

RESPUESTA A OBSERVACIONES ANEXO TÉCNICO

OBJETO: “CONSULTORÍA PARA LA GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO DEL CICLO DEL AGUA Y DE INTEGRIDAD ECOLÓGICA ENFOCADO AL ORDENAMIENTO DEL TERRITORIO ALREDEDOR DEL AGUA, EN EL PÁRAMO DE SANTURBÁN Y LA ZONA DE RESERVA DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES DE CARÁCTER TEMPORAL EN SU COSTADO OCCIDENTAL”

OBSERVACIONES PRESENTADAS POR SOLAMES, Fecha: 14/05/2026 - 14:02 PM

Observación 1

1.Escala cartográfica y nivel de detalle requerido

Se solicita aclarar si la escala 1:25.000 constituye la escala mínima aceptada para todos los productos o si únicamente aplica para determinados análisis, como la delimitación detallada de zonas de recarga identificadas previamente a escala 1:100.000.

De manera particular, se solicita precisar si para la priorización de microcuencas, identificación de fuentes localizadas de contaminación, delimitación de zonas de recarga, análisis de conectividad ecológica, análisis de huella humana, validación de coberturas, ubicación de puntos de muestreo, identificación de presiones antrópicas y formulación de medidas de manejo se requiere información de mayor detalle que la escala 1:25.000.

Lo anterior se considera relevante debido a que una escala 1:25.000 puede ser adecuada para análisis regionales o subregionales, pero puede no ser suficiente para soportar decisiones de priorización local, identificación puntual de fuentes de presión, modelación de calidad del agua a nivel de tramos específicos, validación de zonas de recarga o definición de acciones de manejo en microcuencas abastecedoras. En caso de requerirse mayor detalle, se solicita indicar la escala mínima exigida por producto, la precisión posicional esperada, la unidad mínima de mapeo, el modelo digital de elevación aceptado, las imágenes satelitales u ortofotografías requeridas y los criterios de validación en campo.

Respuesta: Se aclara que la escala 1:25.000 corresponde a la escala de referencia para la estructuración y presentación de aquellos productos cartográficos que, por su naturaleza, requieren análisis de detalle intermedio dentro del área de estudio; no obstante, esta no constituye una escala única ni obligatoria para la totalidad de los análisis contemplados en el proyecto.

Dado el carácter multiescalar de los componentes técnicos, algunos análisis podrán sustentarse en información oficial generada a escala 1:100.000, particularmente aquellos de alcance regional o subregional, tales como análisis hidrogeológicos, estructurales, hidroclimáticos, preservando en todos los casos la trazabilidad de la escala fuente y evitando sobre interpretaciones cartográficas.

Para análisis que impliquen mayor nivel de detalle territorial —priorización de microcuencas, delimitación de zonas de recarga, identificación de presiones antrópicas localizadas, validación de coberturas, localización de puntos de muestreo o formulación de medidas de manejo espacialmente focalizadas— se emplearán insumos de mayor resolución espacial, incluyendo modelos digitales de elevación de detalle, imágenes satelitales, ortofotografía disponible e información levantada en campo, según la pertinencia metodológica de cada producto.

La escala 1:25.000 debe entenderse, por tanto, como referencia de representación cartográfica para determinados productos y no como una limitante frente al uso de insumos de mayor resolución cuando la naturaleza del análisis así lo exija. La estructuración de la información responderá a un enfoque multiescalar, con productos diferenciados a escalas 1:25.000 y 1:100.000, trazabilidad sobre los insumos empleados y entrega de bases de datos geográficas organizada según el nivel de análisis correspondiente.

Observación 2

2. Información secundaria disponible y cuarto de datos

Se solicita indicar qué información será entregada por el FPVB o por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para la ejecución del proyecto. En particular, se solicita confirmar la disponibilidad de estudios previos, cartografía base, geología, hidrogeología, geofísica, hidroquímica, isotopía, calidad del agua, estaciones hidrometeorológicas, inventario de captaciones y vertimientos, títulos mineros, áreas de actividad minera, coberturas de la tierra, límites oficiales, información del SGC, IDEAM, ANM, autoridades ambientales, municipios y demás fuentes institucionales.

Así mismo, se solicita precisar si el cuarto de datos estará disponible para los interesados antes de la presentación de la cotización, considerando que el conocimiento de la información existente incide directamente en el alcance de levantamiento primario, costos de campo, modelación, análisis de laboratorio y procesamiento técnico.

Respuesta: El Anexo establece que el consultor debe recopilar información secundaria de fuentes institucionales incluyendo el Servicio Geológico Colombiano - SGC (estudios Cañas et al. 2022, Herrera et al. 2023, SGC 2024, INGEOMINAS 2009, publicaciones disponibles en el Motor de Integración de Información Geocientífica - MIIG), Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA, Agencia Nacional de Minería - ANM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, autoridades ambientales regionales, municipios, entre otros.

Se refiere al interesado al apartado de referencias donde se encuentran los enlaces de descarga de las fuentes secundarias citadas en el documento. No obstante, cabe aclarar, que la responsabilidad de recopilar y analizar la información secundaria recae en el consultor como parte de las actividades del proyecto.

Ahora bien, el anexo de especificaciones técnicas es claro en indicar que se entregarán insumos clave como la geofísica aerotransportada de magnetometría y gamma espectrometría (p. 63) en formatos .grd y .xyz. También se entregarán avances del Servicio Geológico Colombiano (SGC) que evalúan variables para la identificación de zonas potenciales de recarga de acuíferos (litología, relieve e incidencia estructural) (p. 74) para el 63% del área de estudio. Esta información será entregada por el Fondo para la Vida y la Biodiversidad al adjudicatario.

Observación 3

3. Alcance del modelo hidrogeológico conceptual y escenarios predictivos

Se solicita aclarar si el producto asociado al modelo hidrogeológico corresponde exclusivamente a un modelo conceptual regional o si debe incluir la construcción, calibración y simulación de un modelo numérico de flujo subterráneo.

El Anexo Técnico menciona un modelo hidrogeológico conceptual regional con escenarios predictivos y la vinculación de herramientas de modelación numérica. Sin embargo, no es claro si se exige un modelo numérico completo, con dominio, discretización, condiciones de frontera, parámetros hidráulicos, calibración, validación, análisis de sensibilidad y simulación de escenarios, o si se trata de herramientas de apoyo para fortalecer la conceptualización hidrogeológica.

Se solicita precisar el alcance mínimo exigido, software aceptado, escala de modelación, dominio espacial, periodo de simulación, escenarios requeridos, criterios de calibración, fuentes de información disponibles, productos cartográficos esperados, formatos de entrega y criterios de aceptación técnica.

Respuesta: El Anexo de Especificaciones Técnicas establece claramente que el proyecto debe incluir tanto el desarrollo de modelos hidrogeológicos conceptuales como la construcción, calibración y simulación de modelos numéricos de flujo y transporte de aguas subterráneas [p. 80].

Específicamente, se indica:

Modelo Hidrogeológico Conceptual: Se requieren dos (2) versiones de avance y una (1) versión final. Estas versiones deben incluir la identificación de unidades hidrogeológicas, un modelo geológico-geofísico (con secciones balanceadas, perfiles geofísicos y bloque diagrama), inventario de puntos de agua subterránea, determinación de direcciones de flujo y estimación de la recarga potencial, caracterización hidráulica e hidrogeoquímica [p. 80-82].

Modelo Numérico de Flujo y Transporte de Aguas Subterráneas: El objetivo es desarrollar e implementar tres (3) modelos numéricos de flujo de aguas subterráneas y transporte de solutos. Estos modelos servirán para contrastar y ajustar el modelo hidrogeológico conceptual, evaluar hipótesis sobre el comportamiento hidrodinámico y los procesos de transporte [p. 82].

En cuanto a los requerimientos específicos:

Software aceptado: No se especifica un software en particular, el consultor selecciona y justifica el tipo de modelo a emplear, pero se menciona que el desarrollo de la modelación debe seguir buenas prácticas internacionales, referenciando normas ASTM International (D5718-13, D5609, D5611) [p. 85]. Sin embargo, se priorizará el uso de herramientas de software libre [p. 85]

Escala de modelación, dominio espacial y periodo de simulación: Estos aspectos se definen en la etapa de definición inicial del modelo [p. 83].

Criterios de calibración: La calibración en estado estacionario de la carga hidráulica y la evaluación del ajuste con métricas estadísticas [p. 84] deberá considerar el grado de correlación entre los valores calculados y los datos observados, mediante la raíz media cuadrática (RMS, NRMS) < 10%, sin perjuicio de otras métricas que el consultor proponga y justifique.

normalmente es usado para evaluar la calibración, siendo que sus valores no deberán ser mayores al 10% siempre y cuando no existan factores intrínsecos del sistema o generados en la obtención de datos que afecten dicha evaluación.

Fuentes de información disponibles: Se integrará información secundaria, recopilada durante el proyecto y complementada con los datos levantados en campo [p. 83].

Productos cartográficos esperados y formatos de entrega: Los modelos numéricos deben mantener un registro completo y trazable de todas las versiones [p. 85], así como la documentación metodológica necesaria para garantizar trazabilidad, reproducibilidad y evaluación por parte de la supervisión.

Criterios de aceptación técnica: Implícitos en las etapas de calibración y validación, y en la consistencia con el modelo hidrogeológico conceptual y la información geológica, geofísica e hidroquímica [p. 84-85].

Observación 4

4. Delimitación de zonas de recarga de acuíferos

Se solicita aclarar el alcance de la delimitación de zonas de recarga, especialmente respecto a la transición entre el análisis regional a escala 1:100.000 y el levantamiento detallado a escala 1:25.000. Se requiere precisar cuántas zonas deberán ser objeto de verificación detallada, cuáles serán los criterios para seleccionar las áreas de muy alta y alta recarga, qué variables deberán ser levantadas en campo, cuántas pruebas de infiltración se esperan, cuántos puntos de agua subterránea deberán inventariarse y qué nivel de detalle se exige para la validación de coberturas, suelos, geología estructural y demás variables del modelo.

También se solicita aclarar si la información disponible a escala 1:25.000 será entregada por la entidad o si deberá ser generada por el consultor mediante levantamientos de campo, procesamiento de imágenes, generación de cartografía temática y validación directa.

Respuesta: La delimitación inicia con un análisis a escala 1:100.000; las áreas identificadas como de recarga alta y muy alta deben ser estudiadas a escala 1:25.000, el número de áreas dependerá de los resultados de aplicación de la Guía Metodológica para la identificación de zonas potenciales de recarga de acuíferos adoptada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible mediante la Resolución 0017 de 2026 a escala 1:100.000 y de lo acordado con la supervisión. Las variables grupo textural y drenaje natural del suelo del componente suelos y tipo de roca o sedimento y características texturales y densidad de lineamientos por unidad de área del componente geología deberán ser levantadas en campo a escala 1:25.000 siguiendo las recomendaciones de la Guía Metodológica para la identificación de zonas potenciales de recarga de acuíferos. Por su parte, para la variable tipo de cobertura de la tierra se deberá realizar un proceso de verificación de dudas temáticas en campo y la elaboración de la correspondiente matriz de error verificación y ajuste en campo. Los requerimientos para las actividades en campo para la escala 1:25.000 se presentan en la Tarea 4 de la actividad 2.3.2 (p. 74-75).

La cantidad, distribución y cubrimiento de las pruebas de infiltración serán previamente definidas con la supervisión técnica del proyecto teniendo en cuenta su pertinencia, aporte de información y correlación con las condiciones de transición que se presentan en la interfaz suelo-roca. No obstante, como referencia se tendrá el número mínimo de comisiones y profesionales y los días de campo presentadas para el desarrollo de labores asociados al control de edafología en la página 75 del anexo de especificaciones técnicas.

En cuanto al número de puntos de aguas subterráneas a inventar este dependerá de las condiciones particulares del área, no obstante, se deberá considerar el número mínimo de salidas de campo y de profesionales que deberán participar en estas presentadas para el desarrollo de la Tarea 2 de la actividad 2.3.2 (p. 73), así como el cubrimiento espacial de toda el área de estudio.

