

**DESARROLLO DE ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN EN MATERIA DE
HIDROGEOLOGÍA APLICADA EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE VITORIA-GASTEIZ
(Mayo 2019 - Mayo 2020)
Informe intermedio**

En mayo de 2019 el Centro de Estudios Ambientales (CEA) del Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz y la Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU) firmaron un primer Convenio de Colaboración, de un año de duración, por el cual el Grupo de Investigación en Hidrogeología (Dpto de Geodinámica) iba a llevar a cabo actividades de investigación en materia de hidrogeología en el Anillo Verde de la ciudad.

Entre las actividades a desarrollar, al amparo del convenio, estaban la mejora de la información hidrogeológico-ambiental (con nuevos datos y nuevas analíticas), el avance hacia la elaboración de un modelo hidrogeológico conceptual, la creación de una base de datos hidrogeológicos. Si bien todo ello se planteaba para el conjunto del Anillo Verde, el mayor énfasis se ponía en el sector de las graveras de Lasarte, al Sur de la ciudad, donde se ubicaría el futuro parque de Larragorri, con el que se culminaría el cierre del Anillo.

El presente Informe da cuenta de los trabajos realizados en los primeros 6 meses del Convenio, e incluye una Memoria Ejecutiva con objetivo de difusión social. El informe incluye estos apartados: 1) Ampliación de la red de control. 2) Información piezométrica. 3) Información hidroquímica. 4) Modelo conceptual de base.

1.- Ampliación de la red de control

Ya en diciembre de 2018, y en el marco de la colaboración existente entre el CEA y el Grupo de Investigación en Hidrogeología (UPV/EHU) previa al actual Convenio, se procedió a la perforación e instalación de 2 nidos de piezómetros (PG-11A y B, PG-12A y B) en el área de Lasarte. Cada nido consta de 2 piezómetros, separados 1 m de distancia; uno es somero (unos 6-7 m de profundidad), sólo afecta a los depósitos cuaternarios, y el otro es profundo (unos 30 m), con tubería piezométrica solamente abierta en el substrato margoso infrayacente.

El objetivo era tener información separada de los dos medios de interés hidrogeológico existentes en el ámbito de estudio (generalizable a buena parte, al menos, del Anillo Verde): el acuífero superior, asociado a los depósitos cuaternarios de alta permeabilidad (gravas, arenas, limos, arcillas), y el substrato margoso inferior, de notable espesor y muy baja permeabilidad, cuyo interés hidrogeológico se centra en niveles fracturados por los cuales circula el agua, contaminada, en algunos sectores. En conjunto, hablamos de acuífero multicapa, porque si bien el substrato margoso en absoluto puede ser considerado como acuífero, tampoco lo puede ser como un mero impermeable.

En el marco del presente Convenio se ha procedido a la tramitación de 2 nuevos nidos de piezómetros, con el objetivo de ampliar la red de control hacia el noroeste del área de Lasarte. La tramitación está ahora en marcha y se espera que a corto plazo puedan ser operativos. Cada nido constaría de 2 piezómetros de similares características a los antes comentados (PG-13A y B, PG-14A y B).

A fecha actual, finales de noviembre de 2019, la red de control operativa está constituida por 14 piezómetros y 4 puntos de aguas superficiales, (Figura 1, Tabla 1).

Los piezómetros son objeto de medida temporal manual de la profundidad de su nivel piezométrico, si bien en 3 de ellos se cuenta con dispositivos CTD-Diver de control en continuo de esa variable. Los puntos superficiales se sitúan dos aguas arriba de los arroyos Batan y Zapardiel, y dos aguas abajo. En todos estos puntos (en estiaje los cursos superficiales suelen estar secos) se están llevando a cabo muestreos trimestrales de agua para su analítica (a distintas profundidades), tanto por parte de los gestores del vertedero de residuos de Gardelegi como por parte del Grupo de Hidrogeología de la UPV/EHU.

