



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA



San Juan
Gobierno

Información de contacto:

Prof. Dr. Bartolomé Andreo Navarro

Catedrático de Geodinámica Externa – Hidrogeología

andreo@uma.es

Director del Centro de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (**CEHIUMA**)

www.cehiuma.uma.es

CEHIUMA

Edificio de Investigación Ada Byron (Módulo B)

C/ Arquitecto Francisco Peñalosa, 18

29590 Málaga (España)

Teléfonos:

(+34) 951 952 933, 951 952 961, 951 952 952

Fax: (+34) 952 131 021

Departamento de Geología

Facultad de Ciencias, Campus Universitario de

Teatinos, Universidad de Málaga

Boulevard Louis Pasteur

29071 Málaga (España)

Teléfono: (+34) 952 132 004

Fax: (+34) 952 137 386

ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE RECARGA GESTIONADA EN LOS ACUÍFEROS DE LOS VALLES DE ULLUM Y TULUM, PROVINCIA DE SAN JUAN (Rep. ARGENTINA)

Málaga, 27 de mayo de 2025

1. INTRODUCCIÓN	3
2. PLAN DE TRABAJO DEL PROYECTO	5
2.1. ETAPA I. RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES Y REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE	5
2.1.1. Recopilación e interpretación de la cartografía temática disponible	5
2.1.2. Interpretación de la información geológica y geofísica	5
2.1.3. Revisión de la información hidroclimática del área de estudio	6
2.1.4. Análisis de las series hidrológicas existentes.....	6
2.1.5. Revisión de la información hidrogeológica	6
2.1.6. Caracterización preliminar de los acuíferos, diagnosis y definición de las líneas de actuación	6
2.2. ETAPA II. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DETALLADO	7
2.2.1. Creación de un inventario de puntos de agua y definición de una red de control hidrogeológico	7
2.2.2. Delimitación y geometría del acuífero.....	7
2.2.3. Control foronómico de los cursos de agua superficial	8
2.2.4. Cuantificación de las extracciones (bombeos) y demandas	8
2.2.5. Piezometría y monitorización de los estados hidrodinámico e hidroquímico. Realización de registros verticales CE-T	8
2.2.6. Toma de muestras y análisis sistemáticos de la composición físico-química de las aguas superficiales y subterráneas	9
2.2.7. Relación entre las aguas superficiales y subterráneas.....	9
2.2.8. Dataciones de la edad del agua subterránea en puntos representativos	10
2.2.9. Evaluación de recursos	10
2.2.10. Modelo conceptual de funcionamiento de los acuíferos	10
2.3. ETAPA III: IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS PILOTO POTENCIALMENTE ADECUADAS PARA EFECTUAR EXPERIENCIAS DE RECARGA GESTIONADA	11
2.3.1. Prospección geofísica.....	11
2.3.2. Perforación, testificación de sondeos de investigación y ensayos hidráulicos.....	12
2.3.3. Selección de áreas piloto.....	12
3. PLAZOS DE EJECUCIÓN	13
4. EQUIPO DE TRABAJO.....	13
5. PRESUPUESTO	13
6. CRONOGRAMA.....	15

1. INTRODUCCIÓN

La gestión de los recursos hídricos en regiones áridas supone un desafío considerable, debido al efecto combinado de la limitación de recursos y la presión sobre estos para usos diversos (urbano, agrícola, industrial o ambiental). La implementación de sistemas de recarga gestionada puede amortiguar las afecciones que sufren los acuíferos como consecuencia de la explotación (descenso de los niveles piezométricos y productividad de las captaciones, deterioro en la calidad del agua, etc.), con la introducción de excedentes de origen diverso (escorrentía superficial, aguas procedentes de usos no consuntivos, reutilizadas/regeneradas, etc.). En este sentido, la gestión integral de los recursos hídricos (que engloba las aguas superficiales, subterráneas y recursos no convencionales) ayudaría a fortalecer la garantía de los sistemas abastecimiento urbano, al mismo tiempo que permitiría una gestión más eficiente de los recursos hídricos.

