

## ANEXO: FORMULARIO

### Formulario para Presentación de Propuesta de Proyecto

<b>Región</b>	Venezuela		
<b>Acuerdo regional/ de cooperación</b> (si procede)	ARCAL	<b>Nº de prioridad otorgado por el acuerdo regional/de cooperación</b> (para conceptos propuestos bajo los auspicios de los acuerdos regionales/de cooperación)	M2
<b>Título</b>	<b>Evaluación de los recursos hídricos presentes en las grandes urbes de América Latina y el Caribe, mediante la aplicación de técnicas hidrogeoquímicas y de isótopos ambientales</b>		
<b>Esfera de actividad</b>	Insuficiente evaluación del impacto de la contaminación por plaguicidas, compuestos orgánicos persistentes, metales pesados y otros contaminantes de origen antropogénico y natural en aguas y suelos (M2).		
<b>Nombres y datos de contacto de las contrapartes del proyecto y las instituciones de contraparte (comenzando con la contraparte principal)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Dr. Ramón Luis Montero Mudarra Laboratorio de Hidrogeoquímica, Instituto de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela; correo-e: <a href="mailto:ramon.montero@ciens.ucv.ve">ramon.montero@ciens.ucv.ve</a>; <a href="mailto:ramon.montero@ucv.ve">ramon.montero@ucv.ve</a>; <a href="mailto:mudarra.montero@gmail.com">mudarra.montero@gmail.com</a></li> <li>2) Ing. Obed Michel Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN), Gerencia de Desarrollo Minero, Unidad de Gestión Ambiental; Gerencia de Proyectos de Desarrollo Minero; correo-e: <a href="mailto:obedmichel1974@gmail.com">obedmichel1974@gmail.com</a></li> <li>3) M.Sc. Fernando Decarli Ministerio del Poder Popular para la Atención a las Aguas (MinAguas); correo-e: <a href="mailto:fdecarli@gmail.com">fdecarli@gmail.com</a></li> <li>4) Ing. Osmar Zambrano Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH); correo-e: <a href="mailto:osmarleoz@gmail.com">osmarleoz@gmail.com</a></li> <li>5) M.Sc. Suher Carolina Yabroudi Centro de Investigación del Agua, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia; correo-e: <a href="mailto:yabroudic@yahoo.com">yabroudic@yahoo.com</a></li> <li>6) Dr. Herve Jegat Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT), Universidad de Los Andes (ULA); Correo-e: <a href="mailto:hjegat@ula.ve">hjegt@ula.ve</a></li> <li>7) Lenis Carolina Prrado Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT), Universidad de Los Andes (ULA); Correo-e: <a href="mailto:leniscarolap@gmail.com">leniscarolap@gmail.com</a></li> </ol>		

