



*Estrategia de Monitoreo del
Recurso Hídrico Subterráneo
en el área del Valle Medio
del Magdalena-VMM*

AUTORIDAD NACIONAL DE
LICENCIAS AMBIENTALES
ANLA
Subdirección de
Instrumentos, Permisos y
Trámites Ambientales
SIPTA

Elaboró:

Grupo de regionalización y Centro de
Monitoreo

Revisó y Aprobó:

SIPTA

Fecha: agosto de 2023

Versión 2.0

Contenido

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	ANTECEDENTES	5
3.	JUSTIFICACIÓN	11
3.1.	Contexto hidrogeológico regional	11
3.2.	Impactos acumulativos componente hidrogeológico	12
3.3.	Fundamentos legales	15
3.4.	Fundamentos técnicos de la estrategia de monitoreo regional	16
3.5.	Sensibilidad del recurso hídrico subterráneo a nivel regional	17
4.	CONTEXTO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO	18
5.	LOCALIZACIÓN Y DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	22
6.	ESTADO DE LICENCIAMIENTO AMBIENTAL.....	25
7.	CONDICIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MONITOREO REGIONAL ...	28
7.1.	Selección de la red de monitoreo de aguas subterráneas – condiciones de lugar	28
7.2.	Frecuencias de monitoreo – condiciones de tiempo	48
7.3.	Parámetros de monitoreo – condiciones de modo	49
7.3.1.	Monitoreo mensual	50
7.3.2.	Monitoreo en época de estiaje y época lluviosa	51
7.4.	Captura y reporte de información al centro de monitoreo de la ANLA	54

Listado de figuras

Figura 1. Inventario de puntos de agua subterránea en la zona central del VMM.....	6
Figura 2. Distribución de puntos de agua subterránea registrados en la Base de Datos Corporativa - BDC de la ANLA.....	8
Figura 3. Pozos inyectores en la cuenca del Valle Medio del Magdalena - VMM.....	9
Figura 4. Distribución de pozos inyectores en la parte central de la cuenca del VMM.....	10
Figura 5. Concentración de proyectos licenciados, sistemas acuíferos ENA – 2022, estrategia de monitoreo VMM 2023.....	14
Figura 6. Unidades geológicas priorizadas en el área actualizada del VMM para la estrategia de monitoreo regional.	21
Figura 7. Delimitación del área de la estrategia de monitoreo a partir de aspectos geológicos y estructurales	23
Figura 8. Delimitación del área de la estrategia de monitoreo a partir de la presencia de proyectos de hidrocarburos.....	24
Figura 9. Proyectos y puntos de agua subterránea con estrategia de monitoreo implementada en el marco de la primera versión, planteada en el año 2020	30
Figura 10. Matriz de ponderación de puntos hidrogeológicos.	31
Figura 11. Ponderación de puntos de agua subterránea identificados en proyectos activos	32
Figura 12. Totalidad de puntos que conforman la red de monitoreo regional del recurso hídrico subterráneo en el VMM.....	47
Figura 13. Precipitación total media mensual multianual para (2010 - 2023) para la cuenca del VMM.....	49
Figura 14. Lista de parámetros sugeridos para una red de monitoreo de calidad de agua subterránea.	49

Listado de tablas

Tabla 1. Proyectos de competencia de ANLA localizados en la cuenca del Valle Medio del Magdalena - VMM	25
Tabla 2. Estado de los proyectos del sector de hidrocarburos en la cuenca del Valle Medio del Magdalena - VMM	25
Tabla 3. Proyectos de hidrocarburos por subsector localizados en la cuenca del Valle Medio del Magdalena - VMM	26
Tabla 4. Expedientes activos del sector de hidrocarburos con pozos de agua subterránea concesionados ..	26
Tabla 5. Proyectos incluidos en la primera versión de la estrategia del VMM realizada en el año 2020	29
Tabla 6. Información general de los puntos seleccionados para conformar la red de monitoreo de la Estrategia de Monitoreo del Recurso Hídrico Subterráneo en el área del Valle Medio del Magdalena-VMM	34

1. INTRODUCCIÓN

El Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo hace parte de la Subdirección de Instrumentos, Permisos y Trámites Ambientales - SIPTA de la ANLA, es uno de los equipos técnicos multidisciplinares dedicados a la gestión del conocimiento de la Entidad, que consolida elementos de análisis técnico para los procesos de evaluación y seguimiento ambiental a partir de una visión regional, involucrando las condiciones abióticas, bióticas y socioeconómicas de un territorio mediante la integración de la información de diferentes actores estratégicos, por lo cual, constituye uno de los soportes fundamentales para la toma de decisiones de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales.

Desde la misionalidad del grupo se han diseñado y formulado estrategias de monitoreo de los recursos naturales, cuyo objetivo es optimizar el proceso de Evaluación de Impactos Acumulativos a través del fortalecimiento y estandarización del control de dichos recursos, con el fin de aportar en la actualización de la línea base regional y en la toma de decisiones oportunas frente a su uso y aprovechamiento en el marco del Licenciamiento Ambiental.

Esta línea se materializa por medio de nuevas obligaciones implementadas en el proceso de seguimiento o evaluación a los proyectos identificados como intervinientes, en este caso, del recurso hídrico subterráneo, en las regiones priorizadas con estrategias de monitoreo. Una de estas regiones es la cuenca del Valle Medio del Magdalena - VMM, en la cual se formuló en el año 2020 una estrategia de monitoreo regional, cuya área coincide con la del Modelo Hidrogeológico Conceptual del Servicio Geológico Colombiano (en adelante el SGC) publicado en el año 2019, y que, en la actualidad, al cierre del presente documento, ha sido implementada en dos (2) de los siete (7) proyectos que fueron seleccionados inicialmente para hacer parte de la estrategia.

Con el presente documento se busca actualizar la estrategia de monitoreo formulada en el año 2020, en el sentido de ampliar la estandarización de los monitoreos de agua subterránea a toda el área de la cuenca sedimentaria, aumentando con ello la cobertura, número de proyectos involucrados y naturalmente la red de monitoreo regional, de tal manera que sea posible identificar y establecer tendencias del comportamiento del agua subterránea en todas las unidades acuíferas yacentes en el Valle Medio del Magdalena - VMM.

A partir de la compilación y verificación de los expedientes de los proyectos licenciados que se localizan en la cuenca, principalmente del sector de hidrocarburos, correspondientes con ciento veintitrés (123) expedientes en total, se seleccionaron aquellos que cuentan con permisos de aprovechamiento de agua subterránea otorgados por la ANLA y los que tienen instaladas redes de piezómetros para el monitoreo del recurso. Posteriormente, con la información obtenida se generó una base de datos que contiene la localización de todos los puntos de agua subterránea identificados, el tipo de punto, profundidad y caudal autorizado en el caso de los pozos concesionados.

En tal sentido, este documento presenta el diagnóstico realizado durante el procesamiento y análisis de los datos e información obtenida de los expedientes asociados a los proyectos licenciados por la ANLA, en el cual se plantean los aspectos fundamentales de la actualización de la estrategia de monitoreo del recurso hídrico subterráneo en la cuenca del Valle Medio del Magdalena (en adelante VMM) desde un enfoque regional.

2. ANTECEDENTES

En el año 2016 la Subdirección de Instrumentos, Permisos y Trámites Ambientales (SIPTA) de la ANLA publicó los reportes de alerta de la zona sur y centro del Valle Medio del Magdalena cuyo propósito consistió en identificar posibles impactos acumulativos y determinantes de sensibilidad ambiental regional que permitieran orientar el licenciamiento ambiental en la región. Si bien en el área existen diferentes tipos de proyectos, obras y actividades, en lo que respecta a la competencia de la ANLA, el sector de hidrocarburos es el de mayor relevancia, con una importante presencia de proyectos de exploración y explotación de hidrocarburos, oleoductos y la refinería de Barrancabermeja.

Con respecto al componente hidrogeológico, en dichos reportes de alertas se identificó que varios de los proyectos allí instalados hacen uso del agua subterránea, ya sea para la actividad de recobro mejorado de hidrocarburos mediante inyección de agua, o mediante la captación del recurso en pozos profundos para uso doméstico y/o industrial; de igual manera, varios proyectos cuentan con permisos de vertimiento al suelo a través de campos de aspersión e infiltración. Si bien para el desarrollo de estas actividades se cuenta con las respectivas medidas de manejo ambiental, potencialmente pueden impactar la calidad y/o disponibilidad del agua subterránea. Por lo tanto, en este contexto, los reportes de alertas plantearon las siguientes recomendaciones:

“Los proyectos de hidrocarburos que actualmente hacen uso y aprovechamiento de las aguas subterráneas mediante concesiones otorgadas por las autoridades ambientales regionales o por la ANLA deben hacer mediciones periódicas (mínimo semestralmente) de los niveles estáticos y dinámicos en los pozos de captación” (Reporte Zona Centro Valle Medio del Magdalena, 2016).

“Regionalmente es pertinente instalar una red de piezómetros que permitan medir la tendencia de los niveles piezométricos en las diferentes unidades hidrogeológicas que son objeto de captación, particularmente los niveles superiores e intermedios del Grupo Real y la Formación Mesa” (Reporte Zona Centro Valle Medio del Magdalena, 2016).

“Es recomendable que las entidades y autoridades competentes (CAS, CORANTIOQUIA, CSB, Servicio Geológico Colombiano - SGC, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS, IDEAM y academia) trabajen armónicamente para aumentar el conocimiento de la hidrogeología regional, de la oferta y demanda de aguas subterráneas y de la recarga de los diferentes niveles acuíferos que son explotados en esta zona del VMM, con el fin de contar con mayores elementos de juicio para evaluar las futuras solicitudes de concesión de aguas subterráneas que se tramiten en el área” (Reporte Zona Centro Valle Medio del Magdalena, 2016).

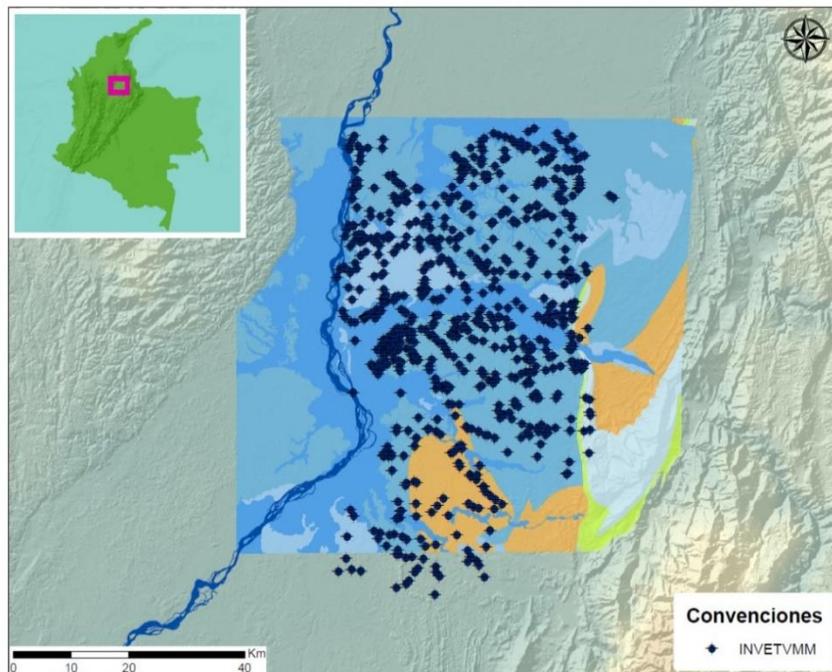
Atendiendo a tales recomendaciones, en el año 2020 se planteó desde la Subdirección de Instrumentos, Permisos y Trámites Ambientales - SIPTA la *Estrategia de monitoreo regional de aguas subterráneas para la zona centro del Valle Medio del Magdalena - VMM*. Para esa primera versión de la estrategia se definió como área de interés el territorio delimitado por el Modelo Hidrogeológico Conceptual del VMM, el cual abarca las planchas geológicas 108 Puerto Wilches y 119 Barrancabermeja, oficializado y publicado por el SGC en el año 2019. Esta área se localiza hacia el costado oriental del río Magdalena, y abarca de igual manera gran parte de la extensión del polígono asociado al Reporte de Alertas desarrollado en el año 2016.

En el año 2021 la Subdirección de Instrumentos, Permisos y Trámites Ambientales (SIPTA) de la ANLA publicó el reporte de análisis regional de la cuenca del río Sogamoso y cuencas afluentes directos río Lebrija Medio (mi) - NSS, en el cual se definió como Componente Ambiental y Social de Valor (VEC) los complejos cenagosos y sus microcuencas aportantes, los cuales hacen parte del valle interandino del Magdalena Medio y en donde se evidencia una alta concentración de actividades que potencian las presión sobre el recurso hídrico subterráneo, en consecuencia dicho reporte recomendó ampliar la Estrategia de Monitoreo Regional de Aguas Subterráneas en el centro del Valle Medio del Magdalena (VMM), planteada en el año 2020, de tal manera que abarque aquellas zonas donde la probabilidad de presentar impactos acumulativos y/o sinérgicos es muy alta y alta.

En tal sentido, esta Autoridad Ambiental considera necesario realizar una actualización de la estrategia de monitoreo regional de aguas subterráneas que fue planteada para la zona centro del Valle Medio del Magdalena - VMM en el año 2020 por las razones ya expuestas, de tal manera que se considere el estado actual de los proyectos de hidrocarburos que hoy en día están dispuestos en la cuenca, abarcándola en su totalidad y no limitándose solamente a la parte central, buscando que se tengan en cuenta también los proyectos localizados en el costado occidental del cauce del río Magdalena, algunos de los cuales hacen uso del agua subterránea y realizan actividades de inyección.

Como se mencionó anteriormente, en el año 2019 el SGC publicó el Modelo Hidrogeológico Conceptual del Valle Medio del Magdalena, Planchas 108 y 119 en los municipios de Puerto Wilches, Barrancabermeja, Sabana de Torres y San Vicente de Chucurí, en el Departamento de Santander. En el marco del modelo se desarrolló un inventario de puntos de agua subterránea (**Figura 1**) en un área aproximada de 3500 km², lo que permitió evaluar la disponibilidad y calidad fisicoquímica del recurso hídrico subterráneo en la zona central del VMM, además de la identificación de las unidades geológicas con un potencial acuífero importante.

Figura 1. Inventario de puntos de agua subterránea en la zona central del VMM



Fuente: ANLA, 2020, con información del SGC 2019.

En la realización del Modelo Hidrogeológico Conceptual del Valle Medio del Magdalena se registraron en total 732 puntos de agua subterránea, conformados por 417 aljibes, 220 pozos y 95 manantiales, localizados en el área delimitada para la realización del modelo (Planchas 108 y 119). La mayor parte de los puntos, como lo expone el SGC (2019), se encuentran localizados en el municipio de Barrancabermeja, concretamente en las veredas El Llanito, Guarumo y San Luis. Asimismo, se precisa que el 79% de los puntos de agua subterránea inventariados se encuentran en estado de producción, lo que resalta la importancia de los acuíferos como fuente de abastecimiento para las comunidades que se asientan en la zona de estudio.

El citado modelo define que *“el Grupo Real es la unidad geológica con potencial hidrogeológico para el almacenamiento y flujo de agua subterránea, en el sector oriental de la plancha 108 (...). Desde el punto de vista hidrogeológico conforma un acuífero multicapa separado entre sí por paquetes arcillosos confinantes, con porosidad primaria, del cual captan pozos de mediana a gran profundidad y aljibes para el abastecimiento de las comunidades y para la producción agrícola de palma africana, principal actividad económica en la zona de estudio”*. Tanto para los niveles someros y profundos del Grupo Real, el SGC identifica direcciones preferenciales de flujo hacia el occidente de las unidades. Adicionalmente plantea que *“en la plancha 109 la unidad geológica con mayor potencial para almacenamiento y flujo de agua subterránea es la Formación La Paz”*.

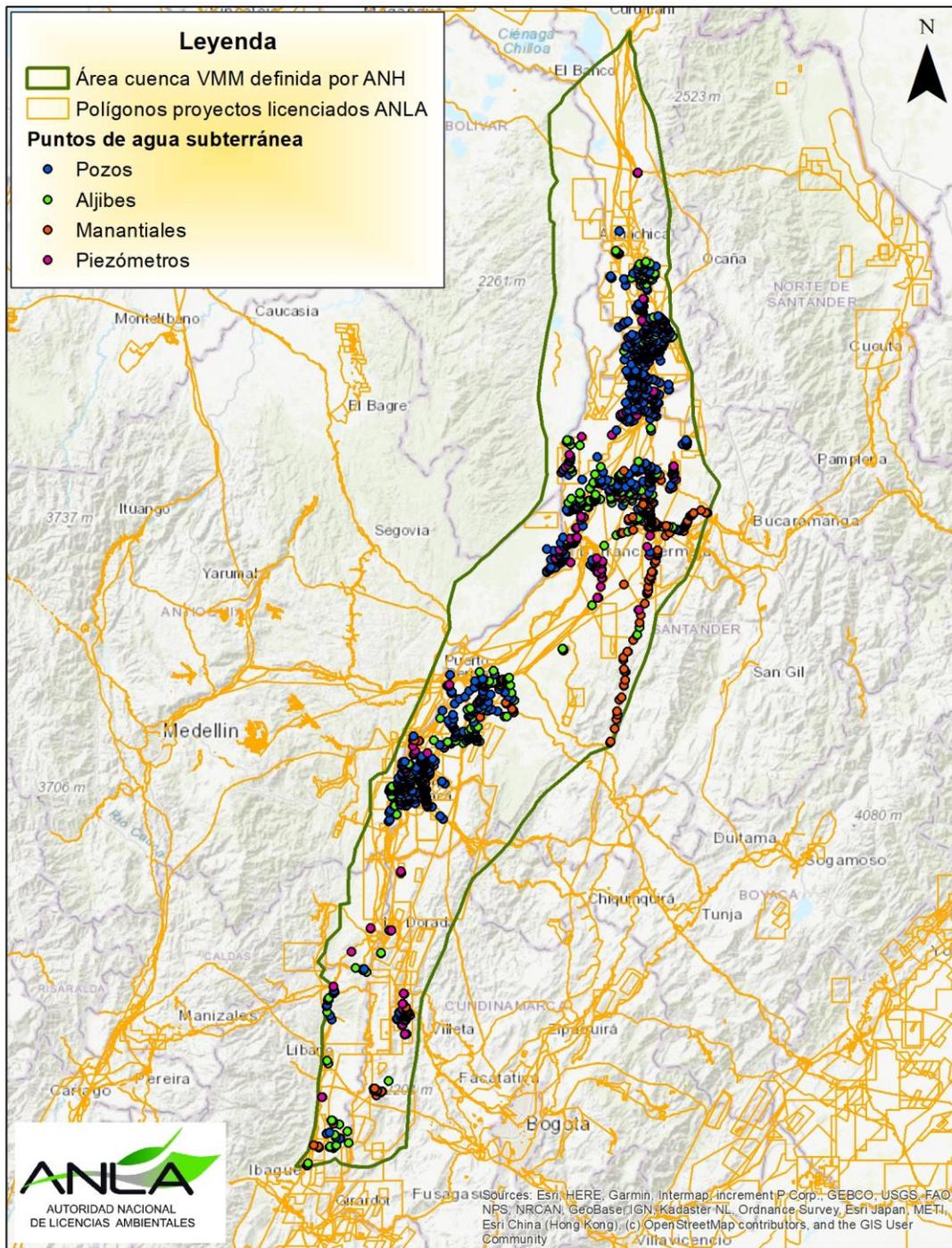
El Sistema Acuífero Grupo Real (N1r) se extiende regionalmente sobre la mayor parte de la cuenca del Valle Medio del Magdalena, aflorando al norte y al sur del río Sogamoso, y constituye el sistema acuífero con mayor grado de explotación ante la demanda de la comunidad. Su aprovechamiento se realiza a través de aljibes, manantiales y pozos someros y profundos. Se estima que su espesor varía entre los 500 y 3.600 m. Desde el punto de vista hidrogeológico, los estratos más someros o cercanos a la superficie (profundidades menores a 20 m), integran un acuífero libre de porosidad primaria y de extensión regional; mientras que los estratos litológicos más profundos (entre 20 y 200 m) constituyen niveles acuíferos que se encuentran en régimen de confinamiento.