La información disponible a escala 1:25.000 de la que tiene conocimiento el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el mínimo que deberá ser empleado en la aplicación de la mencionada Guía Metodológica se encuentra claramente referida entre las páginas 73 y 74 (disponible para descarga en los enlaces incluidos en la sección Referencias) sin perjuicio de otra que exista para el área y que sea recopilada por el adjudicatario en el desarrollo de la tarea 1 de la actividad 2.3.2. Aquella otra información que sea requerida deberá ser generada por el consultor en el marco de la consultoría

Observación 5

5. Alcance de la investigación geofísica

Se solicita precisar el alcance de la investigación geofísica regional y terrestre. En particular, se requiere aclarar los métodos mínimos exigidos, tales como magnetotélrica, resistividad eléctrica, tomografía eléctrica, electromagnetismo, magnetometría, radiometría u otros métodos aplicables.

Así mismo, se solicita definir el número mínimo de perfiles, estaciones, kilómetros lineales, separación entre puntos, profundidad objetivo de investigación, criterios de ubicación, productos esperados, formatos de entrega, requerimientos de procesamiento e interpretación, y si la información geofísica aerotransportada corresponde a adquisición nueva o a interpretación de información secundaria existente.

Respuesta: El Anexo de Especificaciones Técnicas aborda claramente el alcance de la investigación geofísica entre las páginas 65 y 72, que se resumen de la siguiente manera y se complementa:

Métodos mínimos exigidos: Se menciona explícitamente la magnetometría aerotransportada y la gamma espectrometría aerotransportada **disponible** (p. 63). Para la geofísica terrestre, se especifican la tomografía eléctrica de resistividad y los sondeos magnetotélricos.

Número mínimo de perfiles, estaciones, kilómetros lineales, separación entre puntos, profundidad objetivo de investigación: La adquisición de datos nuevos es terrestre y consiste en: 70 estaciones de magnetotelúrica (MT) de banda ancha (Broadband MT) dispuestas en al menos 4 transectos, o lo que se acuerde entre el ejecutor y la supervisión, y diez (10) tomografías de resistividad eléctrica (registrando además datos de polarización inducida) con apertura de 1000 m y 100 electrodos, cuya localización será escogida con base en los resultados de la actividad 2.2.1 y lo que se acuerde entre el ejecutor y la supervisión frente a este respecto. La profundidad objetivo de investigación de los sondeos MT será acordada con la supervisión en función de los resultados obtenidos de la interpretación de la geofísica aerotransportada (Actividad 2.2.1), del desarrollo de secciones estructurales preliminares y en todo caso permitirá registrar las unidades con limitada capacidad para almacenar aguas subterráneas (basamento) y por debajo de aquellas unidades de las que presentan mineralizaciones y son objeto de explotación o de interés para la explotación minera dentro del área de estudio.

Información geofísica aerotransportada: Corresponde a información de magnetometría y gamma espectrometría aerotransportada adquirida por el SGC (p. 63) que se entregada por el FPVB al adjudicatario en formatos .grd y .xyz.

Procesamiento e interpretación: Se presentan en la tarea 2 de la actividad 2.2.2 (p. 69-70).

Productos esperados y formatos de entrega: Se presentan en la página 71 a 72:

- A) Resumen divulgativo (Máximo 20 páginas. Dirigido a las comunidades del área del proyecto en el que se desarrolle, en un lenguaje cercano al público general y priorizando el uso de esquemas e imágenes, los resultados del producto. Deberá incluir los apartados: introducción, metodología, resultados, conclusiones y recomendaciones)
- B) Resumen
- C) Introducción
- D) Metodología (Diseño de adquisición, equipos empleados, especificaciones de la adquisición de cada punto de MT y tomografía, control de calidad en campo, procesamiento e inversión)
- E) Resultados (Inversión 1D, 2D y 3D, Análisis de calidad de los datos (RMS de inversión), mapas de resistividad, perfiles geofísicos, correlación de resistividad con los materiales del área de estudio basada en información de amarre, interpretación geológica detallada por perfil, interpretaciones referentes al potencial hidrogeológico y nivel freático). Se incluirán los Planos y Perfiles Geoeléctricos: Secciones 2D a escala adecuada, integrando la topografía, la escala de colores de resistividad, la interpretación litológica superpuesta y la ubicación de estructuras o niveles freáticos inferidos.
- F) Conclusiones y recomendaciones.
- G) Referencias
- H) Anexos (datos crudos, base de datos espacial, anexo fotográfico georreferenciado, cartografía). Se deberán incluir todos los archivos crudos generados por los equipos de adquisición (ej. .dat, .bin, .EDI), archivos de texto con la topografía, y los archivos

Observación 6

6.Línea meteórica local, isotopía y análisis fisicoquímicos

Se solicita aclarar el número de colectores o totalizadores de agua lluvia que deberán instalarse, duración mínima del monitoreo, frecuencia de recolección, número estimado de muestras, parámetros isotópicos, parámetros fisicoquímicos, tipo de laboratorio requerido, alcance de análisis en laboratorios en el exterior, responsabilidades frente a envío internacional de muestras, tiempos de respuesta, cadena de custodia, criterios de aceptación y manejo de muestras.

También se solicita precisar si el plazo contractual de doce meses resulta compatible con la construcción de una línea meteórica local representativo, considerando la necesidad de contar con información temporal suficiente y con análisis de laboratorio que pueden depender de tiempos externos al consultor.

Respuesta: El Anexo de Especificaciones Técnicas proporciona la siguiente información:

- Número de colectores o totalizadores de agua lluvia: Se deberán instalar 3 de los 4 totalizadores de recolección en la cuenca de la quebrada La Baja [p. 60].
- Duración mínima del monitoreo y frecuencia de recolección: Se realizará un muestreo mensual de agua meteórica [p. 60].
- Número estimado de muestras: En cada uno de los cuatro (4) colectores instalados se realizará la recolección mensual de agua lluvia para el análisis de isótopos estables de oxígeno e hidrógeno durante el tiempo de ejecución de la fase del proyecto (un año) esto es 48 muestras. [p. 59]. Además de los análisis isotópicos de muestras de agua meteórica, se realizarán dos campañas (temporada seca y temporada húmeda, según registros históricos del Ideam) para la toma de 50 muestras de agua superficial para análisis isotópicos y de 20 muestras para análisis isotópicos y fisicoquímicos, para un total de 35 puntos a muestrear [p. 60]
- Parámetros isotópicos: Se realizarán análisis isotópicos de ^2H y ^{18}O [p. 61].
- Parámetros fisicoquímicos: ver tabla 2 [p. 62-63].
- Tipo de laboratorio requerido: Los análisis fisicoquímicos deben ser realizados por un laboratorio con acreditación vigente del IDEAM para cada parámetro [p. 60, 61]. Los duplicados de muestras isotópicas deberán ser enviados al Laboratorio de isótopos estables en agua líquida del SGC [p. 60]. Las muestras de isotopía (agua lluvia y superficial) deberán ser enviadas a laboratorios en el exterior para su análisis [p. 61].
- Alcance de análisis en laboratorios en el exterior, responsabilidades frente a envío internacional de muestras, tiempos de respuesta, cadena de custodia, criterios de aceptación y manejo de muestras: Las muestras isotópicas enviadas a laboratorios en el exterior deben cumplir con los criterios de aceptación de muestras del laboratorio [p. 61]. La toma de muestras de isotopía, su validación, envío al laboratorio, validación de resultados e ingreso a la base de datos deben realizarse conforme al Procedimiento para la generación de datos de la Red Nacional de Isotopía (IDEAM, 2025) [p. 60]. Previo a las campañas de muestreo, se debe contar con un plan de monitoreo aprobado por la supervisión que incluya la cadena de custodia desde la recolección hasta el análisis, con énfasis en la conservación de la cadena de frío [p. 60]. Se establece un criterio de aceptación para el balance iónico de los datos fisicoquímicos (error inferior al 10% y excepcionalmente al 10%) [p. 60].
- Compatibilidad del plazo contractual de doce meses: La información recolectada complementará aquella adquirida en el área de estudio previamente por la Universidad Industrial de Santander y más recientemente el Servicio Geológico Colombiano en la cuenca de la quebrada La Baja entre febrero de 2023 y julio de 2025 ¹ para la construcción de la línea meteórica local. El contratista deberá realizar las gestiones pertinentes con los laboratorios para el envío de las muestras y recepción de los resultados.

Observación 7

7. Modelo hidrológico superficial y caracterización del ciclo hidrológico

Se solicita aclarar el alcance del modelo hidrológico superficial requerido. En particular, se requiere precisar si el modelo deberá ser continuo o por eventos, si debe contemplar balance hídrico, almacenamiento de agua en suelo, flujos subsuperficiales, escorrentía, interacción agua superficial-agua subterránea, escenarios climáticos o únicamente caracterización hidrológica.

Se solicita indicar las estaciones hidrometeorológicas disponibles, periodo de información, criterios de validación, tratamiento de datos faltantes, escala temporal de simulación, software aceptado, indicadores de desempeño, productos cartográficos y criterios de aceptación del modelo.

Respuesta: Tal y como se presenta en el Anexo de Especificaciones Técnicas, se ratifica que el modelo hidrológico superficial requerido en la Actividad 2.4.1 corresponde a un modelo dinámico de tipo semi-distribuido o distribuido, operado a paso de tiempo mensual, orientado a la caracterización y simulación del balance hídrico de las cuencas priorizadas. El modelo deberá representar, como mínimo, precipitación, evapotranspiración, almacenamiento de agua en el suelo, escorrentía superficial, escorrentía subsuperficial, percolación profunda y flujo base, de acuerdo con la disponibilidad y calidad de la información. No resulta viable un modelo por eventos de tormenta. La selección del software o plataforma de modelación será responsabilidad del consultor, quien deberá justificar técnicamente su elección; se aceptan, entre otros, WEAP, HBV, TETIS, SWAT o desarrollos en Python, siempre que permitan reproducibilidad, trazabilidad, calibración, validación y generación de los productos requeridos.

La interacción agua superficial–agua subterránea deberá abordarse mediante la articulación técnica del Producto 2.4 con el Producto 2.3, incorporando variables y resultados compatibles con el modelo hidrogeológico conceptual y numérico, tales como recarga, percolación, flujo base y zonas de conexión entre cuerpos de agua superficial y unidades hidrogeológicas. Lo anterior no implica, salvo propuesta técnica debidamente justificada por el consultor y aceptada por la supervisión, la obligación de construir un modelo integrado plenamente acoplado superficie–subsuelo adicional al alcance definido.

La información hidrometeorológica deberá ser recopilada, depurada y validada por el consultor a partir de fuentes oficiales y complementarias, incluyendo IDEAM, SIRH, autoridades ambientales regionales, estudios previos, CHIRPS, reanálisis y modelos climáticos globales, conforme a criterios de calidad, completitud, consistencia temporal y representatividad espacial incorporados en las guías para elaboración de Estudios Ambientales (MINAMBIENTE & ANLA, 2018²). En todo caso, el tratamiento de datos faltantes, atípicos o inconsistentes deberá realizarse mediante métodos estadísticos y geoestadísticos técnicamente validados y documentados en la literatura científica. La calibración y validación del modelo deberá realizarse con separación de periodos respectivamente y empleando, como mínimo, las métricas $NSE > 0.5$, $PBIAS < \pm 25\%$ y $R^2 > 0.6$, sin perjuicio de otras métricas que el consultor proponga y justifique.

Los productos deberán incluir las memorias de cálculo, bases de datos, archivos de entrada y salida del modelo, cartografía temática, unidades de análisis hidrográfico o celdas de modelación (rasters), resultados de balance hídrico mensual multianual, series simuladas continuas de las variables incluidas en el modelo, mapas de variables hidrológicas relevantes, escenarios de intervención y climáticos definidos en el Anexo de Especificaciones Técnicas, así como la documentación metodológica necesaria para garantizar trazabilidad, reproducibilidad y evaluación por parte de la supervisión.

