica	Priego de Córdoba	05.37.001	Captación Las Navas	184050008	Manantial	
05.37 Albatate-Chanzas	Kárstica y detrítica	Priego de Córdoba	05.37.001	Pozo Las Navas	184050017	Sondeo	
05.43 Sierra y Mioceno de Estepa	Kárstica y detrítica	Lora de Estepa	05.43.001	Sondeo El Puntal 1	164110025	Sondeo	Perímetro de protección del sondeo El Puntal de abastecimiento a los municipios de Casarriche, Roda de Andalucía y Lora de Estepa
05.43 Sierra y Mioceno de Estepa	Kárstica y detrítica	Lora de Estepa	05.43.001	Sondeo El Puntal 2	164110039	Sondeo	
05.43 Sierra y Mioceno de Estepa	Kárstica y detrítica	Estepa	05.43.002	Sondeo Fuente de Santiago Ca	164110038	Sondeo	Perímetro de protección del sondeo Fuente de Santiago de abastecimiento al municipio de Estepa
05.43 Sierra y Mioceno de Estepa	Kárstica y detrítica	Estepa	05.43.002	Sondeo Fuente de Santiago Pa	164110001	Sondeo	
05.43 Sierra y Mioceno de Estepa	Kárstica y detrítica	Gilena	05.43.003	Sondeo Nuevo 1 y 2	154140042	Sondeo	Perímetro de protección del sondeo nuevo y sondeo depósito de abastecimiento al municipio de Gilena
05.43 Sierra y Mioceno de Estepa	Kárstica y detrítica	Gilena	05.43.003	Sondeo Depósito 1 y 2	154140043	Sondeo	
05.43 Sierra y Mioceno de Estepa	Kárstica y detrítica	Herrera	05.43.004	Sondeo La Calderona	164110021	Sondeo	Perímetro de protección del sondeo La Calderona de abastecimiento al municipio de Herrera

MAS		MUNICIPIO	PERIMETRO	CAPTACIONES			INFORME DE PERÍMETRO DE PROTECCIÓN
NOMBRE	TIPOLOGÍA			TOPONIMIA	CÓDIGO IGME	TIPOLOGÍA	
05.43 Sierra y Mioceno de Estepa	Kárstica y detrítica	Pedrera	05.43.005	Sondeo Matagallá	154180040	Sondeo	Perímetro de protección del sondeo Matagallá y Cerro del Ojo de abastecimiento al municipio de Pedrera
05.43 Sierra y Mioceno de Estepa	Kárstica y detrítica	Pedrera	05.43.005	Sondeo Cerro del Ojo	164150040	Sondeo	
05.49 Gerena-Posadas	Detrítica	Aznalcóllar	05.49.001	Pozo arroyo Huerta	113970001	Pozo	Perímetro de protección del sondeo y Pozo Arroyo Huerta y los sondeos arroyo Pilar Viejo I y II, abastecimiento de emergencia al núcleo urbano de Aznalcóllar
05.49 Gerena-Posadas	Detrítica	Aznalcóllar	05.49.001	Sondeo arroyo Huerta		Sondeo	
05.49 Gerena-Posadas	Detrítica	Aznalcóllar	05.49.001	Sondeo Pilar viejo I		Sondeo	
05.49 Gerena-Posadas	Detrítica	Aznalcóllar	05.49.001	Sondeo Pilar viejo II		Sondeo	Perímetro de protección de los sondeos nuevo y viejo I y II de abastecimiento de emergencia al núcleo urbano de Brenes
05.49 Gerena-Posadas	Detrítica	Brenes	05.49.002	Sondeo nuevo	123960005	Sondeo	
05.49 Gerena-Posadas	Detrítica	Brenes	05.49.002	Sondeo nuevo	123960065	Sondeo	Perímetro de protección de los sondeos Canal, Polígono, Campo de futbol, Campo de S. Francisco de abastecimiento al núcleo urbano de Burguillos.
05.49 Gerena-Posadas	Detrítica	Burguillos	05.49.003	Sondeo canal	123970037	Sondeo	
05.49 Gerena-Posadas	Detrítica	Burguillos	05.49.003	Sondeo Polígono		Sondeo	Perímetro de protección de los sondeos Pavón viejo y nuevo, de abastecimiento de emergencia al núcleo urbano de Gerena.
05.49 Gerena-Posadas	Detrítica	Burguillos	05.49.003	Sondeo campo de fútbol	123930002	Sondeo	
05.49 Gerena-Posadas	Detrítica	Burguillos	05.49.003	Sondeo campo S. Francisco	123970023	Sondeo	
05.49 Gerena-Posadas	Detrítica	Gerena	05.49.004	Sondeo Pavón viejo	123950029	Sondeo	Perímetro de protección del pozo y sondeos de la Molineta de abastecimiento de emergencia al núcleo urbano de Gerena
05.49 Gerena-Posadas	Detrítica	Gerena	05.49.004	Sondeo Pavón nuevo	123950053	Sondeo	
05.49 Gerena-Posadas	Detrítica	Gerena	05.49.005	La Molineta 1	113980008	Pozo	Perímetro de protección de los sondeos Depuradora 1 y 2 de abastecimiento al núcleo urbano de Guillena.
05.49 Gerena-Posadas	Detrítica	Gerena	05.49.005	La Molineta 2	123950009	Sondeo	
05.49 Gerena-Posadas	Detrítica	Gerena	05.49.005	La Molineta 3		Sondeo	
05.49 Gerena-Posadas	Detrítica	Gerena	05.49.005	La Molineta 4		Sondeo	
05.49 Gerena-Posadas	Detrítica	Gerena	05.49.005	La Molineta 5		Sondeo	
05.49 Gerena-Posadas	Detrítica	Guillena	05.49.006	Sondeo Depuradora 1	123960063	Sondeo	Perímetro de protección del sondeo Villanueva de abastecimiento de emergencia al núcleo urbano de Villanueva del Río y Minas.
05.49 Gerena-Posadas	Detrítica	Guillena	05.49.006	Sondeo Depuradora 2	123960037	Sondeo	
05.49 Gerena-Posadas	Detrítica	Villanueva del Río y Minas	05.49.007	Sondeo Villanueva	133920084	Sondeo	Perímetro de Protección de los sondeos La Higuera, Eucalipto, Matalagrana I y Matalagrana II, de abastecimiento a los núcleos urbanos de Almonte, Bollullos par del Condado y Rociana del Condado.
05.51 Almonte Marismas	Detrítica	Almonte	05.51.001	Sondeo La Higuera	114150061	Sondeo	
05.51 Almonte Marismas	Detrítica	Almonte	05.51.001	Sondeo Eucalipto	114150063	Sondeo	
05.51 Almonte Marismas	Detrítica	Almonte	05.51.001	Sondeo Matalagrana I	114150055	Sondeo	
05.51 Almonte Marismas	Detrítica	Almonte	05.51.001	Sondeo Matalagrana II		Sondeo	
05.51 Almonte Marismas	Detrítica	Almonte	05.51.002	Sondeo estación eléctrica	114210049	Sondeo	
05.51 Almonte Marismas	Detrítica	Almonte	05.51.002	Sondeo el polígono	114150075	Sondeo	
05.51 Almonte Marismas	Detrítica	Almonte	05.51.002	Sondeo Los llanos	114210169	Sondeo	
05.51 Almonte Marismas	Detrítica	Almonte	05.51.002	Sondeo el Rincón	114210033	Sondeo	
05.51 Almonte Marismas	Detrítica	Almonte	05.51.002	Sondeo Sevillana 1		Sondeo	
05.51 Almonte Marismas	Detrítica	Almonte	05.51.002	Sondeo Sevillana 2		Sondeo	Perímetro de protección de los sondeos Estación eléctrica, El Polígono, El Rincón, Los Llanos, Sevillana 1 y Sevillana 2, de abastecimiento a la aldea del Rocío en término municipal de Almonte.
05.51 Almonte Marismas	Detrítica	Almonte	05.51.003	Nº 2	104280031	Sondeo	
05.51 Almonte Marismas	Detrítica	Almonte	05.51.003	Nº 3-2	104280062	Sondeo	
05.51 Almonte Marismas	Detrítica	Almonte	05.51.003	Nº 6-2	104280063	Sondeo	
05.51 Almonte Marismas	Detrítica	Almonte	05.51.003	Nº 9	104280059	Sondeo	
05.51 Almonte Marismas	Detrítica	Almonte	05.51.003	Nº 10	104280061	Sondeo	Perímetro de protección de los sondeos Nº 3 y 4 de abastecimiento al núcleo urbano de Hinojos.
05.51 Almonte Marismas	Detrítica	Hinojos	05.51.004	Nº 3	114150105	Sondeo	
05.51 Almonte Marismas	Detrítica	Hinojos	05.51.004	Nº 4	114150106	Sondeo	Perímetro de protección de los sondeos Nº 1, 2 y 3, de abastecimiento al núcleo urbano de Villamanrique de la Condesa
05.51 Almonte Marismas	Detrítica	Villamanrique de la Condesa	05.51.005	Nº 1	114170118	Sondeo	
05.51 Almonte Marismas	Detrítica	Villamanrique de la Condesa	05.51.005	Nº 2	114170119	Sondeo	
05.51 Almonte Marismas	Detrítica	Villamanrique de la Condesa	05.51.005	Nº3	114170039	Sondeo	Perímetro de protección del Manantial Fuente de Los Chorros de abastecimiento al núcleo urbano de Valdepeñas de Jaén
05.70 Gracia-Ventisquero	Kárstica	Valdepeñas de Jaén	05.70.001	Fuente de Los Chorros	193910022	Manantial	

5.2. EVALUACIÓN DEL RIESGO

El riesgo de contaminación, en base a las presiones actuales, se ha obtenido a partir de la combinación de la peligrosidad de las actividades ubicadas sobre el acuífero y de la vulnerabilidad de este último. En acuíferos detríticos y mixtos se ha utilizado el índice DRASTIC Reducido de vulnerabilidad, mientras que en los acuíferos carbonatados se ha empleado el índice COP (apartado 4.7)

En las siguientes tablas se recogen los valores de riesgo obtenidos en función de los focos potenciales de contaminación y de la vulnerabilidad en las zonas de estudio para la delimitación de los perímetros de protección para acuíferos detríticos y acuíferos kársticos.

En este apartado se aprovecha el gran número de perímetros realizados y la evaluación del riesgo en cada uno de ellos para establecer una evaluación que permita identificar los tipos de escenarios en función de los riesgos obtenidos.

