Cormacarena

PM.GA.3.25.4799

Villavicencio, 31 de diciembre de 2025

NOTA INTERNA

PARA: JOANA MARCELA GUEVARA RICO
Jefe Oficina de Contratación

DE: INGRID JOHANNA SUÁREZ CANARIA
Supervisora del Contrato PS-GCT.2.7.25-1163

Asunto: Entrega ajustes segundo informe de supervisión y ejecución contractual e informe del contratista.
Contrato No. PS-GCT.2.7.25-1163

Cordial saludo,

Por medio de la presente, me permito realizar la entrega ajustes solicitados por oficina de contratación del segundo informe de supervisión y ejecución contractual (en cuanto inclusión de pólizas según acta de inicio) y del contratista del contrato citado en el asunto, del cual se realizó reimpresión para eliminar los espacios en blanco y se ajustó la página 85.

Se aclara que el informe de ejecución presentado solo es está firmado por supervisión toda vez que no se autoriza pago por lo expuesto en el informe y la fecha del mismo obedece a la fecha de entrega del informe por parte del contratista, revisión de la supervisión y revisión de la oficina de contratación de cuyas observaciones se realizaron ajustes, como se relaciona a continuación:

Actuación	Fecha
Comunicación por parte de la supervisora Ingrid Johanna Suarez Canaría al contratista por correo electrónico para que se entregue el segundo informe.	22/10/2025
Entrega segundo informe por parte del contratista en físico y medio digital CD el 28/10/2025	28/10/2025
Revisión de informe y comunicación de observaciones al contratista por correo electrónico	10/11/2025

por parte de la supervisora Ingrid Johanna Suarez Canaría (se anexa).	
Entrega de ajustes por parte del contratista a la supervisora Ingrid Johanna Suarez Canaría.	11/11/2025
Entrega de segundo informe a oficina de contratación	13/11/2025
Devolución segundo informe por parte de oficina de contratación, con los siguientes requerimientos: **1. Aspectos que hacen falta en el informe** * No se evidencia inventario completo de usuarios del recurso hídrico con georreferenciación en SIG y caracterización conforme al RURH. * Falta la validación del modelo lluvia–escorrentía con métricas de desempeño (NSE, KGE, PBIAS) y trazabilidad de parámetros. * No se adjuntan las curvas de duración de caudales que soporten las metodologías de caudal ambiental (Res. 865/2004, Q85/Q75, 7Q10/Q95%). * No se presenta la propuesta de regionalización de caudales (medios, mínimos, máximos y ambientales). * El componente social carece de actas de talleres de socialización con listas de asistencia y material divulgativo. * No se incluye la estimación de módulos de consumo por sector ni el cálculo del Índice de Uso del Agua (IUA) e índice de escasez. * No se adjunta la cartografía temática (usuarios, oferta/demanda, índices IA/IRH). **2.Observaciones técnicas** * El tratamiento de datos hidroclimáticos no especifica la densidad mínima de estaciones según IDEAM ni el control de calidad aplicado. * La caracterización hidroclimática no presenta análisis de variabilidad intra e interanual con identificación de años húmedos, secos y normales. * El balance hidroclimático de largo plazo carece de validación frente a caudales observados.	02/12/2025

Cormacarena

Entrega de ajustes del segundo informe por parte del contratista	10/12/2025
Entrega de ajustes del segundo informe a oficina de contratación	22/12/2025
Devolución segundo informe por parte oficina de contratación con los siguientes requerimientos: Aclaración del IBC con el cual fue liquidado la Seguridad Social presentada por los profesionales y técnicos. Volver a imprimir el informe por algunos espacios en blanco entre títulos. Ajustar página No. 85 por orden de los años.	27/12/2025
Entrega segundo informe ajustado en cuanto a la impresión por parte del contratista a la supervisión	30/12/2025

Atentamente,

INGRID JOHANNA SUÁREZ CANARIA
Supervisora

NOMBRES Y APELLIDOS	CARGO	FIRMA
Proyectó: Ingrid Johanna Suárez Canaria	Supervisora	