Finalmente, y en aras de continuar recopilando información para un mayor conocimiento hidrogeológico, mediante el planteamiento del Modelo Hidrogeológico Conceptual del Valle Medio del Magdalena SGC (2019) se plantea la recomendación de *“realizar mediciones periódicas de niveles y análisis fisicoquímicos tanto para el acuífero superficial como para el acuífero profundo multicapa”*.

Adicionalmente, revisada la Base de Datos Corporativa (BDC) de la ANLA, se identifica la relevancia hidrogeológica que tiene la cuenca del VMM. En primer lugar, existe un uso importante del recurso mediante la captación de agua subterránea, tanto por parte de la comunidad y sus actividades económicas asociadas, como por parte de las empresas del sector de hidrocarburos; de acuerdo con el registro de la BDC, la cual recopila la información de los inventarios de puntos de agua subterránea realizados por parte de los proyectos licenciados por la ANLA, dentro de la totalidad de la cuenca del VMM existen más de 4.200 puntos, distribuidos entre pozos, aljibes, manantiales y piezómetros. Como información indicativa, la distribución de los puntos obtenidos se puede observar en la **Figura 2**.

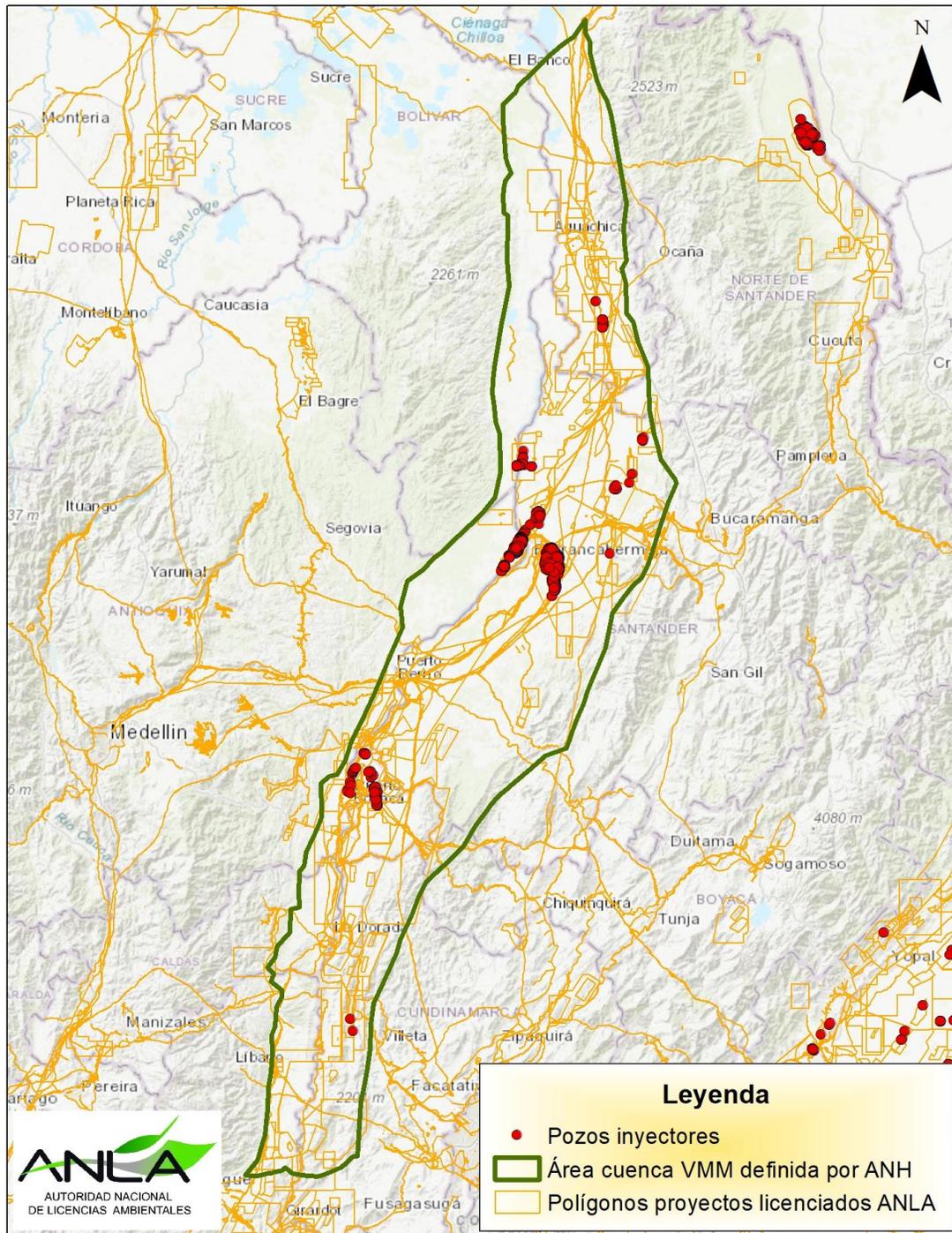
Adicionalmente, es importante resaltar que, en profundidad, la secuencia estratigráfica de la cuenca sedimentaria del VMM, presenta niveles arenosos que permiten el desarrollo de la actividad de inyección, ya sea para fines disposal (disposición de agua residual) o para recobro mejorado de hidrocarburos, la distribución de estos pozos en el área de la cuenca se observa en la **Figura 3**.

Figura 2. Distribución de puntos de agua subterránea registrados en la Base de Datos Corporativa - BDC de la ANLA



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo, 2023

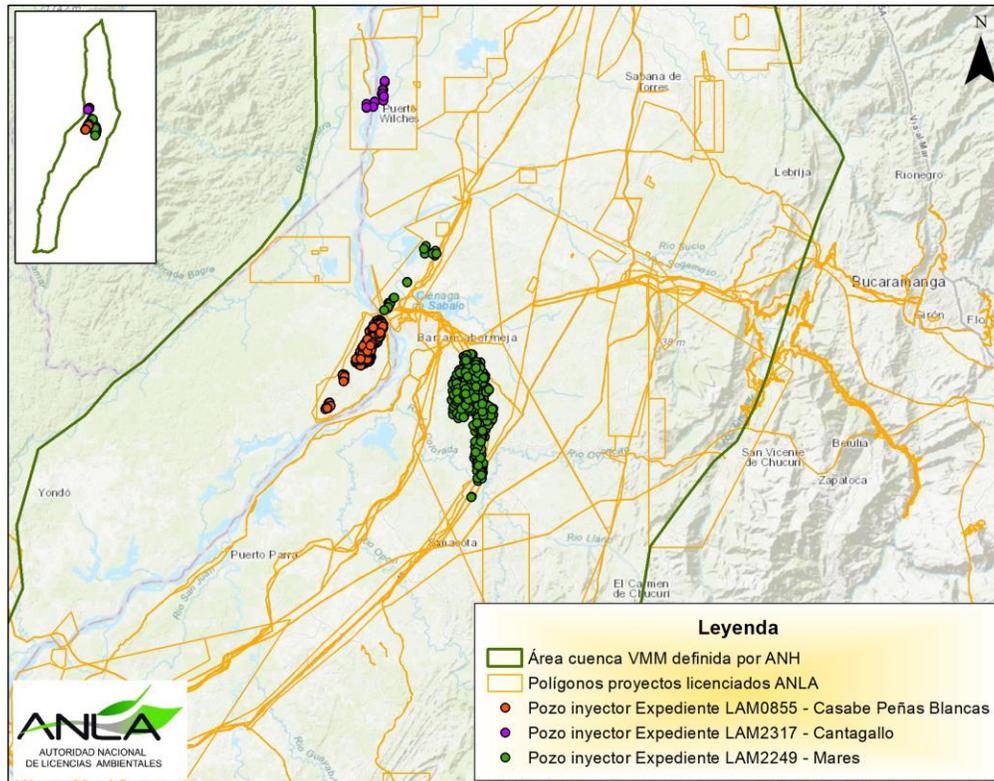
Figura 3. Pozos inyectores en la cuenca del Valle Medio del Magdalena - VMM



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo, 2023

A partir de la **Figura 3**, si bien se observan pozos inyectoros a lo largo de toda la cuenca, se resalta que la mayor concentración está en la zona central, donde se localizan algunos de los proyectos de explotación de hidrocarburos más antiguos de la cuenca, existiendo actualmente en este sector más de 970 pozos inyectoros activos, cuya distribución se puede evidenciar en la **Figura 4**.

Figura 4. Distribución de pozos inyectoros en la parte central de la cuenca del VMM



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo, 2023

Por lo tanto, teniendo en cuenta las condiciones actuales de los proyectos de hidrocarburos localizados dentro de la cuenca del VMM, y considerando además las recomendaciones realizadas tanto por el Reporte de Alertas (ANLA, 2016) como por el Modelo Hidrogeológico Conceptual (SGC, 2019) realizados en esta cuenca, desde el grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo de la SIPTA, se planteó la presente actualización para la estrategia de monitoreo regional de aguas subterráneas, con el fin de hacer un seguimiento regional del recurso en toda la cuenca, de tal manera que sean identificados posibles efectos ocasionados por proyectos de competencia de la ANLA o asociados a otro tipos de actividades, e identificar tendencias del comportamiento natural de las variables hidrogeológicas de interés.

En tal sentido, la implementación de la estrategia de monitoreo regional de agua subterránea en la cuenca del VMM, constituye una acción estratégica de la ANLA para tener información actualizada que permita hacer consideraciones regionales y/o de impactos acumulativos en los procesos de evaluación y seguimiento de la calidad y cantidad del agua subterránea en este sector del país.

3. JUSTIFICACIÓN

3.1. Contexto hidrogeológico regional

La provincia hidrogeológica PM1 Valle Medio del Magdalena se compone de tres sistemas acuíferos denominados de sur a norte así: SAM 1.2 – Mariquita – Dorada – Salgar, SAM 1.1 – Valle Medio del Magdalena y SAM 1.3 – Abanico de Aguachica, los cuales hacen parte del área de la presente actualización de la estrategia de monitoreo del recurso hídrico subterráneo del VMM, la cual tiene un área de 21.037 km².

En los Estudios Nacional del Agua – ENA (IDEAM, 2014, 2018 y 2022) definen estos sistemas acuíferos así:

- SAM1.1 Valle Medio del Magdalena: se conforma por los acuíferos Terrazas del río Magdalena, depósito aluvial del río Magdalena, Mesa (NgQp), Real (Ngc), La Luna, Tablazo y Rosablanca, los cuales son de tipo libre, semiconfinado, a confinados y cársticos; con espesores de 80 a 800 m, conductividad hidráulica de 5 a 12 m/día, transmisividad de 150 a 280 m²/día y coeficiente de almacenamiento de 4*10E-4 a 6*10E-4.
- SAM 1.2 – Mariquita – Dorada – Salgar: hacen parte este los acuíferos de depósitos aluviales y terrazas del río Magdalena, Cono aluvial de Lérida y del sistema volcánico, Grupo Honda (formaciones Mesa y San Antonio), formaciones San Juan de Rioseco y Hoyón; de tipo libre a confinado.
- SAM 1.3 – Abanico de Aguachica: en este sistema se encuentran los acuíferos depósitos coluviales, Serranía los Motilones, depósito fluvial del río Magdalena, depósito coluvial de Aguachica (Qc) y Abanico de Aguachica (NgQp), generalmente son de tipo libre a semiconfinados, con espesores de 80 a 400 m, conductividad hidráulica de 0,2 a 8 m/día, transmisividad de 80m²/día y coeficiente de almacenamiento de 1* 10E-3. De acuerdo con el ENA 2022 (IDEAM), el Depósito Coluvial y Abanico de Aguachica tienen su principal fuente de recarga en la precipitación por infiltración directa en sus áreas de afloramiento, considerados de baja capacidad de infiltración.

En los expedientes de licencias de la ANLA, se analiza que los puntos de agua subterránea identificados se encuentran distribuidos en los tres sistemas acuíferos mencionados anteriormente; de igual manera, se cruzó la localización de dichos puntos con la cartografía geológica oficial del SGC en escala 1:100.000, encontrando que las unidades de captación corresponden principalmente con los depósitos cuaternarios (aluviales, terrazas y fluviolacustres) y los grupos Mesa y Real, en tal sentido, teniendo en cuenta que estos acuíferos son los de mayor uso por parte de los pozos concesionados por la ANLA, se priorizan como unidades de análisis de la estrategia de monitoreo regional.

Por su parte, en el Modelo Hidrogeológico Conceptual del Valle Medio del Magdalena (SGC, 2019) se inventariaron 690 puntos de agua, distribuidos en las unidades de análisis definidas, así:

- Depósitos Aluviales (Qal): 68 pozos, 83 aljibes, 7 manantiales.
- Terrazas Aluviales (Qat): 17 pozos, 78 aljibes, 15 manantiales.
- Depósitos Fluvio-lacustres: 19 pozos, 17 aljibes.
- Grupo Real (N1r): 103 pozos, 214 aljibes, 49 manantiales.
- Grupo Mesa (N2Q1m): 4 pozos, 2 aljibes, 6 manantiales.

Según lo menciona el SGC (2019), el uso principal del agua captada en los puntos inventariados es la agricultura con el 43%, seguido de la ganadería con 23,3%, además de mencionar otros usos como urbano o doméstico, forestal, reserva hídrica e industrial.

Como se puede observar, por parte de las comunidades de la zona existe presión sobre el recurso hídrico subterráneo, toda vez que este se constituye como una fuente importante de abastecimiento para suplir sus necesidades básicas y el desarrollo de su economía; esto sumado a la presión ejercida por la industria petrolera asentada en la región, la cual hace uso del recurso a través de captaciones de agua subterránea para uso doméstico y actividades industriales incluida la reinyección. Por lo tanto, estas actividades hacen que el agua subterránea requiera del control y seguimiento permanente respecto a su calidad y disponibilidad, de tal manera que sea posible identificar el nivel de estrés hídrico en la región y establecer medidas tempranas de gestión que permitan su conservación y sostenibilidad.

Si bien, las caracterizaciones hidrogeológicas realizadas por el SGC (2019) son de carácter regional y describen el sistema acuífero y las unidades litológicas que lo conforman, no son actualizadas periódicamente; lo cual, es importante teniendo en cuenta que estos sistemas acuíferos son dinámicos; por lo tanto, la ANLA considera que una forma de mantener activo el seguimiento al comportamiento del recurso hídrico subterráneo es a través de un monitoreo sistemático que dé cuenta de sus variaciones en cuanto a calidad y disponibilidad en el tiempo; para lo cual, establece redes de monitoreo regional, con las que se busca recopilar información primaria que le permita, desde el conocimiento, establecer acciones y medidas de gestión adecuadas.

3.2. Impactos acumulativos componente hidrogeológico

De acuerdo con los reportes de alerta realizados en el año 2016, la cuenca del Valle Medio del Magdalena fue subdividida en dos áreas denominadas zona sur y zona centro, que han sido objeto de análisis regionales a través de reportes de alertas realizados por la ANLA, adicionalmente se considera el reporte de análisis regional de la cuenca del río Sogamoso y cuencas afluentes directos río Lebrija Medio (mi) - NSS, realizado en el año 2021 por parte de esta entidad. Estos documentos sintetizan los aspectos más relevantes sobre el estado de los recursos naturales por componentes, así como la sensibilidad de estos frente a la ejecución de los nuevos proyectos, obras o actividades objeto de licenciamiento en la región.

De acuerdo con lo descrito en el *Reporte de Alertas Zona Sur Valle Medio del Magdalena*, el sistema acuífero Valle Medio del Magdalena - SAM1.1 es definido por el IDEAM como bueno, semiconfinado a confinado de mediana productividad, conformado por depósitos cuaternarios que cubren a los grupos Mesa y Real, cuya recarga se da por goteo desde el acuífero superior y por infiltración directa en las áreas donde afloran las rocas, lo que evidencia que existe una conexión hidráulica entre los diferentes niveles acuíferos (cuaternario y Grupo Real superior).

En este reporte realizaron la identificación de algunos impactos acumulativos que pueden llegar a presentarse en la subzona hidrográfica del VMM, dentro de los factores críticos de mayor relevancia se contempla la explotación de aguas subterráneas, cuyo impacto acumulativo de significancia alta corresponde con el descenso continuo del nivel freático, esto debido a la apuesta del sector de hidrocarburos de aumentar la producción a través de la técnica de recobro mejorado, lo cual conlleva probablemente al aumento del volumen de aprovechamiento de agua subterránea en el corto y mediano plazo. A partir de lo anterior, en el mencionado reporte se realiza la siguiente recomendación: *“definir una estrategia regional para el registro continuo de niveles piezométricos en la Formación Mesa y Grupo Real, especialmente en aquellos sitios en los que se presentan los mayores consumos de agua subterránea, para así poder establecer la magnitud y extensión de los abatimientos y cuantificar la acumulación de este impacto...”*

Por su parte, en el *Reporte de Alertas de la Zona Centro Valle Medio Magdalena*, adicionalmente a las recomendaciones realizadas en la zona sur, dentro de los aspectos a tener en cuenta se menciona que: “es

pertinente instalar una red de piezómetros que permitan medir la tendencia de los niveles piezométricos en las diferentes unidades hidrogeológicas que son objeto de captación, particularmente los niveles superiores e intermedios del Grupo Real y la Formación Mesa...

“Es recomendable que las entidades y autoridades competentes (CAS, CORANTIOQUIA, CSB, SGC, MADS, IDEAM y academia) trabajen armónicamente para aumentar el conocimiento de la hidrogeología regional, de la oferta y demanda de aguas subterráneas y de la recarga de los diferentes niveles acuíferos que son explotados en esta zona del VMM, con el fin de contar con mayores elementos de juicio para evaluar las futuras solicitudes de concesión de aguas subterráneas que se tramiten en el área.”