Observación 8

8. Modelo de calidad del agua

Se solicita aclarar el alcance del modelo de calidad del agua para las cuencas priorizadas. En particular, se requiere precisar los cuerpos de agua a modelar, tramos de interés, puntos de monitoreo, campañas mínimas, frecuencia de muestreo, parámetros obligatorios, cargas contaminantes a considerar, fuentes puntuales y difusas, información existente para calibración y validación, software aceptado, periodo de simulación, escala temporal y espacial, escenarios requeridos y criterios de aceptación.

También se solicita aclarar cómo se espera modelar o representar metales pesados, drenaje ácido de mina, nutrientes, sólidos suspendidos, DBO, coliformes, oxígeno disuelto y otros parámetros, considerando que no todos los modelos de calidad del agua tienen la misma capacidad para representar dichos procesos y que la selección del software incide directamente en costos, tiempos y requerimientos de información.

Respuesta:

- **Alcance general del modelo**

En cumplimiento de la “Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico para Aguas Superficiales

Continental" (MADS, 2018) y demás guías de buenas prácticas de modelación, el proyecto desarrollará un modelo hidrológico–hidrodinámico y de calidad del agua de tipo sistémico para las cuencas priorizadas del Páramo de Santurbán, orientado a: i) caracterizar la dinámica de cantidad y calidad del agua, ii) identificar impactos antrópicos, en particular asociados a actividades mineras y agropecuarias, e iii) evaluar escenarios de manejo y conservación.

El modelo se apoya en la integración de la modelación hidrológica superficial, los modelos hidrogeológicos conceptuales y numéricos y la modelación específica de calidad del agua, asegurando coherencia conceptual y numérica entre los distintos componentes del ciclo hidrológico.

- **Cuerpos de agua, tramos y puntos de interés**

Las unidades de modelación serán las microcuencas y tramos fluviales incluidos en el dominio definido para el Producto 2.4, desde sectores altoandinos de páramo hasta puntos de cierre asociados a bocatomas, confluencias y estaciones de control. Los cauces principales y tributarios relevantes se segmentarán en tramos hidrológica y químicamente homogéneos, de manera consistente con el modelo conceptual de la calidad del agua previsto en la Actividad 2.4.2; cada tramo se documentará con longitud, pendiente, uso del suelo dominante, presencia de fuentes de contaminación puntuales y sectores con cambios significativos en el régimen de flujo o en la calidad.

- **Red de monitoreo y campañas de muestreo**

La configuración del modelo se soportará en: i) redes hidrometeorológicas y de calidad existentes (IDEAM, autoridades regionales y estudios previos), ii) campañas de aforo y muestreo específicas del proyecto, y iii) bases de datos geoquímicas, isotópicas y radiométricas levantadas en otras actividades. En particular, la Actividad 2.4.1 contempla campañas de aforos líquidos y de carga sólida, pruebas de infiltración y caracterización física de suelos, mientras que la Actividad 2.4.2 prevé la compilación y análisis detallado de información de calidad del agua, incluyendo parámetros fisicoquímicos convencionales, metales pesados y otros elementos potencialmente peligrosos.

- **Parámetros y cargas contaminantes**

El modelo de calidad del agua incluirá, como mínimo, los siguientes grupos de variables: oxígeno disuelto, temperatura, pH, conductividad, DBO/DQO, sólidos suspendidos totales, nutrientes cuando sean relevantes y metales traza y EPP prioritarios (As, Hg, Pb, Cd, entre otros definidos con base en la línea base geoquímica y la actividad minera existente). Las cargas contaminantes puntuales corresponderán a descargas asociadas a actividades mineras, vertimientos municipales y otros focos identificados, mientras que las cargas difusas se estimarán a partir de la escorrentía modelada, el uso del suelo y los procesos de erosión y transporte de sedimentos, siguiendo la metodología prevista para la simulación de escorrentía y la integración de resultados de modelos como SWAT u otros equivalentes cuando se requiera.

- **Fuentes puntuales y difusas, y representación de procesos clave**

El modelo conceptual distinguirá explícitamente fuentes puntuales (vertimientos localizados, descargas de minas, plantas de beneficio, pequeños sistemas de alcantarillado) y fuentes difusas (escorrentía sobre suelos desnudos o intervenidos, áreas agrícolas y caminos), tal como recomiendan las guías de modelación.

En la representación numérica se incluirán los procesos de transporte advectivo–dispersivo, sedimentación y resuspensión de sólidos, adsorción–desorción y partición agua–sedimento para metales, así como procesos de transformación relevantes (decaimiento de constituyentes, consumo de oxígeno, posibles procesos de drenaje ácido de mina), dentro de las capacidades del software seleccionado y documentando de forma explícita los supuestos y simplificaciones adoptados.

- **Información para calibración, validación y análisis de sensibilidad**

La calibración y validación seguirán las buenas prácticas, diferenciando periodos de calibración y validación, empleando métricas como NSE, R, RMSE y PBIAS, y priorizando la coherencia hidrológica y química frente a los datos observados. Los datos para calibración provendrán de series históricas hidrometeorológicas y de calidad del agua, así como de los aforos y campañas de muestreo que el proyecto realiza en las cuencas priorizadas, complementados con la información generada por los modelos hidrogeológicos y geoquímicos.

- **Software de modelación y criterios de selección**

La selección del o los modelos numéricos (por ejemplo, combinación de un modelo hidrológico como SWAT o similar con un modelo de calidad de agua en cauces como WASP, QUAL2K, MIKE o herramienta equivalente) se realizará mediante un análisis comparativo que considera: tipo de cuerpos de agua a simular, dimensionalidad requerida, procesos y constituyentes a representar, disponibilidad de información y requerimientos computacionales, conforme a los criterios de selección de la Guía Nacional y a las recomendaciones de la Tabla comparativa de modelos de la Guía de Buenas Prácticas. La decisión final se documentará en un informe de selección y configuración del modelo, detallando motor numérico, ecuaciones de gobierno, discretización espacial y temporal, esquema de acoplamiento con el modelo hidrológico y con el componente hidrogeológico, y limitaciones conocidas de la herramienta.

- **Escala espacial y temporal de simulación**

La escala espacial del modelo será coherente con el dominio de modelación definido para las cuencas priorizadas y con los criterios de resolución espacial definidos y sustentados por el desarrollador, de forma que se representen adecuadamente los gradientes altitudinales, las zonas de recarga y las transiciones entre tramos prístinos y tramos impactados. En cuanto a la escala temporal, se privilegiará una resolución que permita capturar la variabilidad estacional y los eventos críticos identificados (resolución mensual para la componente hidrológica sistémica y resolución diaria o subdiaria en los tramos donde se requiera simular respuestas rápidas en calidad del agua), definiendo claramente los periodos de calentamiento, operación y evaluación de escenarios.

- **Escenarios de simulación y criterios de aceptación**

El modelo de calidad del agua será utilizado para simular al menos tres tipos de escenarios: i) condiciones actuales o de línea base, ii) escenarios con distintos niveles de intervención (expansión/reducción de actividades mineras y agropecuarias, cambios de cobertura, implementación de medidas de manejo), e iii) escenarios de variabilidad climática y cambio climático que modifiquen la oferta hídrica y la capacidad de dilución. Los criterios de aceptación de los resultados incluirán: cumplimiento de umbrales mínimos de desempeño estadístico, consistencia con el modelo conceptual y con la evidencia de campo, y capacidad del modelo para reproducir tendencias espaciales y temporales de los parámetros críticos.

- **Representación de metales pesados, drenaje ácido de mina y otros parámetros**

Dado el contexto minero de la ZRT Santurbán, el modelo de calidad del agua incluirá explícitamente la simulación del transporte y destino de metales pesados y otros compuestos peligrosos, considerando su asociación a la fracción disuelta y a los sólidos suspendidos, así como procesos de sedimentación, resuspensión y, cuando la herramienta lo permita, reacciones de oxidación-reducción y precipitación relevantes para drenaje ácido de mina. En los casos en que procesos complejos (por ejemplo, metilación de mercurio o reacciones redox avanzadas) excedan las capacidades del modelo seleccionado, se adoptarán aproximaciones conservadoras basadas en cinéticas simplificadas y análisis de sensibilidad, dejando explícitamente documentadas las limitaciones y recomendaciones para la interpretación de resultados.

Observación 9

9.Caracterización de bosque altoandino, conectividad ecológica y huella humana

Se solicita precisar el alcance de la caracterización de bosque altoandino, incluyendo número mínimo de parcelas o transectos, metodología de levantamiento, variables de vegetación, criterios de selección de sitios, esfuerzo de muestreo, taxonomía, análisis de servicios ecosistémicos y productos esperados.

Para los análisis de coberturas, conectividad y huella humana, se solicita aclarar las imágenes o insumos aceptados, años de análisis, unidad mínima de mapeo, escala de entrega, criterios de clasificación, metodología de validación, número de puntos de control, precisión temática mínima esperada, métricas de conectividad, variables de presión antrópica y criterios para integrar dichos resultados al ordenamiento del territorio alrededor del agua.

Respuesta:

En atención a la solicitud de precisión sobre el alcance del Producto 2.5, el equipo técnico de la DBBSE se permite detallar los términos de referencia y metodologías que regirán el estudio:

1. Caracterización del Bosque Altoandino (Actividad 2.5.2).

La caracterización biótica deberá realizarse con el desarrollo de muestreos de las coberturas naturales del área de estudio a partir de los resultados del análisis multitemporal de coberturas, desarrollando las diferentes fases establecidas en el anexo técnico de los términos de referencia, donde se establecen los aspectos mínimos que se retoman en seguida de manera sintética, no sin antes reiterar la importancia de la revisión de las mencionadas fases donde se encuentra estructurado de manera sistemática el abordaje del muestreo hasta la entrega de sus resultados: metodología, esfuerzo de muestreo, selección de sitios, variables mínimas, y demás aspectos típicos para estudios de vegetación:

- Metodología de Levantamiento y Esfuerzo de Muestreo:
 - Fase de Revisión de información Secundaria y planificación: La consecución, sistematización y estructuración de información de estudios de caracterización de la vegetación en cada unidad de análisis del área de estudio, incluida la información del análisis multitemporal de coberturas del numeral 2.5.1., es determinante a la hora de establecer el diseño final de la caracterización, ya que para el área existen diferentes estudios donde ha habido caracterizaciones de flora. De esta manera, la revisión de información secundaria y su estructuración, aportará en la selección final de los sitios o localidades de muestreo.
 - Fase de trabajo de campo: En cada sitio o localidad de muestreo seleccionados el diseño del muestreo para cada sitio o localidad debe ser desarrollado a través de transectos, para lo cual se sugiere la utilización de la metodología del inventario rápido de Gentry (Gentry, 1982), donde, por sitio o localidad de muestreo o estudio (para cada unidad hidrográfica), sean muestreadas 0,1 hectáreas a través de la distribución de 10 transectos de 50 x 2 metros (ubicados en cartografía de manera individual), en este caso, distribuidos en el gradiente altitudinal, a fin de propender porque se capture la variación de la vegetación en dicho gradiente en cada una de las unidades hidrográficas.

Para cada transecto de 50 x 2 metros, deberán ser registrados todos los parámetros para determinar la diversidad, composición y estructura de la vegetación, diligenciamiento de libretas de campo, descripción de los transectos, registros fotográficos y colecta de muestras botánicas.

- Criterios de Selección de Sitios:
 - Fase de Selección de los sitios o localidades de estudio o muestreo: El muestreo de la vegetación natural se debe realizar por cada unidad hidrográfica: microcuencas de los ríos Cáchira Sur, Suratá, Tona, río Oro, abordando un diseño de captura de información en el gradiente altitudinal. Como mínimo, por cada unidad hidrográfica se deberá seleccionar un sitio o localidad de muestreo, considerando los resultados de la anterior fase de revisión de información secundaria. Con ello se buscará capturar la información de las características de la vegetación, de manera diferencial por cada unidad de análisis o unidad hidrográfica.