<b>Análisis de los problemas/deficiencias/necesidades regionales</b>	<p><i>Presente un análisis en profundidad de los principales problemas/necesidades que abordará el proyecto, así como de sus causas y efectos, y explique cómo están vinculados con los planes o marcos regionales de desarrollo (o equivalente). Mencione los esfuerzos realizados anteriormente para abordar esos problemas/necesidades, si los hubiere, y explique cómo la actual propuesta de proyecto se inspira en ellos. Adjunte documentos de apoyo (por ejemplo, el texto de los planes regionales de desarrollo).</i></p> <p>La humanidad es el principal agente geomórfico que afecta la superficie de la Tierra (Sherlock, 1922; Underwood, 2001), quizás solo superada por la agricultura, el proceso de urbanización es la principal actividad que actualmente afecta al planeta. Durante las últimas décadas América Latina ha experimentado un acelerado proceso de urbanización. Hoy en día, alrededor del 80% de los latinoamericanos viven en zonas urbanas; por su parte, en Asia el porcentaje es sólo del 50%, mientras que en África escasamente llega al 40%. Esto hace de Latinoamérica la región más urbanizada del mundo en desarrollo; por ende, también donde los desafíos de un mundo cada vez más urbano se hacen si cabe, más apremiantes (El Observador, 2017). En ese sentido, Mahlknecht (2013) señala que, en la segunda mitad del siglo pasado, América Latina y el Caribe experimentaron un crecimiento demográfico sin precedente en su historia; es decir, la población aumentó de 167 millones en 1950 a 590 millones de habitantes en 2010. Este autor agrega además que, de acuerdo con las estimaciones de las Naciones Unidas, la región alcanzará 723 millones de habitantes para el año 2030. Esto equivaldría a crear una nueva ciudad de 560000 habitantes cada mes. Mahlknecht (2013) puntualiza que el crecimiento demográfico ha estado acompañado de una concentración notable en las áreas urbanas; a saber: en el año 1950, 42 % de la población vivió en ciudades; en el año 2000, 75%; en el 2010, 80 %, mientras que la proyección para el año 2030 es de 84 %. Este desarrollo urbano y la expansión urbana impactarán y aumentarán la dependencia de los sistemas de agua subterránea al tiempo que alteran los procesos de este reservorio hídrico a nivel local y regional, esto además puede consecuentemente potenciar la aparición de cambios profundos en el ciclo hidrológico a diferentes escalas (Coxito et al., 2004; Hibbs y Sharp, 2012).</p> <p>El acelerado crecimiento poblacional ha traído como consecuencia, un aumento importante y hasta desmesurado en el consumo de agua con fines potables, domésticos, industriales, ornamentales, comerciales, de riego intensivos, de recreo, parques, entre otros; así como la concentración de vehículos, industrias y otras fuentes contaminantes. En ese sentido, las megaciudades y la expansión urbana cubren grandes áreas de todos los continentes, y con ello producen la conversión de tierras naturales, agrícolas y otras tierras de baja densidad de población a ciudades o áreas urbanas cambiando la hidrología del área, afectando además a los sistemas de agua subterránea y, en particular, sus aspectos físicos, hidrogeoquímicos con las implicaciones que esto trae sobre los recursos hídricos (Sharp, 2010).</p> <p>La tendencia a la explotación intensiva del recurso hídrico con el subsecuente agotamiento de los reservorios superficiales y a un cada vez más creciente uso del agua contenida en los acuíferos; así como al elevado consumo de agroquímicos, al empleo de prácticas productivas inadecuadas y al insuficiente tratamiento de residuos agrícolas, urbanos e industriales, ha conllevado a la contaminación de aguas, suelos, plantas, alimentos, flora, fauna y aire. Es pertinente señalar que la explotación sostenible de los recursos y la gestión ambiental requiere, entre otras, técnicas que permitan la caracterización química de diferentes muestras, a lo que pueden responder eficazmente las técnicas nucleares, por lo que son muy demandadas por instituciones responsables de la gestión ambiental (OIEA-PER, 2015).</p> <p>Durante el desarrollo de las grandes ciudades, potenciales áreas de recarga ubicadas a nivel de piedemonte de las regiones montañosas que las circundan son vulneradas o eliminadas, esto como consecuencia de la construcción de grandes urbanismos, así como por la deforestación de importantes zonas boscosas. Igualmente, la construcción y asfaltado de vías de acceso y de circulación pueden conllevar a limitar la recarga local del agua subterránea, lo que acarrea a que, en atención al equilibrio hidrológico, sólo ocurra la infiltración profunda producto del régimen de flujo regional, permitiendo que ocurra un déficit de agua en lo que a este equilibrio se refiere. Por ello, durante los eventos de precipitación atmosférica, grandes volúmenes de agua se manifiestan como escorrentía superficial, mientras que la escorrentía subterránea tiene poca preponderancia (González et al., 2015).</p> <p>El proceso de urbanización, dado su dinamismo y su complejo accionar e influencia sobre los reservorios de aguas subterráneas y superficiales presentes, en general incluyen una serie de cambios de repercusiones inmediatas en el ciclo hidrológico local; a saber: inundaciones que resultan de un mayor sellado del suelo, aumento de la recarga de los sistemas de servicios públicos con fugas, cambios en el riego y el flujo de retorno del agua entregada, modificación de las rutas del flujo subterráneo debido a la infraestructura urbana subterránea, escasez de</p>
--	--

agua asociada al aumento del consumo, cambios en los regímenes de ríos y aguas subterráneas, así como la contaminación del agua (Rogers, 1994; Strohschon et al., 2013; Hibbs, 2016; Wakode et al., 2018). No obstante, existen efectos de inundaciones en áreas urbanizadas, atribuibles al aumento de la cubierta impermeable y los desagües pluviales que canalizan la precipitación de las carreteras, los techos y los estacionamientos hacia los arroyos. La cobertura "impermeable" es un índice importante en áreas de urbanización y se considera la característica más dominante y relevante que conduce a severos impactos hidrológicos (Arnold y Gibbons, 1996).

En las grandes ciudades los acuíferos someros son, por un lado, importantes elementos para el abastecimiento urbano. Por otro lado, su existencia supone posibles interacciones con edificios e instalaciones, los cuales a su vez pueden afectar al nivel freático; esto además trae como consecuencia, que dichos acuíferos puedan ser directamente impactados y por ende contaminados por las aguas servidas provenientes de los sistemas de distribución dañados o inexistentes, por los lixiviados de los desechos municipales, por los fertilizantes, pesticidas y herbicidas usados en jardines, parques y en áreas de recreación; así como por la presencia de derivados de la gasolina u otros derivados del petróleo como los BTEX (benceno, tolueno y etil-xilenos) provenientes de las áreas de almacenamiento de los mismos o de las estaciones de combustibles, disolventes orgánicos (tri-, tetra-, per-cloroetileno), detergentes y sustancias similares, de componentes de B y EDTA, incluyendo además a productos farmacéuticos de uso común entre los que destacan sulfonamidas, analgésicos, antiinflamatorios, antihipertensivos, antidepresivos, medicamentos para diabéticos, modificadores sanguíneos, antiepilépticos, entre otros y sus productos de degradación (Bolton et al., 1993; Krause y Schöler, 2000; Drewes et al., 2003). Es evidente que esta posible variedad de productos de origen diverso, infiltrados directamente o indirectamente sobre estos cuerpos de aguas, pueden modificar de manera apreciable su calidad química y microbiológica y con ello, afectar la salud de la población que accede a este vital recurso como fuente de suministro doméstico o potable.