Finalmente, en el reporte de análisis regional de la cuenca del río Sogamoso y cuencas afluentes directos río Lebrija Medio (mi) - NSS, se menciona que los municipios de Barrancabermeja y Puerto Wilches están ubicados sobre depósitos aluviales recientes y el nivel somero del Grupo Real, clasificando a estas unidades hidrogeológicas con una vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de extrema a alta, por lo cual, una potencial afectación en superficie podría alterar las condiciones fisicoquímicas del agua subterránea presentes en estas unidades y potencialmente afectar el complejo cenagoso, dada su interacción con las aguas subterráneas; adicionalmente, en este reporte se delimitó como Componente Ambiental y Social de Valor (VEC) los complejos cenagosos y sus microcuencas aportantes, en donde se evidencia una alta concentración de actividades que aumentan la presión sobre el recurso hídrico subterráneo, y por ende su vulnerabilidad a la contaminación.

Adicionalmente, la presencia de los proyectos de exploración y de explotación de hidrocarburos implica, en la mayoría de los casos, la captación de aguas subterráneas, el vertimiento de aguas residuales domésticas y no domésticas tratadas mediante campos de infiltración y/o aspersión, o a través de pozos de inyección para disposición final (pozos disposal), de igual modo, se realizan actividades de reinyección de aguas de formación para fines de recobro secundario de hidrocarburos.

Así mismo, existen otros factores de alteración del recurso hídrico subterráneo, debido al desarrollo de actividades antrópicas relacionadas con la agricultura, la ganadería y la disposición inadecuada de aguas residuales domésticas. Por lo tanto, para la ANLA, como parte de su misionalidad, es importante verificar el grado de afectación que puedan generar estas actividades en la calidad y dinámica del agua subterránea, e identificar su posible acumulación en el tiempo.

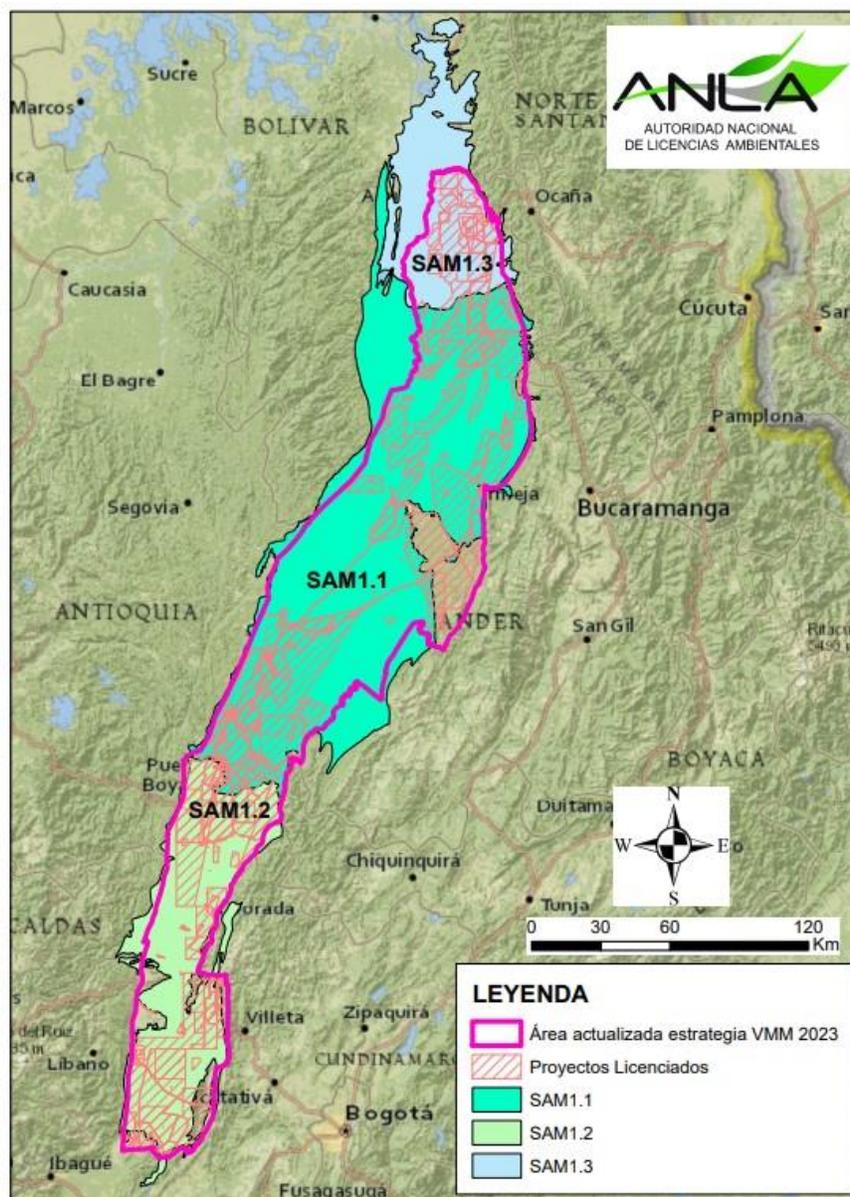
Según la Guía Práctica para la Evaluación y Gestión de Impactos Acumulativos en América Latina y el Caribe (BID – Invest), un *“Impacto Acumulativo es aquel que resulta de los efectos sucesivos, incrementales o combinados de una acción o proyecto, o cuando se suman a los efectos de otros emprendimientos existentes, planificados o razonablemente previsibles. En otras palabras, no es más que el efecto incremental, con respecto a una base de referencia espacial y temporal, experimentada por un componente valioso del ecosistema (“VEC”) al considerar, además de los causados por un proyecto en particular, los efectos de otros proyectos pasados, presentes y futuros”*.

El resultado de la Evaluación de Impactos Acumulativos que se puedan presentar sobre las aguas subterráneas trasciende de la caracterización hidrogeológica local, en tal sentido, la ANLA busca complementar el análisis de posibles impactos que pueden generarse por la presión ejercida en el recurso hídrico por la concentración de proyectos, aspecto que constituye un escenario propicio para la acumulación potencial de impactos ambientales. Dicho análisis es posible con el establecimiento de una red de monitoreo regional que permita obtener información actualizada del estado del agua subterránea, de tal manera que se puedan identificar de

manera oportuna cualquier alteración y de esa manera, de ser necesario, implementar las medidas a que haya lugar.

En la **Figura 5** se presenta la delimitación de los sistemas acuíferos SAM 1.2 – Mariquita – Dorada – Salgar, SAM 1.1 – Valle Medio del Magdalena y SAM 1.3 – Abanico de Aguachica y en color magenta el área definida para la estrategia de monitoreo del recurso hídrico subterráneo en la cuenca del VMM, en la cual se localizan 130 proyectos del sector de hidrocarburos, de los cuales fueron seleccionados 27 para conformar la red de monitoreo regional.

Figura 5. Concentración de proyectos licenciados, sistemas acuíferos ENA – 2022, estrategia de monitoreo VMM 2023



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo, 2023

3.3. Fundamentos legales

De acuerdo con el Artículo 80 de la Constitución Política de Colombia: *“El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.*

Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas”.

La ANLA como Autoridad Ambiental del estado colombiano está en la obligación de gestionar la protección del agua subterránea como recurso natural, de tal manera que sea posible garantizar su aprovechamiento razonable con respecto a su calidad y disponibilidad.

En tal sentido, la ANLA realiza el control y seguimiento ambiental de todos sus proyectos licenciados con el objetivo de verificar el cumplimiento de las medidas establecidas en las licencias y los planes de manejo ambiental y, de ser necesario, imponer medidas adicionales en cualquier fase del proyecto, según lo establecido en el párrafo primero de artículo 2.2.2.3.11.1 del Decreto 1076 de 2015 que indica: *“En los casos antes citados, las autoridades ambientales continuarán realizando las actividades de control y seguimiento necesarias, con el objeto de determinar el cumplimiento de las normas ambientales. De igual forma, podrán realizar ajustes periódicos cuando a ello haya lugar, establecer mediante acto administrativo motivado las medidas de manejo ambiental que se consideren necesarias y/o suprimir las innecesarias”.*

Adicionalmente, en el marco del proceso del control y seguimiento ambiental, la ANLA realiza la evaluación de impactos acumulativos tal como lo establece el Artículo 2.2.2.3.9.1 del Decreto 1076 de 2015: *“Control y seguimiento. Los proyectos, obras o actividades sujetos a licencia ambiental o plan de manejo ambiental, serán objeto de control y seguimiento por parte de las autoridades ambientales, con el propósito de: (...) 4. Revisar los impactos acumulativos generados por los proyectos, obras o actividades sujetos a licencia ambiental y localizados en una misma área de acuerdo con los estudios que para el efecto exija de sus titulares e imponer a cada uno de los proyectos las restricciones ambientales que considere pertinentes con el fin de disminuir el impacto ambiental en el área.”*

Con el objetivo de identificar y evaluar los impactos acumulativos que se pueden generar en zonas con alta concentración de proyectos que ejercen presión sobre los recursos naturales, esta Autoridad desde el año 2016 diseña estrategias de monitoreo regional que consisten en la estandarización de condiciones de tiempo, modo y lugar para la medición de diferentes parámetros de calidad de los recursos naturales; la información obtenida de dichas estandarizaciones es compilada y analizada por el Centro de Monitoreo de los Recursos Naturales de la ANLA y será dispuesta para consulta pública a través de tableros de control que permiten visualizar el comportamiento multitemporal de los recursos analizados, de tal manera que se contribuya al fortalecimiento de las líneas bases regionales y a la identificación de impactos acumulativos que se puedan presentar a nivel regional.

Lo anterior se ejecuta en cumplimiento del Parágrafo 1 del ARTÍCULO 2.2.2.3.10.3. del Decreto 1076 de 2015: *“El IDEAM y la ANLA buscarán los mecanismos para gestionar y contar con información regional o información de línea base suficiente para establecer una zonificación ambiental, debidamente validada y actualizada; La ANLA deberá poner a disposición de los usuarios esta información en su portal web o por medio del portal SIAC.*

En todo caso los insumos para la información de línea base deberán ser suministrados por el IGAC de acuerdo con lo señalado en el CONPES 3762 de 2013 y por los integrantes del SIAC de acuerdo con lo establecido en la Resolución No 1484 de 2013 o la que la modifique, sustituya o derogue.

Así mismo, cualquier persona natural o jurídica podrá suministrar información geográfica y el IDEAM y la ANLA deberán validarla previamente para ponerla a disposición de los usuarios.”

3.4. Fundamentos técnicos de la estrategia de monitoreo regional

En el año 2020 se formuló una estrategia de monitoreo en el Valle Medio del Magdalena, cuya área coincide con la del Modelo Hidrogeológico Conceptual del Servicio Geológico Colombiano (en adelante el SGC) publicado en el año 2019; en la actualidad la estrategia ha sido implementada en dos (2) de los siete (7) proyectos que fueron seleccionados inicialmente.

Teniendo en cuenta que las condiciones hidrogeológicas evidenciadas en el Modelo Hidrogeológico Conceptual del SGC (2019), no se remiten únicamente a esa área investigada sino que trascienden al ámbito regional de la cuenca sedimentaria del Valle Medio del Magdalena, es decir que el potencial acuífero se extiende en gran parte de la cuenca, así como la confluencia de proyectos licenciados por la ANLA, desde el Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo se determinó la necesidad de actualizar la estrategia formulada en el año 2020, en el sentido de ampliar la estandarización de los monitoreos de agua subterránea a toda el área de la cuenca sedimentaria, aumentando con ello la cobertura, número de proyectos involucrados y obviamente la red de monitoreo regional, de tal manera que sea posible identificar y establecer tendencias del comportamiento del agua subterránea en todas las unidades acuíferas yacentes en el Valle Medio del Magdalena - VMM.

Lo anterior, bajo la premisa que con las estrategias de monitoreo se obtiene información que aporta en la profundización del conocimiento hidrogeológico de la región, acorde con algunos de los componentes esenciales que menciona la Organización Mundial Meteorológica - OMM en la *Guía de prácticas hidrológicas* (2011), relacionados con:

“a) la determinación de los tipos de acuíferos y de su distribución en el área investigada.

b) la evaluación de las variaciones espaciales y temporales de los niveles de agua subterránea (superficies piezométricas) para cada acuífero por efecto de procesos naturales y artificiales.

c) la evaluación de la magnitud y distribución de las propiedades hidráulicas (por ejemplo, porosidad o permeabilidad) para cada acuífero, siendo un requisito obligatorio para cualquier tipo de evaluación cuantitativa.

d) el conocimiento de los procesos que facilitan o afectan la recarga o descarga de cada acuífero, a saber: la cantidad efectiva de precipitación que llega al nivel freático, los efectos en éste de la evapotranspiración, la naturaleza de la interacción entre el agua subterránea y el agua superficial, y la ubicación y cantidad de la descarga proveniente de manantiales y pozos de bombeo; ...”

Producto de las estrategias de monitoreo del recurso hídrico subterráneo, la ANLA pretende desde el conocimiento hidrogeológico, fortalecer la gestión y control de este recurso, de tal manera que se tengan los argumentos técnicos suficientes para analizar y determinar con certeza el estado de la calidad y disponibilidad del agua subterránea en la región de interés, evaluar la factibilidad del otorgamiento de nuevas concesiones de

captación, vertimientos en suelo o cualquier otro permiso que pueda intervenir el recurso hídrico subterráneo, y por último, identificar de manera temprana posibles afectaciones sobre el agua subterránea o impactos acumulativos, para que en caso de ser necesario se puedan imponer medidas que permitan garantizar la protección y sostenibilidad del recurso.

Según el Protocolo de Monitoreo del Agua (IDEAM, INVEMAR, 2021) “(...) La mejor manera de contar con dicha información es la instalación de una red de monitoreo de niveles y calidad del agua subterránea, cuyo diseño dependerá del propósito que se establezca al inicio del programa de monitoreo”.

En tal sentido, las redes de monitoreo regionales por cobertura están a cargo de las autoridades ambientales, en estas se realiza el seguimiento a corto y mediano plazo y con menor escala, que tiene como finalidad obtener datos más precisos y detallados que pueden ser complemento de los datos básicos de la red nacional (tomado de IDEAM - MADS, 2015).

Si bien, de acuerdo con lo anterior, las redes regionales hacen parte de entidades interesadas en el conocimiento del recurso, bajo las competencias de la ANLA, se establecen las redes de monitoreo en las regiones de interés, integrando los puntos de agua subterránea concesionados por la misma Autoridad y las redes piezométricas instaladas por los proyectos licenciados. Dicho establecimiento parte del conocimiento geológico del área de estudio, dado que, a través de este, es posible identificar el potencial hidrogeológico de las unidades presentes, basado en características geológicas como el tipo de roca o sedimento, litología, granulometría, porosidad, permeabilidad, espesor, condiciones estructurales y presencia de capas confinantes, entre otras.

En relación con la cuenca del VMM, para la identificación de impactos acumulativos y profundización del conocimiento hidrogeológico se definieron como prioridad de análisis las unidades geológicas conformadas principalmente por los depósitos cuaternarios de origen aluvial (aluviales - Qal, terrazas - Qat y fluviolacustres - Qfl) y los grupos Mesa y Real.

El planteamiento de la estrategia de monitoreo obedece a las recomendaciones de los reportes de alertas que tienen injerencia en el área de interés, correspondientes al *Reporte de Alertas Zona Sur Valle Medio del Magdalena* (ANLA, 2016), *Reporte de Alertas Zona Centro Valle Medio Magdalena* (ANLA, 2016) y reporte de análisis regional de la cuenca del río Sogamoso y cuencas afluentes directos río Lebrija Medio (mi) - NSS (ANLA, 2021), teniendo en cuenta el grado de susceptibilidad de las unidades geológicas priorizadas debido a su litología, porosidad, permeabilidad y potencial acuífero, además de su papel de abastecimiento de gran parte de la población y del sector de hidrocarburos.

3.5. Sensibilidad del recurso hídrico subterráneo a nivel regional

De acuerdo con la información analizada en los Estudios de Impacto Ambiental - EIA presentados a esta Autoridad por parte de los licenciatarios de los proyectos de hidrocarburos, se ha evidenciado que en la cuenca del Valle Medio del Magdalena - VMM las aguas subterráneas representan un factor natural importante como servicio ecosistémico en las comunidades, dada la alta concentración de puntos de captación en el área, que extraen agua subterránea para varios usos, principalmente agrícola, uso doméstico e industrial.

Actualmente hay un total de 22 expedientes que tienen permiso para la explotación del recurso, con un total de 67 pozos de agua subterránea concesionados, sumando un caudal cercano a los 923 l/s para toda la cuenca del VMM, además los principales proyectos de explotación de hidrocarburos de la zona cuentan con más de

970 pozos inyectoros, con fines ya sea para la disposición de agua residual y/o para el recobro mejorado de hidrocarburos.

Adicionalmente, en la cuenca del VMM se identificaron puntos de vertimiento al suelo autorizados para el sector de hidrocarburos, a través de campos de aspersión e infiltración, los cuales potencialmente podrían tener un impacto sobre la calidad del recurso hídrico subterráneo.

Las condiciones de calidad del agua subterránea están dadas por las características físicas, químicas y biológicas, que en su medio natural presentan elementos constituyentes en concentraciones pequeñas no tóxicas. Sin embargo, estas se ven afectadas por contaminantes antrópicos que puedan filtrarse a través del suelo, haciendo contacto con los niveles del agua subterránea y generando la degradación en la calidad del recurso. Dichas sustancias pueden ser transportadas con el movimiento del agua en dirección del flujo.

De conformidad con lo anterior, el SGC (2019) realizó en el acuífero somero del Grupo Real, siendo este el de mayor uso en el VMM, el análisis de los parámetros fisicoquímicos, a partir de muestras de agua subterránea de pozos, aljibes y manantiales, los resultados indicaron que en términos generales el agua presenta hacia el occidente un incremento en la mayoría de los parámetros, a excepción de la temperatura, aumentando la conductividad eléctrica, SDT y salinidad, no obstante, de manera local, en algunos puntos específicos se evidenciaron valores altos en conductividad, posiblemente por contaminación antrópica.

Por consiguiente, la confluencia de proyectos de hidrocarburos en la región, la densidad de puntos de captación de agua por parte de la comunidad, los volúmenes extraídos para la actividad agroindustrial, el riesgo de contaminación por actividades socioeconómicas y demás factores mencionados, en conjunto, ejercen presión sobre el recurso hídrico subterráneo que con el tiempo pueden establecer variaciones en cuanto a su calidad y disponibilidad.