* La estimación de oferta hídrica no discrimina condiciones de año normal y seco en cada subcuenca y punto de monitoreo. * El cálculo de índices IA e IRH no está especializado ni sustentado en la metodología IDEAM. * El caudal ambiental se presenta con una sola metodología, sin el comparativo de las tres exigidas ni la matriz de decisión conjunta con la Corporación. * No se evidencia la concertación técnica con Cormacarena para la selección final de caudal ambiental. 2. Memorias de responsabilidad * El informe no adjunta memoria de responsabilidad técnica firmada por el ingeniero responsable con tarjeta profesional, metodología aplicada y declaración de conformidad normativa. * Se requiere la entrega de memorias de cálculo completas (fórmulas, parámetros, resultados intermedios, validaciones) y bases de datos tratadas con metadatos. * La ausencia de estas memorias impide dar trazabilidad y reproducibilidad a los resultados, por lo cual se considera incompleto el soporte técnico para el pago. En consecuencia, el informe de ejecución no cumple plenamente con los requisitos establecidos en el numeral 2.10.2.1 de la minuta contractual, igualmente según lo solicitado por oficina de contratación, que la seguridad social los pagos por profesional no corresponde al valor estipulado en el presupuesto oficial.	
Reunión virtual, con el ingeniero Carlos Andrés de la oficina de contratación, supervisora y equipo de consultoría para aclarar las observaciones, en dicha reunión se aclaro que todos los productos fueron presentados en el informe 2, los que se concluyó es que se debía organizar por títulos según contrato, es decir, eran aspectos de forma	03/12/2025

Cormacarena

PM.GA.3.25.4758

Villavicencio, 22 de diciembre de 2025

NOTA INTERNA

PARA: JOANA MARCELA GUEVARA RICO
Jefe Oficina de Contratación

DE: INGRID JOHANNA SUÁREZ CANARIA
Supervisora del Contrato PS-GCT.2.7.25-1163

Asunto: Entrega ajustes segundo informe de supervisión y ejecución contractual.
Contrato No. PS-GCT.2.7.25-1163

Cordial saludo,

Por medio de la presente, me permito realizar la entrega ajustes solicitados por oficina de contratación del segundo informe de supervisión y ejecución del contrato citado en el asunto.

Respecto al pago de seguridad social el contratista me informa que presentó un escrito a la oficina de contratación sobre el tema.

Atentamente,

INGRID JOHANNA SUÁREZ CANARIA
Supervisora

NOMBRES Y APELLIDOS	CARGO	FIRMA
Proyectó: Ingrid Johanna Suárez Canaria	Supervisora	

INFORME No. 02
Periodo del 14 de septiembre de 2025 al 13 de octubre de 2025

INFORMACIÓN BÁSICA DEL CONTRATO	
TIPO:	CONTRATO DE CONSULTORÍA
No.	PS-GCT.2.7.25 – 1163
OBJETO:	REALIZAR LA REGLAMENTACIÓN DEL USO DE LAS AGUAS DE CAÑO SARDINATA EN JURISDICCIÓN DEL MUNICIPIO DE LEJANÍAS Y GRANADA EN EL DEPARTAMENTO DEL META, JURISDICCIÓN DE CORMACARENA
CONTRATISTA:	CONSORCIO SARDINATA 2025
NIT O CC:	901.977.225-1

OBJETIVO: Mantener informado a la Corporación CORMACARENA, sobre el desarrollo del contrato objeto de este informe, presentar evidencias y verificar que las actividades realizadas sean ejecutadas con calidad y en los términos establecidos.

1. GENERALIDADES

CONDICIONES INICIALES			
Valor inicial:	$ 349.280.943,75		
Plazo inicial:	Cuatro (4) meses y quince (15) días		
Fecha de suscripción:	14 de agosto de 2025		
Fecha acta de inicio:	14 de agosto de 2025		
Fecha de terminación:	28 de diciembre de 2025		
Número de CDP:	1803 de 2025		
Número de RP:	2243 de 2025		
MODIFICACIONES			
a. CESIÓN			
Nombre del nuevo contratista:	N/A		
Fecha de cesión:	N/A		
b. ADICIÓN			
Valor de adición:	N/A	Valor total del contrato:	N/A
c. PRORROGA			
Tiempo de prorroga:	N/A	Plazo total de ejecución:	N/A
Nueva fecha de terminación:	N/A		
d. SUSPENSIÓN			
Fecha de suspensión:	N/A		
Fecha de reinicio:	N/A		
Nueva fecha de terminación:	N/A		
e. MODIFICATORIA (cuando aplique)			
Modificatoria No.	N/A		