En este documento se presenta una propuesta técnica con el fin de analizar **la viabilidad de llevar a cabo experiencias de recarga gestionada en los acuíferos detríticos asociados al río San Juan, concretamente en los valles de Tulum y Ullum-Zonda** (Fig. 1), situados en la provincia de San Juan (República de Argentina). El presente documento incluye los objetivos a alcanzar, la metodología recomendable y una planificación de los trabajos, estructurada en 3 etapas que abarcan un periodo total de 24 meses. Dichas tareas serían coordinadas por el Centro de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (CEHIUMA), que cumpliría las funciones de asesoramiento, dirección técnica y de supervisión del proyecto. El Ministerio de Producción, Trabajo e Innovación del Gobierno de San Juan actuaría como organismo ejecutor de los trabajos propuestos, así como entidad contratante de los servicios auxiliares demandados para la consecución del estudio (trabajos de hidrogeología de campo, de laboratorio y de gabinete, perforaciones, prospección geofísica, ensayos de inyección/bombeo, analíticas, etc). El objetivo final del proyecto es evaluar la viabilidad de implementar sistemas de recarga gestionada para incrementar la disponibilidad de recursos hídricos subterráneos en los acuíferos de la región de San Juan, con base en criterios científico-técnicos. Por ello, de ejecutarse, permitiría la adquisición de conocimientos que ayudarían a la delimitación y caracterización de los acuíferos existentes en la región, así como a la cuantificación de los recursos hídricos subterráneos existentes.

Las actuaciones planteadas en la presente propuesta van dirigidas, por tanto, a la adquisición de conocimientos estratégicos, a partir de los cuales se pueda mejorar la sostenibilidad en el uso del agua en la cuenca del río San Juan, mediante la gestión integrada y la protección a largo plazo de los recursos hídricos, prevención

del deterioro del estado de las aguas y protección frente a la contaminación del medio hidrogeológico y de los ecosistemas acuáticos asociados.