Si bien, el sector de hidrocarburos ha establecido medidas de prevención y mitigación a los impactos ambientales que las actividades constructivas y operativas de los proyectos puedan generar sobre los acuíferos, constituyendo esto un referente para optimizar el proceso de Evaluación de Impactos Acumulativos (EIAc) mediante el fortalecimiento de la captura de datos e información, es necesario incluir nuevas medidas que faciliten acciones encaminadas a conocer el estado del recurso hídrico subterráneo en tiempos oportunos y así tomar decisiones frente a su sostenibilidad.

En tal sentido, la ANLA desde el Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo, convoca a los proyectos cuya Área de Influencia incluye la cuenca del VMM y que actualmente cuentan con permisos de aprovechamiento del recurso hídrico subterráneo y redes de piezómetros instaladas, a hacer parte de la estrategia de monitoreo regional, la cual comprende la estandarización de condiciones de tiempo y modo, en virtud del proceso de Evaluación de Impactos Acumulativos – EIAc.

4. CONTEXTO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO

Como ya se ha mencionado, las unidades geológicas de análisis priorizadas en la actualización de la estrategia de monitoreo del recurso hídrico subterráneo de la cuenca del VMM corresponden con los depósitos cuaternarios de origen aluvial (aluviales - Qal, terrazas - Qat y fluviolacustres - Qfl) y los grupos Mesa y Real, los cuales constituyen acuíferos de tipo libre, semiconfinados y confinados que son aprovechados en gran medida por las comunidades y la industria petrolera ubicada en la región.

Estas unidades serán descritas a continuación tanto geológica como hidrogeológicamente a partir de la información oficial disponible en el Mapa Geológico de Colombia (SGC, 2020), las planchas geológicas en escala 1:100.000 que hacen parte del área de interés, y el Modelo Hidrogeológico Conceptual del Valle Medio del Magdalena (SGC, 2019).

Grupo Real: En el Mapa Geológico de Colombia (SGC, 2020), en escala 1:500.000, esta formación hace parte de la unidad cronolitoestratigráfica denominada **n4n6-Sc**, de edad Serravaliano-Mesiniano, conformada por arenitas líticas con intercalaciones de arcillolitas de color gris verdoso y conglomerados.

En la plancha geológica 119 – Barrancabermeja en escala 1:100.000 (SGC, 2008) describen al Grupo Real como: *“constituida principalmente por capas gruesas de areniscas conglomeráticas con fragmentos de guijos finos a medios, con estratificación cruzada, intercaladas con capas medias a gruesas de arenitas cuarzosas tabulares con matriz arcillosa y lodolitas síliceas friables de color gris y morado”*.

En el Modelo Hidrogeológico Conceptual del Valle Medio del Magdalena (SGC, 2019) mencionan que el Grupo Real está conformado por bancos, capas gruesas a muy gruesas de conglomerados polimícticos, redondeados con matriz arenosa, intercalados con areniscas cuarzosas a feldespáticas de grano fino a muy grueso, con regular a mala selección y capas gruesas a medianas de arcillolitas plásticas abigarradas.

Hidrogeológicamente se clasificó al Grupo Real dentro de los Sedimentos y Rocas con Flujo Esencialmente Intergranular, resaltando que en sus primeros metros constituye un acuífero libre, continuo, de extensión regional, siendo el de mayor extensión y captación por parte de la comunidad, conformando así el acuífero de mayor importancia hidrogeológica en la zona centro del VMM.

Adicionalmente de los 20 a los 200 m de profundidad se identificaron capas acuíferas de tipo confinado, las cuales son captadas principalmente para abastecimiento público, por empresas agroindustriales y fincas ganaderas a través de pozos de variadas profundidades, debido a la geometría de intercalaciones que presenta la unidad.

Grupo Mesa: En el Mapa Geológico de Colombia (SGC, 2020), en escala 1:500.000, esta formación hace parte de la unidad cronolitoestratigráfica denominada **N2Q1-VCc** conformada por arenitas feldespáticas y líticas; arcillolitas y conglomerados con abundantes líticos, de edad Plioceno – Pleistoceno.

En la plancha geológica 134 – Puerto Parra en escala 1:100.000 (SGC, 2009) se presenta a la Formación Mesa como depósitos de terrazas dispuestas en capas con geometría tabular, estratificación inclinada con contactos erosivos, compuestas de arenas arcósicas, polimícticas de grano grueso y gravas de guijos y guijarros hasta de 7cm, subredondeados a redondeados, localmente imbricados, en una matriz arenosa, intercaladas con capas delgadas de arcillolitas.

El Grupo Mesa, de acuerdo con el Modelo Hidrogeológico Conceptual del Valle Medio del Magdalena (SGC, 2019) también hace parte de los Sedimentos y Rocas con Flujo Esencialmente Intergranular, constituye acuíferos continuos, libres y confinados de extensión regional a intermedia, de moderada a baja productividad, conformados por depósitos cuaternarios poco consolidados de ambiente fluvial y rocas sedimentarias terciarias, semiconsolidadas, cuyas transmisividades son del orden de 10 a 150 m²/día y sus pozos tienen capacidades específicas entre 0,09 y 1,1 L/s/m.

Formación San Juan de Río Seco: De acuerdo con el Mapa Geológico de Colombia (SGC, 2020), en escala 1:500.000, esta formación hace parte de la unidad cronolitoestratigráfica denominada **e6e8-Sc**, la cual se constituye por arenitas, limolitas y lodolitas con mantos delgados de carbón, de edad Bartoniano-Rupeliano.

Terrazas Aluviales: este tipo de depósitos se concentran en las márgenes del río Magdalena y sus principales afluentes Sogamoso, Opón, Colorada entre otros, generalmente se componen por arenas finas limosas grises, limos arcillosos y arenosos de color gris oscuro, gravas finas a gruesas con matriz arcillosa y lentes de materia orgánica (SGC, 2008).

De acuerdo con el Modelo Hidrogeológico Conceptual del Valle Medio del Magdalena (SGC, 2019), al norte del río Sogamoso, estos depósitos se conforman de gravas clastosoportadas a matriz soportadas con arenas, intercaladas con niveles de arenas finas a medias. Constituye un acuífero de tipo libre, discontinuo, de extensión local, con espesores variables hasta de 80 m en la zona centro que disminuyen en ambos sentidos oriente y occidente hasta 30 ó 40 m. Este acuífero es explotado a través de aljibes, manantiales y pozos someros para usos domésticos principalmente.

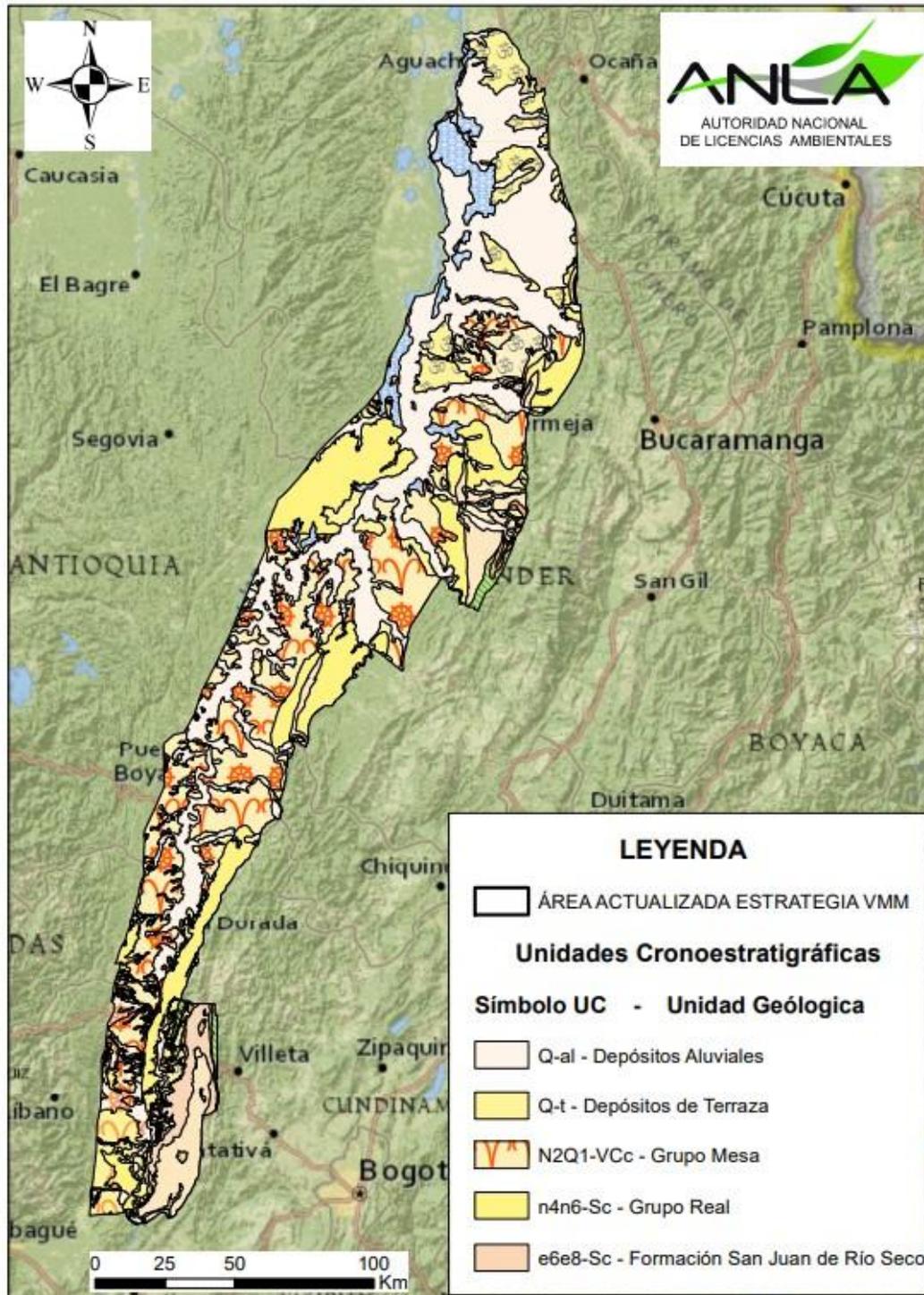
Depósitos Aluviales: Esta unidad se asocia principalmente con la actividad y flujo del río Magdalena en toda la extensión de la cuenca del Valle Medio, se presenta como llanuras de desborde con presencia de ciénagas y meandros abandonados; de igual manera se destacan depósitos de los ríos afluentes del Magdalena, todos en general conformados por arenas, limos, arcillas, gravas y turba; en los que predominan los materiales granulares se observan cantos de tamaño guijo a bloque de rocas sedimentarias (chert) y ocasionalmente cuarzo bien redondeado y mal seleccionado, embebido en una matriz arenosa a arcillosa (plancha geológica 149 – Puerto Serviez, SGC (2009)).

En la descripción del Modelo Hidrogeológico Conceptual del Valle Medio del Magdalena (SGC, 2019), describen a esta unidad compuesta por arenas de grano muy fino a medio intercaladas con limos y contenido de materia orgánica, localmente con niveles de gravas embebidas en arenas y limos. Representa acuíferos libres de extensión local, discontinuos, con porosidad y permeabilidad intergranular, generalmente conectados hidráulicamente con el río Magdalena tanto receptor como aportante.

La descripción litológica e hidrogeológica de las unidades de análisis, se evidencia que todas corresponden con acuíferos de porosidad y permeabilidad intergranular, en su mayoría de tipo libre, de extensión local a regional, que por su litología y extensión de afloramiento se presume se recargan principalmente por infiltración directa, condiciones que los hacen vulnerables a cualquier afectación u contaminación que se pueda generar a causa de la ocurrencia de una contingencia en alguno de los proyectos licenciados, por lo cual la ANLA considera pertinente priorizar su seguimiento y control a través del monitoreo regional estandarizado en pro de la conservación de su calidad y disponibilidad.

En la **Figura 6**, se presenta la extensión de las unidades geológicas priorizadas dentro de la actualización de la estrategia de monitoreo del recurso hídrico subterráneo en la cuenca del Valle Medio del Magdalena.

Figura 6. Unidades geológicas priorizadas en el área actualizada del VMM para la estrategia de monitoreo regional.



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo - ANLA, 2023

5. LOCALIZACIÓN Y DEFINICIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

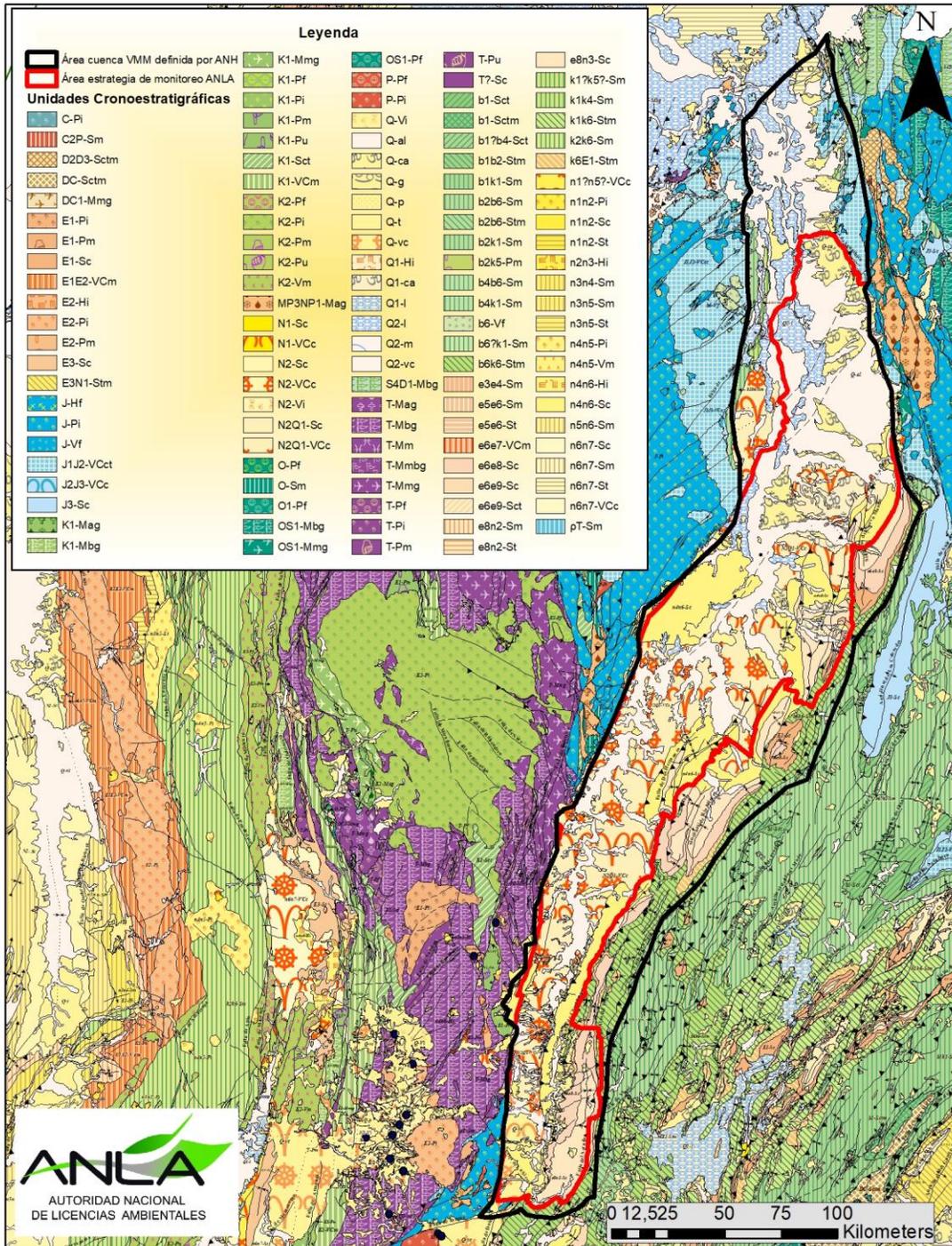
El área del Valle Medio Magdalena - VMM se encuentra ubicada en la zona centro del territorio colombiano; geográficamente se localiza entre las cordilleras Oriental y Central, las cuales son atravesadas por el río Magdalena, principal afluente hídrico de Colombia. Su cauce forma un valle asimétrico alargado, con dirección Sur- Norte y constituye el drenaje central de un área de 257.440 Km²; lo que representa el 23% de la superficie total del país; abarca 722 municipios en donde se asienta más del 80% de la población y de las actividades productivas del país. Vierte sus aguas sobre el mar Caribe, con un caudal promedio de 7.100 m³/s, a la altura de Calamar, antes de la bifurcación con el canal del dique.

Desde los 229 msnm, a la altura del municipio de Honda (Cundinamarca) y hasta la desembocadura del río Cesar se considera Magdalena Medio; la pendiente se suaviza apreciablemente a los 126 msnm en Puerto Berrío, 71 msnm en Barrancabermeja y 33 msnm en El Banco.

En el marco de la presente actualización de la Estrategia de Monitoreo del Recurso Hídrico Subterráneo en el área del Valle Medio del Magdalena - VMM se definió una nueva área de estudio, tomando como punto de partida el límite geográfico de la cuenca del VMM definido por parte de la Agencia Nacional de Hidrocarburos - ANH, a partir del cual se delimitó el área de la estrategia, teniendo en cuenta tres aspectos: en primer lugar se consideraron solamente las unidades geológicas que conforman acuíferos y fueron definidas como objeto de análisis en el marco del monitoreo regional, correspondientes con los depósitos cuaternarios y las unidades del terciario, específicamente los grupos Mesa y Real, la selección de estas unidades se explica con detalle en el numeral 4 del presente documento; en segundo lugar se consideraron los aspectos estructurales, es decir la presencia de fallas geológicas y contactos entre unidades litológicas, los cuales funcionan como límites hidrogeológicos; por último, se tuvieron en cuenta las áreas de los proyectos de competencia de la ANLA, específicamente del sector hidrocarburos, de tal manera que fuera posible establecer una red de monitoreo que espacialmente y en profundidad tuviera una distribución lo más homogénea posible.