La selección de cada sitio o localidad de estudio o muestreo en cada unidad de análisis-unidad hidrográfica, dependerá de la información secundaria revisada y estructurada en la en la fase anterior, donde se debe propender por identificar, qué cuencas o localidades en ellas, no han sido caracterizadas previamente en otros estudios, y de esta manera, dar valor agregado a la información que se capture en el presente estudio, generando nueva información frente a la ya existente.

De igual manera, la selección de los sitios de muestreo debe tener estrecha relación con los resultados de las coberturas naturales actuales, conforme los resultados del numeral 2.5.1.

Así las cosas, se seleccionará como mínimo un sitio de estudio por unidad hidrográfica, priorizando áreas que no cuenten con caracterizaciones previas (según revisión de información secundaria) y que presenten coberturas naturales actuales en el gradiente altitudinal entre el límite del páramo y los 2.000 m s.n.m.

- Variables de Vegetación: Dentro de la fase de trabajo de campo, se registrará obligatoriamente la vegetación leñosa con DAP ≥ 2.5 cm. Se evaluará composición florística, riqueza, diversidad (índices de Shannon y Simpson), abundancia, estructura vertical, biomasa aérea y almacenamiento de carbono. Se incluirán protocolos para epífitas y sotobosque. Se retoma la especificación de dicha fase, donde se establece que:

Para cada transecto de 50 x 2 metros, deberán ser registrados todos los parámetros para determinar la diversidad, composición y estructura de la vegetación, diligenciamiento de libretas de campo, descripción de los transectos, registros fotográficos y colecta de muestras botánicas. Por cada transecto se deberá contar con los siguiente:

- ✓ La descripción del paisaje y cobertura vegetal por cada transecto y su asociación a un tipo de vegetación: bosque andino superior, bosque altoandino o zonas de transición (ecotonos o ecoclinas). En esta descripción, es importante que se verifique en campo las condiciones de los bosques de la alta montaña en estudio y la presencia de actividades antrópicas en dicho paisaje, así como la estructura de los bosques, diferenciando estados sucesionales como bosque maduro, bosque secundario y rastrojos.
- ✓ Se debe incluir metodologías estandarizadas para muestreo de especies epífitas y del sotobosque como bromelias, orquídeas, helechos, musgos, líquenes, anthocerales y demás asociadas.
- ✓ La determinación taxonómica, elaboración y depuración de bases de datos, con la realización, depuración y determinación hasta nivel taxonómico posible de las muestras botánicas (donde se incluye el trabajo de determinación en herbario); fotografías de las morfo-especies identificadas en campo, y todas las bases de datos generadas en archivos originales.
- ✓ La descripción, caracterización y análisis de forma detallada, del estado de la vegetación en el transecto de muestreo, según su fisionomía y composición florística, abordando parámetros ecológicos y de composición para explicar la presencia de comunidades, dominancias, análisis de riqueza y diversidad, abundancia, estructura, y registro de observaciones de Historia Natural (p.e: uso del bosque, fenología e interacción). Se deberán utilizar el cálculo y análisis de indicadores disponibles para cada parámetro: Shannon, Simpson, diversidad verdadera, curvas de rarefacción, estructura vertical del bosque, biomasa aérea y almacenamiento de carbono.
- ✓ Inventario detallado de especies identificadas bioclima, mediante metodologías estandarizadas.
- ✓ Los listados de especies deben incluir como mínimo: nombre científico y vernáculo de la especie, familia botánica, hábito de crecimiento (árbol, arbusto, hierba, epífitas, hemiepífita, parásita, hemiparásita, liana, etc.)
- ✓ El análisis de la diversidad deberá incluir curvas de acumulación de especies. Esto justificará la representatividad y validación de los muestreos realizados.
- ✓ Análisis de estructura y composición de especies.
- ✓ Listados de especies identificadas, categorías de amenaza, vedas nacionales y distribución de las especies a nivel nacional.
- ✓ Perfiles de vegetación idealizados, elaborados con la información proveniente de los análisis estructurales.
- ✓ Demás parámetros propios de la caracterización de la vegetación
- ✓ Estructuración de un primer informe con todos los resultados para cada una de las unidades hidrográficas (documentos descriptivos, cartografía y bases de datos en archivos originales). El informe por cuenca debe contar con dos abordajes:
 - La descripción y análisis de la vegetación, por cada uno de los transectos en cada sitio de muestreo, reconociendo a través de las características de la vegetación, si se trata de bosque andino superior, bosque altoandino o zonas de transición.
 - La descripción y análisis de la vegetación de los boques en estudio a nivel de cada unidad hidrográfica; es decir, donde se comparen, asocien, analicen, etc., integralmente los resultados

de los 10 transectos que componen las 0,1 hectáreas muestreadas por cada microcuencia. Así mismo, a partir de ello, i) identificar e indicar, las diferencias de los tipos de vegetación encontrados en el gradiente altitudinal; ii) el reconocimiento o sugerencia del límite inferior de estos bosques de la alta montaña en cada unidad hidrográfica; iii) la relación de la vegetación entre el bosque andino, el bosque altoandino y el páramo, que representan y aseguran la necesidad de la continuidad de los procesos ecológicos; y iv) la relación de estos bosques con actividades humanas.

- **Taxonomía:** La identificación se llevará hasta el nivel de especie. Las muestras botánicas deberán ser procesadas en herbarios certificados y las colectas estarán amparadas bajo permisos vigentes ante la autoridad ambiental, tal como se especifica en el anexo técnico de los términos de referencia.
- **Análisis de Servicios Ecosistémicos:** Se realizará una valoración funcional de bienes y servicios (provisión, regulación, culturales y soporte), vinculando los resultados con los estudios hidrogeológicos e hidrológicos para identificar áreas críticas de recarga hídrica.
- **Métricas de conectividad:** Dentro de las especificaciones técnicas de los términos de referencia, en el numeral 2.5.3., se describe el enfoque del análisis de conectividad que, teniendo en cuenta su articulación con los demás productos, se establece como sigue, donde entre otra información se establecen las métricas para la realización de los análisis de conectividad:

“El análisis de conectividad ecológica permite identificar, por una parte, la magnitud y dirección de los cambios en el paisaje, e implicará la identificación de la estructura del paisaje y los análisis de ella con la conectividad funcional de los bosques en estudio. Estos aspectos, tal como en el muestreo de vegetación, deberán ser desarrollados por cada unidad de análisis-unidades hidrográficas en estudio, y que corresponderán ahora para este producto, a unidades de fragmentación (unidades hidrográficas en estudio).”

Para llevar a cabo el análisis de conectividad, se requiere contar con cartografía actualizada de coberturas de la tierra (actividad 2.5.1): en este sentido, los análisis aquí solicitados deberán ser realizados por cada período analizado. Esto quiere decir que, por unidad hidrográfica, deberán ser realizados tres análisis, considerando los períodos de tiempo abordados en la multitemporalidad de las coberturas.

De igual manera, el análisis de conectividad, a esta altura del estudio, deberá ser enriquecido con la información detallada proveniente de la caracterización de la vegetación natural y los modelos de distribución de las variantes de bosques de la actividad 2.5.2, de tal manera que las clases que utiliza la metodología Corine Land Cover, sean interpretadas entendiendo los tipos de vegetación que las componen y con ello, las deducciones, comprensiones, y conclusiones en este análisis, se reflejen funcionalmente desde una perspectiva ecológica, no exclusivamente desde el uso del suelo.

La integridad y conectividad ecológica histórica y actual de los ecosistemas caracterizados identificados y diferenciados con los productos anteriores (bosque andino y sus variantes entre cuencas, y para cada tipo de bosque altoandino y sus variantes entre cuencas), a fin de identificar cómo se relacionan entre sí los parches de vegetación natural y qué tan eficiente es el territorio para mantener el movimiento de especies, el flujo genético y los procesos ecológicos propios de los ecosistemas de la alta montaña en estudio: bosque altoandino.

Caracterización estructural de los patrones del paisaje en mapas de fragmentación:

Se deberá generar una descripción de cada una de las unidades de fragmentación (unidades de análisis-unidades hidrográficas), con el propósito de conocer los patrones espaciales del paisaje natural presente. Para esto, se hará un análisis descriptivo de la estructura del paisaje por unidad, teniendo en cuenta distintos atributos a calcularse y que se relacionan con indicadores o métricas espaciales para cada una de las coberturas naturales existentes en la unidad de fragmentación o análisis (cuenca), conforme se indica en la Tabla 9.

Tabla 6. Indicadores espaciales para la caracterización de fragmentación para cada cobertura natural analizada. Adaptado de Sinchi, 2018

Atributos ecológicos	Definición	Indicadores
Heterogeneidad	Complejidad de arreglos espaciales en términos de su riqueza y dominancia	Número de unidades espaciales naturales
		Extensión de unidades

		<i>espaciales naturales</i>
<i>Configuración espacial</i>	<i>Forma como se disponen en un área las unidades espaciales y por ende da forma básica a conocer sobre el efecto que tienen los procesos naturales o antrópicos que les afecta</i>	<i>Área (hectáreas)</i>
		<i>Perímetro</i>
		<i>Número de parches</i>
		<i>Área núcleo (hectáreas)</i>
		<i>Forma</i>
<i>Continuidad</i>	<i>Conexiones físicas existentes entre unidades espaciales similares o complementarias</i>	<i>Distancia euclidiana (m)</i>
		<i>Proximidad</i>
		<i>Continuidad altitudinal (m)</i>

A partir de los resultados en cada unidad de fragmentación (cuenca), se deberán entregar las descripciones e interpretaciones y la cartografía correspondiente, para cada uno de los atributos ecológicos de la anterior Tabla, de tal manera que a este punto tendremos el escenario de fragmentación por cada cuenca estudiada y la identificación de las rutas o redes de conectividad existentes o potenciales, para la reconexión de hábitats fragmentados.”

- Variables de presión antrópica: Dentro del numeral 2.5.4. del anexo técnico de los términos de referencia, se establecen dos subactividades para abordar el concepto de presión antrópica, con un abordaje estructurado sobre el cual desarrollar los análisis y presentar los resultados, los cuales deben ser consultados para la comprensión de la articulación de los resultados en los diferentes productos del numeral 2.5.:

“La construcción de la huella espacial humana tiene como finalidad reconocer y elaborar dos (2) frentes:

Subactividad i) Realizar los análisis correspondientes para reconocer, en las diferentes unidades de fragmentación y en los períodos de tiempo analizados, qué tipo de presiones por las actividades humanas dan explicación a los procesos de fragmentación.