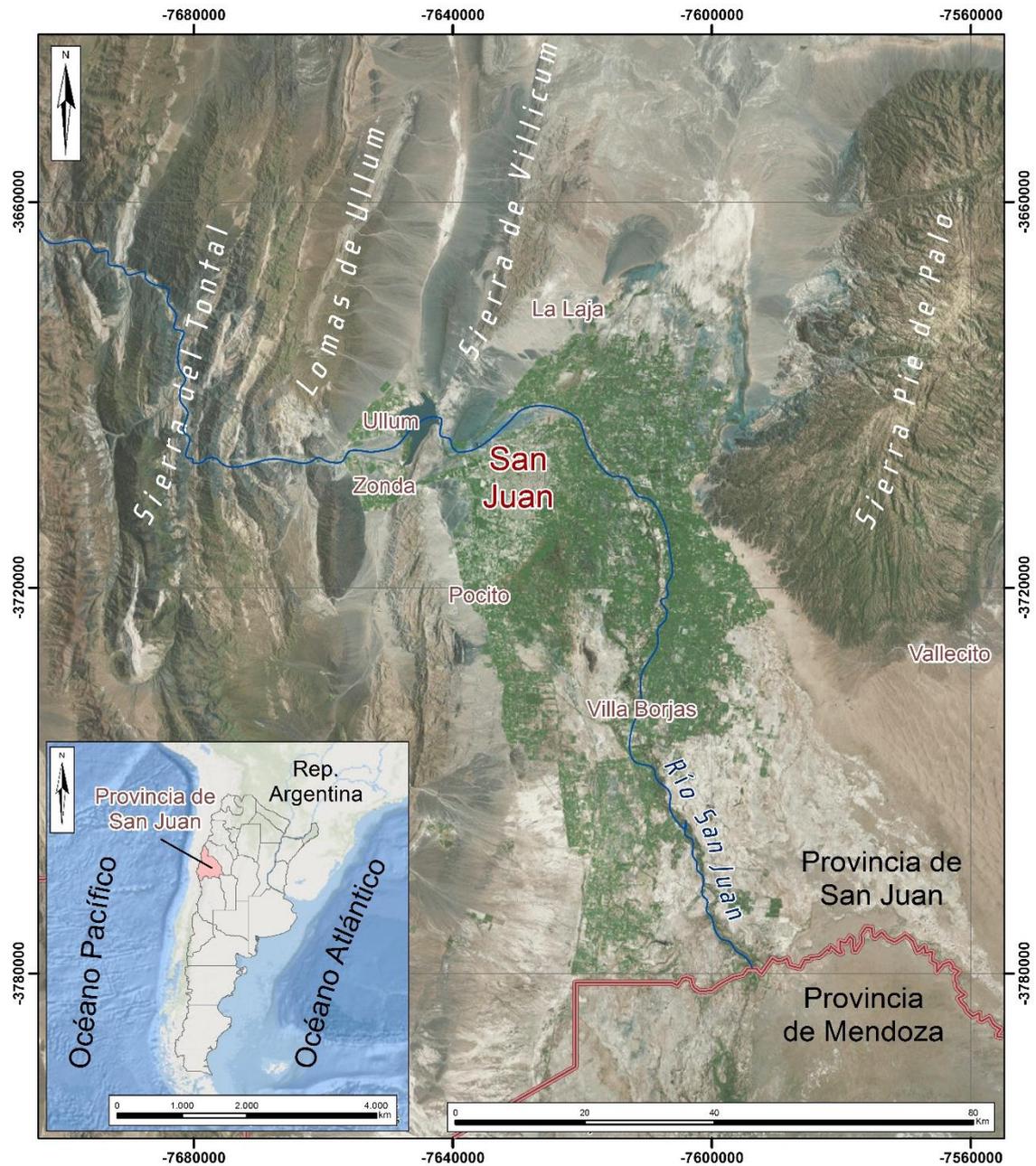


Figura 1. Localización del área de estudio

2. PLAN DE TRABAJO DEL PROYECTO

El programa de trabajo del proyecto está estructurado en tres etapas o fases:

- **Etapa I**, o de revisión documental, cuyo objetivo es efectuar un diagnóstico del grado de conocimiento existente / previo sobre los acuíferos a estudiar,
- **Etapa II**, o estudio hidrogeológico, orientado a caracterizar el funcionamiento de los acuíferos de la región de San Juan y la interacción entre aguas subterráneas y superficiales
- y **Etapa III**, o de selección de áreas piloto más idóneas para ejecutar pruebas de recarga artificial o gestionada.

2.1. ETAPA I. RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES Y REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE

Durante los dos primeros meses del proyecto se realizará la recopilación y revisión de toda la información geológica, hidrológica e hidrogeológica disponible en el área de estudio. Esta tarea será coordinada por el **Centro de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (CEHIUMA)**, con la colaboración del **Ministerio de Producción, Trabajo e Innovación del Gobierno de San Juan**, que aportará la documentación necesaria y contratará a la empresa de consultoría necesaria para llevar a cabo los trabajos de recopilación hidrogeológica. Esta etapa será llevada a cabo durante los primeros 2 meses del proyecto, durante la que se realizarán los siguientes trabajos:

2.1.1. Recopilación e interpretación de la cartografía temática disponible

La primera tarea será recopilar y revisar la información cartográfica (geológica, geomorfológica, edafológica, hidrogeológica, etc.) referente a la zona de estudio. La digitalización e interpretación de la información permitirá contextualizar el medio físico de la zona y constituirá la base cartográfica de trabajo para el proyecto.

2.1.2. Interpretación de la información geológica y geofísica

La integración en la cartografía geológica de datos procedentes de perforaciones (como la columna litológica, tramos filtrantes, o el espesor de las distintas formaciones permeables), junto con la procedente de la prospección geofísica llevada a cabo en la zona, permitirá estimar de forma preliminar la estructura y disposición de los materiales, así como determinar la potencia de las formaciones permeables o la topografía del basamento (muro) de los acuíferos.

2.1.3. Revisión de la información hidroclimática del área de estudio

El tratamiento y análisis de las series temporales climáticas (pluviometría-nivometría, temperatura del aire, humedad relativa, etc.) son la base para caracterizar el régimen hidroclimático de la región, evaluar la evapotranspiración y analizar la ciclicidad que suele condicionar la disponibilidad de recursos. El estudio de las características climáticas es esencial para evaluar los recursos hídricos naturales.