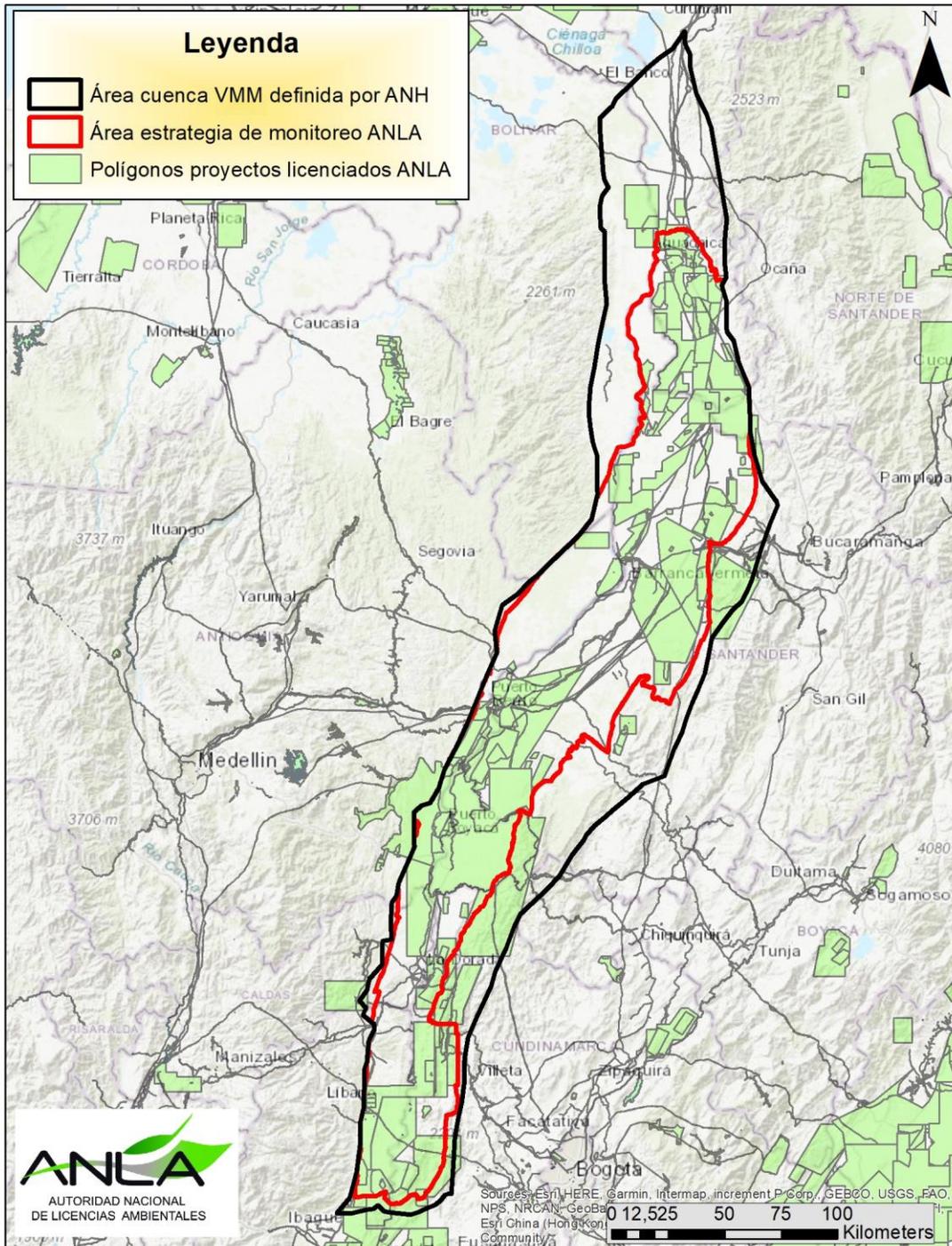
En las siguientes figuras se puede observar la delimitación final del área de la Estrategia de Monitoreo del Recurso Hídrico Subterráneo en el Valle Medio del Magdalena - VMM. En la **Figura 7** se puede observar la demarcación realizada a partir de los primeros dos criterios, es decir las unidades geológicas de interés y los aspectos estructurales; por su parte, en la **Figura 8** se ilustra el tercer criterio, relacionado con la presencia de proyectos del sector de hidrocarburos en la cuenca.

Figura 7. Delimitación del área de la estrategia de monitoreo a partir de aspectos geológicos y estructurales



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo, 2023

Figura 8. Delimitación del área de la estrategia de monitoreo a partir de la presencia de proyectos de hidrocarburos



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo, 2023

6. ESTADO DE LICENCIAMIENTO AMBIENTAL

Una vez definida el área de estudio en el marco de la presente actualización de la Estrategia de Monitoreo del Recurso Hídrico Subterráneo en el Valle Medio del Magdalena - VMM, se analizaron los proyectos de competencia de la ANLA ubicados en el área de interés, de tal manera que se pudieran establecer los proyectos que son candidatos para la implementación de la estrategia. Es así, como se identificaron un total de 236 expedientes de diferentes sectores, en la **Tabla 1** se presenta la información del número de proyectos por sector:

Tabla 1. Proyectos de competencia de ANLA localizados en la cuenca del Valle Medio del Magdalena - VMM

	Número	%
Hidrocarburos	164	69
Infraestructura	41	17
Energía	27	11
Agroquímicos	2	1
Minería	2	1
TOTAL	236	100

Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo, 2023

Si bien en el área de la cuenca del Valle Medio del Magdalena - VMM existen diferentes tipos de proyectos, en lo que respecta a la competencia de la ANLA, el sector de hidrocarburos es el de mayor relevancia, por lo tanto, la estrategia de monitoreo regional se enfoca en este sector, dado que, al existir un mayor número de proyectos de este tipo, hay una mayor demanda de agua subterránea y en consecuencia mayores impactos potenciales sobre este recurso. Ahora bien, es importante aclarar que no todos los 164 proyectos del sector de hidrocarburos que se localizan en la cuenca del VMM se encuentran activos, en la **Tabla 2** se detalla el estado de estos.

Tabla 2. Estado de los proyectos del sector de hidrocarburos en la cuenca del Valle Medio del Magdalena - VMM

Estado del proyecto	Número	%
Activo	73	45
Desmantelamiento y abandono	43	26
Inactivo/ Suspendido	30	18
Archivado	15	9
Acumulado	3	2
TOTAL	164	100

Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo, 2023

Ahora bien, de acuerdo con la revisión de los expedientes en estado activo, es decir 73 proyectos, se encontró una presencia importante de los diferentes subsectores que están incluidos dentro del sector de los hidrocarburos, tal como se detalla en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Proyectos de hidrocarburos por subsector localizados en la cuenca del Valle Medio del Magdalena - VMM

Subsector de hidrocarburos	Número	%
Transporte y conducción	29	40
Explotación	23	32
Exploración	17	23
Terminal	2	3
Refinerías	1	1
Sísmica	1	1
TOTAL	73	100

Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo, 2023

Con base en la revisión de los 73 expedientes del sector de hidrocarburos en estado activo, a través de la consulta del último Concepto Técnico de Seguimiento realizado por la ANLA para cada uno de estos proyectos, se identificaron aquellos que actualmente cuentan con permiso de concesión de aguas subterráneas, obteniéndose un total de 22 expedientes con este tipo de permiso, entre los cuales se tienen en total 67 pozos de agua subterránea concesionados, sumando un caudal cercano a los 923 l/s para toda la cuenca del VMM, tal como se detalla en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Expedientes activos del sector de hidrocarburos con pozos de agua subterránea concesionados

No.	Expediente	Proyecto	Autoridad que otorga concesión	No. pozos concesionados	Nombre del punto	Estado del punto	Caudal autorizado (l/s)
1	LAM0040	Campo Asociación Tisquirama; Campos Los Ángeles y Santa Lucía	ANLA	1	Pozo Estación Los Ángeles	Activo	3,7
			CORPOCESAR	1	Pozo Estación Santa Lucía	Activo	2,94
2	LAM0069	Gasoducto Centro Oriente - GCO	CORTOLIMA	1	Pozo profundo CP1	Activo	Sin dato
3	LAM0203	Área de Desarrollo Toqui Toqui - Bloque Pulí C	CORTOLIMA	1	Pozo Batería Toqui	Activo	1,6
4	LAM0232	Campo de producción Palagua Caipal	CORPOBOYACA	4	Pozo E-No. 2	Activo	2,19
					Pozo PW-2 E-4	Activo	2
					Estación Caipal	Activo	2,084
					Pozo profundo PW - 1	Activo	3,6
5	LAM0242	Explotación petrolera en el Campo de Producción Nare, Teca y Cocorná	CORANTIOQUIA	2	CP_AB_MN	Activo	15
					NRE-36-WW-01	Activo	25
6	LAM0332		CORPOBOYACA	2	No. 2 Área Industrial	Activo	3

No.	Expediente	Proyecto	Autoridad que otorga concesión	No. pozos concesionados	Nombre del punto	Estado del punto	Caudal autorizado (l/s)
		Campo de producción Velásquez			No. 3 Velásquez 26	Activo	3
7	LAM0855	Campos Petroleros Casabe y Peñas Blancas	CORANTIOQUIA	11	PC01	Activo	12,91
					PC07	Activo	22,72
					PC08R	Activo	34,96
					PC09	Activo	27,6
					PC10	Activo	34,96
					PC11R	Activo	51,52
					PC12	Activo	60,73
					PC13R	Activo	22,08
					PC14	Activo	23,92
					PC15	Activo	58,89
					PC16	Activo	58,89
8	LAM1277	Bloque de Perforación Exploratoria Buturama y Campo Catalina	MMA - ANLA	1	PzAsub	Activo	2,5
9	LAM1913	Campo de Explotación Jazmín – Nare Norte	MMA - ANLA	5	Pozo de Captación EIS Abarco	Activo	15
					Pozo de agua subterránea Clúster S	Activo	15
					Pozo de captación Modulo 1 Jazmín 3	Activo	15
					Pozo de Captación U Jazmín 2	Activo	15
					Pozo de Captación AP	Activo	15
10	LAM1994	Campo Moriche	MAVDT - ANLA	1	Clúster H	Activo	25
					Clúster AB	Activo	25
					Clúster B	Activo	25
					Clúster AA	Activo	25
					L01 - Batería Moriche	Activo	25
					Pozo Jazmín 2	Activo	1,2
					Pozo Jazmín 3	Activo	1,2
11	LAM2095	Área de Perforación Exploratoria Cantagallo	MAVDT - ANLA	1	PP_ECP02_IslaVI_1	Activo	3,1
12	LAM2317	Campos petroleros Cantagallo y aledaños	CAS	5	Pozo Captador	Activo	64,4
			CAS		ECP - 2	Activo	55,2
			CAS		Pozo Captador Magdalena-1 PCM-1	Activo	46
			CSB		Pozo Captador Cantagallo-1 CGO-1	Activo	10
			CORPONOR		Pozo Pavas Cáchira	Activo	0,1
13	LAM2510	PMA para la operación del poliducto Galán – Ayacucho Coveñas, variante Caño El Zorro	CSB	1	Pozo Captador	Activo	1

No.	Expediente	Proyecto	Autoridad que otorga concesión	No. pozos concesionados	Nombre del punto	Estado del punto	Caudal autorizado (l/s)
14	LAM4128	Oleoducto Velásquez Galán	CAS	3	Estación Sauce	Activo	0,5
					Estación Cantimplora	Activo	0,2
					Estación Zambito	Activo	0,192
15	LAM4767	Proyecto Campo Colón	MAVDT	1	PP_COLON	Activo	3
16	LAM5278	Campo de producción Turpial	ANLA	3	Sin nombre	Sin perforar	3
17	LAM5487	Explotación de hidrocarburos en el Campo Chuirá	ANLA	1	Sin nombre	Sin perforar	Sin dato
18	LAM5547	Área de explotación Valle Medio Magdalena Uno (VMM-1)	ANLA	1	Caramelo-1	Activo	3
19	LAM6358	Contrato de asociación Cocorná - Campo Teca	CORANTIOQUIA	1	PC6CT	Activo	48,1
20	LAV0013-00-2021	Área de desarrollo VMM46	ANLA	18	Sin nombre	Sin perforar	3
21	LAV0046-00-2015	Campo Toqui Toqui	CORTOLIMA	1	Pozo subterráneo en batería TQ	Activo	Sin dato
22	LAV0105-00-2014	Campo de Explotación de hidrocarburos Acordionero	ANLA	1	Pozo acordeonero 1	Activo	3,2
TOTAL				67		TOTAL	923

Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo, 2023

7. CONDICIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MONITOREO REGIONAL

La actualización de la estrategia de monitoreo regional consiste en la estandarización de parámetros y frecuencias de monitoreo en gran parte de la cuenca del Valle Medio del Magdalena - VMM, con lo cual se busca evidenciar la ocurrencia o no de impactos acumulativos sobre el componente hidrogeológico a lo largo del tiempo. En tal sentido, se ajustarán las condiciones de modo y tiempo para la captura de datos e información regional del recurso hídrico subterráneo en proyectos de competencia de la ANLA que tengan permisos de concesión y redes de piezómetros instaladas.

En este orden de ideas, a continuación, se presentan las condiciones de tiempo, modo y lugar que efectuaran los titulares de licencias ambientales, en puntos de explotación y monitoreo de aguas subterráneas existentes, de tal manera que se fundamente el esquema de seguimiento regional en la cuenca.

7.1. Selección de la red de monitoreo de aguas subterráneas – condiciones de lugar

Es preciso mencionar que, en el marco de la primera versión de la Estrategia de Monitoreo del Recurso Hídrico Subterráneo en el área del Valle Medio Magdalena - VMM formulada en el año 2020, se han implementado las condiciones de tiempo, modo y lugar en dos (2) de los siete (7) proyectos seleccionados inicialmente, todos pertenecientes al sector de hidrocarburos, tal como se puede observar en la **Tabla 5**.

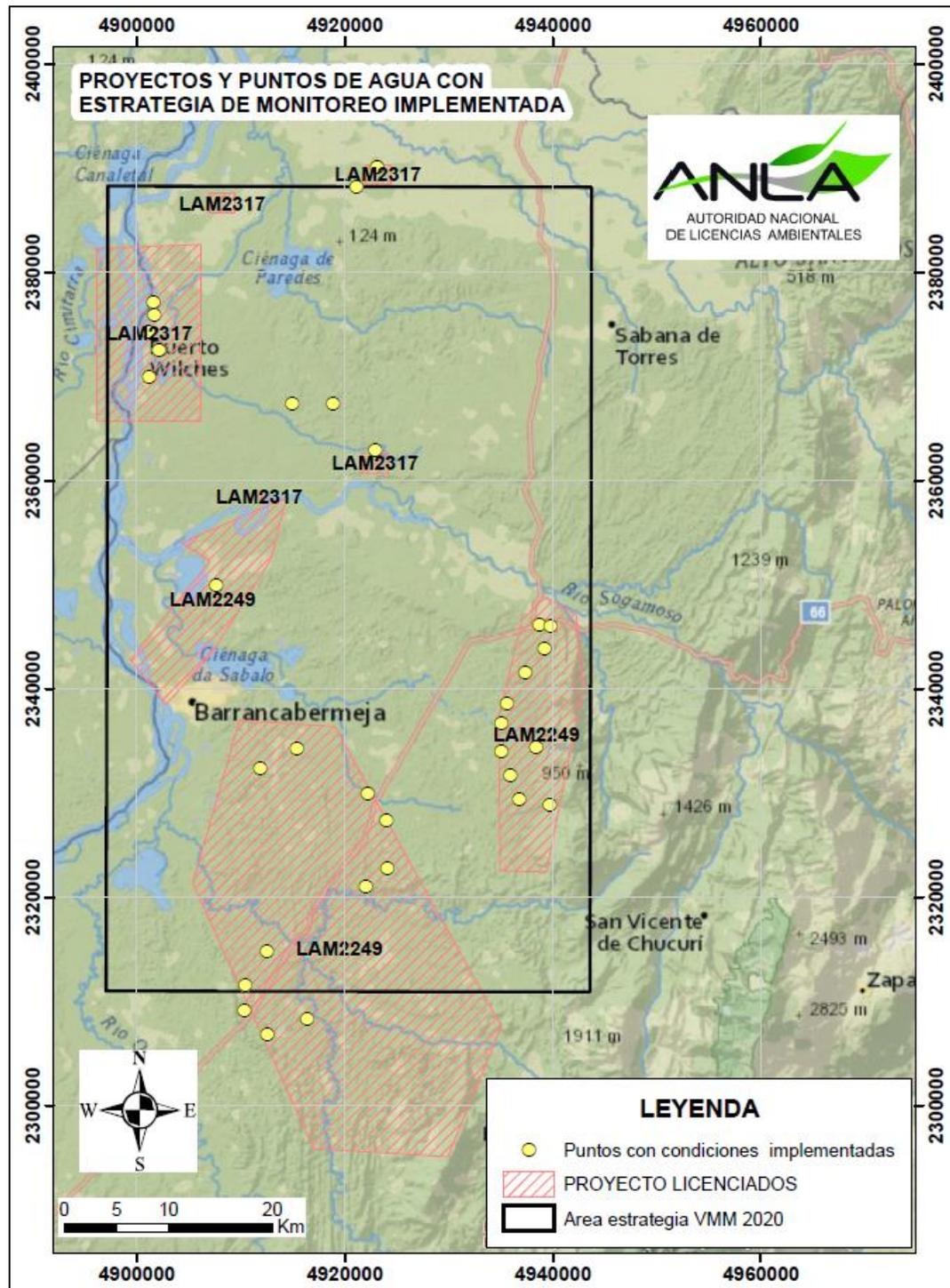
Tabla 5. Proyectos incluidos en la primera versión de la estrategia del VMM realizada en el año 2020

Expediente	Nombre del proyecto	Estado de avance	Acto Administrativo
LAM2249	Plan de Manejo Ambiental para la totalidad del proyecto Campos de la Superintendencia de Mares, denominados a) La Cira - Infantas, que incluye los campos San Luis, Aguas Blancas, Tenerife, Colorado, Morenas y Mosqueteros 1-7; b) Llanito - Gala - Galán - Cardales; y c) Lisama - Nutria - Tesoro - Peroles y sus actividades asociadas	Implementado	Resolución 00629 del 05/04/2021 Resolución 01683 del 23/09/2021
LAM2317	Campos petroleros Cantagallo y Aledaños	Implementado	Resolución 1895 de 27/10/2021 Resolución 00799 del 21/04/2022
LAM1009	Campo Provincia, Superintendencia Provincia, Gerencia Centro Oriente	En espera de acogimiento del Concepto Técnico	-
LAM3965	Área de Perforación Exploratoria Guane	En espera de acogimiento del Concepto Técnico	-
LAM0172	Campos Payoa, Salinas, Corazón, Aguas Claras y Las Monas, pertenecientes al contrato de asociación especial Carare - Las Monas	En espera de acogimiento del Concepto Técnico	-
LAV0006-00-2015	Área de Perforación Exploratoria VMM - 39	Por implementar	-
LAV0007-14	Área de Perforación Exploratoria Coyote - Marteja	Por implementar	-

Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo, 2023

Los dos (2) proyectos en los que ha sido implementada la estrategia son “*Campos Petroleros Cantagallo y Aledaños*”, con expediente LAM2317 y “*Plan de Manejo Ambiental para la totalidad del proyecto Campos de la Superintendencia de Mares, denominados a) La Cira - Infantas, que incluye los campos San Luis, Aguas Blancas, Tenerife, Colorado, Morenas y Mosqueteros 1-7; b) Llanito - Gala - Galán - Cardales; y c) Lisama - Nutria - Tesoro - Peroles y sus actividades asociadas*” con expediente LAM2249, y actualmente son responsables de la red de monitoreo compuesta, hasta el momento, por treinta y cuatro (34) puntos de agua subterránea, distribuidos en nueve (9) pozos profundos, veinticuatro (24) piezómetros y un (1) aljibe, cuya localización se presenta en la **Figura 9**.