EVALUACIÓN DEL RIESGO EN ACUÍFEROS DETRÍTICOS								
MUNICIPIO	MAS	CAPTACIÓN	CÓDIGO IGME	PRESIÓN	CLASE DE PELIGROSIDAD	VULNERABILIDAD DRASTIC	NIVEL DE RIESGO	
Caniles	05.09 Baza-Caniles	Pozo de Los Gallardos	224030087	Cultivos de secano	Baja	Muy baja-Baja	Muy bajo-Bajo	
Caniles	05.09 Baza-Caniles	Pozo de Los Gallardos	224030087	Cultivos de regadío	Baja	Muy baja-Alta	Bajo	
Caniles	05.09 Baza-Caniles	Pozo de Los Gallardos	224030087	Cantera	Baja	Muy baja	Muy bajo	
Caniles	05.09 Baza-Caniles	Pozo de Los Gallardos	224030087	Polígono industrial	Baja	Baja	Bajo	
Caniles	05.09 Baza-Caniles	Pozo de Los Gallardos	224030087	Establos ganaderos	Baja	Muy baja-Baja	Muy bajo-Bajo	
Caniles	05.09 Baza-Caniles	Pozo de Los Gallardos	224030087	Granjas avícolas	Baja	Muy baja-Baja	Muy bajo-Bajo	
Caniles	05.09 Baza-Caniles	Pozo de Los Gallardos	224030087	Zona urbanizada con red de alcantarillado	Baja	Muy baja-Moderada	Muy bajo-Bajo	
Caniles	05.09 Baza-Caniles	Pozo de Los Gallardos	224030087	Carretera	Baja	Muy baja-Baja	Muy bajo-Bajo	
Caniles	05.09 Baza-Caniles	Pozo Fuente Maneta	224020284	Cultivos de secano	Baja	Muy baja-Baja	Muy bajo-Bajo	
Caniles	05.09 Baza-Caniles	Pozo Fuente Maneta	224020284	Cultivos de regadío	Baja	Muy baja-Alta	Moderado	
Caniles	05.09 Baza-Caniles	Pozo Fuente Maneta	224020284	Zona urbanizada con red de alcantarillado	Baja	Baja-Moderada	Bajo	
Caniles	05.09 Baza-Caniles	Pozo Fuente Maneta	224020284	Carretera	Baja	Muy baja-Baja	Muy bajo-Bajo	
Caniles	05.09 Baza-Caniles	Pozo Fuente Maneta	224020284	Secaderos de esparto	Baja	Baja	Bajo	
Caniles	05.09 Baza-Caniles	Pozo Fuente Maneta	224020284	Industria agroalimentaria	Baja	Baja	Bajo	
Caniles	05.09 Baza-Caniles	Pozo Fuente Maneta	224020284	Planta de tratamiento plantas aromáticas y esencias	Baja	Baja	Bajo	
Caniles	05.09 Baza-Caniles	Pozo Fuente Maneta	224020284	Granja de cerdos	Baja	Baja	Bajo	
Caniles	05.09 Baza-Caniles	Pozo Fuente Maneta	224020284	Establo ganadero	Baja	Baja	Bajo	
Caniles	05.09 Baza-Caniles	Pozo Rejano	224070031	Cultivos de secano	Baja	Muy Baja	Muy bajo	
Caniles	05.09 Baza-Caniles	Pozo Rejano	224070031	Cultivos de regadío	Baja	Muy Baja-Baja	Muy bajo-Bajo	
Caniles	05.09 Baza-Caniles	Pozo Rejano	224070031	Zona urbanizada con red de alcantarillado	Baja	Muy Baja-Baja	Muy bajo-Bajo	
Caniles	05.09 Baza-Caniles	Pozo Rejano	224070031	Establos ganaderos	Baja	Muy baja	Muy bajo	
Caniles	05.09 Baza-Caniles	Pozo Rejano	224070031	Cementerio	Muy baja	Muy Baja	Muy bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Sondeo Cuesta de la China	194270116	Cultivos de secano	Baja	Baja-Muy Baja	Muy bajo-Bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Sondeo Cuesta de la China	194270116	Zona urbanizada con red de alcantarillado	Baja	Baja-Muy Baja	Muy bajo-Bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Sondeo Cuesta de la China	194270116	Campo de golf	Baja	Baja-Muy Baja	Muy bajo-Bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Sondeo Cuesta de la China	194270116	Carretera	Baja	Baja-Muy Baja	Muy bajo-Bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Sondeo Cuesta de la China	194270116	Camping	Baja	Muy Baja	Muy bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Sondeo Cuesta de la China	194270116	Granja avícola	Baja	Muy Baja	Muy bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Sondeo Camino del Olivar	194270124	Cultivos de secano	Baja	Muy baja-Baja	Muy bajo-Bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Sondeo Camino del Olivar	194270124	Zona urbanizada con red de alcantarillado	Baja	Muy baja-Baja	Muy bajo-Bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Sondeo Camino del Olivar	194270124	Campo de golf	Baja	Muy baja-Baja	Muy bajo-Bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Sondeo Camino del Olivar	194270124	Carretera	Baja	Muy baja-Baja	Muy bajo-Bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Sondeo Camino del Olivar	194270124	Escombrera	Baja	Baja	Bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Sondeo Camino del Olivar	194270124	Vertido de ARU	Moderada	Muy baja	Bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Sondeo Camino del Olivar	194270124	Camping	Baja	Muy baja	Muy bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Sondeo Camino del Olivar	194270124	Granja avícola	Baja	Muy baja	Muy bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Sondeo Camino del Olivar	194270124	Fábrica de jabones y detergentes	Baja	Baja	Bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Sondeo Camino del Olivar	194270124	Estación de servicio	Moderada	Baja	Bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Sondeo Camino del Olivar	194270124	Fábrica de preparación de la madera	Baja	Muy baja	Muy bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Sondeo Camino del Olivar	194270124	Fábrica de productos cerámicos	Baja	Baja	Bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Sondeo Camino del Olivar	194270124	Cementerio	Muy baja	Baja	Muy bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Pozo de Los Pinos II	194230266	Cultivos de secano	Baja	Muy baja-Baja	Muy bajo-Bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Pozo de Los Pinos II	194230266	Zona urbanizada con red de alcantarillado	Baja	Muy baja-Moderada	Muy bajo-Bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Pozo de Los Pinos II	194230266	Carretera	Baja	Muy baja-Moderada	Muy bajo-Bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Pozo de Los Pinos II	194230266	Campo de golf	Baja	Muy baja-Baja	Muy bajo-Bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Pozo de Los Pinos II	194230266	Vertido de ARU	Moderada	Muy baja-Baja	Bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Pozo de Los Pinos II	194230266	Camping	Baja	Muy baja	Muy bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Pozo de Los Pinos II	194230266	Establos ganaderos	Baja	Moderada	Bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Pozo de Los Pinos II	194230266	Cementerio	Muy baja	Baja	Muy bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Pozo de Los Pinos II	194230266	Escombrera	Baja	Baja	Bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Pozo de Los Pinos II	194230266	Fábrica de preparación de la madera	Baja	Muy baja	Muy bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Pozo de Los Pinos II	194230266	Estación de servicio	Moderada	Baja	Bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Pozo de Los Pinos II	194230266	Fábrica de productos cerámicos	Baja	Baja	Bajo	

EVALUACIÓN DEL RIESGO EN ACUIFEROS DETRITICOS								
MUNICIPIO	MAS	CAPTACIÓN	CÓDIGO IGME	PRESIÓN	CLASE DE PELIGROSIDAD	VULNERABILIDAD DRASTIC	NIVEL DE RIESGO	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Pozo de Los Pinos II	194230266	Fábrica de jabones y detergentes	Baja	Baja	Bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Pozo de Los Pinos II	194230266	Comercio de productos de construcción	Muy baja	Muy baja	Muy bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Pozo de Los Pinos II	194230266	Reparación de vehículos	Moderada	Moderada	Moderado	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Pozo de Los Pinos II	194230266	Carpintería metálica	Baja	Moderada	Bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Pozo de Los Pinos II	194230266	Fabricación de mobiliario de madera	Baja	Moderada	Bajo	
Otura	05.32 Depresión de Granada	Pozo de Los Pinos II	194230266	Comercio de metales	Baja	Moderada	Bajo	
Granada	05.32 Depresión de Granada	Sondeos de abastecimiento a Granada	194240084/85/88/89/90/91/92/93	Reparación de vehículos (6)	Moderada	Baja	Bajo	
Granada	05.32 Depresión de Granada	Sondeos de abastecimiento a Granada	194240084/85/88/89/90/91/92/93	Lavado y engrase de vehículos	Moderada	Baja	Bajo	
Granada	05.32 Depresión de Granada	Sondeos de abastecimiento a Granada	194240084/85/88/89/90/91/92/93	Estación de servicio	Moderada	Baja	Bajo	
Granada	05.32 Depresión de Granada	Sondeos de abastecimiento a Granada	194240084/85/88/89/90/91/92/93	Fabricación de mobiliario de madera (4)	Baja	Baja	Bajo	
Granada	05.32 Depresión de Granada	Sondeos de abastecimiento a Granada	194240084/85/88/89/90/91/92/93	Fabricación de productos cárnicos (4)	Baja	Baja	Bajo	
Granada	05.32 Depresión de Granada	Sondeos de abastecimiento a Granada	194240084/85/88/89/90/91/92/93	Elaboración y crianza de vinos	Muy baja	Baja	Muy bajo	
Granada	05.32 Depresión de Granada	Sondeos de abastecimiento a Granada	194240084/85/88/89/90/91/92/93	Prefabricados de escayola	Baja	Baja	Bajo	
Granada	05.32 Depresión de Granada	Sondeos de abastecimiento a Granada	194240084/85/88/89/90/91/92/93	Fabricación de pavimentos y derivados del cemento	Moderada	Baja	Bajo	
Granada	05.32 Depresión de Granada	Sondeos de abastecimiento a Granada	194240084/85/88/89/90/91/92/93	Vivero	Muy baja	Baja	Muy bajo	
Granada	05.32 Depresión de Granada	Sondeos de abastecimiento a Granada	194240084/85/88/89/90/91/92/93	Cultivos de regadío	Baja	Baja	Bajo	
Granada	05.32 Depresión de Granada	Sondeos de abastecimiento a Granada	194240084/85/88/89/90/91/92/93	Cultivos de secano	Baja	Baja	Bajo	
Granada	05.32 Depresión de Granada	Sondeos de abastecimiento a Granada	194240084/85/88/89/90/91/92/93	Escombrera	Baja	Muy baja	Muy bajo	
Granada	05.32 Depresión de Granada	Sondeos de abastecimiento a Granada	194240084/85/88/89/90/91/92/93	Vertedero municipal	Baja	Muy baja	Muy bajo	
Granada	05.32 Depresión de Granada	Sondeos de abastecimiento a Granada	194240084/85/88/89/90/91/92/93	Vertidos de ARU (10)	Moderada	Baja	Bajo	
Granada	05.32 Depresión de Granada	Sondeos de abastecimiento a Granada	194240084/85/88/89/90/91/92/93	Aparcamiento	Baja	Baja	Bajo	
Granada	05.32 Depresión de Granada	Sondeos de abastecimiento a Granada	194240084/85/88/89/90/91/92/93	Zona urbanizada con red de alcantarillado	Baja	Baja-Moderada	Bajo	
Granada	05.32 Depresión de Granada	Sondeos de abastecimiento a Granada	194240084/85/88/89/90/91/92/93	Cementerios (2)	Muy baja	Baja	Muy bajo	
Granada	05.32 Depresión de Granada	Sondeos de abastecimiento a Granada	194240084/85/88/89/90/91/92/93	Establos ganaderos (2)	Baja	Baja	Bajo	
Aznalcóllar	05.49 Gerena-Posadas	Pozo y sondeo arroyo Huerta/ sondeos Pilar viejo 1 y 2	113970001	Olivar	Baja	Baja	Bajo	
Aznalcóllar	05.49 Gerena-Posadas	Sondeos Pilar viejo 1 y 2		Olivar	Baja	Muy baja	Muy Bajo	
Brenes	05.49 Gerena-Posadas	Sondeos nuevo y viejo	123940005/123980065	Núcleo urbano (Villaverde del Río)	Alta	Alta	Alto	
Brenes	05.49 Gerena-Posadas	Sondeos nuevo y viejo	123940005/123980065	Carretera	Baja	Alta	Moderado	
Brenes	05.49 Gerena-Posadas	Sondeos nuevo y viejo	123940005/123980065	Naranjo y frutales	Baja	Alta	Moderado	
Burquillos	05.49 Gerena-Posadas	Sondeos el canal, polígono, campo de fútbol y campo de S. Francisco	123930002/123930023/123970037	Núcleo urbano (Burquillos)	Alta	Baja	Moderado	
Burquillos	05.49 Gerena-Posadas	Sondeos el canal, polígono, campo de fútbol y campo de S. Francisco	123930002/123930023/123970037	Carretera	Baja	Baja	Bajo	
Burquillos	05.49 Gerena-Posadas	Sondeos el canal, polígono, campo de fútbol y campo de S. Francisco	123930002/123930023/123970037	Naranjos y frutales	Baja	Baja	Bajo	
Gerena	05.49 Gerena-Posadas	Sondeos pavón	123950029/123950053	Mina de minerales metálicos	Alta	Baja	Moderado	
Gerena	05.49 Gerena-Posadas	Sondeos pavón	123950029/123950053	Núcleo urbano en zona de recarga	Baja	Baja-Moderada	Bajo	
Gerena	05.49 Gerena-Posadas	Sondeos pavón	123950029/123950053	Olivares en la zona de recarga	Baja	Baja	Bajo	
Gerena	05.49 Gerena-Posadas	Sondeos pavón	123950029/123950053	Gasolinera CAMPSA	Moderada	Baja	Bajo	
Gerena	05.49 Gerena-Posadas	Pozo y sondeos La Molineta	113980008/113950009	Núcleo urbano en zona de recarga	Baja	Baja-moderada	Bajo	
Gerena	05.49 Gerena-Posadas	Pozo y sondeos La Molineta	113980008/113950009	Olivares en la zona de recarga	Baja	Baja-moderada	Bajo	
Guillena	05.49 Gerena-Posadas	Sondeos depuradora 1 y 2	123960037/63	Ganadería	Baja	Moderada	Bajo	
Guillena	05.49 Gerena-Posadas	Sondeos depuradora 1 y 2	123960037/63	Escombros	Baja	Moderada	Bajo	
Guillena	05.49 Gerena-Posadas	Sondeos depuradora 1 y 2	123960037/63	Cultivos de regadío	Baja	Moderada	Bajo	
V. del Río y Minas	05.49 Gerena-Posadas	Sondeo Villanueva	133920084	Núcleo urbano (Villanueva del río y Minas)	Baja	Moderado	Bajo	
V. del Río y Minas	05.49 Gerena-Posadas	Sondeo Villanueva	133920084	Escombrera de carbón	Moderada	Moderado-alto	Moderado	
V. del Río y Minas	05.49 Gerena-Posadas	Sondeo Villanueva	133920084	Naranjos y regadíos	Alta	Bajo-moderado	Alto	
Almonte	05.51 Almonte-marismas	Sondeos Matalagrana I-II, La higuera y Eucalipto	114150055/61/63	Cultivos Intensivos de regadío	Baja	Moderada	Bajo	
Almonte	05.51 Almonte-marismas	Sondeos Los llanos, polígono, Sevillana I y estac. electrica	114150075/114210169	Cultivos Intensivos de regadío	Baja	Moderada	Bajo	
Almonte	05.51 Almonte-marismas	Sondeos el Rincón y sevillana II	114210033	Cultivos Intensivos de regadío	Baja	Baja	Bajo	
Almonte	05.51 Almonte-marismas	Sondeos nº 2, 3-2, 6 y 9	104280031/59/62/63	Núcleo urbano (Matalascañas)	Baja	Moderada	Bajo	
Almonte	05.51 Almonte-marismas	Sondeos nº 2, 3-2, 6 y 9	104280031/59/62/63	Carretera	Baja	Moderada	Bajo	
Almonte	05.51 Almonte-marismas	Sondeo nº 10	104280061	Núcleo urbano (Matalascañas)	Baja	Alta	Moderado	
Almonte	05.51 Almonte-marismas	Sondeo nº 10	104280061	Carretera	Baja	Alta	Moderado	
Hinojos	05.51 Almonte-marismas	Sondeo nº 3 y 4	114150105/106	Cultivos Intensivos de regadío	Muy Baja	Muy baja	Muy bajo	
Villamanrique	05.51 Almonte-marismas	Pozo nº 1, 2 y 3	114170039/118/119	Granjas avícolas	Baja	Moderado	Bajo	