2.1.4. Análisis de las series hidrológicas existentes

El análisis de los datos de caudal de los cursos de agua superficial (ríos y arroyos), volumen almacenado en los embalses, caudales desembalsados y dotaciones de riego, etc. permitirá realizar un esquema conceptual preliminar de funcionamiento hidrológico de los valles de Ullum y Tulum. Permitirá igualmente efectuar una aproximación al análisis de las relaciones entre las aguas superficiales y las aguas subterráneas y, en definitiva, a los balances hidrogeológicos de los acuíferos.

2.1.5. Revisión de la información hidrogeológica

Los datos piezométricos (tanto espaciales como temporales), parámetros hidráulicos procedentes de la interpretación de ensayos de bombeo y/o recuperación, análisis hidroquímicos, medidas puntuales de parámetros fisicoquímicos (conductividad eléctrica, temperatura y pH del agua) aportan una información muy valiosa sobre las características hidráulicas del acuífero (permeabilidad, coeficientes de almacenamiento), la dinámica de este (zonas de recarga-descarga y sentido de los flujos subterráneos) y, en general, del funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos.

2.1.6. Caracterización preliminar de los acuíferos, diagnosis y definición de las líneas de actuación

A partir de la revisión y análisis de toda la información contemplada en los apartados anteriores se procederá a **evaluar el grado de conocimiento hidrogeológico preliminar de los acuíferos**, e identificarán los puntos concretos en los que sea necesario ampliar la información (zonas con características geológicas particulares, con baja densidad de puntos de observación, etc.). Por lo tanto, las conclusiones que se alcancen durante esta etapa condicionarán el desarrollo de los trabajos contemplados en la siguiente fase.

2.2. ETAPA II. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DETALLADO

En este apartado se sintetizan los trabajos de campo, laboratorio y de gabinete a ejecutar para actualizar el estado de conocimiento de los acuíferos de los valles de Tulum y Ullum – Zonda (Fig. 1). Para ello es necesario realizar trabajos de campo, de laboratorio y de gabinete. Los trabajos de campo se harían coincidir (en la medida de lo posible) con situaciones hidrológicas de estiaje del río San Juan (periodo seco) y deshielo y/o crecida de los cursos fluviales. La realización de los trabajos de campo correrá a cargo de la entidad contratante, aunque contará con la dirección técnica, asesoría y supervisión del personal del CEHIUMA, en función de las necesidades concretas que se identifiquen a lo largo del proyecto. Se estima una duración aproximada de 12 meses, incluidas las campañas de campo para efectuar el estudio hidrogeológico y desarrollar un modelo conceptual de funcionamiento del acuífero (véase el cronograma adjunto). Las tareas que deben llevarse a cabo se describen a continuación:

2.2.1. Creación de un inventario de puntos de agua y definición de una red de control hidrogeológico

La información de cada uno de los puntos será clasificada y georreferenciada, con indicación de las coordenadas UTM de ubicación (X e Y) y de cota superficial (Z). Se les incorporará un código de identificación (IdeP) dependiente de su naturaleza (piezómetros, sondeos, pozos, canales de distribución, etc.). En caso de disponer de información litoestratigráfica, se incluirá el valor de cota de techo y de muro de cada formación perforada. La información obtenida de cada punto se incluirá en una base de datos y plasmará en fichas resumen, que contendrán los datos disponibles sobre parámetros hidráulicos de las formaciones perforadas, así como información piezométrica. Los puntos más representativos serán incluidos en una red de control y se realizarán medidas periódicas para analizar la evolución temporal de los parámetros hidrodinámicos y físico-químicos.

2.2.2. Delimitación y geometría del acuífero

La cartografía geológica disponible, bien la producida por el Servicio Geológico Minero de la República Argentina (a escala 1:500.000), o procedente de otras fuentes, será objeto de revisión y actualización mediante reconocimientos de campo (*in situ*) en el área de estudio. Se precisarán sus límites y se procederá al cálculo de la superficie de afloramientos permeables mediante la aplicación de porcentajes de susceptibilidad a la infiltración, a partir de los usos del suelo y del cálculo de la superficie de cultivo en el acuífero. Se usarán imágenes de satélite y capas de información espacial para este fin. El tratamiento de la información geológica e

hidrogeológica se realizará mediante técnicas SIG. Asimismo, se analizarán los rasgos geomorfológicos de la región por su incidencia en el funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos. Además, las columnas litológicas recopiladas de las perforaciones realizadas en la zona de estudio aportarán información muy valiosa sobre las formaciones cuaternarias y su sustrato, lo que ayudará a conocer mejor la geometría en profundidad de los materiales. Esta información, junto con la aportada por los ensayos de bombeo, ayudara a conocer mejor las propiedades hidráulicas del subsuelo y la geometría y la capacidad de almacenamiento de las formaciones acuíferas.