Pero también los acuíferos más profundos bajo el área urbana tienen interés por su importante papel geotécnico y como fuente de agua urbana, tanto en el pasado, como actualmente y en el futuro (Custodio, 2004). Todos esos acuíferos son con frecuencia objeto de explotación intensiva (Llamas y Custodio, 2003) en condiciones de recarga que han sido drásticamente modificadas y de modo que se favorece la penetración de contaminantes artificiales a causa de las actividades urbanas y peri-urbanas (Howard y Gelo, 2003; Lawrence y Cheney, 1996).

En general, el área urbana de una población y muchas de las áreas peri-urbanas son en primer lugar objeto de una explotación intensiva del agua subterránea, lo que conlleva a aspectos tales como: un inicial descenso del nivel freático, seguido del posterior ascenso de este nivel por abandono de los pozos lo que repercute en el decrecimiento de la explotación de agua subterránea por deterioro general de sus condiciones; esto a su vez, puede producir la subsidencia del terreno cuando se trata de sedimentos recientes, a causa de la disminución de la presión intersticial o bien colapsos locales si hay cavidades kársticas o sifonamiento y arrastre de arenas (Poland y Davis, 1969; Custodio, 2004). Es importante señalar que el abandono de pozos y otras obras de captación de agua subterránea, es frecuentemente asociado a la mala calidad del agua debido a la presencia entre otros a componentes de interés sanitario que se usan como indicadores de contaminación, tales como ciertos microorganismos, amonio y nitritos, alto contenido en nitratos, aumento de la dureza y de la salinidad del agua (Custodio, 2004).

En ese sentido y en atención a lo anteriormente señalado, el uso de los isótopos estables  $^2\text{H}$  (D),  $^{18}\text{O}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{13}\text{C}$  y  $^{34}\text{S}$ , así como de los radioisótopos  $\text{T}$  y  $^{14}\text{C}$  y de recursos hidrogeoquímicos que involucra la determinación en solución de las especies químicas  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  y de la sílice disuelta ( $\text{SiO}_2$ ) entre otras, en la evaluación de reservorios hídricos ubicados en áreas altamente urbanizadas incluyendo a las aguas de precipitación, pueden constituirse en una herramienta importante que permitirían obtener conocimientos acerca del funcionamiento de acuíferos severamente impactados por factores diversos y complejos como los que prevalecen en las áreas urbanas y periurbanas de América Latina y del Caribe, donde de acuerdo a Custodio (2004) el ambiente subterráneo es sometido a entradas y salidas variables y cambiantes, según una disposición tridimensional, con diversos cuerpos de agua de diferente calidad que se mueven, se mezclan en sus bordes, se dispersan y se difunden, conllevando a la generación de un modelo conceptual utilizable necesariamente simplificado con respecto a la realidad, identificando sus actuales áreas de recarga naturales y antrópicas asociadas con las actividades domésticas y de descarga, su dirección de flujo, el movimiento de solutos y de contaminantes y de la identificación de sus fuentes, así como de la calidad del agua contenida en dichos acuíferos. Tal conocimiento puede permitir la protección, gestión

integrada y gobernabilidad de los recursos hídricos subterráneos, constituyéndose en una valiosa contribución en la ordenación del proceso de desarrollo de una región en particular cuyo recurso hídrico primordial provenga de sus reservas subterráneas, para lograr la armonía entre los diversos usos posibles, sin provocar desequilibrio, garantizando que la utilización de los medios naturales contemple su sustentabilidad permanente y contribuya para la mejoría de la calidad de vida de las poblaciones involucradas y de sus generaciones futuras.