EVALUACIÓN DEL RIESGO EN ACUÍFEROS DETRÍTICOS							
MUNICIPIO	MAS	CAPTACIÓN	CÓDIGO IGME	PRESIÓN	CLASE DE PELIGROSIDAD	VULNERABILIDAD DRASTIC	NIVEL DE RIESGO
Villamanrique	05.51 Almonte-marismas	Pozo nº 1, 2 y 3	114170039/118/119	Olivar y naranjos	Baja	Bajo	Bajo

-  Muy bajo
-  Bajo/Muy bajo-Muy bajo
-  Moderado
-  Alto
-  Muy alto

EVALUACIÓN DEL RIESGO EN ACUIFEROS KÁRSTICOS							
MUNICIPIO	MAS	CAPTACIÓN	CÓDIGO IGME	PRESIÓN	CLASE DE PELIGROSIDAD	FACTOR COP	NIVEL DE RIESGO
Priego de Córdoba	05.36 Rute-Horconera	Fuente del Rey	174040001	Cultivos de olivar en secoano	Baja	2,744	Bajo
Priego de Córdoba	05.36 Rute-Horconera	Fuente del Rey	174040001	Zona urbanizada con red de alcantarillado	Baja	3,205	Bajo
Priego de Córdoba	05.36 Rute-Horconera	Fuente del Rey	174040001	Carretera	Baja	2,644	Bajo
Priego de Córdoba	05.36 Rute-Horconera	Manantial La Milana/Genilla	174040003	Cultivos de secoano	Baja	3,58	Bajo
Priego de Córdoba	05.36 Rute-Horconera	Manantial Los Villares	174070023	Cultivos de olivar en secoano	Baja	3,15	Bajo
Priego de Córdoba	05.36 Rute-Horconera	Manantial Fuente Azores	184010007	Cultivos de olivar en secoano	Baja	0,365	Moderado
Priego de Córdoba	05.36 Rute-Horconera	Manantial Fuente Azores	184010007	Cultivos en regadío	Baja	2,88	Bajo
Priego de Córdoba	05.36 Rute-Horconera	Manantial Fuente Azores	184010007	Zona urbanizada con red de alcantarillado	Baja	0,482	Moderado
Priego de Córdoba	05.36 Rute-Horconera	Manantial Fuente Azores	184010007	Carretera	Baja	0,548	Moderado
Priego de Córdoba	05.36 Rute-Horconera	Fuente de Los Ricardos	174080009	Cultivos de olivar en secoano	Baja	3,316	Bajo
Priego de Córdoba	05.36 Rute-Horconera	Fuente Cañatiendas	184050009/08/17	Cultivos de olivar en secoano	Baja	1,528	Bajo
Priego de Córdoba	05.36 Rute-Horconera	Fuente Cañatiendas	174080013	Granja de animales (cabreriza)	Baja	0,84	Bajo
Priego de Córdoba	05.36 Rute-Horconera	Pozos Petronilos y El Llano	174080012/34/31	Cultivos de secoano	Baja	4,028	Bajo
Priego de Córdoba	05.36 Rute-Horconera	Pozos Petronilos y El Llano	174080012/34/31	Granja de animales	Baja	0,56	Moderado
Priego de Córdoba	05.36 Rute-Horconera	Pozos Petronilos y El Llano	174080012/34/31	Fosa séptica	Baja	1,575	Moderado
Rute	05.36 Rute-Horconera	Captación Rio de La Hoz	174130002	Cultivos de olivar en secoano	Baja	1,16	Muy Bajo
Priego de Córdoba	05.37 Albayate-Chanzas	Las Navas	184050009/08/17	Cultivos de olivar en secoano	Baja	1,51	Bajo
Priego de Córdoba	05.37 Albayate-Chanzas	Las Navas	184050009/08/17	Zona urbanizada con red de alcantarillado	Baja	2,268	Bajo
Priego de Córdoba	05.37 Albayate-Chanzas	Las Navas	184050009/08/17	Carretera	Baja	2,205	Bajo
Priego de Córdoba	05.37 Albayate-Chanzas	Las Navas	184050009/08/17	Granja de animales (ganadería aviar)	Baja	0,892	Moderado
Priego de Córdoba	05.35 Cabra-Gaena	Fuente Zagrilla	174040007	Cultivos de olivar en secoano	Baja	3,26	Bajo
Priego de Córdoba	05.35 Cabra-Gaena	Fuente Zagrilla	174040007	Cultivos en regadío	Baja	3,789	Bajo
Priego de Córdoba	05.35 Cabra-Gaena	Fuente Zagrilla	174040007	Zona urbanizada con red de alcantarillado	Baja	4,528	Bajo
Priego de Córdoba	05.35 Cabra-Gaena	Fuente Zagrilla	174040007	Zona urbanizada con red de alcantarillado	Baja	0,851	Moderado
Priego de Córdoba	05.35 Cabra-Gaena	Fuente Zagrilla	174040007	Carretera	Baja	2,295	Bajo
Priego de Córdoba	05.35 Cabra-Gaena	Fuente Zagrilla	174040007	Carretera	Baja	1,975	Bajo
Luque	05.35 Cabra-Gaena	Fuente Pata	173970007	Cultivos de olivar en secoano	Baja	3,198	Bajo
Luque	05.35 Cabra-Gaena	Fuente Pata	173970007	Zona urbanizada con red de alcantarillado	Baja	3,92	Bajo
Luque	05.35 Cabra-Gaena	Fuente Alhama	173980001	Cultivos de olivar en secoano	Baja	2,54	Bajo
Luque	05.35 Cabra-Gaena	Fuente Alhama	173980001	Zona urbanizada con red de alcantarillado	Baja	4,572	Bajo
Luque	05.35 Cabra-Gaena	Fuente Alhama	173980001	Carretera	Baja	1,886	Bajo
Luque	05.35 Cabra-Gaena	Fuente Alhama	173980001	Granja de animales (ganadería porcina y aviar)	Baja	4,86	Bajo
Luque/Zuheros	05.35 Cabra-Gaena	Fuente Marbella/Fuenfria/Fuente Zarzadilla	173970002/23/26	Cultivos de secoano	Baja	3,552	Bajo
Luque/Zuheros	05.35 Cabra-Gaena	Fuente Marbella/Fuenfria/Fuente Zarzadilla	173970002/23/26	Carretera	Baja	1,01	Moderado
Luque/Zuheros	05.35 Cabra-Gaena	Fuente Marbella/Fuenfria/Fuente Zarzadilla	173970002/23/26	Zona urbanizada con red de alcantarillado	Baja	2,423	Bajo
Doña Mencía	05.35 Cabra-Gaena	Fuente de La Plata	173960008	Cultivos en secoano	Baja	4,165	Bajo
Doña Mencía	05.35 Cabra-Gaena	Manantial Pilar de Abajo	173960003	Cultivos de secoano	Baja	4	Bajo
Doña Mencía	05.35 Cabra-Gaena	Manantial Pilar de Abajo	173960003	Carretera	Baja	4	Bajo
Doña Mencía	05.35 Cabra-Gaena	Manantial Pilar de Abajo	173960003	Zona urbanizada con red de alcantarillado	Baja	4	Bajo
Cabra	05.35 Cabra-Gaena	Fuente de las Jarcas	174020002	Cultivos de olivar en secoano	Baja	3	Muy bajo
Cabra	05.35 Cabra-Gaena	Fuente de las Jarcas	174020002	Cortijos aislados	Alta	0,9	Muy bajo
Cabra	05.35 Cabra-Gaena	Fuente del Río	174020008	Cultivos de olivar en secoano	Baja	2	Muy bajo
Cabra	05.35 Cabra-Gaena	Fuente del Río	174020008	Viviendas unifamiliares	Alta	0,8	Muy bajo
Cabra	05.35 Cabra-Gaena	Pozo La Culebra		Cultivos de olivar en secoano	Baja	0,27	Muy bajo
Carcabuey	05.35 Cabra-Gaena	Fuente Las Palomas	174040009	Cultivos de olivar en secoano	Baja	1,8	Muy Bajo
Carcabuey	05.35 Cabra-Gaena	Fuente Bernabé	174030001	Cultivos de olivar en secoano	Baja	1,8	Muy Bajo
Carcabuey	05.35 Cabra-Gaena	Sondeo 1 y Sondeo 2	174030039	Cultivos de olivar en secoano	Baja	3,6	Muy Bajo
Lucena	05.35 Cabra-Gaena	Campo de Aras	174050001	Cultivos de olivar en secoano	Baja	1,1	Muy Bajo
Lucena	05.35 Cabra-Gaena	Campo de Aras	174050001	Viviendas unifamiliares	Alta	0,7	Muy Bajo
Lora de Estepa	05.35 Cabra-Gaena	Sondeo El Puntal 1 / El Puntal 2	164110025/164110039	Cultivos de olivar en secoano	Baja	3,2	Muy Bajo
Estepa	05.35 Cabra-Gaena	Sondeo Fuente de Santiago Ca / Pa	164110038 / 164110001	Cultivos de olivar en secoano	Baja	2,7	Muy Bajo
Estepa	05.35 Cabra-Gaena	Sondeo Fuente de Santiago Ca / Pa	164110038 / 164110001	Canteras	Baja	4,5	Muy Bajo
Estepa	05.35 Cabra-Gaena	Sondeo Fuente de Santiago Ca / Pa	164110038 / 164110001	Gasolinera	Baja	1,6	Muy Bajo

EVALUACIÓN DEL RIESGO EN ACUIFEROS KÁRSTICOS							
MUNICIPIO	MAS	CAPTACIÓN	CÓDIGO IGME	PRESIÓN	CLASE DE PELIGROSIDAD	FACTOR COP	NIVEL DE RIESGO
Gilena	05.35 Cabra-Gaena	Sondeo Nuevo 1 y 2	154140042	Cultivos de olivar en secoano	Baja	0,90	Muy Bajo
Gilena	05.35 Cabra-Gaena	Sondeo Nuevo 1 y 2	154140042	Canteras	Baja	4,7	Muy Bajo
Gilena	05.35 Cabra-Gaena	Sondeo Depósito 1 y 2	154140043	Cultivos de olivar en secoano	Baja	0,90	Muy Bajo
Gilena	05.35 Cabra-Gaena	Sondeo Depósito 1 y 2	154140043	Canteras	Baja	4,7	Muy Bajo
Herrera	05.35 Cabra-Gaena	Sondeo La Calderona	164110021	Cultivos de olivar en secoano	Baja	1,8	Muy Bajo
Herrera	05.35 Cabra-Gaena	Sondeo La Calderona	164110021	Canteras	Baja	1,8	Muy Bajo
Herrera	05.35 Cabra-Gaena	Sondeo La Calderona	164110021	Almazara	Moderada	0,7	Muy Bajo
Herrera	05.35 Cabra-Gaena	Sondeo La Calderona	164110021	Granja avícola	Baja	1,6	Muy Bajo
Pedreira	05.35 Cabra-Gaena	Sondeo Matagallá	154180040	Cultivos de olivar en secoano	Baja	1,8	Muy Bajo
Pedreira	05.35 Cabra-Gaena	Sondeo Matagallá	154180040	Cantera	Baja	2,9	Muy Bajo
Pedreira	05.35 Cabra-Gaena	Sondeo Matagallá	154180040	Granja avícola	Baja	2,6	Muy Bajo
Pedreira	05.35 Cabra-Gaena	Sondeo Cerro del Ojo	164150040	Cultivos de olivar en secoano	Baja	1,8	Muy Bajo
Pedreira	05.35 Cabra-Gaena	Sondeo Cerro del Ojo	164150040	Almazara	Moderada	1,6	Muy Bajo
Pedreira	05.35 Cabra-Gaena	Sondeo Cerro del Ojo	164150040	Gasolinera	Baja	0,7	Muy Bajo
Cúllar	05.08 Sierra de las Estancias	Pozo Nuevo La Raposa	223980054	Cultivos de secoano	Baja	1,929	Bajo
Cúllar	05.08 Sierra de las Estancias	Pozo Nuevo La Raposa	223980054	Establo ganadero	Baja	1,275	Bajo
Cúllar	05.08 Sierra de las Estancias	Sondeo Rambla de las Colorás	223980053	Cultivos de secoano	Baja	4,2	Bajo
Cúllar	05.08 Sierra de las Estancias	Sondeo Rambla de las Colorás	223980053	Carretera	Baja	4,5	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Sondeo Venta Quemada	223910007	Cultivos de secoano	Baja	2,252	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Sondeo Venta Quemada	223910007	Autovía	Baja	2,56	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Sondeo Venta Quemada	223910007	Fosa séptica	Baja	2,4	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Sondeo Venta Quemada	223910007	Restaurante	Muy baja	2,4	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Sondeo Venta Quemada	223910007	Estación de servicio	Moderada	1,575	Moderado
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	El Cercado/La Gallega	223980014/223940042	Cultivos de secoano	Baja	3,681	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	El Cercado/La Gallega	223980014/223940042	Zona urbanizada con red de alcantarillado	Baja	2,462	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	El Cercado/La Gallega	223980014/223940042	Carretera	Baja	3,112	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	El Cercado/La Gallega	223980014/223940042	Establos ganaderos	Baja	4	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	El Cercado/La Gallega	223980014/223940042	Establos ganaderos	Baja	3,2	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	El Cercado/La Gallega	223980014/223940042	Establos ganaderos	Baja	3,2	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	El Cercado/La Gallega	223980014/223940042	Establos ganaderos	Baja	3,4	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	El Cercado/La Gallega	223980014/223940042	Establos ganaderos	Baja	2,25	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	El Cercado/La Gallega	223980014/223940042	Establos ganaderos	Baja	2,25	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	El Cercado/La Gallega	223980014/223940042	Almacén de estiércol	Moderada	6	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	El Cercado/La Gallega	223980014/223940042	Escombrera	Baja	5,6	Muy bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	El Cercado/La Gallega	223980014/223940042	Escombrera	Baja	6	Muy bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	El Cercado/La Gallega	223980014/223940042	Escombrera	Baja	5,95	Muy bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	El Cercado/La Gallega	223980014/223940042	Desguace	Moderada	6	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	El Cercado/La Gallega	223980014/223940042	Desguace	Moderada	3,2	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	El Cercado/La Gallega	223980014/223940042	Taller mecánico	Moderada	3,2	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	El Cercado/La Gallega	223980014/223940042	Complejo deportivo	Muy baja	2,4	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Galería Venta Quemada	223910001	Cultivos de secoano	Baja	2,632	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Galería Venta Quemada	223910001	Cultivos de regadío	Baja	2,28	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Galería Venta Quemada	223910001	Zona urbanizada con red de alcantarillado	Baja	2,526	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Galería Venta Quemada	223910001	Vertido de ARU	Moderada	1,8	Moderado
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Galería Venta Quemada	223910001	Establo ganadero	Baja	2,04	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Galería Venta Quemada	223910001	Establo ganadero	Baja	1,8	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Galería Venta Quemada	223910001	Granja porcina	Baja	1,8	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Galería Venta Quemada	223910001	Granja porcina	Baja	1,8	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Galería Venta Quemada	223910001	Granja porcina	Baja	1,8	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Galería Venta Quemada	223910001	Taller mecánico	Moderada	1,8	Moderado
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Galería Venta Quemada	223910001	Taller mecánico	Moderada	1,8	Moderado
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Galería Venta Quemada	223910001	Estación de servicio	Moderada	1,8	Moderado
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Galería Venta Quemada	223910001	Almacén de chatarra	Baja	1,8	Bajo