RED DE OBSERVACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO					
Nomenclatura actual	Otros nombres empleados	Localización (ETRS 89, 30N)			
		X	Y	Z	Profundidad
PG-1	SUB-A	525720	4738079	654.46	-
PG-2	SUB-B	526138	4740014	629.15	-
PG-3	P-32	525530	4740499	566.91	-
PG-4	P-31	526197	4740617	579.80	42 m
PG-5	SM-3	525666	4741243	549.58	-
PG-6	SUB-C	525939	4741660	544.61	35 m
PG-7	SM-1	525818	4741515	544.67	8,5 m
PG-8	P-33	526192	4741498	544.36	35 m
PG-9	PC-2	525801	4742114	539.11	6 m
PG-10	SUB-D	525870	4742389	539.73	35 m
PG-11 A		525453	4741618	551	7 m
PG-11 B		525454	4741533	551	30 m
PG-12 A		525332	4742035	547	7m
PG-12 B		525330	4742038	547	30 m
UG-1		525560	4737960	657	
UG-2		525155	4741096	557	
UG-3		526133	4741417	545	
UG-4		526197	4742954	529	

Tabla 1: Red de control en la zona de Lasarte.

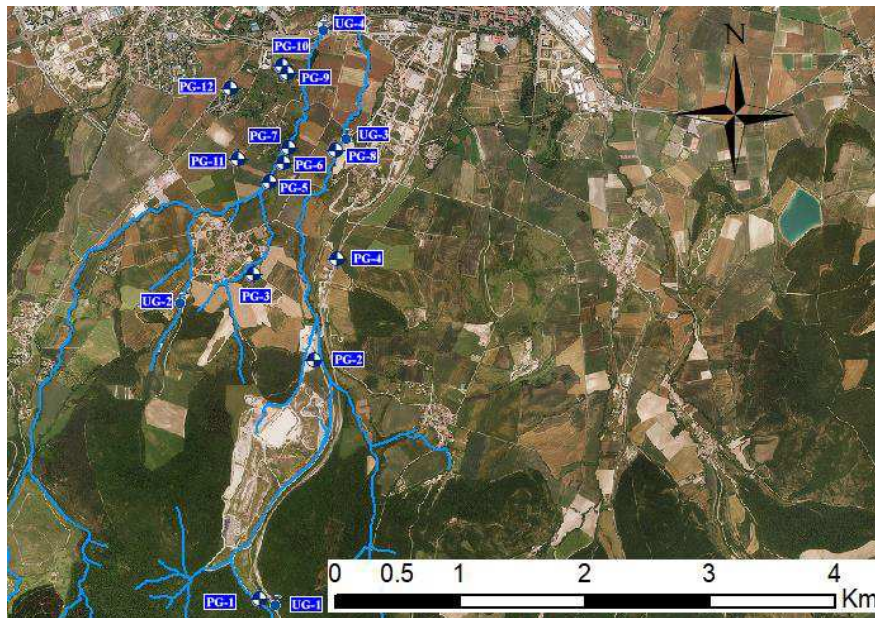


Figura 1: Red de control en la zona de Lasarte. Los puntos PG-11 y PG-12 son nidos de 2 piezómetros.

2.- Información piezométrica

Periódicamente se hacen medidas manuales de la profundidad (m) del nivel de agua en los piezómetros de la red de control. A partir de ahí se deduce la carga hidráulica en cada punto lo que permite elaborar el mapa piezométrico, que refleja la red de flujo en el área de estudio (sentido del flujo y gradiente hidráulico). La figura 2 muestra la red de flujo a comienzo del periodo de lluvias. Esta disposición del flujo se mantiene en el tiempo (aunque cambia el gradiente según el régimen de lluvias), indicando un flujo, tanto en los depósitos cuaternarios como en el substrato margoso, hacia el norte (núcleo urbano de Vitoria-Gasteiz).