Para ello, a partir de la información generada en los anteriores productos, es necesaria la recopilación y organización y análisis de la información relacionada con las presiones antrópicas presentes en el territorio como infraestructura, asentamientos, áreas mineras, zonas de agrícolas y ganaderas, áreas con conflictos socioambientales, incendios y en general coberturas de la tierra transformadas, con el fin de elaborar unidades cartográficas que las representen y que muestren la intensidad y distribución de estas presiones en el área de estudio, para lo cual se deberá abordar lo siguiente:

- a) A partir del análisis de coberturas y las jornadas de verificación en campo, se debe generar una capa cartográfica con su correspondiente texto explicativo para cada unidad de fragmentación (unidad de análisis o unidad hidrográfica) y cada periodo de tiempo analizado, donde se establezcan las **unidades de interacción antrópica**, relacionadas con unidades espaciales funcionales socioeconómicas, para lo cual se deberá precisar sobre la metodología y criterios de selección. Como indicativo, se mencionan las siguientes (SINCHI, 2018), no obstante, según los resultados que se obtengan de las anteriores actividades, deberán clasificarse más de este tipo de unidades como áreas de mayor densidad de vías por kilómetro cuadrado, densidad poblacional por kilómetro cuadrado, etc., siempre que se establezcan los criterios de su selección:*

- ✓ *Unidades de interacción antrópica de producción: unidad espacio temporal que se basa en el manejo de ecosistemas naturales y transformados y cuya actividad principal es el tipo agropecuario.*
 - ✓ *Unidades de interacción antrópica de extracción: Maneja las proporciones de territorio rural, donde su componente principal son los ecosistemas silvestres y manejados para la extracción de recursos.*
 - ✓ *Unidades de interacción antrópica de asentamiento: unidad de análisis que funciona bajo una lógica socioeconómica de habitación y generación de servicios, acopio, transformación y comercialización de recursos. Su componente principal son los ecosistemas urbanos, con transiciones a veces graduales hacia paisajes suburbanos y abruptos hacia paisajes cultivados y manejados (Etter y Villa 2001).*
 - ✓ *Las demás generadas para vías, densidad poblacional, etc.*
- b) *Para cada unidad de fragmentación y por cada período de coberturas abordado en la actividad 2.5.1., se deberá desarrollar un análisis donde se evalúe la relación entre la capa anterior de unidades de interacción antrópica, con el patrón espacial del paisaje encontrado en el análisis de conectividad estructural de las coberturas naturales. Con este análisis, se deberán obtener modelos espaciales que permitan identificar, explicar y prever procesos de fragmentación para cada una de las unidades hidrográficas, reconociendo cuáles unidades de interacción antrópica pueden explicar mejor la estructura de fragmentación encontrada, según las métricas espaciales calculadas, que permitan reconocer las dinámicas de pérdida de estos bosques y su relación con factores físicos y sociales del territorio*

Este análisis deberá permitir entender, cómo estas dinámicas han ido moldeando el paisaje y ofrece una base sólida para orientar decisiones de manejo y conservación en las cuencas priorizadas.

Para generar la capa de huella espacial humana, para cada una de las unidades de fragmentación y por cada período de tiempo utilizado en el análisis multitemporal, se deben realizar las siguientes actividades:

*Subactividad ii) Elaboración de los mapas de huella espacial humana para el área de estudio en los diferentes periodos analizados en el análisis multitemporal de coberturas, bajo la recomendación de la utilización de la metodología utilizada por el Instituto Alexander von Humboldt basada en Etter et al. (2011): Etter, A., McAlpine, C. A., Seabrook, L., & Wilson, K. A. (2011). Incorporating temporality and biophysical vulnerability to quantify the human spatial footprint on ecosystems. *Biological Conservation*, 144(5), 1585–1594. En caso de utilizarse una metodología diferente a la sugerida, la misma deberá ser presentada y aprobada en comité técnico o en los espacios técnicos que permitan validar la metodología propuesta.*

Para Colombia, Etter et al., (2011), proponen medir la influencia humana en Colombia por medio de un índice total de huella humana, categorizado en dimensiones, donde cada dimensión es un subíndice constituido por variables de igual peso:

1. *Dimensión de la intensidad del uso de la tierra, que incluye:*
 - a. *Densidad de la población rural (Hab/km)*
 - b. *Distancia a vías (km)*
 - c. *Distancia a asentamientos*
 - d. *Índice de fragmentación*
 - e. *Índice de Biomasa relativa*
 - f. *Cobertura de uso del suelo*
2. *Dimensión temporal*
 - a. *Tiempo en años de intervención*
3. *Dimensión de vulnerabilidad biofísica, que incluye:*
 - a. *Pendiente*
 - b. *Índice de fertilidad del suelo*
 - c. *Índice de disponibilidad de humedad*
 - d. *Riqueza de especies endémicas o rango pequeño (número de especies)”*

- Criterios para integrar dichos resultados al ordenamiento del territorio alrededor del agua:

Todo el planteamiento del estudio, en particular el numeral 2.5., desde la definición de las unidades de análisis, de estudio o de fragmentación, así como el análisis de huella espacial humana, están dirigidas hacia la generación de información por subcuencas hidrográficas. De esta manera, los resultados y análisis que surgen en los diferentes productos deben estar inicialmente obtenidos y analizados por cuenca hidrográfica relacionadas con las microcuencas de los ríos Cáchira Sur, Suratá, Tona, río Oro.

Este planteamiento del estudio, permite obtener en un primer plano, resultados y análisis en torno a las particularidades de cada una de las cuencas. Ahora bien, tal como está planteado en las especificaciones técnicas de los términos de referencia, estos resultados y análisis por cuenca, deberán ser en un segundo plano, integrados a análisis que incluyan información propia climática, hidrológica e hidrográfica intrínseca de las cuencas abordadas, a partir de la información de Corporaciones Autónomas Regionales, Departamentos, Municipios, Gestión del riesgo como: POMCAS, PORH, planes de gestión departamentales y jurisdiccionales, estudios de gestión del riesgo y cambio climático, y demás instrumentos o estudios recogidos durante la fase de revisión de información secundaria, lo cual hace parte del desarrollo del estudio.

Estos análisis en segundo plano, se basan en comparar, asociar, relacionar e identificar, las variaciones entre las diferentes vertientes de las unidades hidrográficas estudiadas, con las variaciones propias de variables ambientales como clima, hidrología, hidrografía, uso de agua, etc., que permiten establecer la relación entre la expresión natural de la vegetación con las condiciones que determinan la oferta, disponibilidad y uso de agua en cada cuenca estudiada.

Es por ello que, en el título “Análisis de segundo nivel” del numeral 2.5.2 del anexo técnico de los términos de referencia, se establece que, para los modelos de la distribución espacial actual y potencial de los bosques andinos y altoandinos se debe considerar metodologías para la modelación de nicho ecológico, el cual permite realizar los anteriores análisis y estudiar la distribución geográfica de las especies e identificar aquellos factores ambientales que la limitan, tales como parámetros ambientales para generar una aproximación de las condiciones que favorecen la presencia de las poblaciones de la especie (el nicho ecológico) en cada una de las cuencas y, de esta manera, generar una información que permita la toma de decisiones, no solo por la presencia de recursos, sino por su relación con las dinámicas hídricas en cada una de las cuencas.

Con lo anterior, y a partir de las especificaciones técnicas establecidas en el anexo de los términos de referencia, se deberá generar la información estructurada, con un enfoque del territorio alrededor del agua.

Observación 10

10.Participación comunitaria, jornales y componente social

Se solicita aclarar el alcance de los jornales comunitarios indicados en el Anexo Técnico, incluyendo número total por actividad, perfil de las personas a vincular, forma de selección, valor de jornal, responsabilidades de contratación, afiliación a seguridad social o riesgos laborales, transporte, alimentación, elementos de protección personal, seguros, pagos y soportes exigidos.

También se solicita precisar las responsabilidades frente a la convocatoria de actores, logística de reuniones, alquiler de espacios, refrigerios, almuerzos, registro audiovisual, permisos comunitarios, enfoque diferencial, manejo de conflictividad social y condiciones de seguridad en territorio.

Respuesta:

En atención a su solicitud, se aclara que la contratación del personal asociado a los jornales comunitarios deberá realizarse en estricto cumplimiento de la normatividad laboral, de seguridad social y de riesgos laborales vigente en Colombia. En este sentido, el contratista será responsable de garantizar la vinculación del personal conforme

a las disposiciones legales aplicables, incluyendo afiliaciones al Sistema de Seguridad Social Integral, cobertura de riesgos laborales, suministro de elementos de protección personal, seguros requeridos y demás obligaciones derivadas de la ejecución contractual.

Asimismo, corresponderá al contratista definir y garantizar los mecanismos de selección, contratación, pago y soporte documental del personal vinculado, así como las condiciones logísticas necesarias para el desarrollo de las actividades, incluyendo transporte, alimentación y demás aspectos operativos que resulten pertinentes, de conformidad con la normativa aplicable y las condiciones técnicas del proyecto.

De igual forma, todos los costos y actividades asociadas a la convocatoria de actores, logística de reuniones, alquiler de espacios, suministro de refrigerios o almuerzos, registro audiovisual, gestión de permisos comunitarios, incorporación de enfoque diferencial, manejo de conflictividad social y condiciones de seguridad en territorio serán responsabilidad del consultor. En consecuencia, el consultor deberá prever dentro de su propuesta técnica y económica la totalidad de los recursos humanos, logísticos, operativos y financieros necesarios para garantizar el adecuado desarrollo de estas actividades, conforme a la normativa vigente y a las condiciones requeridas para la correcta ejecución del contrato.

El alcance de los jornales contemplados en el anexo de especificaciones técnicas corresponde a miembros de la comunidad que harán las veces de auxiliares de las labores de campo que lo requieran, en las siguientes actividades: 2.1.1 al menos 63 jornales para las actividades relacionadas con la línea meteórica local, isotopía y análisis fisicoquímicos [p. 61]; 2.3.2 para los controles en campo de geología, edafología, coberturas e inventario de puntos de aguas subterráneas al menos 456 jornales [p. 78]; 2.3.3 para la validación de información y adquisición de datos puntuales en campo para la construcción de modelo hidrogeológico conceptual (pruebas hidráulicas, inventario de puntos de aguas subterráneas, datos estructurales), se dispondrá de al menos 40 jornales [p. 81]; 4.1.1 y 4.1.2 al menos 120 y 60 jornales respectivamente para las actividades que desarrolle el componente social [p. 136 y 137]. El involucramiento de la comunidad no se restringe solo al apoyo en campo, sino que debe implicar una transferencia de conocimientos que incluya los saberes y visión del actor comunitario, así como el propósito de la actividad [p. 60, 81, 136, 137].

Observación 11

11. Permisos de ingreso, acceso a predios y condiciones de seguridad

Se solicita aclarar si el FPVB, el Ministerio, las autoridades ambientales, los municipios o el consultor serán responsables de gestionar los permisos de ingreso a predios, áreas mineras, zonas de difícil acceso, áreas de conservación, predios privados, zonas de páramo y demás sitios requeridos para campañas de campo.

De igual manera, se solicita precisar si existe información sobre restricciones de seguridad, conflictos sociales, oposición comunitaria, dificultades de acceso, condiciones climáticas extremas o limitaciones operativas que deban considerarse en la cotización.

Respuesta:

En relación con la observación presentada, la Entidad se permite aclarar que, conforme a lo establecido en el Anexo Técnico, las actividades relacionadas con la planeación, coordinación y ejecución de campañas de campo, así como la gestión requerida para el acceso a las diferentes áreas necesarias para el desarrollo de los estudios, hacen parte de las obligaciones y actividades propias que deberá adelantar el Consultor en el marco de la ejecución contractual.

En ese sentido, corresponderá al futuro Consultor planificar y gestionar oportunamente, dentro de su metodología y plan de trabajo, las actividades asociadas al ingreso a predios, articulación con actores territoriales, coordinación logística y demás gestiones necesarias para el adecuado desarrollo de las actividades técnicas requeridas en el marco del proyecto, considerando las condiciones propias del territorio y de las zonas

objeto de estudio.

Sin perjuicio de lo anterior, la Entidad podrá brindar el acompañamiento institucional que resulte pertinente en el marco de sus competencias, cuando así se requiera para facilitar la articulación con entidades, autoridades y demás actores involucrados, sin que ello implique trasladar al FPVB las obligaciones operativas propias del consultor ni modificar las condiciones previstas para la ejecución contractual.

Ahora bien, respecto a posibles restricciones de seguridad, conflictividad social, condiciones de acceso, variables climáticas, presencia de áreas ambientalmente sensibles o demás condiciones territoriales y operativas que puedan incidir en el desarrollo de las actividades, se informa que dichas variables deberán ser consideradas por los interesados dentro del análisis técnico, operativo y logístico requerido para la estructuración de su cotización, teniendo en cuenta la naturaleza, localización y complejidad del área de estudio definida en los documentos técnicos del proyecto.

Observación 12

12. Equipo mínimo, dedicaciones y posibilidad de roles concurrentes

Se solicita aclarar la dedicación mínima exigida para cada perfil profesional y técnico durante la ejecución del contrato, así como la posibilidad de que un mismo profesional pueda asumir más de un rol, siempre que cumpla los requisitos de formación y experiencia.