EVALUACIÓN DEL RIESGO EN ACUIFEROS KÁRSTICOS							
MUNICIPIO	MAS	CAPTACIÓN	CÓDIGO IGME	PRESIÓN	CLASE DE PELIGROSIDAD	FACTOR COP	NIVEL DE RIESGO
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Galería Venta Quemada	223910001	Cantera	Baja	1,8	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Galería Venta Quemada	223910001	Autovía	Baja	1,8	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Galería Venta Quemada	223910001	Cementerio	Muy baja	1,8	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Pozo Celestino	223920012	Cultivos de secano	Baja	2,4	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Pozo Celestino	223920012	Zona urbanizada con red de alcantarillado	Baja	1,924	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Pozo Celestino	223920012	Autovía	Baja	2,1	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Pozo Celestino	223920012	Granja de animales	Baja	2,4	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Pozo Celestino	223920012	Estación de servicio	Moderada	2,4	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Pozo Celestino	223920012	Taller mecánico	Moderada	1,8	Moderado
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Pozo Los Olivos	223940041	Cultivos de secano	Baja	5,078	Muy bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Pozo Los Olivos	223940041	Cultivos de regadío	Baja	5,078	Bajo
Cúllar	05.06 Orce-María -Cúllar	Pozo Los Olivos	223940041	Granja porcina	Baja	4,125	Bajo
Galera	05.06 Orce-María -Cúllar	Pozo San Pedro	233850037	Cultivos de secano	Baja	2,560	Bajo
Galera	05.06 Orce-María -Cúllar	Manantial de las Siete Fuentes	223880008	Cultivos de secano	Baja	5,73	Muy bajo
Galera	05.06 Orce-María -Cúllar	Manantial de las Siete Fuentes	223880008	Cultivos de regadío	Baja	3,714	Bajo
Galera	05.06 Orce-María -Cúllar	Manantial de las Siete Fuentes	223880008	Zona urbanizada con red de alcantarillado	Baja	5,516	Bajo
Galera	05.06 Orce-María -Cúllar	Manantial de las Siete Fuentes	223880008	Establos ganaderos	Baja	6,4	Muy bajo
Galera	05.06 Orce-María -Cúllar	Manantial de las Siete Fuentes	223880008	Granja de perdices	Baja	2,04	Bajo
Galera	05.06 Orce-María -Cúllar	Manantial de las Siete Fuentes	223880008	Granja porcina	Baja	6,75	Muy bajo
Galera	05.06 Orce-María -Cúllar	Manantial de las Siete Fuentes	223880008	Carretera	Baja	4,7	Muy bajo
Galera	05.06 Orce-María -Cúllar	Manantial de las Siete Fuentes	223880008	Cementerio	Muy baja	7,2	Muy bajo
Galera	05.06 Orce-María -Cúllar	Manantial de las Siete Fuentes	223880008	Vertido de ARU	Moderada	3,75	Bajo
Orce	05.06 Orce-María -Cúllar	Pozo Nuevo de La Umbria/Pozo Alfonso	233850037/08	Cultivos de secano	Baja	2,74	Bajo
Orce	05.06 Orce-María -Cúllar	Pozo Nuevo de La Umbria/Pozo Alfonso	233850037/08	Carretera	Baja	3,04	Bajo
Orce	05.06 Orce-María -Cúllar	Pozo Comunidad de Regantes de Venta Micena	233860006	Cultivos de secano	Baja	2,53	Bajo
Orce	05.06 Orce-María -Cúllar	Pozo Comunidad de Regantes de Venta Micena	233860006	Cementerio	Baja	4,2	Muy bajo
Torredelcampo	05.17 Jaén	Pozo de Pericano/Pozo de La Cueva	183840024/01	Zona urbanizada sin red de alcantarillado	Alta	0,52	Alto
Torredelcampo	05.17 Jaén	Pozo de Pericano/Pozo de La Cueva	183840024/01	Cultivos de secano	Muy baja	0,38	Moderado
Torredelcampo	05.17 Jaén	Torreclillas	183840006	Cultivos de olivar en secano	Muy baja	4,065	Bajo
Martos	05.16 Jabalruz	Manantial y sondeo La Maleza	183770003/28	Cultivos de olivar en secano	Baja	0,63	Bajo
Martos	05.16 Jabalruz	Manantial y sondeo La Maleza	183770003/28	Otros cultivos de secano	Baja	6,3	Moderado
Torredelcampo	05.16 Jabalruz	Cuesta Negra	183880036	Cultivos de olivar en secano	Baja	0,81	Bajo
Torredelcampo	05.16 Jabalruz	Santa Ana	183840021	Cultivos de olivar en secano	Baja	4,245	Bajo
Torredelcampo	05.16 Jabalruz	Santa Ana	183840021	Cantera de áridos	Baja	2,048	Bajo
Jamilena	05.16 Jabalruz	Loma Pineda	183880035	Cultivos de olivar en secano	Baja	1,566	Bajo
Jamilena	05.16 Jabalruz	Loma Pineda	183880035	Cantera de áridos	Baja	1,54	Bajo
Jamilena	05.16 Jabalruz	Loma Pineda	183880035	Escombrera de RSU	Baja	1,155	Moderado
Hinojares	05.02 Quesada-Castril	Manantial Puente de La Cerrada	213870003	Cultivos de secano	Baja	2,737	Bajo
Hinojares	05.02 Quesada-Castril	Manantial Puente de La Cerrada	213870003	Carretera	Baja	3,154	Bajo
Hinojares	05.02 Quesada-Castril	Manantial Siete Fuentes	213870005	Cultivos en secano	Baja	1,341	Bajo
La Iruela	05.02 Quesada-Castril	La Caída/El Tobazo	213740014/22	Cultivos en secano	Baja	3,915	Bajo
Quesada	05.02 Quesada-Castril	Barranco La Canal	213830007	Carretera	Baja	3,42	Bajo
Quesada	05.01 Sierra de Cazorla	El Hoyazo y El Artesón	213770053/01	Cultivos de olivar en secano	Baja	3,42	Bajo
Torres	05.21 Sierra Mágina	Fuente del Orado	203810027	Cultivos de olivar en regadío	Baja	3,06	Bajo
Bélmez de La Moraleda	05.21 Sierra Mágina	Manantial El Gargantón	203860009	Cultivos de olivar en regadío	Baja	3,113	Bajo
Bélmez de La Moraleda	05.21 Sierra Mágina	Manantial El Gargantón	203860009	Escombrera	Baja	0,405	Moderado
Valdepeñas de Jaén	05.07 Gracia-Ventisquero	Fuente de Los Chorros	193910022	Cultivos de olivar en secano	Baja	3,02	Bajo
Valdepeñas de Jaén	05.07 Gracia-Ventisquero	Fuente de Los Chorros	193910022	Zona urbanizada con red de alcantarillado	Baja	2,64	Bajo
Valdepeñas de Jaén	05.07 Gracia-Ventisquero	Fuente de Los Chorros	193910022	Taller mecánico	Moderada	2,22	Bajo
Valdepeñas de Jaén	05.07 Gracia-Ventisquero	Fuente de Los Chorros	193910022	Pinturas, lacas y barnizados	Moderada	2,88	Bajo
Valdepeñas de Jaén	05.07 Gracia-Ventisquero	Fuente de Los Chorros	193910022	Piedras ornamentales	Baja	2,88	Bajo
Alcalá la Real	05.35 Madrid-Parapanda	Sondeo Ermita Nueva	184080022	Cultivos de olivar en secano	Baja	1,47	Bajo
Alcalá la Real	05.35 Madrid-Parapanda	Sondeo Ermita Nueva	184080022	Núcleo urbano	Baja	2,7	Bajo

EVALUACIÓN DEL RIESGO EN ACUÍFEROS KÁRSTICOS							
MUNICIPIO	MAS	CAPTACIÓN	CÓDIGO IGME	PRESIÓN	CLASE DE PELIGROSIDAD	FACTOR COP	NIVEL DE RIESGO
Alcalá la Real	05.35 Madrid-Parapanda	Sondeo Ermita Nueva	184080022	Carretera	Baja	1,08	Moderado
Alcalá la Real	05.28 Montes Orientales Sector Norte	Manantial El Robledo	183980008	Cultivos de olivar en seco	Baja	4,124	Bajo
Alcalá la Real	05.28 Montes Orientales Sector Norte	Sondeo Torre de Charilla	184080058	Cultivos de olivar en seco	Baja	2,54	Bajo
Alcalá la Real	05.28 Montes Orientales Sector Norte	Sondeo Fuente de Tudela	194010027	Olivos de seco	Baja	3,296	Bajo
Alcalá la Real	05.28 Montes Orientales Sector Norte	Sondeo Fuente de Tudela	194010027	Cultivos de seco	Baja	3,06	Bajo
Alcalá la Real	05.28 Montes Orientales Sector Norte	Sondeo Fuente de Tudela	194010027	Carretera	Baja	3,836	Bajo
Alcalá la Real	05.28 Montes Orientales Sector Norte	Sondeo Fuente de Tudela	194010027	Zona urbanizada con red de alcantarillado	Baja	1,584	Bajo
Alcalá la Real	05.28 Montes Orientales Sector Norte	Sondeo Fuente de Tudela	194010027	Granja de animales	Baja	0,765	Moderado

-  Muy bajo
-  Bajo
-  Moderado
-  Alto
-  Muy alto

La mayor parte de los casos corresponde a niveles de riesgo bajo y muy bajo, que en conjunto suponen un 88,5% del total de focos potenciales de contaminación, como se puede observar en la siguiente tabla resumen, en la que se contempla en número de presiones existentes para cada tipo de riesgo.

EVALUACIÓN DEL RIESGO	NÚMERO DE PRESIONES	PORCENTAJE
Muy Bajo	60	22%
Bajo	182	66,50%
Moderado	29	10,50%
Alto	3	1%
TOTAL	274	100%

Se han dado 29 casos de captaciones con un riesgo moderado que se deben a las siguientes situaciones:

PRESIONES DE RIESGO MODERADO	
TIPO DE PRESIÓN	NÚMERO DE PRESIONES
Carretera	5
Cultivos	5
Zona urbanizada con red de alcantarillado	4
Taller mecánico	4
Escombreras	3
Granja de animales	3
Estación de servicio	2
Vertido de ARU	1
Fosa séptica	1
Mina de minerales metálicos	1

El valor de riesgo alto se ha dado en 3 captaciones, y corresponden a 2 zonas urbanizadas sin red de alcantarillado y a una zona de cultivos en regadío. La situación de estas presiones se muestra en la siguiente tabla:

PRESIONES DE RIESGO ALTO				
MUNICIPIO	MAS	CAPTACIÓN	CÓDIGO IGME	PRESIÓN
Torredelcampo	05.17 Jaén	Pozo de Pericano/Pozo de La Cueva	183840024/01	Zona urbanizada sin red de alcantarillado
Brenes	05.49 Gerena-Posadas	Sondeos nuevo y viejo	123940005/123980065	Núcleo urbano (Villaverde del Río).
V. del Río y Minas	05.49 Gerena-Posadas	Sondeo Villanueva	133920084	Naranjos y regadíos

Estas presiones se sitúan a escasos metros de las captaciones, por lo que constituyen una afección potencial de las aguas subterráneas.

5.3. IMPLANTACIÓN DE LOS PERÍMETROS DE PROTECCIÓN

Las zonas de restricciones delimitadas en los perímetros de protección implican limitaciones en los usos y actividades de las mismas, pudiendo ser considerados aceptables con carácter general, no autorizados o estar sujetos a condicionantes, pudiendo plantearse excepciones justificables en el desarrollo de perímetros de protección concretos.

El cuadro adjunto sintetiza los tipos de actividades compatibles, sujetas a condicionantes o no autorizadas y el régimen de autorizaciones recomendado para las diferentes zonas del perímetro de protección.