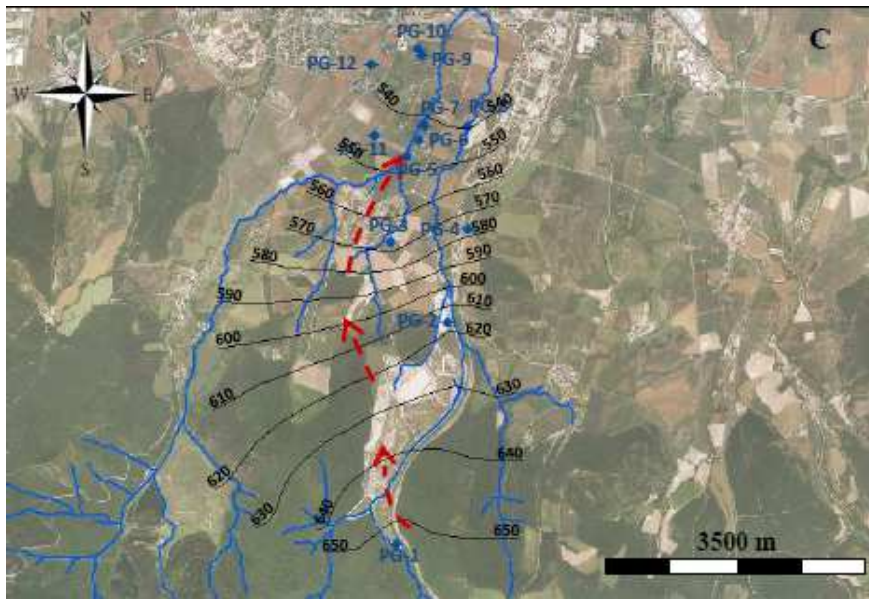


Figura 2: Red de flujo en la zona de estudio. Las líneas negras representan las equipotenciales (con su cota, m) y las rojas el sentido del flujo subterráneo.

En 3 de los piezómetros profundos de la red (PG-6, PG-8, PG-11B), con profundidades > 30 m, se han instalado dispositivos CTD-Diver programados para la lectura horaria de la profundidad del nivel piezométrico (m), y de la conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y la temperatura del agua (T °C) a la profundidad de instalación. Los datos son almacenados en la memoria interna del dispositivo y descargados cada cierto tiempo.

La figura 3 muestra la evolución de la profundidad del nivel piezométrico (m) en los 3 piezómetros desde finales de julio de 2018, cuando se instalaron en 2 de ellos, hasta primeros de octubre 2019, última descarga de los datos. Se aprecia que la profundidad del nivel piezométrico oscila entre 0,5 y 4,7 m, en épocas de fuertes lluvias (no representadas en la figura) y de final de estiaje, respectivamente. Esta variación puede ser considerada, por extensión, como representativa del conjunto del Anillo verde, donde el esquema multicapa propuesto puede ser tomado como válido.

Algunos saltos puntuales observados en la figura 3, también visibles en la figura 4 (evolución de conductividad eléctrica), corresponden a días de muestreo, en los que se ha procedido al bombeo de agua; el hecho de que esta acción provoque saltos

(descenso) en el nivel piezométrico es indicativo de la muy baja permeabilidad del substrato margoso.

La figura 4 (diferente escala vertical) muestra la evolución de la conductividad eléctrica del agua (CE) en el substrato margoso, con valores mucho más altos en el punto PG-6 (gravera de Lasarte), indicando una clara contaminación del agua en ese sector. El estudio de la información hidroquímica servirá para ir aclarando los orígenes de la misma.