2. AVANCE FÍSICO

Avance físico del periodo:	30,0%
Avance físico acumulado:	50,0%

3. AVANCE EN TIEMPO

Plazo total de ejecución:	Cuatro (04) meses y quince (15) días	Porcentaje total	100%
Tiempo de ejecución del periodo:	Un (01) Mes	Porcentaje ejecución del periodo	22,22%
Tiempo total transcurrido a la fecha de corte:	Dos (02) Meses	Porcentaje acumulado	44,44%

4. ESTADO DE EJECUCIÓN FINANCIERA

a) Se revisa los documentos necesarios para autorizar el pago.
b) El balance presupuestal del contrato se encuentra acorde a lo pactado y ejecutado.
c) No se entregó en calidad de anticipo ningún dinero al contratista por lo tanto no es necesario amortizar ningún desembolso.
d) No se adicionaron actividades al contrato, por lo tanto, no se aumentó el valor inicial del contrato
e) Resumen de cuadro de Balance Financiero:

Valor inicial del contrato:	$349.280.943,75 (IVA incluido)
Adición de recursos:	N/A
Valor ejecutado acumulado a la fecha:	$ 0,0
Porcentaje de ejecución financiera acumulada:	0,0%
Valor de ejecución del periodo:	$ 0,0 con el presente informe no se autoriza pago
Porcentaje de valor de acta del periodo:	0,0% con el presente informe no se autoriza pago
Saldo por ejecutar:	$349.280.943,75 (IVA incluido)
Porcentaje Financiero por ejecutar:	100,0%

5. GARANTÍA DEL CONTRATO

Nº. PÓLIZA Y ANEXO	COMPAÑÍA ASEGURADORA	CONCEPTO	VIGENCIA DESDE	VIGENCIA HASTA
CV-100053048	SEGUROS MUNDIAL	Cumplimiento del contrato:	14/08/2025	29/04/2026
		Salarios y prestaciones sociales:	14/08/2025	29/12/2028
		Calidad del servicio:	29/12/2025	29/12/2028
Nº. PÓLIZA Y ANEXO	COMPAÑÍA ASEGURADORA	CONCEPTO	VIGENCIA DESDE	VIGENCIA HASTA
		Responsabilidad Civil Extra del contrato.	14/08/2025	29/12/2025

Pólizas ajustadas según acta de inicio

		CONCEPTO	VIGENCIA

Nº. PÓLIZA Y ANEXO	COMPAÑÍA ASEGURADORA		DESDE	HASTA
CV-100053048	SEGUROS MUNDIAL	Cumplimiento del contrato:	14/08/2025	29/04/2026
		Salarios y prestaciones sociales:	14/08/2025	29/12/2028
		Calidad del servicio:	29/12/2025	29/12/2028
Nº. PÓLIZA Y ANEXO	COMPAÑÍA ASEGURADORA	CONCEPTO	VIGENCIA	
			DESDE	HASTA
		Responsabilidad Civil Extra del contrato.	14/08/2025	29/12/2025