2.2.3. Control foronómico de los cursos de agua superficial

Debe llevarse a cabo el control del caudal del río San Juan y de sus principales afluentes, en puntos distintos, así como en las entradas a los embalses y presas ubicadas en el curso del río principal. Asimismo, es necesario cuantificar el caudal desembalsado y derivado a través de la red de conducciones para el riego. Este control debe realizarse a partir de la realización de aforos puntuales (mecánicos o químicos) y con la instalación de sensores de registro continuo de la altura de la lámina de agua. El establecimiento de la correspondiente curva de gastos permitirá obtener el registro continuo del caudal en los puntos monitorizados. El objetivo de este apartado es cuantificar, con la mayor precisión posible, los recursos hídricos disponibles en el sistema.

2.2.4. Cuantificación de las extracciones (bombeos) y demandas

Es necesaria la cuantificación del caudal de bombeo en los pozos y sondeos ubicados en el acuífero, con el fin de conocer con la mayor precisión posible la extracción real de recursos que se producen en el acuífero, así como dimensionar correctamente las infraestructuras de recarga que se vayan a realizar. Esta monitorización puede estimarse mediante diferentes metodologías, como la medición directa con caudalímetros, el consumo eléctrico de la explotación o la superficie irrigada unida a la demanda del cultivo.

2.2.5. Piezometría y monitorización de los estados hidrodinámico e hidroquímico. Realización de registros verticales CE-T

Se deberán efectuar varias campañas de medidas de la profundidad del nivel piezométrico en la red de control. Si fuera conveniente, porque las variaciones piezométricas así lo aconsejaran, podrían instalarse sensores en algunos de los sondeos o piezómetros controlados. Estos dispositivos registran –con periodicidad horaria- el nivel de agua, lo que contribuiría conocer el comportamiento

hidrodinámico del acuífero frente a la recarga, así como identificar y cuantificar la existencia de tendencias (descendientes en el caso de acuíferos sometidos a una explotación intensiva).

Simultáneamente a las medidas del nivel piezométrico, se realizarán varias campañas de medidas de los parámetros físico-químicos del agua (pH, oxígeno disuelto, potencial redox, conductividad eléctrica y temperatura del agua) y se recogerán muestras para el análisis químico posterior. Estos muestreos de agua y las medidas de los parámetros físico-químicos ayudarán a conocer el punto de partida de la calidad química del agua almacenada en los materiales con mayor interés acuífero y, posteriormente, en las zonas con potencial interés para realizar la experiencia de recarga gestionada.

En los sondeos profundos, que ofrezcan una perspectiva representativa de la sección saturada del acuífero, se realizarán registros verticales de conductividad eléctrica (CE) y temperatura (T) del agua. El objetivo es caracterizar el cambio en las condiciones físico-químicas del agua en la vertical del acuífero, lo que puede condicionar la viabilidad de la explotación bajo determinadas cotas piezométricas, ya sea por aumento de la CE, contenidos en metales pesados, etc.

2.2.6. Toma de muestras y análisis sistemáticos de la composición físico-química de las aguas superficiales y subterráneas

Los parámetros físico-químicos (conductividad eléctrica, temperatura, pH, oxígeno disuelto, potencial de óxido-reducción), la composición química (componentes mayoritarios, contenido en materia orgánica y elementos traza –metales-) y los isótopos estables ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$, $\delta^{13}\text{C}$), tanto del agua superficial como subterránea, deben ser monitorizados, con el fin de determinar sus parámetros de calidad y sus variaciones en distintas condiciones hidrológicas. Disponer de esta información permitirá evaluar potenciales afecciones que puedan derivarse de la incorporación del agua superficial en el medio subterráneo (precipitación de depósitos y formación de obstrucciones, cambios en el perfil hidroquímico del agua, aumento de los contenidos en metales pesados, etc.). Del mismo modo, a partir de la información hidroquímica e isotópica se puede deducir los procesos con influencia en los cambios espaciales y temporales en la mineralización del agua subterránea.