#### REFERENCIAS

- Arnold, C.L., Jr., and Gibbons, C.J., 1996, Impervious surface coverage: The emergence of a key environmental indicator: *Journal of the American Planning Association.*, v. 62(2), p. 243–258.
- Bolton, Jr. H., Workman, J.W. y Girvin, D.C., 1993. Biodegradation of synthetic chelates in subsurface sediments from the southeast coastal plane. *J. Environ. Qual.*, 22: 125-132.
- Coxito Alfonso, M.J., Chamine, H.I., Gomes, A., Teixeira, J., Araujo, M.A., Fonseca, P.E., Carvalho, J.M., Marques, J.M., Marques da Silva, M.A. y Rocha, F.T., 2004. Cartografia geológica e geomorfológica da área metropolitana do Porto: implicações na gestão dos recursos hídricos subterráneos. *Xeográfica, Revista de Xeografia, Território e Meio Ambiente*, Nº 4, 101-115.
- Custodio, E. 2004. Hidrogeología urbana: una nueva rama de la ciencia hidrogeológica. *Boletín Geológico y Minero*, 115, Núm. especial: 283-288.
- Drewes, J.E., Heberer, Th., Rauch, T. y Reddersen, K. 2003. Fate of pharmaceuticals during groundwater recharge. *Ground Water Monitoring and Remediation*, 23 (3): 64-72.
- El Observador 21, 2017. América Latina es la región más urbanizada del mundo en desarrollo. [www.elobservador.com.uy](http://www.elobservador.com.uy)
- González, Ernesto J., Matos, María L., Buroz, Ochoa-Iturbe, Eduardo J., Machado-Allison, Antonio, Martínez, Róger y Montero, Ramón, 2015. Agua Urbana en Venezuela. En: G. Roldán, M.L. Torregrosa, K. Vammen, E.J.González, C. Campuzano y A. de la Cruz (Eds.). *Desafíos del Agua Urbana en las Américas. Perspectivas de las Academias de Ciencias. Inter-American Network of Academies of Sciences (IANAS) – Programa de Aguas*, con apoyo de IHP-UNESCO. México: 574-619.
- Hibbs, Barry J., 2016. Groundwater in Urban Areas. *Universities Council on Water Resources Journal of Contemporary Water Research & Education Issue 159, Pages 1-4.*
- Hibbs, B.J., and Sharp, J.M., Jr., 2012. Hydrogeological impacts of urbanization. *Environmental and Engineering Geoscience*, v. 18, no. 1, p. 3-24, doi: 10.2113/gsegeosci.18.1.3.
- Howard, K.W.F. y Gelo, K.K. 2003. Intensive groundwater use in urban areas: the case of megacities. *Intensive Use of Groundwater* (Ed. Llamas y Custodio). Balkema, Lisse: 35-58.
- Krause, S. y Schöler, H.F. 2000. The behaviour of N-(phenylsulfonyl)-glycine and phenacetin in a municipal sewage treatment plant: a case study. *Chemosphere*, 40: 375-381.
- Lawrence, A.R. y Cheney, C. 1996. Urban groundwater. *Urban Geoscience* (Ed. McCall, de Moulder, Merker). Balkema, Rotterdam: 61-80.
- Lancia, Michele, Zheng, Chunmiao, Yi, Shuping, Lerner, David N., Andrews, Charles, 2019. Analysis of groundwater resources in densely populated urban watersheds with a complex tectonic setting: Shenzhen, southern China. *Hydrogeology Journal*, 27:183–194.
- Llamas, R. y Custodio, E., 2007. Aguas subterráneas. *Afers Internacionales*, núm. 45-46, pp. 35-57.
- Mahlknecht, Jürgen, 2013. In book: *Diagnóstico de los recursos hídricos en América Latina (Diagnostics of Latin American Water Resources)*, Chapter: Los recursos hídricos y la gestión del agua en América Latina y el Caribe: un panorama (Water resources and water management in Latin America and the Caribbean: an outlook)., Publisher: Pearson Education, Editors: Jürgen Mahlkecht, Ernesto Pasten, pp.xxi – xliii.
- OIEA-PER, 2015. Perfil Estratégico Regional para América Latina y el Caribe (PER) 2016-2021. IAEA-TECDOC-1763.
- Poland, J.F. y Davis, G.H. 1969. Land subsidence due to the withdrawal of fluids. *Reviews in Engineering Geology. Geological Society of America*, II: 187-230.
- Rogers, P., 1994. Hydrology and water quality. *Changes in land use and land cover: A global perspective*. 4Sherlock, R.L., 1922, *Man as a Geological Agent*: H.F. & G. Witherby, London, 372p.
- Sharp, John M., Jr., 2010. The impacts of urbanization on groundwater systems and recharge.

	<p>AQUAmundi - Am01008: 051 – 056, DOI: 10.4409/Am-004-10-0008.</p> <p>Strohschon,R., Wiethoff,K., Baier,K., Lu,L., Bercht,A.L., Wehrhahn,R., &amp; Azzam, R., 2013. Land use and wáter quality in Guangzhou, China: Asurvey of ecological and Social vulnerability info ururban units of the rapidly developing megacity. International Journal of Environmental Research, 7, 343–358.</p> <p>Underwood, J. R., Jr, 2001, Anthropic rocks as a fourth basic class: Environmental and Engineering Geoscience, v. 7, p. 104-110.</p> <p>Wakode, H.B., Baier, K., Jha, R., Azzam, R., 2018. Impact of urbanization on groundwater recharge and urban wáter balance for the city of Hyderabad, India. International Soil and Water Conservation Research, 6, 51–62.</p>
<b>¿Por qué debería ser un proyecto regional?</b>	<p><i>Indique por qué es mejor abordar estos problemas/necesidades mediante un proyecto regional (por oposición a uno nacional)</i></p> <p>La región de América Latina y el Caribe concentra un tercio de los recursos hídricos renovables del mundo, que idealmente debería satisfacer la demanda de su población que representa el 9% de la población mundial. Del mismo modo, existe en la región un volumen significativo de recursos hídricos subterráneos, que algunos países utilizan de manera intensiva. Además, esta región tiene las mayores reservas de tierras cultivables en el planeta; sin embargo, el informe PNUMA (2000) indica que la región tiene el 16% del total de suelos degradados del planeta. Las causas son la tala indiscriminada, el pastoreo excesivo, la expansión de áreas agrícolas, los incendios y el vertiginoso crecimiento demográfico experimentado en las últimas décadas, cuyo producto ha sido traducido en la creación de pequeñas, medianas y grandes urbes. Hibbs y Sharp (2012), Hibbs (2016) y Lancia (2019) señalan que el proceso de urbanización crea cambios hidrogeológicos de importancia debido a la fuerte relación entre los acuíferos y la infraestructura antrópica, alterando con ello los sistemas de aguas subterráneas correspondientes tanto física como químicamente. Estos cambios incluyen la cobertura de los sistemas subterráneos pocos profundos, aumento de la recarga desde los sistemas de servicios públicos con fugas y el flujo de retorno de riego, cambios drásticos en la porosidad secundaria del subsuelo y de la permeabilidad de los servicios públicos y otras construcciones y efectos asociados a los recursos hídricos importados.</p> <p>Dada la complejidad de las actividades urbanas, sus impactos se traducen en la creación de problemas de contaminación heredada y moderna, en sus depósitos de agua superficial y subterránea y del suelo de fuentes puntuales y no puntuales.</p> <p>Teniendo en cuenta que los problemas de pérdida de calidad de los recursos hídricos parecen ser comunes en América Latina y el Caribe, debido a la contaminación asociada con las prácticas urbanas y con la necesidad de evaluar y comprender el impacto y los cambios que en las cuencas hidrográficas altamente urbanizadas han ocurrido, así como sus causas y efectos, surge este proyecto, cuyo propósito pretende integrar y comparar los resultados obtenidos en cuencas similares en diferentes áreas de América Latina y el Caribe. En ese sentido, el uso de los isótopos ambientales junto con la aplicación de herramientas hidrogeoquímicas pueden ser de utilidad en los antes citados propósitos. Esto además, está en consonancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (SDG 6), promoviendo el uso de la hidrología isotópica en América Latina.</p>
<b>Análisis de las asociaciones y partes interesadas</b>	<p><i>Describe el análisis realizado de las partes interesadas, indicando todas las interesadas o afectadas, los usuarios finales, los beneficiarios, los patrocinadores y los asociados identificados, y defina claramente las funciones de cada entidad.</i></p> <p>En el contexto de las asociaciones y partes interesadas en América Latina y el Caribe, existen entidades públicas y privadas con experiencia analítica, instrumental, humana, política, social y legal, así como con experticia suficiente que permitan la conducción hacia una gestión sostenible y segura de los recursos hídricos. En ese sentido, los beneficiarios de los resultados del proyecto son todas las instituciones y entidades estatales y de investigación responsables de la gestión de los recursos naturales, incluidos los institutos de investigación empresarial e hidrológica y de los recursos hídricos, hidroeléctricos, meteorológicos, forestales, agrícolas y ganaderos; pueden también ser incluidos grupos ambientalistas organizados (ONG) y población organizada en cooperativas y/o frentes campesinos, ministerios de medio ambiente, agricultura y tierra, industria y todos aquellos relacionados con las autoridades de competencia</p>