6. INFORME DE EJECUCIÓN

Obligaciones del contrato	Actividades ejecutadas en el periodo
Obligaciones del contratista	
4.Presentar informes mensuales, para pago y uno final, del contrato, en medio físico y magnético para proceder al recibo parcial y final de las actividades ejecutadas. Dicho informe parcial y final, contendrá como mínimo la información contenida en las obligaciones específicas y las indicadas por la supervisión.	El contratista hace entrega en medio físico y magnético del segundo informe, correspondiente al periodo del 14 de septiembre de 2025 al 13 de octubre de 2025. Es de aclarar, que si bien el período es a corte del 13 de octubre de 2025, las observaciones realizadas corresponden al período del 14 de septiembre de 2025 al 13 octubre de 2025 y a las actividades ejecutadas por el contratista dentro de dicho período, lo anterior dentro del ejercicio de supervisión. Por otro lado, la supervisión del contrato del 25 de septiembre al 13 de octubre de 2025, estuvo a cargo de la funcionaria Diana Herrera según reasignación (*se anexa)*, teniendo en cuenta que la funcionaria Ingrid Johanna Suarez Canaría se encontraba en período de vacaciones autorizadas por Resolución No.PS-GJ 1.2.6.25.0859.
5. Acompañamiento físico de los profesionales presentados e idóneos en cada reunión y de avance de la consultoría, de acuerdo con el esquema o cronograma de reuniones, que se presentó en la oferta.	La segunda socialización (diagnóstico) del proceso de Reglamentación de Aguas del Caño Sardinata se tiene programada para el 21 de octubre de 2025, por lo tanto, se reportará en el tercer informe.
Especificaciones técnicas	
1. Localización y ubicación del cuerpo de agua objeto de reglamentación en la cuenca con respecto de la zonificación hidrográfica nacional.	Respecto a esta obligación, en el informe anterior (primero), se reportó la información de localización y ubicación del cuerpo de agua objeto de reglamentación. **% de avance de la actividad:** 100 % considerando que se desarrolló en su totalidad, en el primer periodo de ejecución del contrato.
2. Información de usuarios del recurso hídrico. La información de los usuarios que derivan del recurso hídrico sin o con autorización ambiental se levantará conforme al formato del RURH1. Los datos se organizaran de conformidad con	Respecto a esta obligación, en el informe anterior (primero), se reportó la información censo de usuarios y el RURH, con la respectiva cartografía.

Obligaciones del contrato	Actividades ejecutadas en el periodo
los requerimientos de información establecidos en el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico - RURH (Decreto 303 de 2012 y Resolución 955 de 2012)2: Organización de la información de usuarios que captan y vierten a esos cuerpos de agua, con o sin autorización ambiental, incluyendo como mínimo lo siguiente: a) Usuarios con concesión de agua, permiso de vertimientos, Plan de Cumplimiento o Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos aprobados y en trámite. b) Cantidad de agua autorizada, caudal de descarga autorizado, usos autorizados del agua concesionada y la duración de la concesión. Elaborar mapa inicial de trabajo con la ubicación georreferenciada de usuarios de caño Sardinata e incorporarlo en el SIG.	**% de avance de la actividad:** 100 % considerando que se desarrolló en su totalidad, en el primer periodo de ejecución del contrato. ESPACIO EN BLANCO
3. Información de oferta hídrica total y caudal ambiental. Se estimarán en el presente estudio a nivel de cuenca del medio y bajo Ariari, considerando las siguientes especificaciones: Cuando exista Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica-POMCA, como es el presente caso el cual fue aprobado y adoptado por Resolución No. PS-GJ 1.2.6.18.2900 del 30 de octubre 2018 para medio y bajo Ariari, formulado a partir de los lineamientos de Decreto 1076 de 2015 y la Guía técnica para la formulación de los POMCA, adaptar el componente de oferta hídrica total y disponible así:	En cumplimiento, a esta obligación se realizó la cuantificación de la oferta hídrica y del caudal ambiental del caño Sardinata, el cual fue calculados a partir de las establecidas en contrato, cuyos resultados se encuentran plasmados dentro del informe presentado por el contratista medio físico y magnético CD. Lo anterior, a través del análisis de información existente en estaciones meteorológicas cercanas, en cuanto a datos de precipitación, humedad relativa, evaporación, identificando datos anómalos en la precipitación total, precipitación máxima en 24 horas, precipitación diaria, temperatura media, humedad relativa, evaporación, brillo solar, radiación solar, dirección del viento, velocidad del viento, caudales medios mensuales, caudales medios diarios, igualmente se realizó análisis de consistencia de las mismas variables, las tendencias, aleatoriedad.