También se solicita precisar cuáles hojas de vida deben presentarse en la etapa de cotización y cuáles únicamente después de la adjudicación, considerando que el Anexo Técnico diferencia personal clave evaluable y personal mínimo obligatorio. Esta aclaración es necesaria para definir la disponibilidad de profesionales especializados y estimar adecuadamente los costos de dedicación.

Respuesta: En relación con la observación presentada, la Entidad se permite aclarar que, conforme a lo establecido en el numeral “4. PERFILES EQUIPO MÍNIMO DE TRABAJO Y ROLES” del Anexo Técnico, el contratista podrá organizar el equipo de trabajo de acuerdo con su experiencia, metodología y estructura administrativa, siempre que garantice el cumplimiento del personal mínimo obligatorio requerido para la adecuada ejecución del contrato.

En ese sentido, la Entidad no ha establecido porcentajes de dedicación mínima específica para cada uno de los perfiles relacionados en el Anexo Técnico, por cuanto corresponde al futuro consultor definir, bajo su responsabilidad técnica, operativa y metodológica, las cargas de trabajo, dedicaciones y organización del equipo requerido para el cumplimiento integral del objeto contractual, considerando el alcance, actividades y productos previstos.

Frente a la posibilidad de que un mismo profesional asuma más de un rol, la Entidad se permite informar que las condiciones específicas relacionadas con concurrencia de perfiles y compatibilidad de roles serán objeto de análisis durante la estructuración definitiva del eventual proceso de selección, atendiendo criterios de idoneidad, suficiencia técnica, adecuada ejecución contractual y gestión del riesgo, condiciones que serán definidas en los documentos definitivos del proceso.

Ahora bien, respecto a la presentación de hojas de vida, se aclara que la presente actuación corresponde a una solicitud de información a proveedores en el marco de un estudio de mercado, razón por la cual no se establece en los documentos, ni se requiere la presentación de hojas de vida en esta etapa. No obstante, el Anexo Técnico establece de manera expresa y diferenciada las condiciones de entrega de documentación aplicables al **personal clave evaluable** y al **personal mínimo obligatorio** para la ejecución del contrato.

Por lo anterior, las condiciones actualmente previstas permiten a los interesados estimar y estructurar adecuadamente los costos asociados al personal requerido para la ejecución de la consultoría, bajo los

parámetros técnicos definidos por la Entidad.

Observación 13

13.Anexo 2 – Formato de cotización y estructura económica

Se solicita aclarar si los valores deben presentarse con IVA incluido, AIU, impuestos, tasas, seguros, pólizas, costos financieros, costos de laboratorios internacionales, costos de equipos especializados, logística comunitaria, costos de permisos, administración documental y demás gastos asociados.

Dado que la solicitud indica que las descripciones de los ítems no deben ser modificadas, se solicita habilitar un campo de observaciones o supuestos para que los interesados puedan precisar el alcance considerado en cada valor cotizado, garantizando así la comparabilidad de las cotizaciones.

Respuesta: En relación con la observación presentada, la Entidad se permite aclarar que, conforme a lo establecido en los documentos de la solicitud de cotización y el formulario de cotización, los valores ofertados deberán incluir la totalidad de los costos asociados a la ejecución del objeto contractual, incluyendo IVA, impuestos, tasas, contribuciones, retenciones, deducciones, seguros, pólizas, costos financieros y demás costos directos e indirectos a que haya lugar para el desarrollo integral de las actividades requeridas.

En ese sentido, cada proveedor deberá realizar el análisis técnico, financiero y operativo correspondiente, considerando dentro de su cotización todos los componentes, actividades, recursos, costos logísticos, técnicos y especializados necesarios para el adecuado cumplimiento del alcance previsto en los anexos y documentos técnicos suministrados por la Entidad.

De igual manera y frente a la solicitud de incorporar campos adicionales de observaciones, supuestos o condicionamientos en el formato de cotización, la Entidad se permite informar que procede su solicitud, toda vez que no se considera procedente modificar la estructura establecida, ya que los anexos técnicos y demás documentos soporte contienen las especificaciones, requerimientos y alcances necesarios para la estimación integral de los costos asociados a la ejecución del objeto contractual, permitiendo a los interesados estructurar sus cotizaciones bajo criterios homogéneos y comparables.

En consecuencia, las cotizaciones presentadas deberán ajustarse a las condiciones y estructura definidas por la Entidad, sin incorporar condicionamientos, exclusiones o modificaciones particulares respecto de los ítems o Actividades solicitadas, con el fin de garantizar criterios uniformes de análisis y comparabilidad dentro del estudio de mercado adelantado.

Observación 14

14.Forma de pago, anticipos y flujo de caja

Se solicita aclarar la forma de pago prevista para la consultoría, incluyendo si se contempla anticipo, pagos mensuales, pagos contra productos, porcentajes por entregable, amortización de anticipo, requisitos para facturación y tiempos de aprobación.

Esta información es necesaria debido a que el proyecto incluye costos iniciales relevantes asociados a personal especializado, equipos, desplazamientos, campañas de campo, laboratorios, geofísica, logística comunitaria y procesamiento de información.

Respuesta:

En relación con la observación presentada, la Entidad se permite aclarar que la presente solicitud de información corresponde actualmente a una etapa de estudio de mercado y análisis preliminar del sector, razón por la cual

las condiciones definitivas del eventual proceso de selección aún se encuentran en estructuración.

En ese sentido, las condiciones relacionadas con la forma de pago, esquema de desembolsos, posible reconocimiento de anticipo, pagos contra entrega de productos, porcentajes de amortización, requisitos para trámite de facturación, tiempos de revisión y aprobación de entregables, así como las demás condiciones financieras y contractuales aplicables, serán definidas por la Entidad durante la etapa precontractual correspondiente y se establecerán en los documentos del eventual proceso de selección.

Por lo anterior, la Entidad evaluará la estructuración financiera y contractual más adecuada para el eventual proceso, considerando criterios de planeación, suficiencia financiera, adecuada administración del riesgo y viabilidad de ejecución, condiciones que serán informadas oportunamente en el proyecto de pliego de condiciones y demás documentos del proceso.

Observación 15

15.Plazo de ejecución y condicionantes climáticos

Se solicita aclarar si el plazo de doce meses es fijo o si podrán reconocerse ajustes por causas no imputables al consultor, tales como condiciones climáticas, imposibilidad de acceso, restricciones sociales, orden público, demora en permisos, tiempos de laboratorios externos, validación institucional de productos o entrega tardía de información secundaria.

Esta aclaración es especialmente importante debido a que varias actividades dependen de campañas en temporada seca y húmeda, muestreos mensuales, levantamientos en campo, validación comunitaria y procesamiento de información especializada.

Respuesta:

En relación con la observación presentada, la Entidad se permite aclarar que la presente solicitud de información corresponde actualmente a una etapa de estudio de mercado y análisis preliminar del sector, razón por la cual las condiciones definitivas del eventual proceso de selección aún se encuentran en estructuración.

No obstante, se informa que el plazo estimado de ejecución actualmente proyectado por la Entidad corresponde a doce (12) meses, definido con base en el alcance técnico preliminar previsto para el desarrollo de las actividades objeto de la consultoría.

Ahora bien, las condiciones específicas relacionadas con posibles eventos no imputables al futuro contratista, tales como condiciones climáticas, restricciones de acceso, situaciones de orden público, tiempos asociados a permisos, validaciones institucionales, campañas de campo, procesamiento de información especializada u otras circunstancias que puedan impactar el desarrollo del contrato, serán objeto de análisis durante la estructuración definitiva del proceso, particularmente en la definición de la matriz de riesgos, asignación de riesgos y demás condiciones contractuales aplicables.

En ese sentido, la Entidad analizará los riesgos previsible asociados a la ejecución del proyecto y establecerá, en los documentos del eventual proceso de selección, las condiciones contractuales, mecanismos de gestión, obligaciones y eventuales medidas aplicables conforme a la naturaleza, complejidad y características técnicas del proyecto, atendiendo los principios de planeación, proporcionalidad y adecuada administración del riesgo.

Observación 16

16.Formatos de entrega, sistema de referencia y estándares de información

Se solicita precisar los formatos de entrega exigidos para bases de datos, geodatabases, shapefiles, ráster,

modelos, metadatos, informes, anexos, datos crudos, cadenas de custodia, reportes de laboratorio, salidas cartográficas y productos finales. Así mismo, se solicita indicar el sistema de referencia oficial, escala de presentación, estructura de carpetas, estándares de metadatos, nomenclatura, requisitos de interoperabilidad y criterios de aceptación de la información geográfica.

Respuesta: La información generada en el marco de los productos 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4 deberá entregarse bajo criterios que garanticen calidad técnica, trazabilidad, interoperabilidad, reproducibilidad y compatibilidad con los sistemas institucionales de información del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y de la Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico (DGRH), conforme con los estándares técnicos oficiales aplicables.

En materia de información geográfica, los productos espaciales deberán estructurarse conforme a los lineamientos técnicos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) como autoridad cartográfica nacional, particularmente en lo relativo a geodesia, cartografía básica, sistemas oficiales de referencia y calidad e interoperabilidad de datos espaciales. El marco normativo de referencia comprende la Resolución 471 de 2020, la Resolución 370 de 2021 y los lineamientos de la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE).

Toda la información geográfica deberá entregarse en el sistema oficial de referencia geodésico-MAGNA-SIRGAS, utilizando preferentemente el sistema de coordenadas proyectadas MAGNA-SIRGAS / Origen Nacional. En aquellos casos en que la naturaleza técnica del análisis exija el uso de otros sistemas de coordenadas o proyecciones cartográficas, deberá documentarse expresamente la homologación al sistema oficial de entrega, precisando los parámetros de transformación empleados, los controles de validación realizados y los criterios adoptados para preservar la integridad geométrica y la consistencia espacial entre productos.

La información temática se construirá preferentemente con base en fuentes oficiales de las entidades competentes. Para variables hidrológicas, hidroclimáticas, meteorológicas, y de monitoreo ambiental, la fuente de referencia es el IDEAM; para información geológica, hidrogeológica, estructural, geomorfológica y geofísica, el Servicio Geológico Colombiano (SGC); para cartografía base, geodesia y modelos digitales de elevación, el IGAC. Se considerarán también las fuentes disponibles a través del Sistema de Información Ambiental para Colombia (SIAC) y demás plataformas oficiales aplicables. Cuando se emplee información secundaria de otras fuentes, su uso deberá justificarse técnicamente y acreditarse su compatibilidad con los estándares institucionales.

Dado el carácter multiescalar de los análisis requeridos, la información geográfica deberá organizarse diferenciando explícitamente los productos construidos a escala 1:25.000 de los construidos a escala 1:100.000, según el nivel de detalle de cada análisis y la escala de los insumos utilizados. Mezclar ambas escalas en una misma estructura compromete la consistencia analítica, introduce errores de generalización cartográfica y dificulta la trazabilidad metodológica de los resultados. Por esta razón, se entregarán geodatabases independientes para cada escala de trabajo.

La información vectorial deberá entregarse en File Geodatabase (GDB), organizada por componente temático y escala de análisis, con clases de entidad, tablas relacionadas, dominios, subtipos, relaciones espaciales y estructuras de atributos debidamente configuradas. Los productos deberán estar libres de geometrías inválidas, duplicadas o corruptas, sin superposiciones injustificadas, vacíos topológicos, discontinuidades espaciales, multipartes inconsistentes ni errores de snapping; en redes espaciales, cuando aplique, deberá verificarse además la continuidad de la conectividad. Los atributos contarán con nomenclatura homogénea, tipificación adecuada, unidades claramente definidas, dominios controlados donde corresponda y sin registros incompletos no justificados.