Figura 9. Proyectos y puntos de agua subterránea con estrategia de monitoreo implementada en el marco de la primera versión, planteada en el año 2020



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo, 2023

Este año, en aras de actualizar la estrategia, en el sentido de ampliar el área a la totalidad de la cuenca del VMM y por ende el número de puntos de agua subterránea a monitorear, se realizó la compilación y revisión de la información documental de los 164 expedientes de hidrocarburos localizados en la región, con el objetivo de seleccionar los proyectos y puntos hidrogeológicos que conformarán la red de monitoreo regional.

Del total de proyectos verificados se encontraron 22 activos que cuentan con puntos de agua subterránea opcionados para monitorear, en cada uno de los puntos identificados se aplicó la matriz de valoración de riesgo (**Figura 10**), evaluando la pertinencia de incluirlo en la red regional. Dicha matriz es de carácter cualitativo, y se fundamenta a partir del nivel de información del punto potencial de monitoreo, el cual se califica en categorías baja, media, moderada y alta, de acuerdo con los criterios trazados para el desarrollo del ejercicio de ponderación.

En la valoración se considera el estado actual de operación de la captación y la red de piezómetros privada del proyecto, es decir, si el pozo se encuentra en uso y el piezómetro está siendo monitoreado regularmente. En este sentido, los pozos de explotación inactivos y redes de piezómetros en proyectos suspendidos se tipifican de baja prioridad.

La matriz de ponderación otorga un mayor peso a los pozos concesionados por la ANLA, y a los piezómetros integrados en los programas y planes de seguimiento local de los proyectos licenciados por esta Autoridad; en esta actualización se califican en categoría baja los puntos de abastecimiento de la comunidad debido a su muy limitado nivel de información, especialmente respecto a la profundidad y condiciones estructurales de diseño, y porque el acceso a tomar la muestra en estos puntos no depende directamente del licenciatario; de igual forma, entran en categoría baja los pozos concesionados por las Corporaciones Autónomas Regionales, puesto que estos ya cuentan con un sistema particular de monitoreo y seguimiento, establecido por la autoridad regional, con lo cual, las obligaciones adicionales trazadas por la ANLA, en relación con las condiciones de tiempo y modo del monitoreo fisicoquímico y microbiológico de la captación, no tienen cabida.

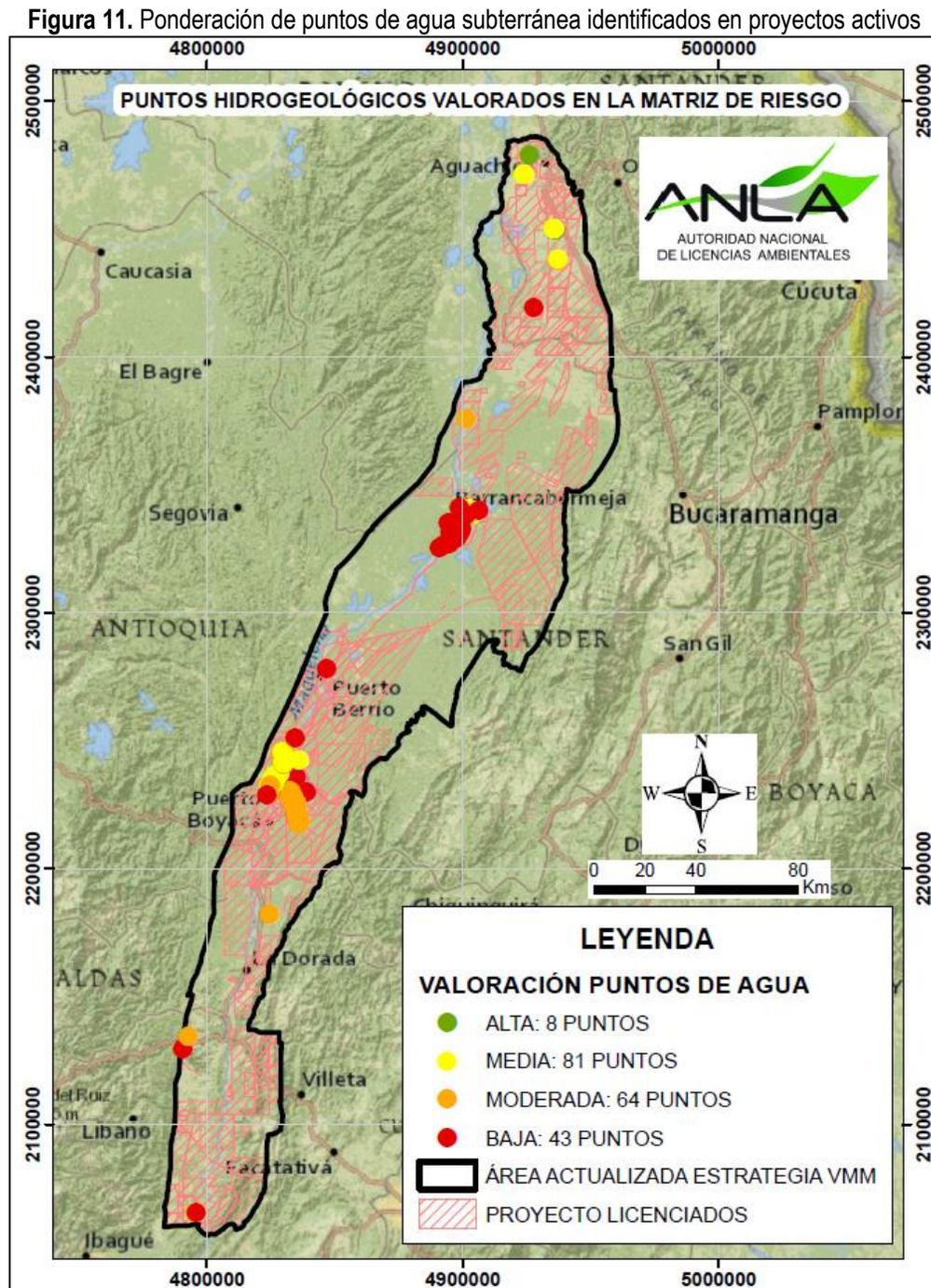
Figura 10. Matriz de ponderación de puntos hidrogeológicos.

		Estado actual del punto			
		Permiso CAR	Permiso ANLA (Pozo Inactivo)	PSM ANLA	Permiso ANLA (Pozo Activo)
Nivel de información del punto	Bajo	Prioridad Baja	Prioridad Baja	Prioridad Baja	Prioridad Media
	Medio	Prioridad Baja	Prioridad Baja	Prioridad Media	Prioridad Moderada
	Alto	Prioridad Baja	Prioridad Baja	Prioridad Moderada	Prioridad Alta

Nivel de información del punto	Criterio
Bajo	<ul style="list-style-type: none"> Se conocen las coordenadas geográficas del punto y el origen de referencia cartográfica. Se conoce si el punto corresponde a un aljibe, manantial o pozo. Se cuenta con el ID o código de identificación del punto (conforme al acto administrativo asociado para el caso de los pozos con permiso de explotación).
Medio	<ul style="list-style-type: none"> Se conoce el caudal concesionado. Se conoce la profundidad del punto o de la captación.
Alto	<ul style="list-style-type: none"> Se conoce la unidad acuífera captada o aprovechada. Se conoce el nivel estático y dinámico. Se cuenta con el diseño mecánico del pozo.

Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo, 2021

En la **Figura 11** se presenta el resultado del ejercicio de evaluación mediante la matriz de ponderación de los puntos hidrogeológicos previamente reconocidos y que potencialmente podrían ser incluidos en la red de monitoreo regional. En total fueron valorados 196 puntos de agua subterránea, entre pozos profundos y piezómetros, otorgando a cada uno de ellos un grado o rango de prioridad, entre bajo, medio, moderado y alto.



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo, 2023

Una vez realizada la ponderación se seleccionaron e integraron a la red de monitoreo regional los puntos de agua subterránea calificados con las categorías de prioridad alta, media y moderada, a excepción de un (1) punto que se localizó por fuera del límite de la cuenca, es decir que finalmente se integraron 152 puntos (18 pozos profundos y 134 piezómetros) pertenecientes a 13 proyectos (**Tabla 6**), descartando así los 43 puntos clasificados en categoría baja.

Tabla 6. Información general de los puntos seleccionados para conformar la red de monitoreo de la Estrategia de Monitoreo del Recurso Hídrico Subterráneo en el área del Valle Medio del Magdalena-VMM

No.	Expediente	Operador /Licenciario	Proyecto	Nombre del punto	Coordenadas Origen Único Nacional		Profundidad (m)	Caudal autorizado (l/s)	Tipo de punto	Unidad geológica captada (mapas SGC en escala 1:100.00)		Nivel estático	Diseño mecánico	Priorización de punto de agua subterránea
					Este	Norte								
1	LAM0040	GRAN TIERRA ENERGY COLOMBIA LLC SUCURSAL	Campo Asociación Tisquirama; Campos Los Ángeles y Santa Lucía	Pozo Estación Los Ángeles - ASUB-LAN-POZO	4936063,254	2449931,07	169	3,7	Pozo	Qfal - N1r	Llanuras de inundación - Grupo Real	5,791	No	ALTA
2	LAM0040	GRAN TIERRA ENERGY COLOMBIA LLC SUCURSAL	Campo Asociación Tisquirama; Campos Los Ángeles y Santa Lucía	ASUB-LAN8-PZM1	4935565,914	2450450,0	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qfal	Llanuras de inundación	Sin dato	No	MEDIA
3	LAM0040	GRAN TIERRA ENERGY COLOMBIA LLC SUCURSAL	Campo Asociación Tisquirama; Campos Los Ángeles y Santa Lucía	ASUB-LAN8-PZM2	4935572,007	2450431,9	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qfal	Llanuras de inundación	Sin dato	No	MEDIA
4	LAM0040	GRAN TIERRA ENERGY COLOMBIA LLC SUCURSAL	Campo Asociación Tisquirama; Campos Los Ángeles y Santa Lucía	ASUB-LAN8-PZM3	4935616,991	2450438,8	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qfal	Llanuras de inundación	Sin dato	No	MEDIA
5	LAM0040	GRAN TIERRA ENERGY COLOMBIA LLC SUCURSAL	Campo Asociación Tisquirama; Campos Los Ángeles y Santa Lucía	ASUB-LAN8-PZM4	4935612,123	2450457,9	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qfal	Llanuras de inundación	Sin dato	No	MEDIA
6	LAM0040	GRAN TIERRA ENERGY COLOMBIA LLC SUCURSAL	Campo Asociación Tisquirama; Campos Los Ángeles y Santa Lucía	ASUB-LAN8-PZM5	4935548,236	2450497,0	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qfal	Llanuras de inundación	Sin dato	No	MEDIA

No.	Expediente	Operador /Licenciario	Proyecto	Nombre del punto	Coordenadas Origen Único Nacional		Profundidad (m)	Caudal autorizado (l/s)	Tipo de punto	Unidad geológica captada (mapas SGC en escala 1:100.00)		Nivel estático	Diseño mecánico	Priorización de punto de agua subterránea
					Este	Norte								
7	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PC_E	4902401,37	2339792,2	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
8	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PM_11A	4902934,857	2339236,4	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
9	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PM_11B	4902934,857	2339236,6	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
10	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PM_13B	4903066,093	2338578,6	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
11	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PM_19A	4903595,869	2339796,3	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
12	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PM_1A	4903311,293	2339644,3	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
13	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PM_25	4903186,894	2339211,1	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
14	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PM_26	4903132,346	2338755,2	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
15	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PM_27	4903271,811	2338703,5	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
16	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PM_3	4902364,583	2340606,1	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
17	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PM_36	4904077,871	2340242,4	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
18	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PM_3E	4903568,961	2338528,5	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
19	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PM_4	4903209,862	2338378,8	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
20	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PM_43	4903217,483	2339167,7	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
21	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PM_50	4903348,197	2340183,6	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
22	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PM_53	4903351,856	2340175,3	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
23	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PM_54	4903391,095	2340165,1	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
24	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PM_56	4902516,433	2339823,2	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA

No.	Expediente	Operador /Licenciario	Proyecto	Nombre del punto	Coordenadas Origen Único Nacional		Profundidad (m)	Caudal autorizado (l/s)	Tipo de punto	Unidad geológica captada (mapas SGC en escala 1:100.00)		Nivel estático	Diseño mecánico	Priorización de punto de agua subterránea
					Este	Norte								
25	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PM_67	4903131,189	2338755,8	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
26	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PM_68	4903130,564	2338615,3	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
27	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PM_6B	4902603,645	2338917,5	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
28	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PM_70	4902698,607	2338855,6	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
29	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PM_75	4903171,199	2338716,1	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
30	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PM_7A	4902515,542	2339356,3	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
31	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PM_7C	4902515,577	2339371,7	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
32	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PM_81	4903624,502	2338709,6	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
33	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PM_90	4903145,583	2338446,4	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
34	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PM_9B	4902129,95	2340108,6	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
35	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PR_10	4903238,209	2338774,7	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
36	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PR_11	4903238,074	2338716,4	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
37	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PR_13	4903231,86	2338661,2	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
38	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PR_17	4903235,129	2338769,5	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
39	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PR_24	4903228,839	2338685,7	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
40	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PR_32	4903495,619	2338669,9	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
41	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PR_6	4902710,897	2338867,8	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
42	LAM0180	ECOPETROL S.A.	Refinería de Barrancabermeja	PR_9	4903195,21	2338741,1	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA

No.	Expediente	Operador /Licenciario	Proyecto	Nombre del punto	Coordenadas Origen Único Nacional		Profundidad (m)	Caudal autorizado (l/s)	Tipo de punto	Unidad geológica captada (mapas SGC en escala 1:100.00)		Nivel estático	Diseño mecánico	Priorización de punto de agua subterránea
					Este	Norte								
43	LAM0203	INTEROIL COLOMBIA E&P	Área de Desarrollo Toqui Toqui - Bloque Pulí C	PZ4_TANQUE	4795777	2065488,0	Sin dato	Sin dato	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MODERADA
44	LAM0203	INTEROIL COLOMBIA E&P	Área de Desarrollo Toqui Toqui - Bloque Pulí C	PZ3_LAGO	4795634	2065533,0	Sin dato	Sin dato	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MODERADA
45	LAM0203	INTEROIL COLOMBIA E&P	Área de Desarrollo Toqui Toqui - Bloque Pulí C	PZ1_PISCINA	4795863	2065640,0	Sin dato	Sin dato	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MODERADA
46	LAM0203	INTEROIL COLOMBIA E&P	Área de Desarrollo Toqui Toqui - Bloque Pulí C	PZ2_TANQUE_INC	4795715	2065731,0	Sin dato	Sin dato	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
47	LAM0232	ECOPETROL S.A.	Campo de producción Palagua Caipal	PM-2	4833124,533	2228995,4	Sin dato	Sin dato	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No aplica	MODERADA
48	LAM0232	ECOPETROL S.A.	Campo de producción Palagua Caipal	PM-3	4833609,359	2228522,6	Sin dato	Sin dato	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No aplica	MODERADA
49	LAM0232	ECOPETROL S.A.	Campo de producción Palagua Caipal	PM-4	4832657,4	2229472,3	Sin dato	Sin dato	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
50	LAM0232	ECOPETROL S.A.	Campo de producción Palagua Caipal	PM-5	4832755,89	2230089,6	Sin dato	Sin dato	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
51	LAM0232	ECOPETROL S.A.	Campo de producción Palagua Caipal	PM-8	4833513,525	2228582,8	Sin dato	Sin dato	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No aplica	MODERADA
52	LAM0232	ECOPETROL S.A.	Campo de producción Palagua Caipal	PM-9	4832119,387	2228679,5	Sin dato	Sin dato	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No aplica	MODERADA
53	LAM0232	ECOPETROL S.A.	Campo de producción Palagua Caipal	PM-12	4832617,413	2230068,5	Sin dato	Sin dato	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
54	LAM0232	ECOPETROL S.A.	Campo de producción Palagua Caipal	PM-15	4832127,649	2230820,5	Sin dato	Sin dato	Piezómetro	Qt	Terrazas aluviales	Sin dato	No aplica	MODERADA

No.	Expediente	Operador /Licenciario	Proyecto	Nombre del punto	Coordenadas Origen Único Nacional		Profundidad (m)	Caudal autorizado (l/s)	Tipo de punto	Unidad geológica captada (mapas SGC en escala 1:100.00)		Nivel estático	Diseño mecánico	Priorización de punto de agua subterránea
					Este	Norte								
55	LAM0242	ECOPETROL S. A.	Explotación petrolera en el Campo de Producción Nare, Teca y Cocomá - Campo de Producción Nare Sur y Underriver Sur	PZ1_ATG_PCG	4824541,452	2229444,2	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qt	Terrazas Aluviales	Sin dato	No aplica	MODERADA
56	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM1_ETD_MVZ	4833937,988	2227409,5	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
57	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM2_ITR_BT2A	4833807,554	2226655,1	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
58	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM27_IT_BT2A	4834147,229	2226574,5	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
59	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM26_SCT_VM	4834462,902	2225982,2	Sin dato	No aplica	Piezómetro	N2m	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
60	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM24_CMN_BT3	4834566,87	2224981,4	Sin dato	No aplica	Piezómetro	N2m	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
61	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM3_IF_AB-2A	4834105,515	2226203,8	Sin dato	No aplica	Piezómetro	N2m	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
62	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM25_CV-225_B3	4834368,305	2226162,3	Sin dato	No aplica	Piezómetro	N2m	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
63	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM13_CSN_CFT	4836013,612	2217585,2	Sin dato	No aplica	Piezómetro	N2m	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
64	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM14_FTM_AIDT	4836021,361	2218480,8	Sin dato	No aplica	Piezómetro	N2m	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA

No.	Expediente	Operador /Licenciatario	Proyecto	Nombre del punto	Coordenadas Origen Único Nacional		Profundidad (m)	Caudal autorizado (l/s)	Tipo de punto	Unidad geológica captada (mapas SGC en escala 1:100.00)		Nivel estático	Diseño mecánico	Priorización de punto de agua subterránea
					Este	Norte								
65	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM12_PTB_AIDT	4835751,591	2218530,3	Sin dato	No aplica	Piezómetro	N2m	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
66	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM29_ATSA	4836411,994	2218391,0	Sin dato	No aplica	Piezómetro	N2m	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
67	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM30_ATSA	4836410,738	2218260,1	Sin dato	No aplica	Piezómetro	N2m	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
68	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM7_PVC_PG	4835412,65	2222547,0	Sin dato	No aplica	Piezómetro	N2m	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
69	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM15_PTS_V26	4834824,453	2221285,7	Sin dato	No aplica	Piezómetro	N2m	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
70	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM9_AIT_VE26	4834890,765	2221460,5	Sin dato	No aplica	Piezómetro	N2m	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
71	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM11_FSD_BT	4835625,478	2218951,3	Sin dato	No aplica	Piezómetro	N2m	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
72	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM10_VPF_BT1	4835813,972	2220269,3	Sin dato	No aplica	Piezómetro	N2m	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
73	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM8_AIT_BT2	4835455,564	2222006,1	Sin dato	No aplica	Piezómetro	N2m	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
74	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM16_ETB_SVP	4835247,564	2221954,6	Sin dato	No aplica	Piezómetro	N2m	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
75	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM31_ARD_CT	4834338,62	2224799,0	Sin dato	No aplica	Piezómetro	N2m	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
76	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM32_ARD_CT	4834331,841	2224908,9	Sin dato	No aplica	Piezómetro	N2m	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA

No.	Expediente	Operador /Licenciatario	Proyecto	Nombre del punto	Coordenadas Origen Único Nacional		Profundidad (m)	Caudal autorizado (l/s)	Tipo de punto	Unidad geológica captada (mapas SGC en escala 1:100.00)		Nivel estático	Diseño mecánico	Priorización de punto de agua subterránea
					Este	Norte								
77	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM33_ARD_CT	4834404,904	2224958,8	Sin dato	No aplica	Piezómetro	N2m	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
78	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM5_VEL103	4834365,605	2224292,2	Sin dato	No aplica	Piezómetro	N2m	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
79	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM4_CB3_PV246	4835082,523	2225438,2	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qali	Depósitos de Llanura de Inundación	Sin dato	No aplica	MODERADA
80	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM6_SVE_B2Y3	4834854,366	2222772,0	Sin dato	No aplica	Piezómetro	N2m	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
81	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM17_VEL253	4835247,564	2221954,6	Sin dato	No aplica	Piezómetro	N2m	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
82	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM18_VEL156	4834941,641	2223439,5	Sin dato	No aplica	Piezómetro	N2m	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
83	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM19_FSR_AC	4834524,057	2225065,5	Sin dato	No aplica	Piezómetro	N2m	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
84	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM22_VEL266	4834779,424	2224808,1	Sin dato	No aplica	Piezómetro	N2m	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
85	LAM0332	MANSAROVAR ENERGY COLOMBIA LTD.	Campo de producción Velásquez	PZM28_VCT	4835238,102	2221717,7	Sin dato	No aplica	Piezómetro	N2m	Formación Mesa	Sin dato	No aplica	MODERADA
86	LAM0855	ECOPETROL S.A.	Campos Petroleros Casabe y Peñas Blancas	PM-1	4898353	2334453,0	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	4,3	No	MODERADA
87	LAM0855	ECOPETROL S.A.	Campos Petroleros Casabe y Peñas Blancas	PM-15	4898404	2335155,0	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	3,87	No	MODERADA

No.	Expediente	Operador /Licenciario	Proyecto	Nombre del punto	Coordenadas Origen Único Nacional		Profundidad (m)	Caudal autorizado (l/s)	Tipo de punto	Unidad geológica captada (mapas SGC en escala 1:100.00)		Nivel estático	Diseño mecánico	Priorización de punto de agua subterránea
					Este	Norte								
88	LAM0855	ECOPETROL S.A.	Campos Petroleros Casabe y Peñas Blancas	PM-18	4899168	2338334,0	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	6,1	No	MODERADA
89	LAM0855	ECOPETROL S.A.	Campos Petroleros Casabe y Peñas Blancas	PM-19	4900767	2337714,0	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	3,28	No	MODERADA
90	LAM0855	ECOPETROL S.A.	Campos Petroleros Casabe y Peñas Blancas	PM-20	4900715	2337806,0	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	4	No	MODERADA
91	LAM0855	ECOPETROL S.A.	Campos Petroleros Casabe y Peñas Blancas	PM-22	4900884	2337996,0	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	4,5	No	MODERADA
92	LAM0855	ECOPETROL S.A.	Campos Petroleros Casabe y Peñas Blancas	PM-25	4892304	2326682,0	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No	MODERADA
93	LAM0855	ECOPETROL S.A.	Campos Petroleros Casabe y Peñas Blancas	PM-26	4892314	2326768,0	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	5,3	No	MODERADA
94	LAM0855	ECOPETROL S.A.	Campos Petroleros Casabe y Peñas Blancas	PM-4	4897136	2335242,0	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No	MODERADA
95	LAM0855	ECOPETROL S.A.	Campos Petroleros Casabe y Peñas Blancas	PM-5	4897250	2335406,0	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MODERADA
96	LAM0855	ECOPETROL S.A.	Campos Petroleros Casabe y Peñas Blancas	PM-6	4897008	2335633,0	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	2,95	No	MODERADA
97	LAM0855	ECOPETROL S.A.	Campos Petroleros Casabe y Peñas Blancas	PM-9	4898132	2330981,0	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	4,68	No	MODERADA

No.	Expediente	Operador /Licenciario	Proyecto	Nombre del punto	Coordenadas Origen Único Nacional		Profundidad (m)	Caudal autorizado (l/s)	Tipo de punto	Unidad geológica captada (mapas SGC en escala 1:100.00)		Nivel estático	Diseño mecánico	Priorización de punto de agua subterránea
					Este	Norte								
98	LAM1277	Lagosur Petroleum Colombia Inc Sucursal Colombia	Bloque de Perforación Exploratoria Buturama y Campo Catalina	PzAsub	4923976,956	2471425,9	100	2,5	Pozo	Qfal	Depósitos de llanuras de inundación (río Magdalena) y aluviones de afluentes	Sin dato	No	ALTA
99	LAM1277	Lagosur Petroleum Colombia Inc Sucursal Colombia	Bloque de Perforación Exploratoria Buturama y Campo Catalina	Pz1	4924105,256	2471387,3	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qfal	Depósitos de llanuras de inundación (río Magdalena) y aluviones de afluentes	Sin dato	No	MEDIA
100	LAM1277	Lagosur Petroleum Colombia Inc Sucursal Colombia	Bloque de Perforación Exploratoria Buturama y Campo Catalina	Pz2	4923910,156	2471440,8	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qfal	Depósitos de llanuras de inundación (río Magdalena) y aluviones de afluentes	Sin dato	No	MEDIA
101	LAM1277	Lagosur Petroleum Colombia Inc Sucursal Colombia	Bloque de Perforación Exploratoria Buturama y Campo Catalina	Pz4	4923884,344	2471410,8	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qfal	Depósitos de llanuras de inundación (río Magdalena) y aluviones de afluentes	Sin dato	No	MEDIA
102	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación Jazmín – Nare Norte	Pozo de Captación EIS Abarco	4827248,933	2234809,4	340	15	Pozo	Tmm	Formación Mesa	17,2	No	ALTA
103	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación Jazmín – Nare Norte	Pozo de agua subterránea Cluster S	4825000,086	2232871,8	304,8	15	Pozo	Tmm	Formación Mesa	28,37	No	ALTA
104	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación Jazmín – Nare Norte	POZO CAPTACIÓN MÓDULO 1 JAZMIN 3	4824797,389	2232977,1	278	15	Pozo	Qal - Tmm	Depósitos Aluviales Recientes - Formación Mesa	29,16	No	ALTA
105	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación Jazmín – Nare Norte	Pozo de Captación U JAZMIN 2	4824631,603	2232546,7	300	15	Pozo	Tmm	Formación Mesa	28,37	No	ALTA

No.	Expediente	Operador /Licenciario	Proyecto	Nombre del punto	Coordenadas Origen Único Nacional		Profundidad (m)	Caudal autorizado (l/s)	Tipo de punto	Unidad geológica captada (mapas SGC en escala 1:100.00)		Nivel estático	Diseño mecánico	Priorización de punto de agua subterránea
					Este	Norte								
106	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación Jazmín – Nare Norte	Pozo de Captación AP	4824268,259	2232291,5	269,82	15	Pozo	Qal - Tmm	Depósitos Aluviales Recientes - Formación Mesa	27,57	No	ALTA
107	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación Jazmín – Nare Norte	PIEZOMETRO 2 ZONA DE CORTES ANTIGUA	4824308,232	2232287,4	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
108	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación Jazmín – Nare Norte	PIEZOMETRO 3 ZONA DE CORTES ANTIGUA	4825215,901	2234824,4	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No	MEDIA
109	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación Jazmín – Nare Norte	PIEZOMETRO 1 ZONA DE CORTES ANTIGUA FRENTE DEL PATIO DE EQUIPOS	4825209,897	2232825,4	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
110	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación Jazmín – Nare Norte	PIEZOMETRO 4 ZONA DE CORTES ANTIGUA	4825252,145	2232959,22	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
111	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación Jazmín – Nare Norte	PIEZOMETRO 5 MTB 3	4824303,013	2232676,2	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
112	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación Jazmín – Nare Norte	PIEZOMETRO 6 ATSA	4824765,162	2232356,5	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No	MEDIA
113	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación Jazmín – Nare Norte	PIEZOMETRO 7 ATSA	4824697,251	2232385,6	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No	MEDIA
114	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación Jazmín – Nare Norte	PIEZOMETRO 8 ATSA	4824738,452	2232495,5	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No	MEDIA
115	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación	PIEZOMETRO 9 MTB CLÚSTER U	4824594,692	2232582,7	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA

No.	Expediente	Operador /Licenciario	Proyecto	Nombre del punto	Coordenadas Origen Único Nacional		Profundidad (m)	Caudal autorizado (l/s)	Tipo de punto	Unidad geológica captada (mapas SGC en escala 1:100.00)		Nivel estático	Diseño mecánico	Priorización de punto de agua subterránea
					Este	Norte								
			Jazmín – Nare Norte											
116	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación Jazmín – Nare Norte	PIEZOMETRO 10 BATERIA GIRASOL	4825759,778	2234887,3	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No	MEDIA
117	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación Jazmín – Nare Norte	PIEZOMETRO 22 MTB TRONCO 4	4824377,704	2232539,2	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No	MEDIA
118	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación Jazmín – Nare Norte	PIEZOMETRO 13 GIR PH3	4826060,965	2235049,6	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
119	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación Jazmín – Nare Norte	PIEZOMETRO 14 GIR PH3	4826065,114	2235124,6	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No	MEDIA
120	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación Jazmín – Nare Norte	PIEZOMETRO 15 GIR PH3	4826184,149	2235169,3	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No	MEDIA
121	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación Jazmín – Nare Norte	PIEZOMETRO 16 ZONA DE CORTES GIRASOL AK	4826470,149	2236727,0	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
122	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación Jazmín – Nare Norte	PIEZOMETRO 17 ZONA DE CORTES GIRASOL AK	4826398,177	2236724,2	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
123	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación Jazmín – Nare Norte	PIEZOMETRO 18 ZONA DE CORTES GIRASOL AK	4826388,225	2236746,2	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
124	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación Jazmín – Nare Norte	CAMPO ABARCO - PIEZOMETRO 11	4828111,731	2237394,4	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
125	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación	CAMPO ABARCO - PIEZOMETRO 12	4828167,632	2237358,3	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA

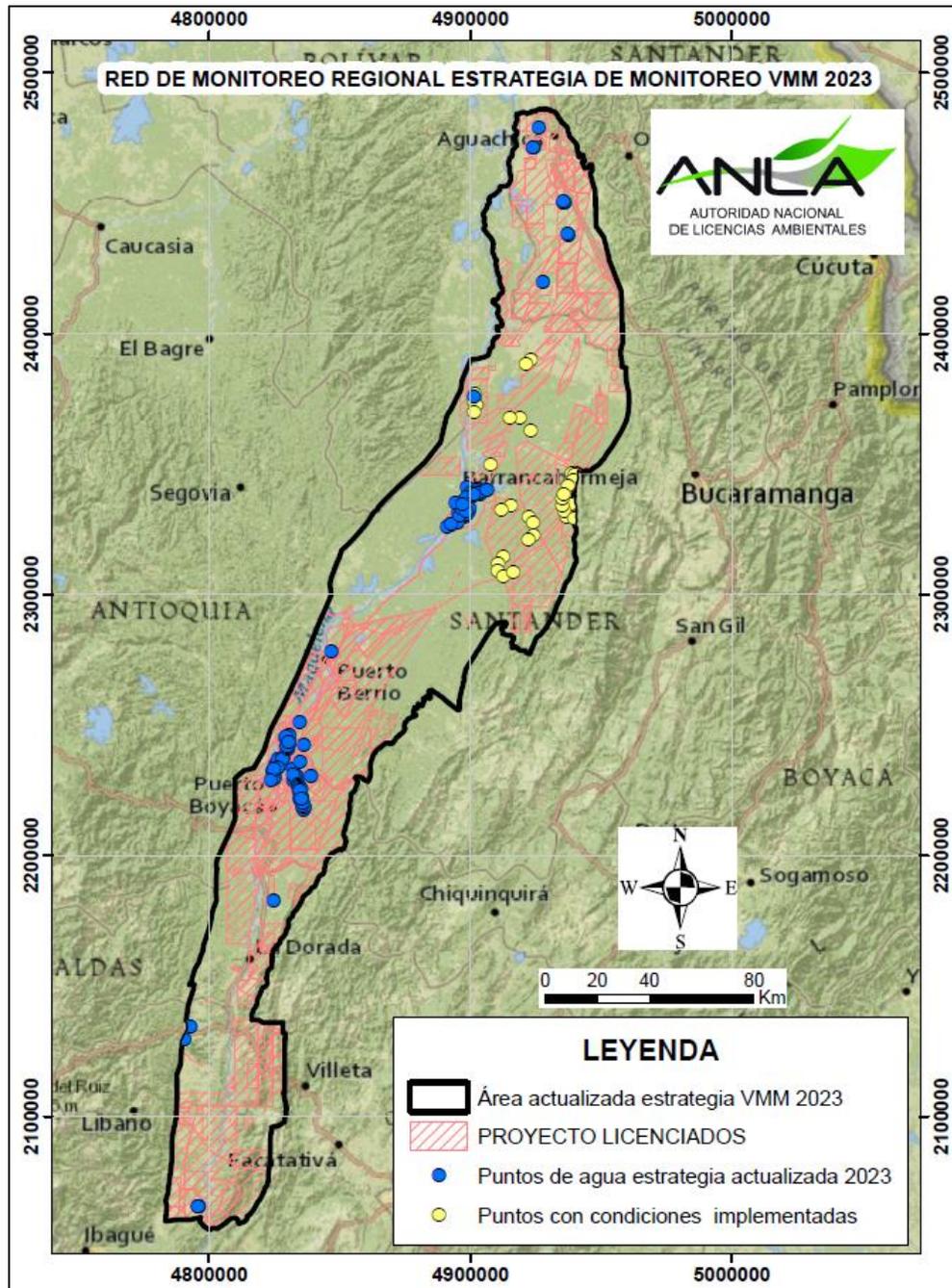
No.	Expediente	Operador /Licenciario	Proyecto	Nombre del punto	Coordenadas Origen Único Nacional		Profundidad (m)	Caudal autorizado (l/s)	Tipo de punto	Unidad geológica captada (mapas SGC en escala 1:100.00)		Nivel estático	Diseño mecánico	Priorización de punto de agua subterránea
					Este	Norte								
			Jazmín – Nare Norte											
126	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación Jazmín – Nare Norte	CAMPO ABARCO - PIEZOMETRO 23	4828066,328	2237183,6	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No	MEDIA
127	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación Jazmín – Nare Norte	PIEZOMETRO 19 GIR AK	4826320,61	2233935,6	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
128	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación Jazmín – Nare Norte	PIEZOMETRO 20 GIR AK	4826267,703	2233969,7	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
129	LAM1913	ECOPETROL S. A.	Campo de Explotación Jazmín – Nare Norte	PIEZOMETRO 21 GIR AK	4826215,655	2233933,8	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
130	LAM1994	ECOPETROL S.A.	Campo Moriche	Clúster H	4829183,604	2242031,1	>280	25	Pozo	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No	MODERADA
131	LAM1994	ECOPETROL S.A.	Campo Moriche	Clúster AB	4830655,126	2246049,2	>280	25	Pozo	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No	MODERADA
132	LAM1994	ECOPETROL S.A.	Campo Moriche	Clúster B	4829996,738	2240806,0	>280	25	Pozo	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No	MODERADA
133	LAM1994	ECOPETROL S.A.	Campo Moriche	Clúster AA	4828989,656	2245202,2	>280	25	Pozo	Qal - Tmm	Depósitos Aluviales Recientes - Formación Mesa	Sin dato	No	MODERADA
134	LAM1994	ECOPETROL S.A.	Campo Moriche	L01 - Bateria Moriche	4830056,149	2241022,8	>280	25	Pozo	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No	MODERADA
135	LAM1994	ECOPETROL S.A.	Campo Moriche	Pozo Jazmin 2	4824535,345	2182569,6	>280	1,2	Pozo	Qal - Tmm	Depósitos Aluviales Recientes - Formación Mesa	Sin dato	No	MODERADA
136	LAM1994	ECOPETROL S.A.	Campo Moriche	Pozo Jazmin 3	4824797,389	2232977,1	>280	1,2	Pozo	Qal - Tmm	Depósitos Aluviales Recientes - Formación Mesa	Sin dato	No	MODERADA
137	LAM1994	ECOPETROL S.A.	Campo Moriche	N° 1 ACT 1	4830158,776	2242342,0	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No	MEDIA
138	LAM1994	ECOPETROL S.A.	Campo Moriche	N° 2 ACT 2	4830125,747	2242320,0	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No	MEDIA
139	LAM1994	ECOPETROL S.A.	Campo Moriche	N° 3 ACT 3	4830134,834	2242365,0	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No	MEDIA
140	LAM1994	ECOPETROL S.A.	Campo Moriche	N° 4 ACT 4	4836154,747	2242327,0	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No	MEDIA
141	LAM1994	ECOPETROL S.A.	Campo Moriche	N° 5 SURTIDOR	4829867,379	2241585,9	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No	MEDIA
142	LAM1994	ECOPETROL S.A.	Campo Moriche	N° 6 SURTIDOR	4829889,493	2241646,8	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No	MEDIA

No.	Expediente	Operador /Licenciario	Proyecto	Nombre del punto	Coordenadas Origen Único Nacional		Profundidad (m)	Caudal autorizado (l/s)	Tipo de punto	Unidad geológica captada (mapas SGC en escala 1:100.00)		Nivel estático	Diseño mecánico	Priorización de punto de agua subterránea
					Este	Norte								
143	LAM1994	ECOPETROL S.A.	Campo Moriche	N° 7 NORTE 4	4829482,706	2245591,8	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
144	LAM1994	ECOPETROL S.A.	Campo Moriche	N° 8 ATC 2	4830457,694	2243355,9	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No	MEDIA
145	LAM1994	ECOPETROL S.A.	Campo Moriche	N° 9 ATC 2	4830426,871	2243435,9	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No	MEDIA
146	LAM1994	ECOPETROL S.A.	Campo Moriche	N° 10 ATC 2	4830462,951	2243483,8	Sin dato	No aplica	Piezómetro	Tmm	Formación Mesa	Sin dato	No	MEDIA
147	LAM2095	ECOPETROL S.A.	Área de Perforación Exploratoria Cantagallo	PP_ECP02_IslaVI_1	4901393,159	2375935,2	290	3,1	Pozo	Qal - N1r	Depósitos Aluviales Recientes - Grupo Real	Sin dato	No	MODERADA
148	LAM2095	ECOPETROL S.A.	Área de perforación Exploratoria Cantagallo	P_Profundo_1	4901452,9	2385290,6	Sin dato	No aplica	Pozo	Qal	Depósitos Aluviales Recientes	Sin dato	No	MEDIA
149	LAM2095	ECOPETROL S.A.	Área de perforación Exploratoria Cantagallo	P_Profundo_6	4901623,74	2385264,2	Sin dato	No aplica	Pozo	Qfl	Depósitos Fluvio Lacustres	Sin dato	No	MEDIA
150	LAM5547	Lewis Energy Colombia, Inc.	Área de explotación Valle Medio Magdalena Uno (VMM-1)	Caramelo-1	4926009,541	2478828,9	104	3	Pozo	Qfal	Depósitos de llanuras de inundación (río Magdalena) y aluviones de afluentes	22,6	No	ALTA
151	LAV0105-00-2014	UNION TEMPORAL MIDAS	Campo de explotación Acordionero	Pozo acordeonero 1	4937483,175	2437606,2	100	3,2	Pozo	Qcal	Depósitos de Abanicos y Terrazas Aluviales	3,21	No	MODERADA
152	LAV0105-00-2014	UNION TEMPORAL MIDAS	Campo de explotación Acordionero	PZ073	4937097,026	2438357,4	40	No aplica	Piezómetro	Qcal	Depósitos de Abanicos y Terrazas Aluviales	Sin dato	No	MEDIA

Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo, 2023

En ese orden de ideas la Estrategia de Monitoreo del Recurso Hídrico Subterráneo en el área del Valle Medio del Magdalena-VMM, quedaría conformada a la fecha por un total de 186 puntos de agua subterránea, 152 correspondientes a los seleccionados en la presente actualización y 34 que ya hacen parte de la estrategia en el marco de la implementación de la primera versión (**Figura 12**).