Obligaciones del contrato	Actividades ejecutadas en el periodo
"Definir Oferta hídrica total y disponible, considerando el caudal ambiental teniendo en cuenta los alcances de los literales que se definen a continuación: Para el desarrollo del presente numeral que trata la definición de la oferta hídrica se recomienda utilizar los lineamientos técnicos en la Guía de Prácticas Hidrológicas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM No. 168, 2008) y ENA 2010, sin perjuicio del análisis que realice el contratista sobre la viabilidad de la misma." a) Realizar tratamiento de datos hidroclimáticos disponibles teniendo en cuenta la Guía de Prácticas Hidrológicas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM No. 168, 2008) identificando la pertinencia de su uso en función de la calidad de los datos y longitud de la serie. La densidad mínima de estaciones a tener en cuenta es la sugerida por el IDEAM para la escala de trabajo. b) A partir de la información tratada, identificar la variabilidad climática (intra e interanual), identificando años hidrológicos de condiciones normales, húmedas y secas. Realizar la caracterización espacio temporal de la precipitación, temperatura, humedad relativa, evaporación, brillo y radiación solar, velocidad, dirección del viento y otras	Se realizó el cálculo de Evapotranspiración Potencial (ETP), cálculo de Evapotranspiración Real (EVR) e índice de aridez. Para el análisis hidrológico se calcularon las curvas de Intensidad- Duración- Frecuencia (IDF), la calibración y validación de caudales a través del modelo lluvia escorrentía. Las metodologías utilizadas para el cálculo del caudal ambiental fueron las siguientes: • Metodología 1: Caudal ecológico • Metodología 2: Caudal ambiental asociado al IRH • Metodología 3: Caudal ambiental a partir de los índices 7Q10 y Q95%. **% de avance de la actividad:** 100 % considerando que se desarrolló en su totalidad, en el segundo periodo de ejecución.

Obligaciones del contrato	Actividades ejecutadas en el periodo
variables estratégicas para abordar el análisis hidroclimático del proyecto. c) Estimar balance hidroclimático de largo plazo (caudal climatológico) realizando validación en función de la información disponible de caudales observados. d) Establecimiento del modelo lluvia-escorrentía, sus parámetros, la información requerida, metodología, estrategia de calibración y validación en función de la información disponible, además de los criterios de aceptabilidad del modelo. En caso de cuencas no aforadas o con Información no suficiente (series menores de 20 años), el marco de modelación debe ser de tipo regional. e) Generar series de caudales medios diarios para el cuerpo de agua objeto de reglamentación y cada subcuenca y punto de monitoreo, para ello utilizar el modelo lluvia escorrentía calibrado y validado. f) Estimar la oferta hídrica a nivel de cuenca del cuerpo de agua objeto de reglamentación, subcuencas y puntos de monitoreo para condiciones de año hidrológico normal y seco. g) Estimar el índice de aridez (IA) y el índice de retención y regulación hídrica (IRH) a nivel de cuenca y subcuencas y puntos de monitoreo dentro de los mismos, de acuerdo con la propuesta metodológica del IDEAM para la escala de trabajo respecto a su	ESPACIO EN BLANCO

Obligaciones del contrato	Actividades ejecutadas en el periodo
estimación y especialización. h) Estimar el caudal ambiental a nivel de cuenca, subcuenca (tributarios principales) y puntos de monitoreo dentro de los mismos, considerando las siguientes metodologías: (...)	ESPACIO EN BLANCO
4. Información de demanda hídrica. La demanda actual del recurso hídrico se estimará en el presente estudio a nivel caño Sardinata, considerando: Considerando que existe Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica para medio y bajo Ariari adaptar el componente de demanda actual teniendo en cuenta los alcances de los literales que se definen a continuación: a) Determinar la demanda actual del recurso hídrico a nivel de cuenca y subcuenca (tributarios directos a la fuente principal) y puntos de monitoreo a partir de la información consolidada en los pasos 4 y 5, para los usos socioeconómicos	De esta obligación en el segundo período no se tiene avance.