ACTIVIDAD	ZR. ABSOLUTAS	ZR. MÁXIMAS	ZR. MODERADAS
AGRICULTURA Y GANADERÍA			
Uso de fertilizantes y pesticidas	P	P	S
Uso de herbicidas	P	P	S
Almacenamiento de estiércol	P	P	S
Granjas porcinas y de vacuno	P	P	S
Granjas de aves y conejos	P	P	S
Ganadería extensiva	P	S	A
Aplicación de purines porcinos y vacunos estabilizados por compostaje	P	P	P
Depósitos de balsas de purines	P	P	P
Almacenamiento de materias fermentables para alimentación del ganado	P	P	S
Silos	P	P	S
RESIDUOS SÓLIDOS			
Vertederos incontrolados de cualquier naturaleza	P	P	P
Vertederos controlados de residuos sólidos urbanos	P	P	S
Vertederos controlados de residuos inertes	P	S	S
Vertederos controlados de residuos peligrosos	P	P	P
VERTIDOS LÍQUIDOS			
Aguas residuales urbanas	P	P	P
Aguas residuales con tratamiento primario, secundario y terciario	P	P	S
Aguas residuales industriales	P	P	P
Fosas sépticas, pozos negros o balsas de aguas negras	P	P	P
Estaciones depuradoras de aguas residuales	P	P	S
ACTIVIDADES INDUSTRIALES			
Asentamientos industriales	P	P	P
Canteras y minas	P	P	P
Almacenamiento de hidrocarburos	P	P	P
Conducciones de hidrocarburos	P	P	P
Depósitos de productos radiactivos	P	P	P
Inyección de residuos industriales en pozos y sondeos	P	P	P
OTROS			
Cementerios	P	P	P
Campings, zonas deportivas y piscinas públicas	P	P	S
Ejecución de nuevas perforaciones o pozos no destinados para abastecimiento	P	P	S

A: Actividad aceptable

S: Actividad sujeta a condicionantes

P: Actividad no autorizada

El perímetro de protección debe garantizar que la calidad del agua no se vea afectada, y no sobrepasará en ningún caso los límites establecidos en su composición por la legislación vigente.

Al delimitar un perímetro de protección es necesario encontrar un compromiso entre una protección adecuada y suficiente del recurso y el respeto, en la medida de lo posible, de la actividad socioeconómica de la región circundante.

La zona de restricciones absolutas tiene por finalidad la protección sanitaria de la captación y su entorno inmediato de cualquier fuente potencial de contaminación. En los perímetros definidos, tiene un radio mínimo de 10m. Esta zona responde a un compromiso razonable basado en las necesidades de protección y las posibilidades de adquisición de los terrenos necesarios para su vallado físico. Es recomendable que se dote a la captación de un cierre sanitario efectivo y que se limite el acceso a toda persona ajena al servicio de abastecimiento de agua mediante el vallado de esta zona.

La zona de restricciones máximas protege el agua contra su contaminación, ya sea asegurando la inactivación, eliminación o dilución del contaminante, ya sea permitiendo una alerta a tiempo para tomar las medidas adecuadas antes de que la sustancia extraña llegue a la captación.

La zona de restricciones moderadas debe proteger la captación frente a contaminantes de larga persistencia, básicamente contaminación química no degradable o difícilmente degradable (metales pesados, hidrocarburos, compuestos orgánicos, etc.) La filosofía de protección en esta área se basará, por tanto, en los procesos de dilución o de alarma, además de en los de degradación o inactivación.

5.4. CONTROL Y VIGILANCIA

Con el fin de asegurar el cumplimiento de las restricciones de usos y actividades impuestas en el perímetro de protección es necesario efectuar un control periódico para detectar posibles irregularidades en relación con la implantación del perímetro. Esta vigilancia debe efectuarse de forma coordinada por los Organismos de Demarcación con la colaboración de los servicios de abastecimiento de agua.

Para asegurar la protección de la calidad se debe implantar un sistema de vigilancia que permita detectar en cualquier momento la presencia de un fenómeno contaminante y adoptar las medidas más adecuadas.

El sistema de vigilancia debe evaluarse en función del riesgo de accidentes contaminantes y la vulnerabilidad del acuífero frente a la contaminación.

En general, se aconseja que el control de la calidad sea semestral, efectuando los análisis en las captaciones de abastecimiento. Además se recomienda fijar unos puntos de control próximos a las fuentes potenciales de contaminación que puedan suponer una afección a las aguas subterráneas.

En los casos en que se encuentren fuentes potenciales de contaminación próximas a las captaciones, se recomienda una frecuencia de muestreo mayor, realizando un control trimestral de la calidad de las aguas subterráneas en las captaciones de abastecimiento y en los puntos de control determinados.

De este modo, se fijará un sistema de control y vigilancia situando los puntos de control en función de las presiones existentes, y determinando una frecuencia de muestreo adecuada a los mismos.

Las determinaciones químicas y físicas a realizar en los análisis se valorarán en función del tipo de contaminante que presumiblemente puede encontrarse.

Estas redes deberán realizar el control básico de la composición química del agua subterránea, que incluye el análisis de aniones y cationes mayoritarios (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-) y de compuestos del nitrógeno (NO_3^- , NO_2^- y NH_4^+), metales, el pH y la conductividad. En función de los riesgos existentes y de los antecedentes de contaminación de los que se disponga, se realizan otras determinaciones complementarias.

En relación a las actividades agrícolas desarrolladas en la zona se deberá establecer un control para detectar la presencia de compuestos plaguicidas en el agua subterránea en zonas en las que predomina esta actividad.

Por tanto, todos los criterios mencionados condicionan la cantidad de puntos de control, su ubicación, la frecuencia con la que se toman muestras y los parámetros que se deben analizar.

Además, se recomienda llevar a cabo un seguimiento de la evolución del nivel piezométrico y de los volúmenes extraídos en los sondeos de abastecimiento.

6. ZONAS DE SALVAGUARDA

Las zonas de salvaguarda están orientadas a la protección de los recursos hídricos en las MAS y consideran la vulnerabilidad y el riesgo de contaminación. Pueden tener un tamaño muy variable, pudiendo llegar a cubrir la totalidad de la extensión de una MAS, aunque por lo general son mucho menores que la MAS. Pueden existir varias zonas de salvaguarda en una misma MAS e incluso extenderse fuera de la misma (sectores alóctonos), como sucede en ocasiones en medios kársticos debido a los tipos de recarga y vulnerabilidad del medio. *Jiménez Madrid, A., Martínez Navarrete, C. y Carrasco Cantos, F. 2008. Metodología para la protección de aguas subterráneas empleadas para consumo humano. Avances hacia las zonas de salvaguarda. Aplicación en la Sierra de Cañete (Málaga)*

Aunque las zonas de salvaguarda están orientadas a la protección de la MAS para uso de abastecimiento, en la presente asistencia se ha tomado como elemento de referencia la localización de las captaciones existentes (bien aisladas o en grupo), de forma que no se definen zonas de salvaguarda en sectores de la Masas, en los que no existan captaciones actuales, incluso aunque sean zonas de vulnerabilidad alta o muy alta.

Por otro lado, se ha determinado que las captaciones que no se encuentren dentro de una MAS, no serán objeto de definición de zona de salvaguarda, siguiendo las recomendaciones de la Directiva Marco del Agua.

Cuando existan perímetros de protección ya definidos (aprobados o propuestos), estos se tendrán en cuenta para la inclusión en las zonas de salvaguarda, con posibilidad de realizar una envolvente que los agrupe y establecerlos como zona de salvaguarda.

6.1. FUENTES DE INFORMACIÓN Y RECOPIACIÓN DE COBERTURAS SIG

Primeramente se ha realizado una recopilación de toda la información necesaria para delimitar las zonas de salvaguarda. Básicamente ha consistido en reunir una serie de coberturas temáticas en formato shapefile para su explotación en el SIG. El proceso general ha consistido en identificar las coberturas, identificar la información de interés dentro de ella y adaptarla al formato para su tratamiento en el SIG de zonas de salvaguarda.

Una vez obtenidas esas coberturas, se han reorganizado por bloques según el tipo de información. Se obtuvo la siguiente tabla que resume cómo se han organizado las diferentes coberturas necesarias para la delimitación de las zonas de salvaguarda.

ORGANIZACIÓN DE COBERTURAS			ORIGEN	ÁMBITO	
COBERTURAS VULNERABILIDAD	COP	Medios carbonatados	GHUMA	Guadalquivir	
	DRASTIC Reducido	Medios detríticos	GHUMA	Guadalquivir	
COBERTURAS PRESIONES	AREAL	Ganado	SIA	Andalucía	
		Contaminación difusa	SIA	Andalucía	
		Regadío	SIA	Andalucía	
		Usos del Suelo	CORINE	Nacional	
	PUNTUAL	Balsas mineras	IGME	Nacional	
		Escombreras	IGME	Nacional	
		EDAR	SIA	Andalucía	
		Vertidos	SIA	Andalucía	
		Vertederos	IMPRESS-1	Nacional	
		Industrias IPPC	IGME	Guadalquivir	
		Aguas drenaje minas	IGME	Guadalquivir	
		Piscifactorias	IGME	Andalucía	
		Gasolineras	IGME	Guadalquivir	
Presiones Plan Control Jaén	IGME	Guadalquivir			
COBERTURAS CAPTACIONES	USO HUMANO	Ptos Pliego	IGME	Guadalquivir	
		Abastecimientos	IGME	Guadalquivir	
	REDES	Red de seguimiento químico	IGME	Nacional	
COBERTURAS PERIMETROS			IGME	Guadalquivir	
OTRAS COBERTURAS	COBERTURAS ADMINISTRATIVAS	MUNICIPIOS		Nacional	
		NUCLEOS		Nacional	
	COBERTURAS TÉCNICAS DMA	DEMARCACIONES HIDROGRAFICAS	Cuencas Hidrográficas	CHG	Nacional
			Guadalquivir	CHG	Guadalquivir
		LIMITES MAsb	Masas de Agua Subterráneas	CHG	Guadalquivir
	COBERTURAS PROTECCIÓN AMBIENTAL	ZEPAs			Nacional
		RAMSAR			Nacional
		LIC			Nacional
		IBAs			Nacional
		ENP			Nacional
	Reserva Biosfera			Nacional	

Una vez organizadas las diferentes coberturas se ha llevado a cabo la metodología para el establecimiento de las zonas de salvaguarda. Esta metodología se ha desarrollado en 3 fases que se describen a continuación.

6.2. PRIMERA FASE: (CONSTRUCCIÓN DE ELIPSES)

La primera fase ha consistido en la construcción de unas elipses mediante el método de Wyssling, para ello se ha necesitado generar una tabla con los datos requeridos por el método. Esto se ha realizado con la ayuda de un SIG. Los pasos para la construcción de estas elipses se describen a continuación.

6.2.1. Construcción del SIG para generación de elipses

Primeramente se construyó un SIG con las coberturas necesarias para poder obtener los parámetros para Wyssling mediante el programa ArcGIS 9.2. Este SIG ha constado de las siguientes capas de información en formato shapefile:

- Captaciones del Registro
- Delimitación de las Masas de Agua Subterránea
- Perímetro del Distrito Hidrográfico del Guadalquivir
- Topografía digital de Andalucía 1:100.000
- Red Hidrográfica del Guadalquivir
- Carreteras
- Núcleos de Población
- Provincias
- Mapa Litoestratigráfico y de Permeabilidades de España 1:200.000

- Mapas de Vulnerabilidad (COP y DRASTIC Reducido)
- Espesor de la zona no saturada (DRASTIC)
- Mapas hidrogeológicos procedentes del Atlas hidrogeológico de Andalucía. Estos mapas se georreferenciaron y se cargaron en el SIG.

6.2.2. Tabla de datos para generación de elipses

Para poder realizar los cálculos necesarios para la construcción de las elipses mediante el método de Wyssling, se ha confeccionado y rellenado una tabla de datos, que ha conllevado los siguientes pasos.

Primero

Se realizó un cruce de las captaciones con el mapa de permeabilidad donde se ha obtenido un valor de permeabilidad para cada captación en base al Mapa de Permeabilidades de España dividido en 5 clases (Muy Alta, Alta, Media, Baja y Muy Baja), a cada clase de permeabilidad se le ha asignado un valor cuantitativo en función de la siguiente tabla:

Tabla de Valores de Permeabilidad:

PERMEABILIDAD MAPA	RANGO DE K (m/día)	K TEÓRICA (m/día)
MUY BAJA	$< 10^{-2}$	0,005
BAJA	$10^{-2} - 1$	0,1
MEDIA	1 - 10	5
ALTA	10 - 100	50
MUY ALTA	> 100	150

Pozos y acuíferos (Manuel Villanueva y Alfredo Iglesias)

Segundo

Posteriormente con el SIG ya montado, se han anotado los parámetros hidrogeológicos de cada MAS procedentes de los Atlas Hidrogeológicos. Para ello se

han utilizado los siguientes Atlas:

- Atlas Hidrogeológico de Andalucía.
- Atlas Hidrogeológico de Sevilla.
- Atlas Hidrogeológico de Cádiz.
- Atlas Hidrogeológico de Granada.
- Atlas Hidrogeológico de Jaén.
- Atlas Hidrogeológico de Málaga.

Para cada captación se han ido introduciendo estos datos en la tabla de datos, punto por punto o por grupo de puntos.