2.2.7. Relación entre las aguas superficiales y subterráneas

Al tratarse de formaciones detríticas íntimamente ligadas a la dinámica fluvial, es necesario caracterizar las interacciones entre los cursos de agua superficial y los acuíferos (identificación de tramos de río ganadores y/o perdedores, zonas de

infiltración preferente y áreas de descarga difusa). Para ello es necesaria la realización sistemática de aforos (medidas de caudal) en distintos tramos del río y su comparación con los registros piezométricos en las diferentes zonas del acuífero.

2.2.8. Dataciones de la edad del agua subterránea en puntos representativos

En determinados sectores de los acuíferos, los flujos subterráneos pueden ser muy lentos, lo que ocasiona una renovación escasa del agua subterránea. La explotación del agua en este tipo de medios puede acarrear el descenso rápido de los niveles piezométricos, cuya recuperación se produzca muy lentamente, desde decenas hasta cientos o miles de años. El uso de herramientas hidrogeoquímicas específicas (^3H , CFC's o ^{14}C) para la estimación de la edad de las aguas, junto con los datos derivados del resto de técnicas hidrogeológicas, ayudarían a identificar sectores poco adecuados para realizar una explotación intensiva y/o plantear estrategias de recarga gestionada.

2.2.9. Evaluación de recursos

Se identificarán y cuantificarán las componentes del ciclo hidrológico que intervienen en el funcionamiento del acuífero: entradas procedentes de la infiltración de la escorrentía superficial que circula por los cauces, procedente de los retornos de riego, etc. Se evaluará la recarga por sectores mediante diferentes aproximaciones metodológicas (balance del agua en el suelo, fluctuaciones del nivel piezométrico, etc.). Estos análisis permitirán estimar el volumen medio anual de recursos renovables con los que cuenta el sistema. En el caso del balance del agua en el suelo, se llevará a cabo un análisis y tratamiento de las series de datos de precipitaciones y temperatura históricas procedentes de las estaciones meteorológicas disponibles en la región. A partir de los datos de temperatura recopilados se crearán series de evapotranspiración potencial (ETP) aplicando diversas metodologías (*Hargreaves*, *Blanney-Criddle*) y utilizando distintos valores de reserva útil del suelo o capacidad de campo.

2.2.10. Modelo conceptual de funcionamiento de los acuíferos

Una vez analizados los antecedentes, la cartografía y la información obtenida durante las fases I y II del proyecto se elaborará un modelo conceptual de funcionamiento de los acuíferos, que servirá como punto de partida o referencia para diseñar los trabajos de la etapa III. El CEHUMA coordinará y supervisará el desarrollo del modelo conceptual de funcionamiento hidrogeológico, apoyado por el Ministerio de Producción, Trabajo e Innovación del Gobierno de San Juan. El modelo será realizado

por la empresa que contrate el Gobierno de San Juan. El objetivo es establecer de la forma más precisa posible el funcionamiento hidrogeológico de cada uno de los acuíferos, su hidrodinámica, hidroquímica y modalidad de recarga, así como contar con una estimación de los recursos medios renovables y de las reservas potencialmente explotables. Por otra parte, se evaluará la viabilidad de las actividades de recarga gestionada, en cuanto a la disponibilidad de excedentes procedentes de fuentes diversas (superficial, reutilizadas, etc.) y la existencia de áreas con potencial para la inyección.