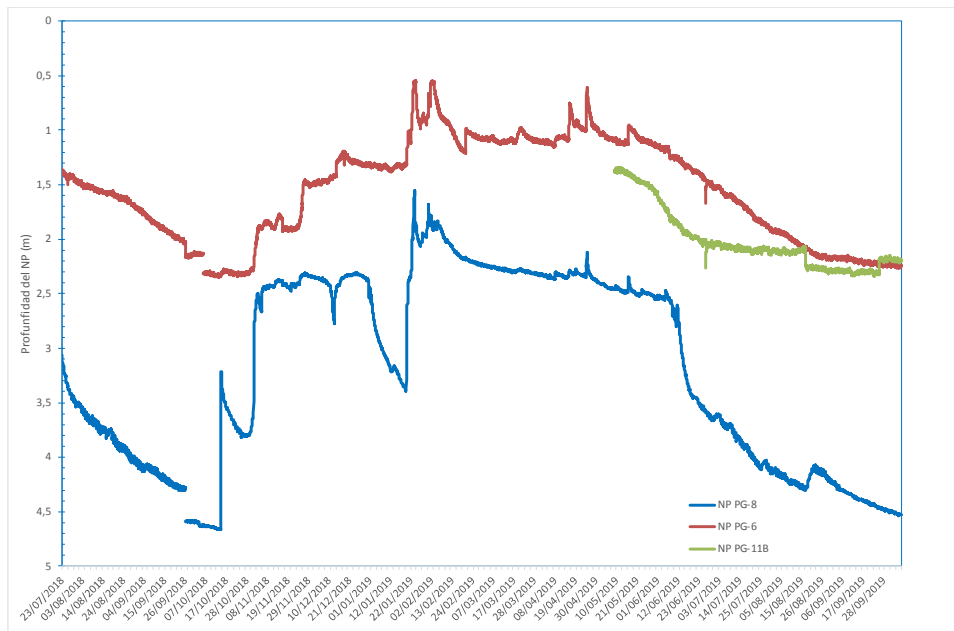


Figura 3: Evolución de la profundidad del nivel piezométrico en los 3 piezómetros objeto de control en continuo.

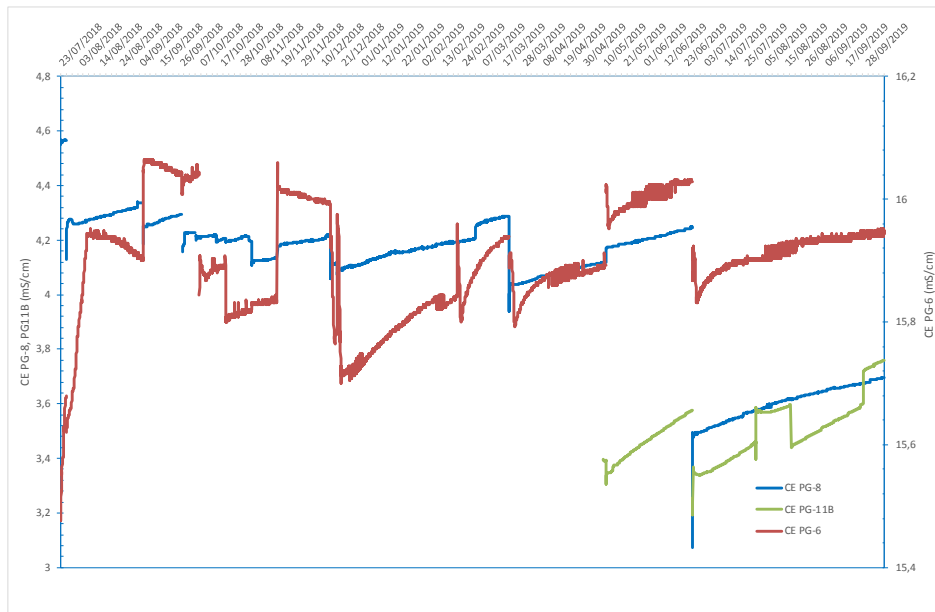


Figura 4: Evolución de la conductividad eléctrica del agua en los 3 piezómetros objeto de control en continuo.

3.- Información hidroquímica

Tanto por parte de los gestores del vertedero de residuos de Gardelegi, con frecuencia trimestral, como por parte del Grupo de Hidrogeología (UPV/EHU), a paso de tiempo variable, se llevan a cabo muestreos, y posterior analítica de las aguas, en los puntos de la red de observación antes presentada. Es clara la diferencia observada entre las aguas asociadas a los depósitos cuaternarios, superficiales, y las asociadas al substrato margoso en profundidad.

Así como las primeras no presentan, por lo general, síntomas de contaminación preocupante, más allá de la presencia de compuestos nitrogenados asociados a las prácticas agrarias, las aguas profundas muestran altas concentraciones en elementos como Cl y SO₄, indicativos, aquí al menos, de otras fuentes de contaminación. La figura 5 representa la distribución de las aguas en función de las concentraciones (mg/l) de Cl y SO₄. Las aguas con mayores indicios de contaminación son PG-6, PG-2, PG-4, PG5, PG3, PG-8 y PG11B).