Obligaciones del contrato	Actividades ejecutadas en el periodo
extractivos: actividades relacionadas en el Decreto 1076 de 2015 de acuerdo con la propuesta metodológica del IDEAM para la escala de trabajo y presentar el respectivo mapa por demanda sectorial y el de demanda total. b) Estimar índice de Uso del Agua (IUA) actual e índice de escasez a nivel de cuenca y subcuencas de los ríos tributarios y puntos de monitoreo dentro de los mismos, de acuerdo con la propuesta metodológica del IDEAM para escala de trabajo respecto a su estimación y especialización.	
5. De la incidencia ambiental del uso actual y proyectado del agua. - Información del uso del agua será obtenida en los censos de usuarios que se adelantarán en el presente estudio considerando: Revisar, organizar y clasificar los resultados de información sobre los cuerpos de agua objeto de reglamentación y sus tributarios principales con respecto: a) Instrumentos de planificación, de administración, de evaluación y seguimiento del recurso hídrico (POMCA, PMA de acuíferos). b) Los programas de monitoreo del recurso hídrico (calidad y cantidad) del agua que existan, c) Censos de usuarios, d) Registro de Usuarios del Recurso Hídrico - RURH. e) El Inventario de obras hidráulicas, f) Información de oferta hídrica, g) Información de demanda hídrica, h) Información de calidad del agua. De igual forma, si existe registro de eventos de riesgo relacionados	De esta obligación en el segundo período no se tiene avance.

Obligaciones del contrato	Actividades ejecutadas en el periodo
con el recurso hídrico, entre otros, se debe reportar información relativa al desabastecimiento de agua, la contaminación y los eventos hidrometereológicos extremos (máximos y mínimos). - Identificar los usos existentes del recurso hídrico superficial y obras hidráulicas en el cuerpo de agua, a partir de lo desarrollado en el numeral anterior, identificar los usos existentes del recurso hídrico superficial, considerando la información de usos del suelo y ubicación de obras hidráulicas; y su respectiva localización en el mapa inicial de trabajo, a partir de: a) El mapa de cobertura y uso del suelo a escala 1:25.000, si existe , b) Fotografías aéreas y/o imágenes de sensores remotos, c) Diagnóstico y zonificación ambiental del POMCA, si existe d) Los planes de ordenamiento territorial indicando la escala a la que está la información extraída de cada uno . e) Identificación preliminar de conflictos, a través de mesas de trabajo con el equipo de la AAC conocedor de la zona.	De esta obligación en el segundo período no se tiene avance.
6.Estimación de módulos de Consumo. La estimación de los módulos de consumo se determinará a partir de la información disponible en la Corporación y se podrá considerar bibliografía relacionada y experiencias adelantas por otras Autoridades Ambientales, teniendo en cuenta las condiciones similares en climatología, morfología y geología con las subcuencas objeto del presente estudio. Para la presentación de esta propuesta, se	De esta obligación en el segundo período no se tiene avance, por el tiempo trascurrido del período.

Obligaciones del contrato	Actividades ejecutadas en el periodo
tendrá en cuenta la información registrada en el inventario de usuarios del recurso hídrico que se adelantará en el presente estudio, tal como se mencionó en el numeral 2 (Localización y ubicación cuerpo de agua objeto de reglamentación de aprovechamiento de aguas), que se trata en el alcance para adelantar la presente reglamentación. Las unidades se trabajarán en: Litros - Hab/ día, litros - animal /día; litros - Ha/día entre otros.	
7. Componente Social Para el desarrollo de proceso de reglamentación se realizará el componente social y para ello adelantará una estrategia de participación social que abarque el desarrollo de los talleres para la presentación y socialización del proceso y de sus resultados ante las comunidades. Bajo este esquema se expone los seguimientos lineamientos. El proceso de reglamentación es un proceso que debe conducir a que la autoridad ambiental dé a conocer la importancia del instrumento de administración y sus implicaciones en relación con el uso, demanda y calidad de la corriente superficial en reglamentación. El alcance de la participación en el marco de este instrumento está dado por la posibilidad que tendrán quienes intervienen de manera directa en las afectaciones positivas o negativas, de conocer los resultados de acuerdo los análisis realizados en la construcción del proceso, y aportar su conocimiento sobre las situaciones problemáticas y conflictivas, así como en el planteamiento de alternativas	En cumplimiento de la actividad relacionada con el componente social, el contratista avanzó en la realización de la convocatoria del Taller No. 2 (socialización del diagnóstico), en el cual se pretende socializar el análisis de información, oferta, caudal ambiental, usuarios identificados, el cual se llevará a cabo el 21 de octubre de 2025 en el municipio de Lejanías- Meta, con la participación de los actores y usuarios del recurso hídrico y de la supervisora del contrato en representación de Cormacarena. De acuerdo con lo anterior, se ha realizado un taller de tres previstos.