La información ráster deberá entregarse en formatos georreferenciados interoperables que preserven la resolución espacial original, la extensión geográfica, el sistema de referencia, el tamaño de celda, el tipo de dato, la profundidad radiométrica y los parámetros de remuestreo aplicados. Los archivos deberán incluir definición explícita de valores NoData, estadísticas calculadas y, cuando aplique, pirámides de visualización; en

caso de optimización de almacenamiento, se aplicará compresión sin pérdida. Para productos derivados de sensores remotos, análisis multitemporales, superficies interpoladas, modelos digitales de elevación o clasificación temática, deberá documentarse la metodología de procesamiento, los criterios de validación, la exactitud temática obtenida, las matrices de confusión cuando corresponda, las reglas de reclasificación y los supuestos técnicos del análisis.

Toda la información geográfica entregada deberá estar acompañada de sus respectivos metadatos técnicos, elaborados conforme a los estándares de la ICDE. Estos deberán incluir como mínimo la identificación del producto, su propósito, la fuente y metodología de generación, el responsable técnico, la fecha de creación, el sistema de referencia, la escala o resolución espacial, la cobertura geográfica, las restricciones de uso, la calidad de los datos y el linaje de procesamiento.

De igual manera, deberá entregarse un diccionario de datos para cada geodatabase, base temática, tabla asociada o estructura de almacenamiento. Este documento describirá la estructura completa de la información: nombre y definición conceptual de los campos, tipo de dato, longitud, unidades de medida, dominios permitidos, codificación temática, relaciones entre tablas, restricciones aplicables y las observaciones técnicas necesarias para su correcta interpretación e integración institucional.

Para los productos asociados a modelación hidrológica, hidrogeológica y/o geofísica, la entrega comprenderá tanto los resultados finales como los insumos requeridos para su validación técnica independiente: archivos fuente, datos de entrada, configuraciones de modelación, parámetros de calibración, scripts, memorias técnicas, supuestos metodológicos y criterios de validación. Esta documentación es condición necesaria para garantizar la trazabilidad y eventual reproducibilidad de los análisis desarrollados.

Las bases de datos derivadas de campañas de campo, monitoreos, levantamientos geofísicos, muestreos hidrogeoquímicos, análisis isotópicos, caracterización fisicoquímica y demás actividades técnicas deberán presentarse en formatos editables, con trazabilidad completa desde la planeación del muestreo hasta la emisión de resultados. El registro mínimo por punto o muestra comprenderá identificación única, coordenadas oficiales verificadas, fecha y hora de recolección, responsable técnico, protocolo de muestreo aplicado, condiciones de preservación, almacenamiento y transporte, tiempos de entrega al laboratorio, condiciones de recepción y soportes de procesamiento analítico.

En los casos que aplique, deberán entregarse los formatos de cadena de custodia debidamente diligenciados y suscritos. Esta documentación permitirá verificar la integridad y continuidad de las muestras a lo largo de todo el proceso analítico, e incluirá la identificación inequívoca de cada muestra, el tipo de matriz analizada, los parámetros requeridos, el laboratorio receptor, las fechas y responsables de entrega y recepción, las condiciones de manejo y las observaciones sobre eventualidades ocurridas. Su contenido deberá ser plenamente consistente con los reportes analíticos, certificados de laboratorio y resultados finales entregados.

Los productos cartográficos se elaborarán con escalas coherentes con la resolución y el alcance analítico de los insumos utilizados. Deberán incorporar los elementos cartográficos reglamentarios, simbología técnicamente consistente, convenciones gráficas homogéneas e identificación completa de fuentes, sistema de referencia, escala gráfica y numérica, fecha de elaboración y responsable técnico.

La organización de la información responderá a una estructura estandarizada de almacenamiento digital, con nomenclatura homogénea de archivos, control de versiones y separación clara entre insumos, productos intermedios y entregables finales. Esta estructura deberá facilitar la consulta directa y la integración con los repositorios institucionales sin necesidad de reprocesamientos adicionales.

Finalmente, la totalidad de la información entregada deberá acreditar condiciones mínimas de consistencia topológica, integridad temática, validez geométrica, coherencia espacial, trazabilidad metodológica, completitud documental y control de calidad técnico, así como compatibilidad con los sistemas institucionales de administración de información geográfica de la Entidad.

Observación 17

17. Alcance de obligaciones adicionales e informes extraordinarios

Se solicita aclarar el alcance de las obligaciones relacionadas con informes adicionales, solicitudes de la supervisión, requerimientos de terceros, reemplazos de personal, mayores dedicaciones y personal adicional que deba ser asumido por el consultor dentro del precio global.

La aclaración resulta necesaria para evitar que el alcance económico quede abierto o sujeto a requerimientos no cuantificados, lo cual puede afectar la comparabilidad de las cotizaciones y la adecuada estimación del presupuesto del proyecto.

Respuesta:

En relación con la observación presentada, la Entidad se permite aclarar que el alcance de las obligaciones, actividades, informes, requerimientos y responsabilidades del consultor se encuentra definido en el Anexo Técnico y demás documentos de la solicitud de información, los cuales establecen las funciones del equipo de trabajo, actividades a desarrollar y productos requeridos para la ejecución del proyecto

No obstante, la Entidad precisa que los informes adicionales o extraordinarios no constituyen un alcance abierto o indeterminado, sino requerimientos asociados al seguimiento, control, auditoría y adecuada ejecución del objeto contractual. En el Anexo Técnico se precisa que estos informes podrán ser solicitados por la supervisión para obtener información puntual o adicional sobre actividades ejecutadas, y deberán atenderse dentro de los plazos allí previstos.

Así mismo, las solicitudes de la supervisión, entidades de control o terceros deberán entenderse limitadas al objeto, actividades, productos, componentes y obligaciones definidos en los documentos técnicos del proyecto, por lo que no podrán corresponder a actividades ajenas al alcance de la consultoría. Estos corresponden a las actividades propias de articulación, atención y gestión del proyecto previstas en las obligaciones específicas del Anexo Técnico, el cual establece que el consultor deberá *“atender de manera oportuna, integral y conforme a los lineamientos de la Entidad, todos los oficios, requerimientos, solicitudes y comunicaciones que se generen en el marco del proyecto”*, tanto por parte de la Entidad como de terceros, grupos de interés y demás actores relacionados con la ejecución contractual.

Respecto del personal, el Anexo Técnico establece que el Consultor debe garantizar la idoneidad, disponibilidad y continuidad del equipo durante la ejecución; los reemplazos solo procederán en situaciones excepcionales avaladas por la Entidad y con personal que cumpla el perfil exigido o uno superior.

Finalmente, cuando para la correcta ejecución de la consultoría se requiera mayor dedicación o personal adicional, estos deberán ser asumidos por el Consultor dentro del precio global pactado, conforme lo prevé expresamente el Anexo Técnico, en razón a que, si bien la Entidad establece un personal mínimo obligatorio, corresponde al Consultor garantizar el cumplimiento integral del objeto contractual, las actividades, productos y resultados esperados del proyecto, debiendo disponer del recurso humano, técnico y operativo que resulte necesario para tal fin, sin que ello genere costos adicionales para la Entidad.

OBSERVACIONES PRESENTADAS POR FUNDACIÓN CERROS DE LA SABANA, FECHA: 14/05/2026 - 13:40 PM

OBSERVACIÓN 1

Por medio del presente correo, remito para su conocimiento y trámite el documento mediante el cual se solicita respetuosamente la ampliación del plazo establecido para la presentación de la cotización relacionada con la consultoría orientada a la generación de conocimiento del ciclo del agua y de integridad ecológica, enfocada al

ordenamiento del territorio alrededor del agua en el páramo de Santurbán y en la zona de reserva de recursos naturales renovables de carácter temporal en su costado occidental.

La solicitud se fundamenta en la magnitud, especialidad y nivel de detalle del alcance técnico requerido, el cual exige una revisión integral de los componentes, productos, metodologías, personal mínimo, costos de campo, análisis de laboratorio, equipos especializados, logística territorial, participación comunitaria, transporte, seguros, impuestos, administración y demás costos asociados, con el fin de estructurar una cotización técnica y económicamente consistente.

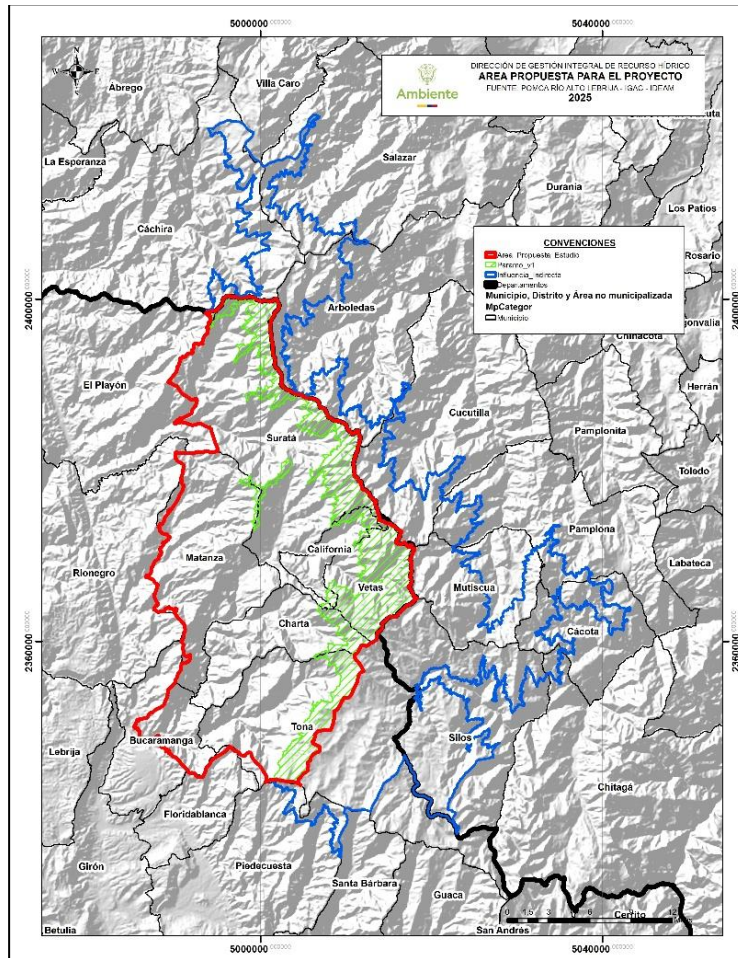
Respuesta: Se informa que el plazo para la presentación de cotizaciones será ampliado al 29 de mayo de 2026, con base en el anexo técnico publicado, momento en el cual se cerrará el plazo para que los proveedores suministren la información solicitada.

**OBSERVACIONES PRESENTADAS POR SOLUCIONES AMBIENTALES ECOAM S.A.S, Fecha: 19/05/2026
- 16:33 PM**

Observación 1

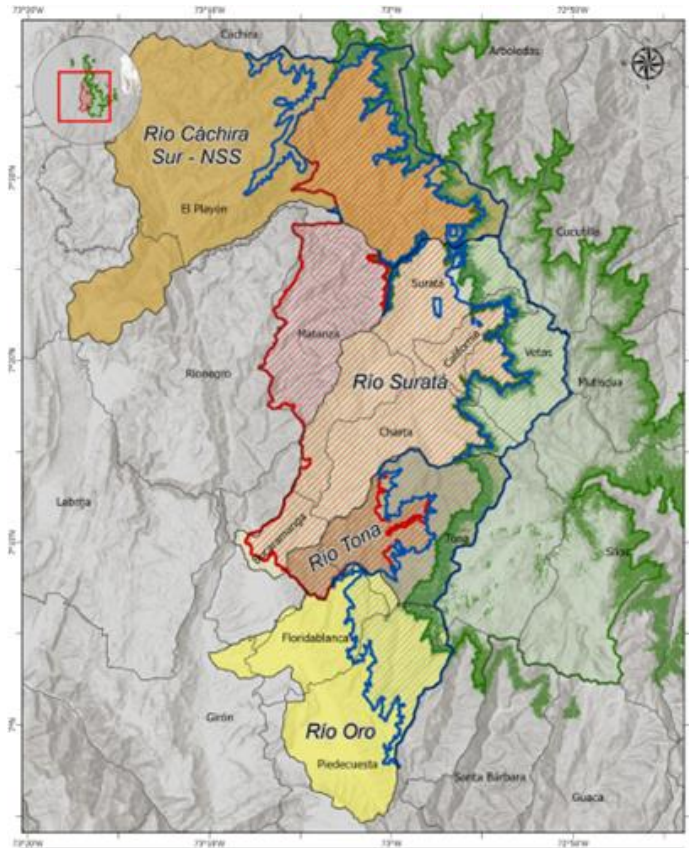
1. ¿Cuál es el área total de influencia para el desarrollo del proyecto?