Estos datos han sido:

- Gradiente hidráulico (i): cuando se disponía de isopiezas, se ha calculado en base a ellas, cuando no, se ha puesto la información procedente de los Atlas, y en su defecto se ha puesto un valor estimativo en función de las características del acuífero y de la topografía.
- Dirección de flujo (f): La dirección de flujo se ha obtenido mediante un transportador de ángulos en función de las isopiezas cuando se disponía de ellas, y sino en función de las características del acuífero y la topografía.
- Porosidad eficaz (me): este dato se ha obtenido de los parámetros hidrogeológicos descritos en los Atlas, y en su defecto se ha estimado en base a la siguiente tabla (la porosidad eficaz es igual al coeficiente de almacenamiento cuando el acuífero es libre).

Tabla de Estimación del Coeficiente de Almacenamiento (Porosidad eficaz):

TIPO DE MATERIAL PERMEABLE	Forma del funcionamiento del acuífero	VALORES MEDIOS DE S
Kárstico Caliza y Dolomías jurásicas	Libre	0,02
	Semiconfinado	5×10^{-4}
	Confinado	5×10^{-5}
Caliza y Dolomías cretácicas y terciarias	Libre	0,02 – 0,06
	Semiconfinado	5×10^{-4}
	Confinado	5×10^{-5}
Poroso intergranular Gravas y arenas	Libre	0,05 – 0,15
	Semiconfinado	10-3
	Confinado	10-4
Kársticos y porosos Calcarenitas marinas terciarias	Libre	0,15 – 0,18

Libro: Pozos y acuíferos (Manuel Villanueva y Alfredo Iglesias)

- Espesor saturado del acuífero (b): Este dato se ha obtenido de la información procedente de los Atlas o se ha calculado en función de la profundidad de la captación menos el espesor saturado procedente del DRASTIC o de la información sobre cota del nivel piezométrico de los Atlas.
- Transmisividad del Atlas: Cuando en los Atlas hidrogeológicos se hacía referencia a la Transmisividad, ésta se ha incluido en la tabla de datos.
- Coefficiente de almacenamiento: Si se hacía referencia en los Atlas, también se ha incluido en la tabla de datos.

Cuando se disponía de datos hidrogeológicos de captaciones procedentes de las tablas de los perímetros ya aprobados se les ha dado preferencia a estos datos.

Tercero

Los datos de la tabla que se han calculado en función de los parámetros obtenidos anteriormente han sido los siguientes:

- Transmisividad: se ha obtenido del producto entre k (permeabilidad) y b (espesor saturado).

- **Caudal:** este dato en principio proviene de la base de datos del Registro de Captaciones referente al caudal de extracción. Se ha completado con los datos procedentes de las tablas de los perímetros aprobados. Cuando no se disponía del dato se ha calculado en función de la transmisividad del acuífero mediante la siguiente tabla:

Tabla de Valores de Transmisividad - Caudal:

TRANSMISIVIDAD (m ² /día)	Calificación estimativa de la Transmisividad	RANGO DE CAUDAL (con 10 m de depresión teórica)
< 10	MUY BAJA	< 1 l/s
10 - 100	BAJA	1 – 10 l/s
100 – 500	MEDIA	10 – 50 l/s
500 – 1000	ALTA	50 – 100 l/s
>1000	MUY ALTA	> 100 l/s

Libro: Pozos y acuíferos (Manuel Villanueva y Alfredo Iglesias)

Estos datos están en litros/segundo, por lo que luego se han convertido a m³/día.

6.2.3. **Estructura de la tabla de datos para Wyssling**

En definitiva la tabla de datos contiene la siguiente información:

- **COD REG:** Código de Registro de la captación, procedente del Registro de Captaciones.
- **UTMX30:** Coordenada x en utm huso 30 con European Datum 1950.
- **UTMY30:** Coordenada y en utm huso 30 con European Datum 1950.
- **k (m/día):** Permeabilidad en metros/día.
- **i:** Gradiente hidráulico en tanto por uno.
- **f (°E):** Dirección de flujo en grados hacia el Este.
- **b (m):** Espesor saturado en metros.
- **T (m²/día):** Transmisividad en metros²/día.

- Q (l/s): Caudal de bombeo en litros/segundo.
- Q (m³/día): Caudal de bombeo en m³/día.
- me: Porosidad eficaz en tanto por uno.
- S: Coeficiente de almacenamiento en tanto por uno.
- Funcionamiento: Funcionamiento del acuífero: libre, confinado, etc.
- Trans Atlas: Transmisividad procedente del Atlas Hidrogeológico.

A continuación se muestra la estructura de la tabla de datos generada, y los resultados obtenidos para la generación de las elipses.

6.2.4. Generación de elipses mediante Wyssling

Con la tabla de datos anteriores se han obtenido los parámetros necesarios para la generación de elipses mediante Wyssling: Estos son;

- Zona de Llamada (B): corresponde a la superficie del acuífero que vierte sus aguas hacia la captación.

$$B = Q / k \cdot b \cdot I$$

- Radio de Llamada (Xo): corresponde al radio de llamada de la captación.

$$Xo = B / 2 \cdot \pi$$

- Anchura a la altura de la captación (B'): corresponde a la anchura de llamada a la altura de la captación.

$$B' = B / 2$$

- Velocidad eficaz (Ve):

$$Ve = k \cdot i / me$$

- Tiempo de tránsito (t): se ha determinado 4 años, que son 1460 días.

- Distancia (I):

$$I = Ve \cdot t$$

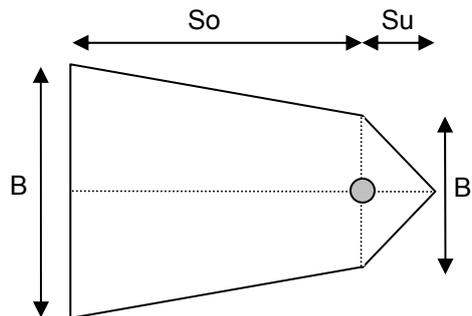
- Distancia aguas arriba en la dirección de flujo (So):

$$So = (+I + \sqrt{I(I + 8 \cdot Xo)}) / 2$$

- Distancia aguas abajo en la dirección de flujo (Su):

$$Su = (-l + \sqrt{l(l + 8 \cdot Xo)}) / 2$$

Las elipses o recintos se han generado con los parámetros calculados con el método (B, B', So y Su).



6.2.5. Revisión y calibrado de la metodología

Una vez obtenido la tabla de datos de todas las captaciones para la generación automática de Wyssling se ha realizado un calibrado de los parámetros que inicialmente se habían propuesto, con criterio hidrogeológico.

Para el parámetro de PERMEABILIDAD_TEÓRICA, (que venía principalmente del Mapa de Permeabilidad) la tabla de rangos asignados he quedado de la siguiente forma:

Tabla de Valores de Permeabilidad:

PERMEABILIDAD MAPA	K TEÓRICA (m/día)
MUY BAJA	0,05
BAJA	0,5
MEDIA	1
ALTA	10
MUY ALTA	25

Para el parámetro de CAUDAL_TEÓRICO, la tabla ha quedado de la siguiente forma:

Tabla de Valores de Transmisividad - Caudal:

TRANSMISIVIDAD (m ² /día)	Calificación estimativa de la Transmisividad	RANGO DE CAUDAL (con 10 m de depresión teórica)
≤ 10	MUY BAJA	0,5 l/s
11 - 100	BAJA	5 l/s
101 – 500	MEDIA	25 l/s
501 – 1000	ALTA	75 l/s
>1000	MUY ALTA	125 l/s

Una vez realizado estos cambios se decidió dividir todas las captaciones en 3 tablas distintas en función de si se trataba de Masas de Agua Subterránea Kársticas, Detríticas o Mixtas (Kársticas + Detríticas). Por lo tanto se han manejado 3 tablas de datos.

En los ACUÍFEROS KÁRSTICOS los resultados de Wyssling han sido orientativos y de referencia. En este tipo de acuíferos la permeabilidad de conjunto no es asimilable a la velocidad eficaz real de una zona concreta, por eso se decidió darles a todos los puntos los mismos valores de porosidad eficaz, gradiente hidráulico y permeabilidad:

- $m_e = 0,02$
- $i = 0,003$
- $k = 10$

En los ACUÍFEROS DETRÍTICOS el método de Wyssling ha funcionado bastante bien, los ajustes que ha habido que realizar son los siguientes:

- En acuíferos confinados las captaciones caen normalmente sobre formaciones de baja o muy baja permeabilidad, por lo que tenían k muy bajas y generaban elipses con anchos de llamada muy grandes y distancias muy cortas. En estos casos se ha puesto la k del acuífero captado.
- En acuíferos captados bajo formaciones de alta o muy alta permeabilidad (ejemplo: aluviales cuaternarios), tenían k muy altas y generaban elipses muy alargadas con anchos de llamada muy pequeños y distancias muy grandes. En estos casos también se ha puesto la k del acuífero captado.
- En zonas de contacto de formaciones permeables con impermeables, en función de donde caiga el punto la k va a ser alta o baja, en estos casos también se ha corregido poniendo la k del acuífero captado.
- En acuíferos donde no había isopiezas, por lo tanto el gradiente hidráulico había sido estimado, y las elipses quedaban finas y largas, esto era debido a que los gradientes hidráulicos se habían estimado al alza, por lo que se decidió disminuir estos gradientes a un valor más coherente con el acuífero.

- En acuíferos que tienen parte de carácter confinado y parte de carácter libre como por ejemplo el Gerena-Posadas que se encuentra parte bajo margas y parte aflorante, se decidió poner el valor de Transmisividad del Atlas, en vez de multiplicar k por el espesor saturado del acuífero, ya que las elipses en las zonas donde tenía carácter libre salían excesivamente alargadas.

Una vez calibradas todas las elipses se han cargado en el SIG y se ha procedido a agrupar todas aquellas que se solapan o se encuentran muy próximas en una sola zona de salvaguarda, en muchos de esos casos se ha realizado una envolvente que agrupa todas esas elipses. Esta envolvente constituye la primera aproximación a la delimitación de zonas de salvaguarda.

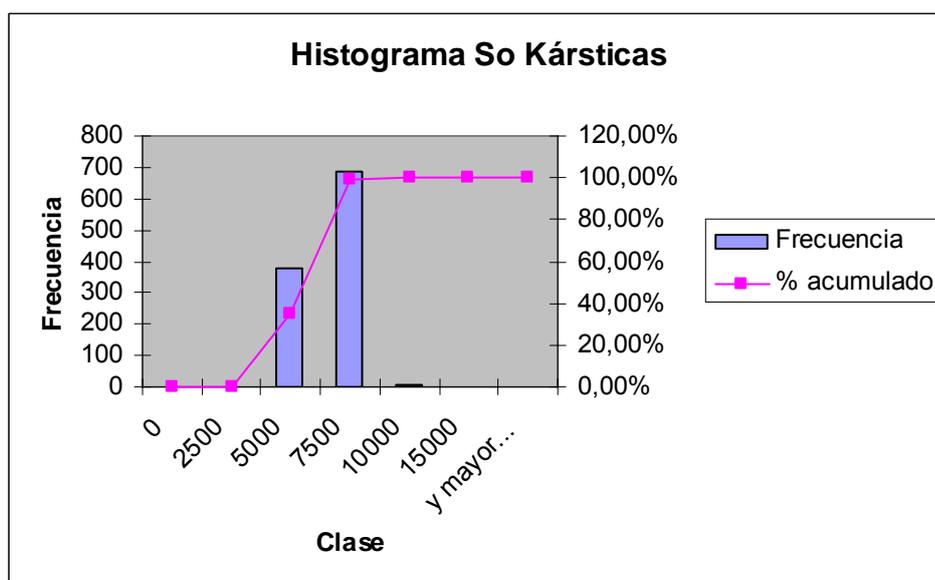
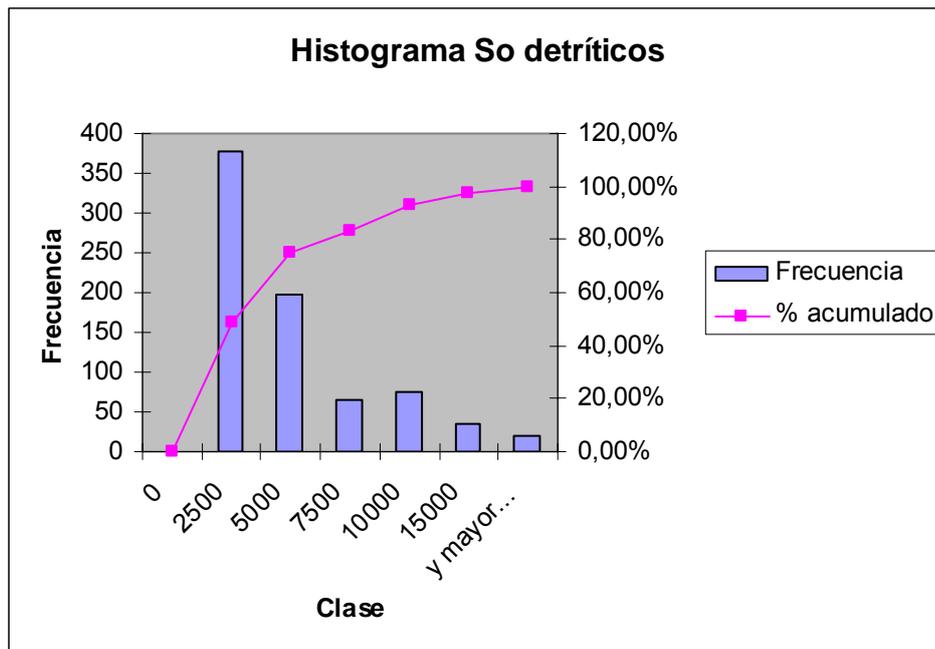
6.2.6. Resultados obtenidos con el método de Wyssling

- **Acuíferos Kársticos**

Los manantiales con grades caudales han dado lugar a elipses enormemente grandes y las que tenían caudales excesivamente pequeños han quedado muy estrechas. En este tipo de acuíferos las elipses han servido de forma orientativa, las zonas de salvaguarda se han establecido atendiendo a criterios hidrogeológicos (segunda fase).