Figura 12. Totalidad de puntos que conforman la red de monitoreo regional del recurso hídrico subterráneo en el VMM



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo, 2023

Es importante resaltar que la estrategia de monitoreo planteada en el presente documento no responde a un esquema fijo, sino por el contrario, es objeto de actualización, y los puntos que la conforman pueden ser modificados en función del estado de los proyectos, en el momento en el que se vayan a establecer como obligación las condiciones de tiempo, modo y lugar estandarizadas. Por lo tanto, si en la implementación de la estrategia, se evidencian nuevos puntos de agua subterránea que pudiesen complementar el esquema de monitoreo regional, tales como nuevos pozos de captación o piezómetros, localizados en inmediaciones de áreas donde se desarrollen actividades potencialmente contaminantes, estos puntos podrán ser integrados e incluidos en la estrategia.

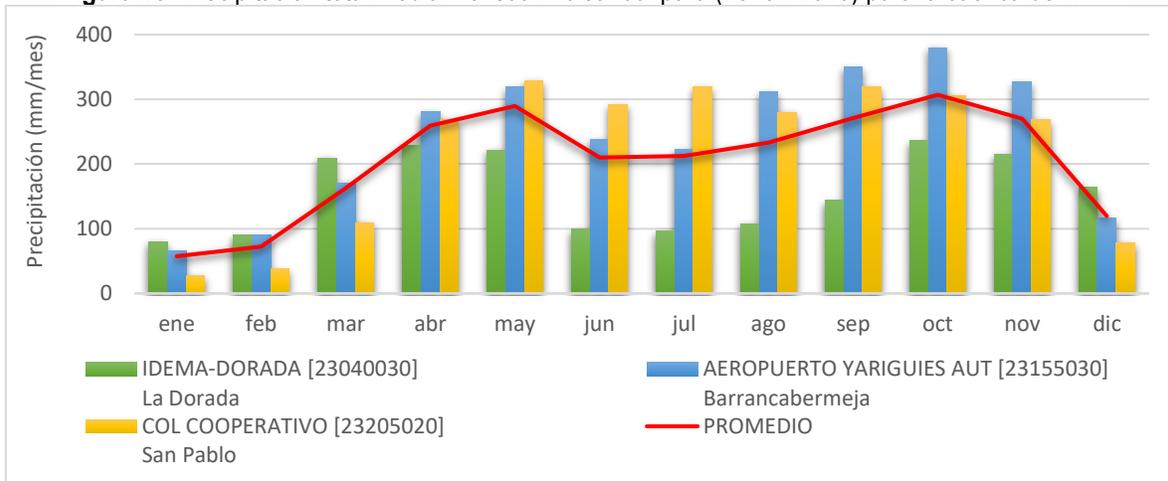
7.2. Frecuencias de monitoreo – condiciones de tiempo

La variación estacional de los periodos de lluvias y periodos secos no solamente influyen en la posición del nivel freático, sino que eventualmente genera cambios físicos y químicos naturales en el agua subterránea. Además, la variación del nivel freático puede contribuir a que ocurra movilización y solubilización de sustancias de origen antrópico presentes en la zona vadosa o franja de infiltración y alterar las características físicas y químicas del agua subterránea de manera estacional. Por tal motivo, es adecuado que la frecuencia de monitoreo se defina a partir de los meses de máximas y mínimas precipitaciones en el año hidrológico, con el fin de conocer las tendencias de la calidad del agua en esos dos escenarios.

En el marco de la presente actualización de la Estrategia de Monitoreo del Recurso Hídrico Subterráneo en el área del Valle Medio del Magdalena - VMM para el análisis del comportamiento de la precipitación se utilizó información de tres (3) estaciones meteorológicas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, localizadas en la parte alta (municipio de La Dorada en el departamento de Caldas), media (municipio de Barrancabermeja en el departamento de Santander) y baja (municipio de San Pablo en el departamento de Bolívar) de la cuenca del VMM.

Como se puede observar en la **Figura 13**, de acuerdo con el análisis de los valores de precipitación total media mensual multianual (valores desde enero de 2010 hasta julio de 2023) se deduce que el régimen de precipitación para la zona de estudio es de carácter bimodal, con dos periodos de altas precipitaciones, uno en el mes de mayo en el primer semestre, y otro en el mes de octubre en el segundo semestre, presentando este último un periodo lluvioso de mayor magnitud. Por su parte, los meses más secos son enero y febrero.

Figura 13. Precipitación total media mensual multianual para (2010 - 2023) para la cuenca del VMM



Fuente: Grupo de Regionalización y Centro de Monitoreo con datos de IDEAM, 2023

Considerando lo anterior, se propone establecer un (1) monitoreo en época de estiaje a realizarse entre los meses de enero y febrero, y un (1) monitoreo en época lluviosa a realizarse entre los meses de octubre y noviembre.

7.3. Parámetros de monitoreo – condiciones de modo

Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos por medir se solicitan teniendo en cuenta las condiciones geológicas de la zona y la evaluación de las fuentes potenciales de contaminación del agua subterránea (Foster et ál., 2002, tomado de MADS – IDEAM, 2021), tal como se observa en la **Figura 14**, además de lo estipulado en el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiental 1076 de 2015, en sus artículos 2.2.3.3.9.3 y 2.2.3.3.9.4.

Figura 14. Lista de parámetros sugeridos para una red de monitoreo de calidad de agua subterránea.

Grupo	Parámetro
Parámetros descriptivos	Temperatura, pH, OD, CE
Iones mayoritarios	Ca, Mg, Na, K, HCO ₃ , Cl, SO ₄ , PO ₄ , NH ₄ , NO ₃ , NO ₂ , Carbono orgánico total.
Parámetros adicionales	La elección depende particularmente de la fuente de contaminación local identificada.
Metales pesados	Hg, Cd, Pb, Zn, Cu, Cr. La elección depende particularmente de la fuente de contaminación local identificada.
Sustancias orgánicas	Hidrocarburos totales, hidrocarburos aromáticos, hidrocarburos halogenados, fenoles, clorofenoles. La elección depende particularmente de la fuente de contaminación local identificada.
Pesticidas	La elección depende de las costumbres locales, el uso del suelo y las ocurrencias observadas en el agua subterránea.
Microbiológico	Coliformes totales, coliformes fecales.

Fuente: MADS – IDEAM, 2021

La selección de parámetros de calidad a medir en la estrategia de monitoreo se realizó de acuerdo con la finalidad de la red, el uso principal del agua subterránea en la región y en la identificación de los potenciales agentes contaminantes que se pueden desprender de las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos.

En relación con el monitoreo para establecer el estado hidráulico de un acuífero, lo que se hace es medir periódicamente los niveles de agua que integran la red. La variación de la superficie freática en un acuífero libre, indica variación del volumen de agua almacenada (si asciende aumenta, si desciende disminuye), mientras que la variación en la posición de la superficie piezométrica de un acuífero confinado, si se produce por encima del techo permeable del mismo, es producto de diferencias en la presión hidráulica. En los acuíferos semiconfinados, la modificación en la posición de su superficie hidráulica puede derivar de variaciones en la presión hidráulica, de cambios en el volumen almacenado, o de ambos (Auge, Miguel., Hidrogeología ambiental, 2004).

Los parámetros de monitoreo de las aguas subterráneas deben contemplar aspectos físicos, químicos y microbiológicos, enfocándose, además, en la identificación de los potenciales agentes contaminantes que se pueden desprender de las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos. Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos objeto de la estandarización son los siguientes:

7.3.1. Monitoreo mensual

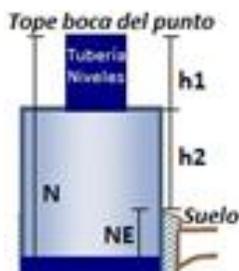
Los siguientes parámetros in-situ se deben medir con una periodicidad mensual:

PARÁMETROS IN SITU	UNIDADES
Conductividad Eléctrica	($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Oxígeno Disuelto	mg/L
pH	Unidades de pH
Potencial Redox	mV
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/L
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$
*Caudal de explotación	l/s
*Nivel Estático	m
*Profundidad de toma de muestra	m

*Ver nota

Nota:

1. Profundidad de toma de muestra: se debe medir siempre y cuando se conozca el diseño del punto de agua subterránea y/o el nivel acuífero captado.
2. Caudal de explotación: la medición de este parámetro solo aplica para los pozos con concesión de agua subterránea.
3. Nivel estático: debe reportarse la profundidad de la lámina de agua en metros, al igual que en términos de la cota del terreno (en metros sobre el nivel del mar -m.s.n.m), siempre tomando como referencia el nivel del terreno, tal como se indica en la siguiente figura:



Los niveles de agua deben ser reportados al nivel del SUELO.

H (altura desde el nivel del suelo hasta la boca del pozo) = $h1 + h2$

$NE = N - H$

7.3.2. Monitoreo en época de estiaje y época lluviosa

Los siguientes parámetros deben ser medidos dos (2) veces al año de la siguiente manera: para época de estiaje entre los meses de enero y febrero y para la época lluviosa entre los meses de octubre y noviembre.

PARÁMETROS FÍSICOS	UNIDADES
Nivel Estático	m
Caudal de explotación	l/s
PARÁMETROS IN SITU (tomados por el laboratorio junto con el muestreo semestral)	UNIDADES
Conductividad Eléctrica	$\mu\text{S/cm}$
Oxígeno Disuelto	mg/L
pH	Unidades de pH
Potencial Redox	mV
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/L
Profundidad de toma de muestra	m
PARÁMETROS GENERALES	UNIDADES
Acidez Total	mg/L CaCO_3
Alcalinidad Total	mg/L CaCO_3
Conductividad Eléctrica (CE) (laboratorio)	$\mu\text{S/cm}$
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l O_2
Demanda Química de Oxígeno	mg/l O_2
Dióxido de carbono (CO_2)	mg/L
Dureza Total	mg/L CaCO_3
Sólidos Disueltos Totales (SDT) (laboratorio)	mg/L
Sólidos Suspensos Totales (SST)	mL/L
HIDROCARBUROS	UNIDADES
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	mg/L
Fenoles	mg/L
Grasas y Aceites	mg/L
Hidrocarburos Totales (TPH)	mg/L
CATIONES	UNIDADES
Amonio (NH_4^+)	mg/L
Calcio (Ca^{++}),	mg/L
Hierro total (Fe)	mg/L
Magnesio (Mg^{++})	mg/L
Manganeso (Mn)	mg/L
Potasio (K^+)	mg/L
Sodio (Na^+)	mg/L
ANIONES	UNIDADES

Bicarbonatos (HCO ₃ ⁻)	mg/L
Carbonatos (CO ₃)	mg/L
Cloruros (CL ⁻)	mg/L
Fosfatos (PO ₄ ⁼)	mg/L
Nitratos (N-NO ₃)	mg/L
Nitritos (N-NO ₂)	mg/L
Sulfatos (SO ₄ ⁼)	mg/L
METALES	UNIDADES
Aluminio (Al)	mg/L
Arsénico (As)	mg/L
Bario (Ba)	mg/L
Níquel (Ni)	mg/L
Plomo (Pb)	mg/L
Cadmio (Cd)	mg/L
Cobre (Cu)	mg/L
Cromo (Cr)	mg/L
Mercurio (Hg)	mg/L
Selenio (Se)	mg/L
Zinc (Zn)	mg/L
MICROBIOLÓGICOS	UNIDADES
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL
Coliformes totales	NMP/100 mL
<i>Escherichia. Coli</i>	NMP/100 mL

Fuente: ANLA, 2022

Crterios de calidad de muestreo y análisis de aguas subterráneas

- El monitoreo debe regirse bajo lo establecido en el “Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua”, elaborado por el IDEAM (2021) o aquella que la modifique o sustituya.
- Con el objeto de asegurar la calidad de los resultados analíticos obtenidos en el laboratorio, se debe calcular y presentar el valor del error del balance iónico para cada una de las muestras que se tomen en el programa de monitoreo, el error máximo aceptable es de ±15%, el cual debe ser reportado por el mismo laboratorio que analice las muestras, determinando de esta forma el nivel de confiabilidad de los valores de concentración reportados.

$$(\%) \text{ diferencia} = \frac{\sum \text{cationes} - \sum \text{aniones}}{\sum \text{cationes} + \sum \text{aniones}} \times 100\%$$

- Para la estimación del error del balance y la determinación de iones disueltos la muestra debe ser filtrada en campo, con el fin de considerar solamente la fracción disuelta.
- Se debe reportar y realizar un análisis comparativo entre la conductividad eléctrica tomada in situ Vs la conductividad eléctrica tomada en laboratorio para cada muestra, justificando si es el caso, las diferencias entre las conductividades eléctricas. Esta diferencia no puede variar ± el 10%.
- Se deben anexar los formatos de campo para la toma de muestras, cadenas de custodia y reportes de laboratorio, incluyendo los análisis de balances iónicos y de error analítico.
- Cuando se identifique el comportamiento anómalo en algún parámetro, se deberá analizar la causa de la anomalía.

- La purga de los puntos, previa al monitoreo, debe garantizar la extracción de agua del acuífero (no agua estancada) y la toma de las muestras se debe efectuar después de la estabilización de los parámetros fisicoquímicos In situ (pH y conductividad eléctrica).
- Para la medición del nivel estático en los pozos de captación se debe tener en cuenta el reposo del punto o apagado de la bomba mínimo 24 horas antes de realizar la medición, con el fin de garantizar la estabilización del nivel del agua.
- Todos los muestreos deben realizarse a través de laboratorios acreditados por el IDEAM, o la entidad responsable de su acreditación, tanto para la toma de muestras como para el análisis de parámetros. En los anexos se deben presentar el certificado de acreditación. En caso de que no haya laboratorios acreditados para el análisis de algún parámetro, los laboratorios acreditados por el IDEAM para la toma de muestra pueden enviar la misma a un laboratorio internacional acreditado en su país de origen o por un estándar internacional, mientras se surte el proceso de acreditación en los laboratorios nacionales.

Los puntos que se integrarán al esquema de monitoreo regional de agua subterránea para la estandarización de parámetros y frecuencias deben:

- Ser objeto de una georreferenciación y nivelación topográfica de precisión (al menos a nivel centimétrico). La nivelación topográfica debe realizarse a la altura de la boca de la captación de aguas subterráneas, así como a la altura de la cota del terreno.
- Disponer del diseño mecánico de los puntos, identificando filtros o niveles acuíferos captados y la unidad geológica a la que pertenecen.
- Los puntos deben contar con tapas y/o sellos sanitarios adecuados, además de estar señalizados.

Análisis e interpretación de los resultados

- Con los datos medidos, tanto in situ como los obtenidos en laboratorio, se debe analizar e interpretar los resultados, evaluando el comportamiento de cada variable monitoreada a través del tiempo y comparándolo con los parámetros medidos en el primer monitoreo realizado. Dicho análisis deberá identificar y justificar, en caso de que se presenten, cambios en la facie hidroquímica, valores superiores a los criterios de calidad consignados en el Decreto 1076 de 2015, cambios respecto a los resultados previos de cada campaña de monitoreo, entre otros.
- Se deben presentar y analizar los resultados hidroquímicos en diagramas de relación (Piper, Stiff, Schoeller Mifflin etc.), utilizando relaciones interparamétricas.

7.4. Captura y reporte de información al centro de monitoreo de la ANLA

El licenciario implementara las condiciones de modo y tiempo de la estrategia de monitoreo, en los puntos seleccionados, a partir del mes de enero del año siguiente a la fecha en la cual le sea notificado el acto administrativo que acoja el respectivo concepto técnico.

Se realizará la captura de datos, cuyos resultados serán entregados a la ANLA en cumplimiento de las obligaciones impuestas mediante el acto administrativo que acoja esta medida, en el marco de la Estrategia de Monitoreo del Recurso Hídrico Subterráneo en el área del Valle Medio del Magdalena-VMM.

Se deberán remitir los resultados de los monitoreos in situ, fisicoquímicos y microbiológicos, en un plazo no mayor a tres (3) meses después de realizar el monitoreo de cada campaña. Dicha información deberá ser remitida a esta Autoridad Ambiental a través del Portal de Recepción de información - AGIL en el Módulo de Aguas Subterráneas, para lo cual se debe solicitar un usuario y contraseña de acceso al Portal en los correos licencias@anla.gov.co o centromonitoreo@anla.gov.co. Este usuario es único para la empresa y deberá ser solicitado por el representante legal de la compañía indicando el correo autorizado para tal fin.

Sin perjuicio de lo anterior, los resultados de la red de monitoreo regional de agua subterránea deberán presentarse de forma acumulada en los Informes de Cumplimiento Ambiental – ICA, presentando la información consolidada y tabulada, con su respectivo análisis integral y anexos (reportes de laboratorio, cadenas de custodia y certificaciones del IDEAM).