2.3. ETAPA III: IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS PILOTO POTENCIALMENTE ADECUADAS PARA EFECTUAR EXPERIENCIAS DE RECARGA GESTIONADA

El análisis conjunto de los resultados obtenidos durante la ejecución de las tareas expuestas en los apartados anteriores permitirá conocer de manera actualizada las características (límites, geometría, propiedades hidráulicas, calidad del agua, balance y sus componentes, etc.) y el funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos de los valles de Tulum y Ullum- Zonda, en los que se quieren realizar experiencias de recarga gestionada. El conocimiento hidrogeológico adquirido constituirá la base científico-técnica para la preselección de los mejores lugares de cara a desarrollar y ejecutar las experiencias piloto de recarga gestionada. Sin embargo, la selección definitiva de las zonas piloto y de las técnicas de inyección utilizadas deberán basarse en un conocimiento más preciso y profundo de las características geológicas e hidráulicas de los materiales acuíferos en cada una de las zonas alternativas, obtenido mediante técnicas de investigación adicionales, como son la aplicación de métodos geofísicos y la perforación y testificación de sondeos de reconocimiento. El control del estado químico y microbiológico de las distintas fuentes de agua deberá, igualmente, reforzarse con el diseño e implementación de rutinas de muestreo adicionales. Los trabajos contemplados en esta etapa contarán con la asesoría, supervisión y apoyo en la dirección técnica del CEHYUMA, y serán ejecutados por el Ministerio de Producción, Trabajo e Innovación del Gobierno de San Juan o por la empresa que contrate al efecto. La duración estimada de esta etapa, incluidas las campañas de prospección geofísica y la perforación de sondeos de investigación, será de 10 meses.

2.3.1. Prospección geofísica

Se diseñará una pre-campaña de prospección geofísica. Las técnicas que *a priori* podrían emplearse son los perfiles de tomografía eléctrica, que permite explorar hasta varias decenas de metros de subsuelo e identificar la disposición de materiales

con distinta permeabilidad. Los sondeos eléctricos verticales pueden emplearse para determinar la profundidad del basamento (muro) de las formaciones acuíferas. El apoyo de estas técnicas será, por lo tanto, necesario a la hora de identificar de las parcelas más idóneas para la implantación de la experiencia de recarga y la posterior selección de la más apta para tal fin.

2.3.2. Perforación, testificación de sondeos de investigación y ensayos hidráulicos

En función de los resultados derivados de la aplicación de los métodos geofísicos y del análisis de las columnas de sondeos previos, se determinará la conveniencia de realizar nuevas perforaciones. La profundidad de los sondeos a realizar variará según el sector acuífero que se pretenda captar. De este modo se podrán reconocer los niveles del acuífero con mejores características hidráulicas o donde se puedan recargar los caudales más elevados. Los sondeos que se ubiquen aguas abajo y aguas arriba de las áreas de recarga se integrarán posteriormente a las redes de control piezométrico y de calidad del agua. Como complemento de las metodologías descritas en los apartados anteriores, en los sondeos perforados y preexistentes, se efectuarán ensayos de bombeo bajo distintas condiciones de explotación. El objetivo será evaluar los parámetros hidráulicos de las formaciones acuíferas (transmisividad, coeficiente de almacenamiento, porosidad eficaz). Todas estas pruebas permitirán precisar la capacidad de admisión (caudales de inyección) de la formación geológica receptora.

2.3.3. Selección de áreas piloto

A partir de las conclusiones derivadas del estudio de alternativas, se seleccionarán varias áreas piloto que tengan un mayor interés para llevar a cabo las experiencias de recarga gestionada y sus zonas de influencia. Para la recarga existen tres planteamientos básicos: uno consistente en hacer la recarga mediante balsa, otro mediante inyección directa a través de perforaciones, y el tercero mediante escareo de lechos fluviales. El primero tiene la ventaja de que permite aprovechar la capacidad de depuración natural del terreno, mientras que el segundo minimiza las pérdidas por evaporación que tienen lugar durante el proceso de infiltración. Además, es el más adecuado en caso de que el acuífero a recargar esté confinado. El tercer método implica un menor coste en infraestructuras y por ocupación de superficie. El origen del agua que se pretenda aprovechar y el contexto hidrogeológico determinarán la idoneidad del sistema de recarga.

La ejecución de estos trabajos específicos (emplazamiento y construcción de las infraestructuras) correrá a cargo de empresas externas, si bien, para la interpretación de los resultados se contará en todo momento con la dirección técnica, el asesoramiento y supervisión del CEHIUMA.