	<p>regionales y nacionales en el desarrollo de políticas y leyes que conduzcan a la toma de decisiones sobre sostenibilidad manejo de recursos hídricos y suelo. Desde el punto de vista de universidades, centros públicos, privados y de investigación, América Latina y el Caribe cuenta con recursos humanos calificados que consisten en hidrogeoquímicos, geoquímicos, químicos, geólogos, hidrogeólogos e hidrólogos que desarrollan trabajos de investigación relacionada con estudios hidrológicos, hidrogeológicos e hidrogeoquímicos de aguas subterráneas, manantiales, formación y superficial, con amplia experiencia en la captación, preservación y análisis de muestras de agua de origen diverso: Asimismo, han desarrollado metodologías para el análisis de aguas que incluyen: determinación de especies químicas mayoritarias y minoritarias <math>\text{Na}^+</math>, <math>\text{K}^+</math>, <math>\text{Ca}^{2+}</math>, <math>\text{Mg}^{2+}</math>, <math>\text{Cl}^-</math>, <math>\text{F}^-</math>, <math>\text{HCO}_3^-</math>, <math>\text{SO}_4^{2-}</math>, <math>\text{NO}_3^-</math>, <math>\text{PO}_4^{3-}</math> y <math>\text{SiO}_2</math> (sílice disuelta) y de elementos traza como B, Li, Rb, Sr, Ba, Al, Fe, Mn, Cu, Ni, Zn, As y Hg; para ello, tienen a su disposición una serie de equipos analíticos tales como espectrofotómetro de absorción atómica y emisión, cromatografía iónica, ICP-OES y analizador elemental Hg; mientras que para la determinación de compuestos asociados con herbicidas, pesticidas, fertilizantes y algunos aromáticos en soluciones acuosas y matriz orgánica por cromatografía de gases y HPLC. También en la región existen laboratorios con amplia experiencia en el desarrollo e implementación de proyectos de Hidrología, Hidrogeología, Agroambiente y Paleoambiente a menudo respaldados por el OIEA, con la capacidad analítica para medir deuterio (<math>^2\text{H}</math>) y oxígeno 18 (<math>^{18}\text{O}</math>) en muestras de agua subterránea y agua superficial usando Espectrómetros de Masas de Relaciones Isotópicas (IRMS); entre estos se pueden mencionar el Laboratorio de Suelo y Agua CIDIAT-ULA (Venezuela), el Grupo de Física Nuclear USB (Venezuela), el Instituto e Ciencias de la Tierra de la Universidad Central de Venezuela, el Instituto de Geología y Minería (INGEOMIN), instituto venezolano capacitado no sólo para desarrollar proyectos mineros, sino además, para estudiar el impacto ambiental asociado con esta actividad, así como también para abordar estudios de corte ambiental; importante destacar a nivel regional, el Centro de Agua para América Latina y el Caribe (México), el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), el Centro de Investigación para la Contaminación Ambiental-CICA (Costa Rica), la Universidad Nacional de Río Cuarto (Argentina), la Universidad de Antioquia (Colombia), el Laboratorio de Isótopos Ambientales (Chile) y el Laboratorio de Isótopos Estables (Argentina), entre otros. Igualmente importante es que entre las asociaciones y los contactos de las partes interesadas, mantengan una estrecha colaboración con la Oficina Regional y el País de las diversas organizaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el Programa Mundial de Alimentos (PMA) y la Comisión Económica para América Latina (CEPAL).</p>
<b>Objetivo general (u objetivo de desarrollo)</b>	<p><i>Indique el objetivo al que contribuirá el proyecto, y demuestre su vinculación con un programa o prioridad, de carácter regional o más amplio, en materia de desarrollo. El objetivo debe ajustarse a los problemas/necesidades identificados.</i></p> <p>Contribuir al conocimiento de los factores y procesos que controlan calidad de las aguas subterráneas contenidas en acuíferos ubicados en áreas altamente urbanizadas de América Latina y el Caribe, a través del uso de isotopos ambientales y de herramientas hidrogeoquímicas.</p>