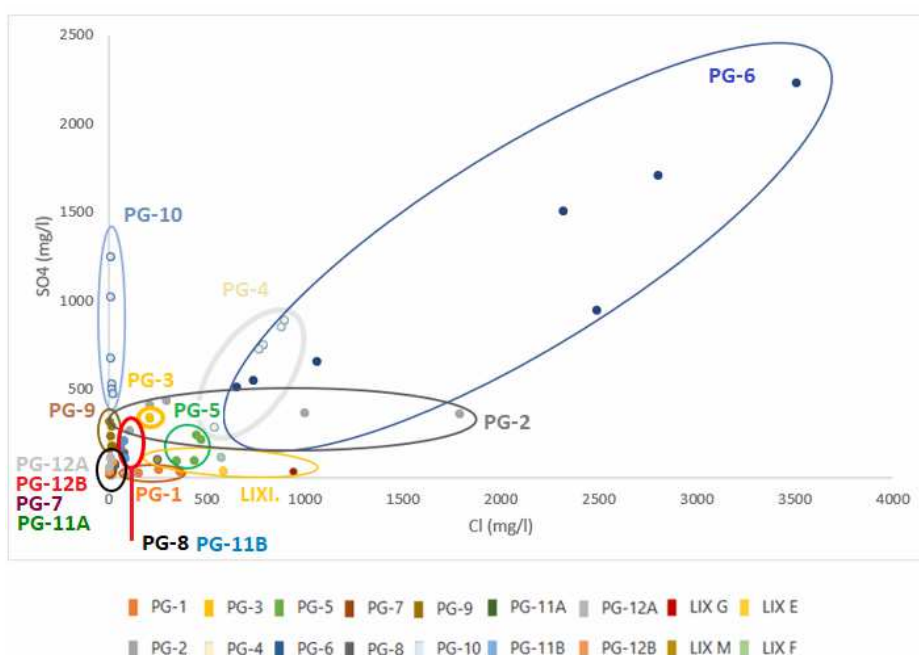


Figura 5: Distribución de las aguas en función de las concentraciones (mg/l) de Cl y SO₄.

Si bien, a partir del conocimiento de la zona de estudio, la primera mirada a la hora de buscar focos potenciales de contaminación nos lleva al vertedero de Gardelegi (sobre todo a sus fases iniciales, cuando la legislación ambiental no era tan exigente como lo ha sido después), hemos dado una importancia mayor a la investigación hidroquímica. Para ello, en julio de este año se procedió a una campaña específica de muestreo, en el conjunto de la red (añadiendo puntos internos del propio vertedero), con objeto de llevar a cabo diversos análisis isotópicos (molécula del agua, del sulfato, compuestos nitrogenados, tritio...), de manera que la diferente información aportada por cada isótopo fuese integrada junto con el resto de datos recopilados sobre el terreno. Aunque contamos ya con los primeros resultados, estos no son completos por lo que no hemos procedido todavía a su interpretación integrada. En este campo trabajamos conjuntamente con equipos de la Universidad de Barcelona, que llevan años estudiando los impactos de los vertederos de su entorno territorial.

Dentro del control hidroquímico que se está llevando a cabo hay que citar también las diagraffías. Se trata de registros verticales efectuados a lo largo de la columna de agua de los piezómetros, mediante una sonda que mide, al menos, la conductividad eléctrica (CE) y la temperatura del agua. En concreto, la figura 6 muestra la evolución de registros de CE en varios de los piezómetros profundos de la zona de estudio (algunos de ellos, como el PG-4, cuenta con registros desde el año 2005). Los saltos observados en profundidad ponen claramente en evidencia la diferente “calidad” del agua según la profundidad, y son, además, indicativos de la localización de zonas más fracturadas a través de las cuales se produce el flujo de las aguas, algunas de ellas contaminadas. Por lo general, se puede observar un avance de la contaminación con el paso del tiempo, lo que obliga, con más razón si cabe a la continuación del control.