Respuesta: Para los productos 2.1, 2.2, 2.3.2, 2.3.3, 2.4 se trata del área presentada en la Figura 1, que abarca 108.195,09 ha.



De otra parte, para los productos 2.5.1.; 2.5.2.; 2.5.3.; y 2.5.4; el área de estudio corresponde al área que ocupa la Zona de Reserva Temporal (misma referida para los productos 2.1, 2.2, 2.3.2, 2.3.3, 2.4), más las áreas de la franja de bosque altoandino que se encuentran fuera de dicha reserva, tal como se indica en la siguiente figura y que suman 120.417 hectáreas aproximadamente, presentada en el anexo técnico de los términos de referencia. En cuanto al producto 2.5.2., relacionado con la caracterización de la vegetación de los bosques de la franja altoandina, estos tienen como referencia la franja establecida con potencial distribución de los mismos, conforme se explica en el anexo técnico de los términos de referencia.

Figura 6._ZRT y Franja Alto andina



**Área de Estudio - ZRT y Franja Alto Andina,
 Área de Referencia Santurbán 1:25000**

Leyenda:

-  Franja Alto Andina (Recortada a Cuencas)
-  Zona de Reserva Temporal (ZRT)
-  Área de Referencia Santurbán
-  Franja de Transición Bosque - Páramo
-  Límite Municipal

Fuente:

IGAC 2025,
 Área de Referencia, IAVH 1:25.000
 Información POMCAS, MADS, 2026
 ZRT, MADS, 2025

F-A-GET-12-V1. Vigencia 20/03/2025

Fuente: MADS – 2025

Observación 2

2. ¿qué municipio o comunidades abarca el desarrollo del proyecto, existen restricciones de para el ingreso a dichas zonas?

Respuesta:

El desarrollo del proyecto involucra los municipios de Bucaramanga, California, Charta, Suratá, Tona, Vetas, Matanza, El Playón, Floridablanca y Piedecuesta. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible no tiene conocimiento de restricciones de acceso a dichos municipios. No obstante, para el desarrollo de los trabajos de campo se deberá tramitar todos los permisos, autorizaciones y demás necesarias especialmente con las administraciones municipales y demás autoridades correspondientes previo al desarrollo de las labores de campo.

Observación 3

3. ¿Cuántos puntos de agua subterránea deben inventariarse en total?

Respuesta: El número dependerá de las condiciones particulares del área, no obstante, se deberá considerar el número mínimo de salidas de campo y de profesionales que deberán participar en estas presentadas para el desarrollo de la Tarea 2 de la actividad 2.3.2 (p. 73), así como el cubrimiento espacial de toda el área de estudio.

Observación 4

4. ¿Cuántos puntos de muestreo isotópico y fisicoquímico se requieren?

Respuesta: Para el producto 2.1 se encuentra entre las páginas 59 a 61 del anexo de especificaciones técnicas. Se contemplan cuatro colectores a instalar en donde se tomarán 48 muestras mensuales de agua meteórica para análisis de ^2H y ^{18}O . En 35 puntos se tomarán muestras de agua superficial en dos campañas (temporada seca y temporada húmeda, según registros históricos del Ideam), esto es 70 muestras discriminadas en 50 muestras de agua superficial para análisis de ^2H y ^{18}O y de 20 muestras para análisis de ^2H y ^{18}O y fisicoquímicos. Se deberán tomar un duplicado, en número equivalente al 15% del total de las muestras de isotopía. Los duplicados deberán ser enviados para su análisis al Laboratorio de isótopos estables en agua líquida del SGC.

Para la actividad 2.3.2 se encuentra entre las páginas 75 y 76: Se deberán tomar 100 muestras de agua subterránea para análisis fisicoquímicos y de ^2H y ^{18}O en temporada húmeda y seca, para un total de 50 puntos. Adicionalmente se realizará la toma de 40 muestras de agua superficial o subterránea por el equipo del proyecto para el desarrollo únicamente de ^2H y ^{18}O en aquellos lugares donde se determine pertinente en acuerdo con la supervisión, con miras a fortalecer el proceso de verificación de los resultados de los análisis llevados a cabo para las zonas de recarga. Se deberán tomar un duplicado, en número equivalente al 15% del total de las muestras de isotopía. Los duplicados deberán ser enviados para su análisis al Laboratorio de isótopos estables en agua líquida del SGC.

Para el producto 2.4 se deberán desarrollar una campaña de levantamiento de información primaria en campo orientada a cubrir variables críticas para la modelación de calidad del agua y la evaluación de impactos acumulativos, que no han sido abordadas en detalle por otros componentes del proyecto (Las necesarias para la calibración y validación del modelo). Esta campaña incluirá el monitoreo de parámetros fisicoquímicos básicos —como oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), pH, temperatura, conductividad, turbidez y sólidos suspendidos— en como mínimo 46 puntos estratégicos de las microcuencas abastecedoras priorizadas. Adicionalmente, se incorporará un componente hidrobiológico, mediante la caracterización de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua también en 46 puntos estratégicos seleccionados.

Observación 5

5. ¿Qué laboratorios están autorizados o exigidos?

Respuesta: El muestreo y análisis de laboratorio para análisis fisicoquímicos deberán ser realizados por un laboratorio con acreditación vigente del Ideam para cada uno de los parámetros considerados (de conformidad con el párrafo 2 del artículo 2.2.8.9.1.5. del Decreto 1076 de 2015). En cuanto a las muestras de agua para el desarrollo de los análisis isotópicos, tras obtener las muestras de agua lluvia de los colectores (mensualmente), y superficial en las dos temporadas (seca y húmeda), estas deberán ser enviadas a laboratorios en el exterior, para su correspondiente análisis isotópico de ^2H y ^{18}O , cumpliendo con los criterios de aceptación de muestras del laboratorio

Observación 6

6. ¿La entidad suministrará información hidrogeológica previa?

Respuesta:

El Anexo establece que el consultor debe recopilar información secundaria de fuentes institucionales incluyendo el Servicio Geológico Colombiano - SGC (estudios Cañas et al. 2022, Herrera et al. 2023, SGC 2024, INGEOMINAS 2009, publicaciones disponibles en el Motor de Integración de Información Geocientífica - MIIG), Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA, Agencia Nacional de Minería - ANM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, autoridades ambientales regionales, municipios, entre otros.

Se refiere al interesado al apartado de referencias donde se encuentran los enlaces de descarga de las fuentes secundarias citadas en el documento. No obstante, cabe aclarar, que la responsabilidad de recopilar y analizar la información secundaria recae en el consultor como parte de las actividades del proyecto.

Ahora bien, el anexo de especificaciones técnicas es claro en indicar que se entregarán insumos clave como la geofísica aerotransportada de magnetometría y gamma espectrometría (p. 63) en formatos .grd y .xyz. También se entregarán avances del Servicio Geológico Colombiano (SGC) que evalúan variables para la identificación de zonas potenciales de recarga de acuíferos (litología, relieve e incidencia estructural) (p. 74) para el 63% del área de estudio. Esta información será entregada por el Fondo para la Vida y la Biodiversidad al adjudicatario al momento de iniciar las labores del proyecto.

Observación 7

7. ¿Cuántas parcelas forestales deben levantarse?

Respuesta:

Lo correspondiente a la caracterización de la vegetación se encuentra descrito con mayor precisión en el numeral 2.5.2. del anexo técnico de los términos de referencia. En este entendido, deberá realizarse la caracterización de la vegetación para cada una de las unidades hidrográficas, implementando en cada una como mínimo un sitio de muestreo, donde deberá desarrollarse la metodología de Gentry (1982), con el levantamiento de información en 10 transectos que deberán estar distribuidos en el gradiente altitudinal de la franja altoandina, abarcando 0,1 hectáreas de muestreo como mínimo por cada cuenca.

Observación 8

8. ¿Cuál es el área total de muestreo ecológico?

Respuesta:Correspondería al universo del área a muestrearse, que está representado en la franja altitudinal a ser utilizada como referencia para el estudio de la vegetación, ubicada entre el límite del área de referencia del páramo de Santurbán proporcionado por el IAvH y hasta una altitud de 2000 m s.n.m., en la cual se esperaría que, con las variaciones en la distribución de estos bosques entre localidades, por cuenta de factores climáticos y fisiográficos, se pueden encontrar los bosques de la alta montaña: bosque andino y bosque altoandino, de interés. Dicha franja puede ser identificada en el siguiente mapa como franja altoandina. Esta área corresponde al polígono azul de la figura 6 del anexo de especificaciones técnicas de los términos de referencia.

Observación 9

9. ¿Se requiere colecta botánica?

Respuesta: La necesidad de colectas botánicas esta mediada por la experticia de los profesionales que desarrollen el estudio. Sin embargo, es lo más probable que, bajo el requerimiento de la entrega de información taxonómica a nivel de especie, se deba hacer colectas amparadas en permisos de colecta para estudios ambientales por parte de la autoridad ambiental correspondiente.

Observación 10

10 ¿Cuántos profesionales estarán simultáneamente en campo?

Respuesta: Dependerá de lo definido en el plan detallado de trabajo que deberá ser entregado por el adjudicatario y que incluirá la programación de las actividades de trabajo de campo conforme las necesidades del proyecto

Observación 11

11. ¿Cuántas jornadas de socialización se estiman?

Respuesta: El anexo de especificaciones técnicas en la página 137 indica que serán cuatro (4) a desarrollarse “en cabeceras municipales y corregimientos dentro del área del proyecto, contemplando en cada una la asistencia como mínimo de 100 participantes. La selección de los lugares en los que se realizarán las jornadas de socialización será definida de común acuerdo con la supervisión, en función de las dinámicas del territorio, la localización de las jornadas de diálogo habilitantes y dónde se hayan desarrollado las actividades de campo y los demás productos del proyecto”.

Observación 12

12 ¿Quién convoca las reuniones comunitarias?

Respuesta: El anexo de especificaciones técnicas en la página 55 detalla: “Antes y durante el desarrollo de las labores de campo el contratista, realizará las coordinaciones logísticas y técnicas correspondientes con las autoridades locales y los actores institucionales estratégicos que permitan el normal desarrollo de las actividades previstas en territorio, siguiendo los canales oficiales correspondientes. La comunicación con los actores en territorio deberá seguir los canales acordados con el FPVB y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en la etapa de planeación”.

Observación 13

13. ¿Qué pólizas exigen?

Respuesta:

En relación con la observación presentada, la Entidad se permite aclarar que la presente solicitud de información corresponde actualmente a una etapa de estudio de mercado y análisis preliminar del sector, razón por la cual aún no se han definido de manera definitiva las condiciones jurídicas, financieras y técnicas que regirán un eventual proceso de selección, incluyendo las relacionadas con garantías y pólizas exigibles.

En ese sentido, los requisitos habilitantes, criterios de evaluación, así como las condiciones asociadas a las garantías contractuales y mecanismos de cobertura del riesgo, serán estructurados y definidos por la Entidad en la etapa precontractual correspondiente, atendiendo la naturaleza, alcance, cuantía y riesgos asociados al eventual contrato, de conformidad con los principios de proporcionalidad y adecuada gestión del riesgo previstos en la normativa aplicable y en los lineamientos de Colombia Compra Eficiente.

Por lo anterior, las condiciones específicas relacionadas con las pólizas y garantías que eventualmente se requieran serán informadas oportunamente en los documentos del proceso de selección que se publiquen, particularmente en el proyecto de pliego de condiciones.