<b>Análisis de los objetivos</b>	<p><i>Elabore un árbol de objetivos para destacar la estructura jerárquica de los objetivos, así como la lógica causa-efecto que se espera lograr con este proyecto.</i></p> <p>En atención al árbol de objetivos, fueron identificados jerárquicamente los siguientes objetivos específicos:</p> <p>1) Recursos hídricos hidrogeoquímica e isotópicamente evaluados</p> <p>Para alcanzar este objetivo, cada país debe capturar al menos 30 muestras de agua subterránea durante las temporadas de lluvia y de sequía, así como muestras de agua de los principales cursos de aguas superficiales existentes y de precipitación atmosférica. Simultáneamente, durante la fase de campo, serán medidos "in situ" los parámetros fisicoquímicos Eh, pH, conductividad eléctrica, temperatura y alcalinidad (lluvias y estaciones secas).</p> <p>Posteriormente, en el laboratorio se debe implementar la determinación de las especies químicas mayoritarias y minoritarias <math>\text{Na}^+</math>, <math>\text{K}^+</math>, <math>\text{Ca}^{2+}</math>, <math>\text{Mg}^{2+}</math>, <math>\text{Cl}^-</math>, <math>\text{F}^-</math>, <math>\text{HCO}_3^-</math>, <math>\text{SO}_4^{2-}</math>, <math>\text{NO}_3^-</math> y <math>\text{SiO}_2</math> (sílice disuelta) en las muestras de agua subterránea, superficial y pluvial tomadas. Asimismo, la posterior determinación de los isótopos ambientales <math>^2\text{H}</math>, <math>^{18}\text{O}</math>, <math>^{15}\text{N}</math>, <math>^{13}\text{C}</math>, <math>^3\text{H}</math> y <math>^{34}\text{S}</math>, permitirán no sólo el fortalecimiento del uso de esta importante herramienta isotópica en estudios de hidrología, hidrogeología e hidrogeoquímica en América Latina y el Caribe, sino además permitirá la identificación de los factores y procesos que determinan la calidad química de las aguas subterráneas y superficiales; así como, evaluar el origen e impacto del proceso de contaminación de los cuerpos de aguas subterráneos por las actividades urbanas y peri-urbanas.</p> <p>Importante destacar el aporte que los isótopos <math>^{18}\text{O}</math> y <math>^2\text{H}</math>, permitirán arrojar en función de conocer el origen del agua presente en las urbes, diferenciándola de la proveniente del agua de lluvia, de la utilizada en regadíos, de la proveniente de las aguas servidas y de la utilizada con fines potable. Por su parte, los isótopos <math>^{15}\text{N}</math>, <math>^{13}\text{C}</math> y <math>^{34}\text{S}</math> permitirán identificar la fuente de los contaminantes que pudiesen estar alcanzado al sistema subterráneo, derivados de las complejas actividades urbanas.</p> <p>2) Mejorado el conocimiento de la dinámica del agua subterránea presente en cuencas altamente urbanizadas.</p> <p>Es conocido que los acuíferos severamente impactados por factores diversos y complejos como los que prevalecen en las áreas urbanas y periurbanas de América Latina y del Caribe, son sometidos a entradas y salidas variables y cambiantes, con diversos cuerpos de agua de diferente calidad que se mueven, se mezclan en sus bordes, se dispersan y se difunden, conllevando a la generación de un modelo de funcionamiento conceptual utilizable necesariamente simplificado con respecto a la realidad, identificando sus actuales áreas de recarga y descarga naturales y antrópicas asociadas con las actividades domésticas, las probables interconexiones hidráulicas entre los diferentes cuerpos de aguas, su dirección de flujo, el movimiento de solutos y de contaminantes y de la identificación de sus fuentes, así como de la calidad del agua contenida en dichos acuíferos. Para alcanzar este objetivo, es necesario poder caracterizar desde el punto de vista de los isótopos estables <math>^{18}\text{O}</math> y <math>^2\text{H}</math> todos los reservorios hídricos presentes en el área urbanizada de interés, esto incluye a las aguas subterráneas, superficiales, servidas, de uso potable y a las aguas de lluvia; asimismo, es importante disponer del inventario de pozos, de estudios hidrogeológicos previos, de la geología del área y de toda aquella información que pueda ser de interés. Es igualmente necesario, evaluar la presencia del <math>^3\text{H}</math> en las aguas de lluvia y las aguas subterráneas, ya que proporcionan información sobre el tiempo de tránsito o de renovación del agua de un sistema.</p> <p>3) Identificadas las fuentes y mecanismos de transporte de los contaminantes presentes en aguas subterráneas de las áreas urbanizadas.</p> <p>El logro de este objetivo puede ser realizado mediante la determinación de los isótopos</p>
----------------------------------	--