- **Acuíferos Detríticos**

Las captaciones en acuíferos aluviales de alta o muy alta permeabilidad con poco espesor saturado generan unas elipses alargadas. Esto es debido a que las velocidades eficaces en este tipo de acuíferos son muy grandes.



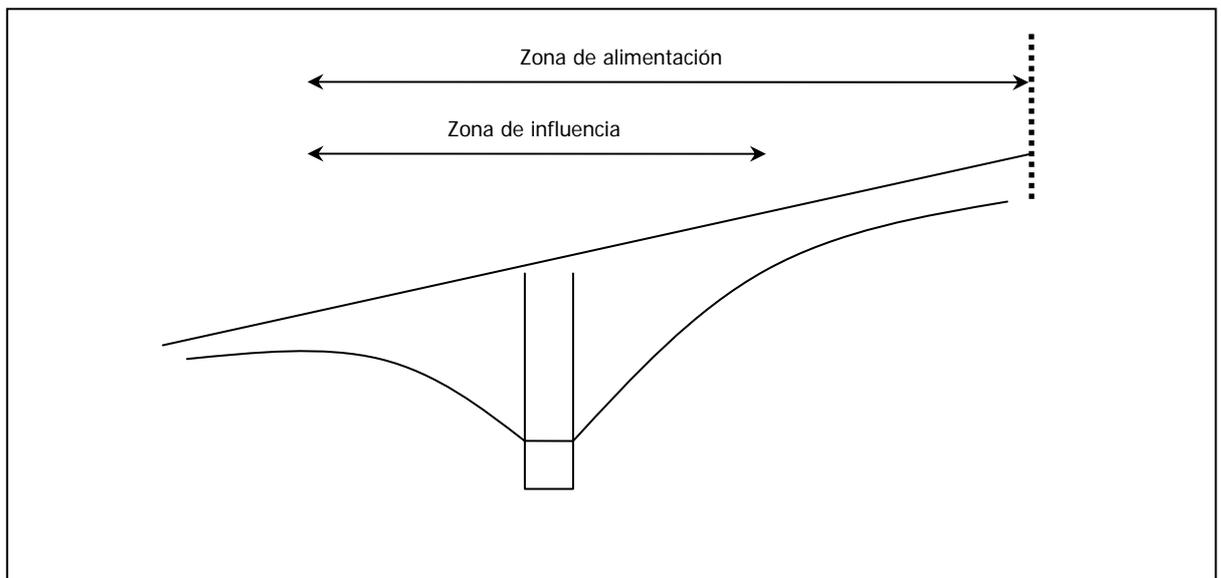
Se ha representado un histograma de frecuencias de la So de Wyssling (distancia aguas arriba de la captación) tanto de los kársticos como de los detríticos. Se puede observar como la distribución de los detríticos presenta una distribución asimétrica a la derecha, con el máximo de la So entre 2,5 y 5 km. En cambio, la distribución de los kársticos presenta una distribución algo sesgada a la izquierda, lo que nos indica que no tienen un comportamiento natural. Los Kársticos tienen la mayor frecuencia de la

So entre 7,5 y 10 Km. Si lo comparamos con los detríticos, esto nos refleja que las distancias son mayores en kársticos que en detríticos. Se debe a que en los kársticos, al producirse la circulación del agua por conductos, las velocidades eficaces son mucho mayores que en acuíferos detríticos.

6.3. SEGUNDA FASE: LÍMITES HIDROGEOLÓGICOS Y ZONAS DE ALIMENTACIÓN

Una vez obtenida la primera delimitación de zonas de salvaguarda, el siguiente paso ha sido adecuar estas zonas en función de criterios hidrogeológicos.

En esta etapa se ha realizado un análisis hidrogeológico, teniendo en cuenta los flujos, los límites hidrogeológicos de las zonas de recarga y la transferencia lateral desde unidades anexas. Se ha delimitado principalmente el área de alimentación a la captación (hasta las divisorias hidrogeológicas o límites hidrogeológicos).



Zona de influencia y zona de alimentación de una captación en un acuífero libre

En esta fase se ha tenido en cuenta la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación (COP y DRASTIC Reducido) y las presiones existentes y su distribución.

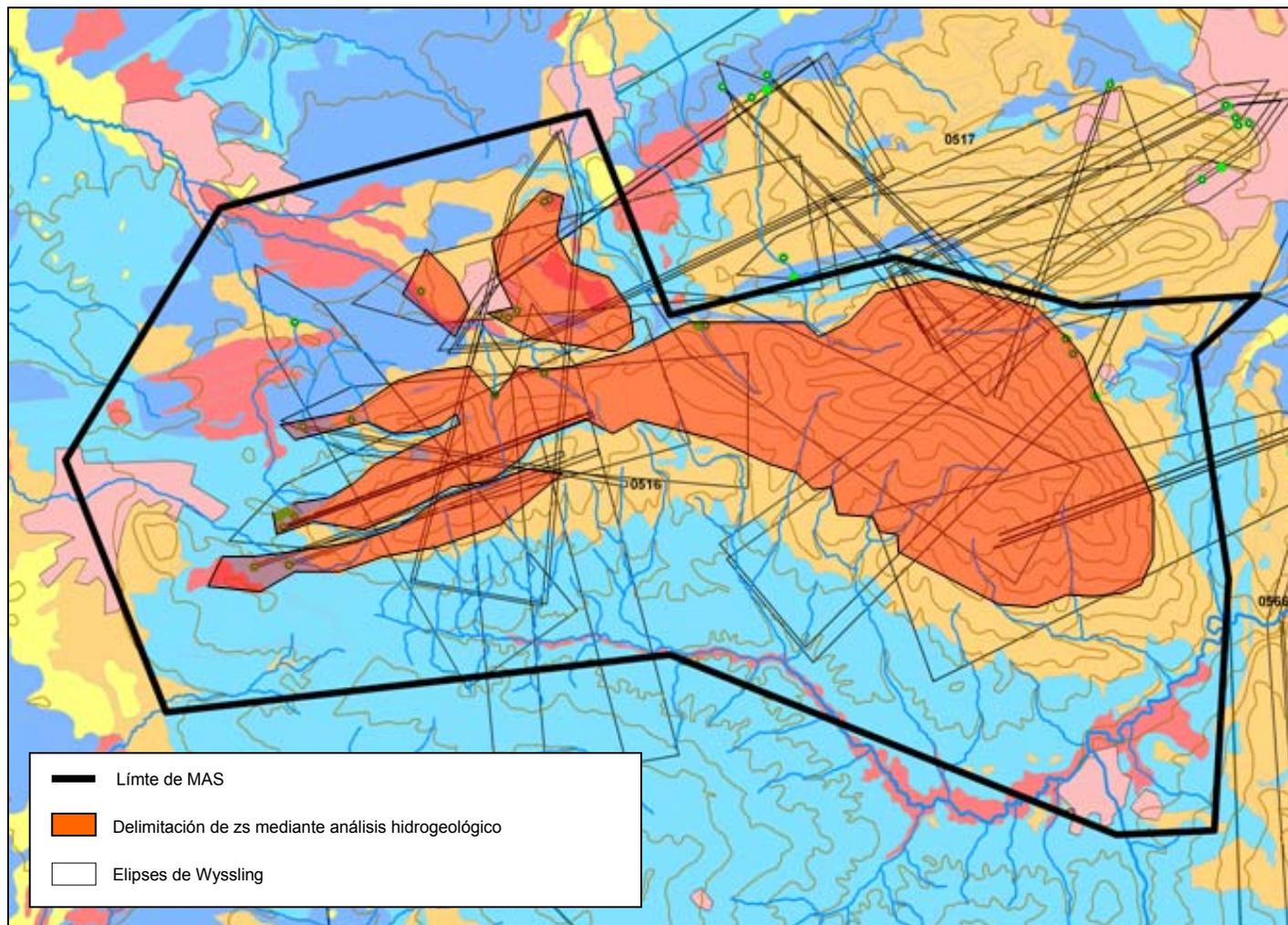
Esto se ha realizado mediante un SIG en el que se ha cargado la siguiente información:

- Elipses de la fase 1 y envolventes de grupos de elipses
- Vulnerabilidad
- Presiones
- Mapas de isopiezas (Atlas y piezometría IGME)
- Divisoria de subcuencas hidrográficas
- Red hidrográfica del Guadalquivir
- Topografía digital de Andalucía 1:100.000
- Perímetros de protección, previos del registro, ya delimitados (IGME, CHG, solicitados y autorizados).

Las elipses y envolventes se han llevado hasta los límites hidrogeológicos en función de:

- Zonas de alimentación o recarga (se identifican las zonas de recarga incluso en acuíferos confinados y de unidades anexas)
- Tipología del acuífero (detrítico, mixto y kárstico y libre, confinado y aluviales)
- Unidades Geológicas y límites hidrogeológicos (recarga, descarga, bordes de nivel constante y bordes impermeables)
- Divisorias superficiales de aguas subterráneas y vertientes
- Piezometría y direcciones de flujo
- Zonas con vulnerabilidad Muy alta, Alta y moderada

A continuación se muestra el análisis hidrogeológico realizado tras la generación de las elipses de Wyssling, en el que se delimitan las zonas de alimentación o recarga de las captaciones en una MAS kárstica.



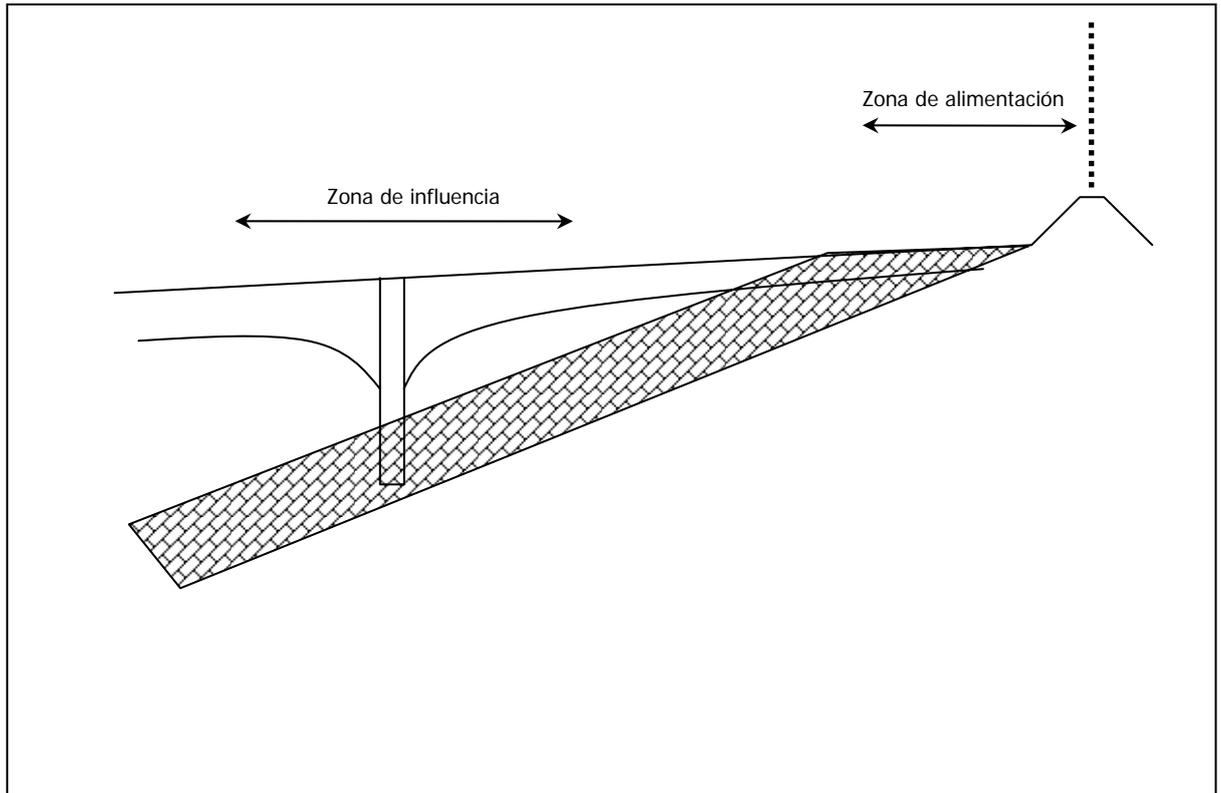
Elipses Wyssling y zonas de recarga de las captaciones en la MAS 05.16 "Jabalruz"

Criterios en relación con la vulnerabilidad:

En casos de vulnerabilidad alta y muy alta, se ha estudiado establecer como zona de salvaguarda la totalidad de la zona vulnerable definida en el mapa de vulnerabilidad teniendo en cuenta dónde se encuentren concentradas las captaciones. Por tanto, tras la realización de las elipses de Wyssling y la delimitación de las zonas de recarga, los límites de las zonas de salvaguarda engloban las zonas de alta y muy alta vulnerabilidad, si éstas se encuentran en el entorno de las zonas de alimentación de las captaciones.

Principalmente en acuíferos kársticos se ha protegido la totalidad de la zona de alimentación directamente relacionada con la descarga de manantiales de abastecimiento.