3. PLAZOS DE EJECUCIÓN

Para elaborar la memoria del proyecto se estima necesario un periodo mínimo de 18 meses, con objeto de poder analizar de manera detallada los resultados obtenidos en cada una de las fases de investigación planteadas en el proyecto y la redacción del informe correspondiente (véase el cronograma adjunto). En el cronograma adjunto se indican las tareas a realizar según el plan de trabajo y el nombre de las entidades responsables y participantes en cada actividad. No obstante, la duración real puede verse alterada en función de los resultados obtenidos en cada etapa. En el cronograma adjunto a esta memoria se detalla el alcance temporal de cada una de las actividades.

4. EQUIPO DE TRABAJO

El equipo de trabajo estará formado por los técnicos e investigadores del **Centro de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (CEHIUMA)**, dirigido por el **Profesor Dr. Bartolomé Andreo Navarro**, director de dicho centro y Catedrático de Geodinámica Externa (Hidrogeología) de la Universidad de Málaga. Además, participará el personal designado por el Ministerio de Producción, Trabajo e Innovación del Gobierno de San Juan.

5. PRESUPUESTO

El importe total de los servicios encargados en virtud de la presente oferta, para dirección técnica, asesoramiento y supervisión es de **trescientos cuarenta y siete mil ochocientos cuarenta euros (347.840,00 €)**. El importe indicado no incluye el Impuesto sobre el Valor Añadido (**IVA, 21%**).

Los trabajos hidrogeológicos de campo, de laboratorio y gabinete, así como la exploración geofísica y los sondeos serán contratados directamente por el Ministerio de Producción, Trabajo e Innovación del Gobierno de San Juan a las empresas que corresponda. Igualmente, toda la infraestructura necesaria de obra civil asociada al proyecto correrá por cuenta de dicha institución.



San Juan
Gobierno

Para la realización de los trabajos será necesario firmar un contrato a través de la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (O.T.R.I.) de la Universidad de Málaga.

6. CRONOGRAMA

nº		mes																								Responsables	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
2.1.	RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES Y REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE																									CEHIUMA-MPTI	
2.1.1.	Recopilación e interpretación de la cartografía temática disponible	█																									CEHIUMA
2.1.2.	Interpretación de la información geológica y geofísica	█																									CEHIUMA
2.1.3.	Revisión de la información hidroclimática del área de estudio	█																									CEHIUMA
2.1.4.	Análisis de las series hidrológicas existentes	█																									CEHIUMA
2.1.5.	Revisión de la información hidrogeológica	█																									CEHIUMA
2.1.6.	Caracterización preliminar del estado del sistema, diagnosis y definición de las líneas de actuación	█																									CEHIUMA
2.2.	ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DETALLADO																									CEHIUMA	
2.2.1.	Creación de un inventario de puntos de agua y definición de una red de control hidrogeológico		█																								CEHIUMA
2.2.2.	Delimitación y geometría del acuífero		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	CEHIUMA
2.2.3.	Control fononómico de los cursos de agua superficial		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	CEHIUMA-MPTI
2.2.4.	Cuantificación de las extracciones (bombeos) y demandas		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	CEHIUMA-MPTI
2.2.5.	Piezometría y monitorización de los estados hidrodinámico e hidroquímico. Realización de registros verticales CE-T		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	CEHIUMA-MPTI
2.2.6.	Toma de muestras y análisis sistemáticos de la composición fisicoquímica de los cursos superficiales de agua y de las aguas subterráneas																										CEHIUMA
2.2.7.	Relación entre las aguas superficiales y subterráneas																										CEHIUMA
2.2.8.	Dataciones de la edad del agua subterránea en puntos representativos																										CEHIUMA
2.2.9.	Evaluación de recursos																										CEHIUMA
2.2.10.	Modelo conceptual de funcionamiento de los acuíferos																										CEHIUMA
2.3.	INVESTIGACIÓN DE DETALLE E IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS PILOTO ADECUADAS PARA EFECTUAR LAS PRUEBAS DE RECARGA																									CEHIUMA-MPTI	
2.3.1.	Prospección geofísica																										MPTI
2.3.2.	Perforación, testificación de sondeos de investigación y ensayos hidráulicos																										MPTI
2.3.3.	Selección de áreas piloto																										CEHIUMA

Centro de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (CEHIUMA) y Ministerio de Producción, Trabajo e Innovación del gobierno de San Juan (MPTI)