	<p>estables <math>^{15}\text{N}</math> y <math>^{18}\text{O}</math> en la molécula de <math>\text{NO}_3^-</math>, <math>^{34}\text{S}</math> y <math>^{18}\text{O}</math> en la molécula de <math>\text{SO}_4^{2-}</math> y de <math>^{13}\text{C}</math>. En ese sentido, se pueden elaborar mapas de distribución espacial de la concentración de <math>\text{NO}_3^-</math>, <math>\text{SO}_4^{2-}</math> y materia orgánica disuelta y de su posible correlación en las áreas evidentemente contaminadas. La composición isotópica del azufre del sulfato o de alguna sal o compuesto con azufre permite: conocer el origen de la salinidad, discriminar entre sulfato natural y antrópico, inclusive entre diferentes fuentes antrópicas. Por su parte, el <math>^{15}\text{N}</math> en la molécula de <math>\text{NO}_3^-</math> puede permitir identificar entre otras, si la fuente de ciertos nutrientes como el N es de origen animal, vegetal o asociado al uso de fertilizantes. Mientras que el <math>\delta^{13}\text{C}</math> del carbono disuelto en el agua subterránea, es frecuentemente originado por la disolución de minerales, del humus del suelo y de la descomposición de la materia vegetal o también del <math>\text{CO}_2</math> atmosférico.</p> <p>4) Recursos humanos capacitados en hidrogeología urbana y en técnicas de hidrogeología isotópica.</p> <p>Contribuir a la formación de recursos humanos, a través de su capacitación en hidrogeología urbana y en el uso de técnicas nucleares en estudios hidrogeológicos y procesos de contaminación de sistemas de aguas subterráneas y superficiales en áreas urbanizadas, a través de cursos, talleres, asignación de becas en hidrogeología isotópica, incluyendo técnicas de datación y mediante visitas técnicas y misiones de expertos.</p> <p>Entrenamiento a través de cursos, en el uso y aplicación de los isotopos de <math>^{15}\text{N}</math>, <math>^{34}\text{S}</math> y <math>^{13}\text{C}</math> y su en sistemas hídricos.</p> <p>5) Recomendaciones dadas a instituciones y entidades responsables de la gestión, uso y protección de los recursos de aguas subterráneas en América Latina y el Caribe.</p> <p>Generar una base de datos accesible a los sectores de decisión política sobre la gestión de los recursos hídricos, así como el estado actual de los mismos que permita el desarrollo de indicadores de impacto en las aguas subterráneas por actividades urbanas.</p> <p>6) Resultados obtenidos difundidos entre los distintos aliados involucrados.</p>
<b>Función de la tecnología nuclear y el OIEA</b>	<p><i>Indique la técnica nuclear que se utilizaría y explique brevemente por qué es idónea para abordar los problemas/necesidades en cuestión. ¿Es la única técnica disponible? ¿Tiene una ventaja comparativa respecto de las técnicas no nucleares?</i></p> <p><i>¿Qué función concreta se espera que el OIEA desempeñe en el proyecto?</i></p> <p>En el contexto de las técnicas nucleares a ser aplicadas, se requiere de la determinación de relaciones isotópicas para los isotopos estables de <math>^2\text{H}</math>, <math>^{18}\text{O}</math>, <math>^{15}\text{N}</math>, <math>^{13}\text{C}</math> y <math>^{34}\text{S}</math>. En esto, tanto el OIEA como las diversas Universidades e Institutos de Investigaciones en Hidrogeología e Hidrología Isotópica y áreas del conocimiento afines de América Latina y del Caribe que se adhieran al proyecto, pueden ser entes de apoyo importante en la fase del análisis isotópico de las muestras de aguas e interpretación de los resultados. Por otra parte, se requiere apoyo técnico del OIEA para la capacitación en Hidrología Isotópica y dinámica del nitrógeno, carbono y del azufre e Isótopos de <math>^{15}\text{N}</math>, <math>^{13}\text{C}</math> y de <math>^{34}\text{S}</math> respectivamente, en los Sistemas Hídricos, incluyendo la preparación de muestras ambientales, su correspondiente medida isotópica, control de calidad de la medida e interpretación de resultados. Esto a través de la implementación de cursos, talleres, visitas técnicas, visitas de expertos y otorgación de becas para las contrapartes. Esto será de gran ayuda para el proceso de formación de los recursos humanos en esta área del conocimiento. Asimismo, se requiere de una o varias misiones de seguimiento para asesorar en el proceso de la captación de muestras de agua para la determinación de <math>^{15}\text{N}</math>, <math>^{13}\text{C}</math>, <math>^{14}\text{C}</math> y T; así como, durante el proceso de interpretación de los resultados isotópicos. También se requiere del apoyo del OIEA a través de la donación de equipos y materiales de campo, así como de muestreadores de agua de lluvia.</p>