En el caso de acuíferos confinados (ejemplo: Gerena-Posadas) se han delimitado zonas de alimentación protegidas como zonas de salvaguarda, aunque estén separadas e incluso alejadas de las captaciones.



Zona de influencia y zona de alimentación de una captación en un acuífero confinado

Tratamiento de casos según la existencia de presiones

Dentro de esta segunda fase se ha realizado un análisis de la situación según la vulnerabilidad en la zona de alimentación y la existencia o no de presiones en dicha zona.

VULNERABILIDAD	PRESIONES	CAPTACIONES	PROTECCIÓN
MUY ALTA - ALTA	SI	SI	SI
MUY ALTA - ALTA	SI	NO	Sólo si era la zona de alimentación de otras captaciones
BAJA – MUY BAJA	NO	NO	NO

Las captaciones que están fuera de Masas de Agua Subterránea no han sido objeto de definición de zona de salvaguarda.

6.4. TERCERA FASE: REVISIÓN FINAL – CRITERIO DE EXPERTO

Por último, se ha realizado una revisión final por un experto en hidrogeología, que ha analizado las condiciones de funcionamiento hidrogeológico y ha ajustado las zonas de salvaguarda en función de criterios principalmente hidrogeológicos, según el siguiente procedimiento:

La revisión se ha realizado sobre planos de trabajo que han tenido en cuenta la totalidad de la MAS, de forma que la escala de trabajo de esta fase ha tenido de referencia la masa de aguas subterráneas y su funcionamiento como conjunto. Posteriormente, una vez identificadas las descargas y los macizos o sistemas asociados a analizar, se ha trabajado a escalas mayores, acordes con el tamaño de los elementos de análisis.

Para ello, inicialmente se realizó un primer visionado de la MAS en su conjunto, y posteriormente captación por captación o por grupo de captaciones, utilizando como base de análisis un soporte cartográfico en el que se aparecieran las permeabilidades y la vulnerabilidad, la red hidrográfica y, por supuesto, la base topográfica. Sobre este soporte gráfico, se han ido delimitando las zonas de salvaguarda que corresponden en gran medida con el área de alimentación de la captación o de los grupos de captaciones.

El análisis hidrogeológico para el establecimiento de las zonas de salvaguarda ha contado con las siguientes premisas:

- Dada la especificidad de las unidades carbonatadas, donde los tiempos de tránsito de los recursos hídricos subterráneos suelen ser muy reducidos en condiciones normales y en episodios de recarga intensa, se ha considerado que las zonas de salvaguarda han de tener una estrecha relación con las áreas de alimentación de los sistemas hidrogeológicos. Por tanto, en la mayoría de los casos, la zona de salvaguarda corresponde con el área de recarga, tanto directa-difusa en el propio afloramiento carbonatado, como alóctona procedente en áreas adyacentes de baja permeabilidad. Se deja únicamente al margen de la zona de salvaguarda a los afloramientos carbonatados del sistema que, atendiendo a la configuración del relieve, parecen constituir sistemas periféricos de drenaje respecto al sistema principal.
- A efectos prácticos, se ha considerado que la tipología de la captación no es trascendente en este análisis de definición de zonas de salvaguarda y, por tanto, en todos los casos se ha considerado que pozos y manantiales constituyen puntos de descarga de la unidad, junto con las surgencias y manantiales.
- En algunos casos es posible formalizar una agrupación de captaciones, ya que las captaciones agrupadas sólo son diferentes puntos de agua que constituyen parte de una misma zona de descarga de una unidad carbonatada.
- En otros casos, la coalescencia de zonas de salvaguarda obtenidas para captaciones o agrupaciones de captaciones distantes, conlleva la unión de las mismas en una sola.

En base a estas premisas básicas establecidas, la definición de los perímetros de protección de las zonas de salvaguarda se ha desarrollado según la siguiente metodología y etapas de análisis:

- Análisis preliminar de cada MAS en su totalidad, abordando un examen a escala regional para obtener una visión de conjunto acerca de la extensión, distribución de materiales-permeabilidades, direcciones de flujo generales y localización de las principales zonas de descarga.

- Contextualización hidrogeológica de las captaciones o agrupaciones de captaciones dentro del esquema general previamente estudiado.

- Funcionamiento hidrogeológico básico de las masas carbonatadas asociadas a las captaciones o agrupaciones, con el objetivo de determinar sus áreas de recarga y, por tanto, ajustar las zonas de salvaguarda a dicho ámbito. La caracterización del funcionamiento hidrogeológico de las unidades carbonatadas se ha realizado en base a la observación y análisis de los diferentes controles que convergen en la configuración definitiva de los sistemas hidrogeológicos carbonatados. Estos controles se pueden agrupar en tres grandes categorías, a saber:
 - Control litológico: determina en gran medida la permeabilidad de los materiales y va a constituir el primer criterio para delimitar la unidad carbonatada del sistema estudiado. Además, permite realizar una primera aproximación en la identificación de las zonas de recarga directa-difusa sobre el afloramiento carbonatado y la posible existencia de recargas alóctonas procedentes de materiales adyacentes de baja permeabilidad que vierten hacia el macizo carbonatado.
 - Control estructural: junto con la localización de las zonas de descarga y la configuración del relieve, va a permitir la predicción de la dirección de los flujos subterráneos principales en el sistema hidrogeológico. En algunos casos, el control estructural del macizo es el que va a imponer condiciones de contorno a la unidad, debido a la existencia de estructuras tectónicas que limitan al conjunto carbonatado.
 - Control geográfico o fisiográfico; la configuración del relieve es determinante en el análisis de los sistemas hidrogeológicos

carbonatados, ya que este control gobierna en gran medida la distribución y magnitud de los gradientes hidráulicos dentro del sistema, establece el nivel de base local sobre el que se produce la evolución y desarrollo de la karstificación y condiciona de modo substancial la configuración de las zonas de transferencia vertical y subhorizontal en el karst.

6.5. ENTREGA DE DOCUMENTACIÓN DE ZONAS DE SALVAGUARDA

Las zonas de salvaguarda se han dividido en los siguientes grupos:

- DETRÍTICAS: Masas exclusivamente detríticas.
- MIXTAS: Masas que contienen acuíferos carbonatados y detríticos.
- KÁRSTICAS: Masas exclusivamente kársticas.

Por cada grupo se hace entrega de 2 coberturas (archivo gráfico en formato shapefile), una de las zonas de salvaguarda (polígonos) y otra de las captaciones (puntos). Los formatos de entrega de las coberturas tienen las siguientes características:

- **Cobertura de zonas de salvaguarda:**

La tabla de atributos de este shapefile contiene:

- FID (ArcGis incluye un número secuencial por cada registro)
- SHAPE (Tipo de elemento gráfico: polygon)
- COD_ZS (Código de la zona de salvaguarda)

- **Captaciones con zonas de salvaguarda:**

Capa de puntos que contiene las captaciones del Registro con una serie de campos identificativos sobre localización.

- FID (ArcGis incluye un número secuencial por cada registro)
- SHAPE (Tipo de elemento gráfico: point)
- COD_REG (Código del Registro de Captaciones)
- COD_ZS (Código de la zona de salvaguarda)
- COD_MASA1 (Codigo de la Masa en la que se encuentra el punto)
- COD_MASA2 (Código de la segunda Masa en la que se encuentra en el caso de superposición de Masas)

6.6. CONTROL FINAL

Por último, una vez obtenidas las zonas de salvaguarda de los tres grupos, se ha comprobado que las zonas de salvaguarda incluyan los perímetros ya aprobados. Esto se ha realizado mediante GIS.

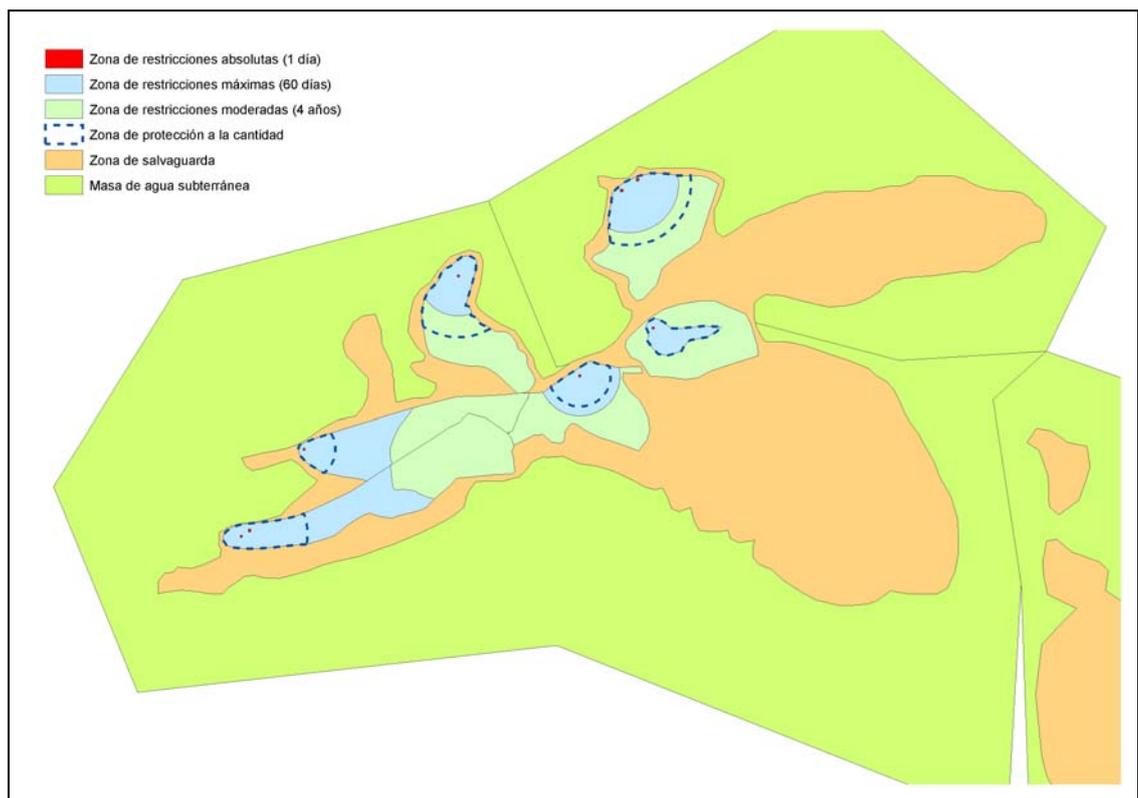
También se ha realizado una revisión en la que las captaciones que tengan zonas de salvaguarda presenten el código de la zona de salvaguarda correspondiente.

Además, se ha realizado un análisis final de forma que las zonas de salvaguarda integren los perímetros de protección definidos en este proyecto.

6.7. REDEFINICIÓN FINAL DE ZONAS DE SALVAGUARDA

Una vez finalizados los perímetros de protección que se están realizando en la Asistencia de “Elaboración de perímetros de salvaguarda para la protección de las captaciones de abastecimiento urbano” se realizará una cobertura de dichos perímetros en formato shapefile. Con esta cobertura se redefinirán las zonas de salvaguarda con las siguientes premisas.

- El perímetro de protección tiene prioridad a la zona de salvaguarda, por lo que si estos son mayores que las zonas de salvaguarda, éstas se modificarán hasta incluir o englobar dichos perímetros.



Redefinición de zonas de salvaguarda para incluir los perímetros de protección realizados en este proyecto.

- Si por el contrario los perímetros son menores que las zonas de salvaguarda, esto quiere decir que los incluye, por lo que no habrá que modificarlas.

De esta forma se obtendrá la cobertura definitiva de zonas de salvaguarda, que tendrá el mismo formato especificado en el apartado 6.5.

7. **REFERENCIAS**

ITGE-Junta de Andalucía. 1998. Atlas hidrogeológico de Andalucía.

ITGE-Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. 2000-2001. Revisión y Actualización de las Normas de Explotación de las Unidades Hidrogeológicas de las cuencas del Guadalquivir y Guadalete – Barbate. Norma de Explotación de la Unidad Hidrogeológica 05.17 (Jaén).

ITGE. Mapa geológico de España, escala 1:50 000.

ITGE-Diputación de Granada. 2002-2007. Plan de Control de Recursos y Gestión de Captaciones de Aguas Subterráneas para Abastecimientos Urbanos de las provincias de Granada.

ITGE-Diputación de Jaén. 2006-2008. Plan de Control de Recursos y Gestión de Captaciones de Aguas Subterráneas para Abastecimientos Urbanos de las provincias de Jaén.

Martínez Navarrete, C. y García García, A. 2003. Perímetros de protección para captaciones de agua subterránea destinada a consumo humano. Metodología y aplicación al territorio. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie: Hidrogeología y Aguas Subterráneas nº 10. Madrid.

De Ketelaere D., Hötzl H., Neukum C., Civitta M. y Sappa G. 2004. Hazard análisis and mapping. En F. Zwahlen (ed) Vulnerability and risk mapping for the protection of carbonate (karst) aquifers. Informe final de la Acción COST 620, 86-105.

Jiménez Madrid et al., 2009. Groundwater pollution risk assessment. Application to different carbonate aquifers in south Spain, European Geosciences Union, General Assembly, Vienna 2009.

Jiménez Madrid, A., Martínez Navarrete, C. y Carrasco Cantos, F. 2008. Metodología para la protección de aguas subterráneas empleadas para consumo humano. Avances hacia las zonas de salvaguarda. Aplicación en la Sierra de Cañete (Málaga)

Goldscheider, N. and Drew, D. 2007. Methods in karst Hydrogeology. International Association of Hydrogeologists. Taylor & Francis Group, London, 264 pp.