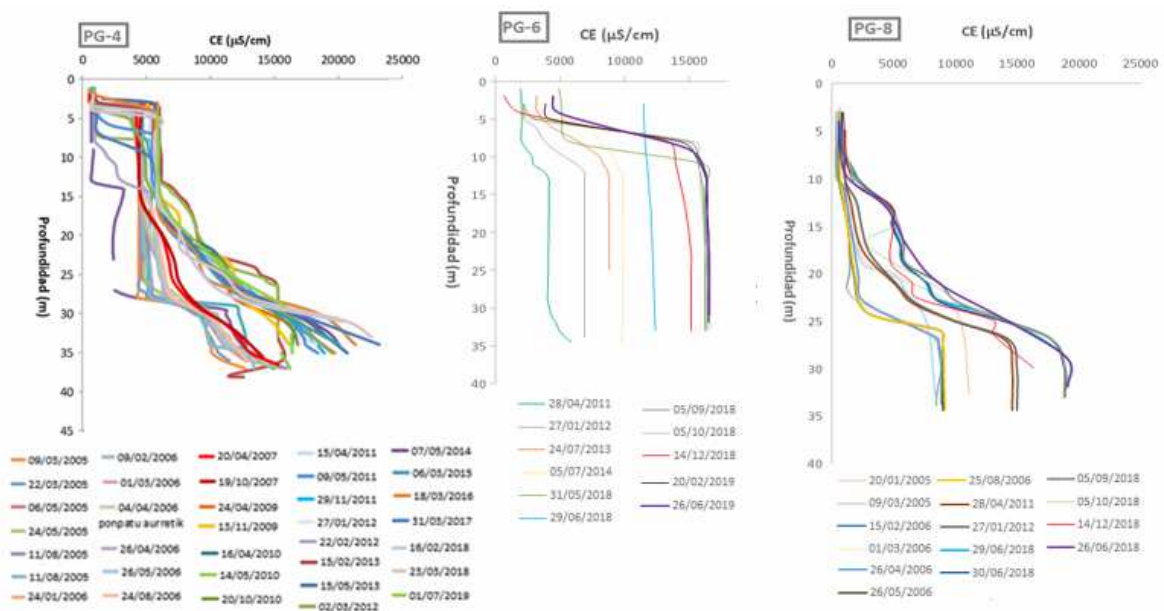


Figura 6: Registros verticales en algunos de los pozos profundos del área de estudio.

4.- *Modelo conceptual de base*

A modo de resumen de lo expuesto, la figura 7 muestra el modelo conceptual de base con el que estamos trabajando y que consideramos válido para buena parte del Anillo Verde. Este esquema ya lo presentamos en trabajos anteriores para el Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, pero a la vista de los nuevos datos sigue siendo una referencia básica. El conjunto multicapa consta de A) Un acuífero superficial, asociado a los depósitos cuaternarios, con alta permeabilidad, en relación con los arroyos y con una “calidad” no preocupante. B) Un substrato margoso, con transmisividad muy baja asociada a los niveles más fracturados por los que se da el flujo de aguas contaminadas. C) La posibilidad de flujo ascendente si las condiciones de gradiente del medio lo permiten.

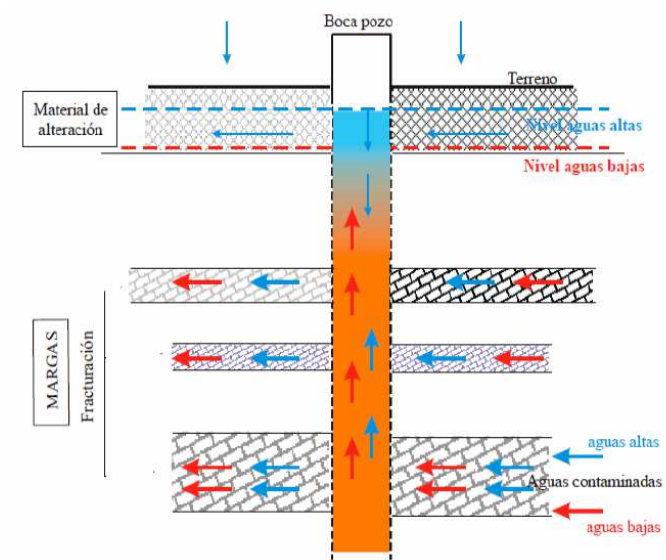


Figura 7: Esquema hidrogeológico conceptual básico del acuífero multicapa.