<b>Duración del proyecto</b>	<p>Indique una fecha realista de inicio del proyecto y el número de años necesarios para completarlo. (En caso de proyectos cuya duración prevista exceda de cuatro años, se realizará una evaluación antes de que termine el cuarto año para decidir si se justifica un año adicional).</p> <p>Se propone como fecha de inicio del proyecto el mes de enero de 2024, cuya ejecución será de una duración de dos años.</p>																												
<b>Requisitos de participación</b>	<p>Indique los requisitos mínimos que las instituciones de contraparte en los Estados Miembros deberían cumplir para participar en este proyecto, y cómo se verificará el cumplimiento de estos requisitos.</p> <p>Como requisitos mínimos a cumplir por parte de las instituciones de la contraparte en los Estados Miembros son: 1) Presencia de áreas afectadas por las actividades urbanas, que tienen evidencia de contaminación por dichas actividades: trabajos previos donde hayan sido reportados estudios hidrogeoquímicos e isotópicos, informes técnicos, publicaciones en revistas indexadas, entre otros; 2) Marco geológico conocido: la geología de la zona de interés debe ser conocida, proporcionando evidencias de ello; 3) Inventario preliminar de pozos requeridos: información sobre el número de pozos existentes, la ubicación en coordenadas geográficas, el diseño, la profundidad y el uso, entre otros; 4) Posesión de los datos hidrogeológicos preliminares: entendimiento básico sobre la dinámica del acuífero, incluyendo parámetros hidrogeológicos y la tendencia general de los patrones de flujo; 5) Poseer recursos humanos capacitados en geología, hidrogeología e hidrogeoquímica que estén dispuestos a adquirir conocimientos en hidrogeología isotópica; 6) Instrumental analítico: capacidades instaladas para la medición de iones mayoritarios y minoritarios, incluyendo especies de nitrógeno y de azufre.</p>																												
<b>Estados Miembros participantes</b>	<p>Enumere los Estados Miembros que se espera que participen en este proyecto que cumplen los requisitos antes mencionados. Indique la función de cada Estado Miembro en el proyecto.</p> <table> <thead> <tr> <th><b>País:</b> _____</th><th><b>Función:</b></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Venezuela</td><td>Destinatario/Recursos</td></tr> <tr> <td>Argentina</td><td>Destinatario/Recursos</td></tr> <tr> <td>Bolivia</td><td>Destinatario</td></tr> <tr> <td>Brasil</td><td>Destinatario/Recursos</td></tr> <tr> <td>Chile</td><td>Destinatario/Recursos</td></tr> <tr> <td>Colombia</td><td>Destinatario</td></tr> <tr> <td>Costa Rica</td><td>Destinatario/Recursos</td></tr> <tr> <td>Cuba</td><td>Destinatario</td></tr> <tr> <td>Ecuador</td><td>Destinatario</td></tr> <tr> <td>México</td><td>Destinatario/Recursos</td></tr> <tr> <td>Panamá</td><td>Destinatario</td></tr> <tr> <td>Paraguay</td><td>Destinatario</td></tr> <tr> <td>República Dominicana</td><td>Destinatario</td></tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Recurso (aporta conocimientos especializados)</i></li> <li>• <i>Destinatario (recibe conocimientos especializados)</i></li> </ul>	<b>País:</b> _____	<b>Función:</b>	Venezuela	Destinatario/Recursos	Argentina	Destinatario/Recursos	Bolivia	Destinatario	Brasil	Destinatario/Recursos	Chile	Destinatario/Recursos	Colombia	Destinatario	Costa Rica	Destinatario/Recursos	Cuba	Destinatario	Ecuador	Destinatario	México	Destinatario/Recursos	Panamá	Destinatario	Paraguay	Destinatario	República Dominicana	Destinatario
<b>País:</b> _____	<b>Función:</b>																												
Venezuela	Destinatario/Recursos																												
Argentina	Destinatario/Recursos																												
Bolivia	Destinatario																												
Brasil	Destinatario/Recursos																												
Chile	Destinatario/Recursos																												
Colombia	Destinatario																												
Costa Rica	Destinatario/Recursos																												
Cuba	Destinatario																												
Ecuador	Destinatario																												
México	Destinatario/Recursos																												
Panamá	Destinatario																												
Paraguay	Destinatario																												
República Dominicana	Destinatario																												

<b>Financiación y presupuesto del proyecto</b>	<i>Proporcione una estimación de los costos totales del proyecto y de los fondos que se prevé recibir de cada parte interesada.</i>		
		Euros	Observación
	<i>Participación de los gobiernos en los gastos</i>		(remítase al OIEA)
	<i>Instituciones de contraparte</i>	150.000	Instrumental analítico, apoyo a las salidas de campo, determinación de las especies químicas de interés, infraestructura, adquisición de mapas.
	<i>Otros asociados</i>		Indique cuáles
	<i>Fondo de Cooperación Técnica (FCT) del OIEA</i>	<i>Becas/ visitas científicas/ cursos de capacitación/ talleres</i>	250.000 2 becas, 2 visitas científicas, 2 cursos y 2 talleres
		<i>Expertos</i>	50.000 2 visitas de expertos
		<i>Equipo</i>	150.000 Kit de campo, envases de polietileno de alta densidad, muestreadores de agua de lluvia
	FCT-OIEA		450.000
	TOTAL		600.000