Obligaciones del contrato	Actividades ejecutadas en el periodo
orientadas al manejo responsable del caudal otorgado mediante las obligaciones impuestas en las resoluciones de concesión. Para ello se tendrán en cuenta como mínimo las actividades para el diseño y desarrollo del proceso de participación en el proceso de reglamentación que se llevará en dos momentos del proceso, uno en la etapa de presentación y socialización y el otro en la etapa de presentación de resultados, así: - Diseño y estrategia de participación de los actores en el proceso de reglamentación. - Desarrollo de 3 talleres principales/ mesas de trabajo: • De socialización del alcance, actividades a desarrollar, tiempo de desarrollo e implicaciones del instrumento de administración y control. • Socialización de diagnóstico e identificación de usuarios. • Puesta en conocimiento de los resultados (reunión de socialización) con los actores en el marco del proceso de reglamentación. Nota: Es de aclarar que en caso de que se requieran reuniones o mesas de trabajo adicionales solicitadas por la comunidad, deberán ser adelantas y asumidas por el contratista. - Puesta en conocimiento del formulario de solicitud de concesión	

Obligaciones del contrato	Actividades ejecutadas en el periodo
de agua, su contenido y los respectivos requisitos y soportes para la obtención del respectivo permiso. (Libro 2, Parte 2, Titulo 3, Capítulo 2, Sección 5 "De los modos de adquirir derecho al uso de las aguas y sus cauces", articulo 2.2.3.2.5.1 del Decreto 1076 de 2015). - Puesta en conocimiento de los mecanismos a través de los cuáles los actores podrán conocer los avances del proceso, resultados y hacer aportes. En este espacio se podrá invitar a los usuarios a que diligencien en formato de solicitud de concesión de agua y presentar los requisitos a la autoridad ambiental y fijar fechas límites de entrega de formularios e indicar el sitio de radicación. La estrategia debe ser el resultado de un análisis de los usuarios de caño Sardinata. Se sugiere tomar como punto de partida en la identificación, las siguientes fuentes: • Resultado de análisis de reclamaciones y quejas • Consulta a las oficinas de planeación, medio ambiente, desarrollo agropecuario o quien haga sus veces en las administraciones municipales, de conflictos más representativos asociados al uso del agua. • Entrevistas con los usuarios de caño Sardinata. Se sugiere que la estrategia contemple mecanismos de difusión	

Obligaciones del contrato	Actividades ejecutadas en el periodo
permanente de avances del proceso de administración y control, así como los mecanismos de relacionamiento, diálogo y comunicación empática para el proceso de captura de información faltante (protocolo de la visita, mensajes a posicionar, tono de la comunicación, manejo del rechazo, entre otros). Se realizarán talleres para la presentación y socialización del proyecto y de sus resultados ante las comunidades y su convocatoria utilizará recursos logísticos como afiches, avisos y cuñas radiales, a cargo del contratista.	
8. Etapa de Resultados - Realizar la presentación de los resultados al equipo Directivo y técnico de la Corporación.	De esta obligación en el segundo período no se tiene avance, toda vez que se encuentra en análisis la oferta y demanda del recurso hídrico.
- Elaborar propuesta de providencia de reglamentación y se denominará "*Reglamentación del uso de las aguas caño Sardinata departamento del Meta- jurisdicción de Cormacarena*". Este proyecto se pondrá a discusión con la Corporación. Una vez aprobada por la Corporación, deberá ser firmada por el (la) Director General y publicada por la Corporación.	
- Elaborar la cartografía a escala 1:25.000 en lo posible, de usuarios objeto de la reglamentación a partir de la información recolectada y/o generada.	
- Realizar el informe del proceso adelantado, resultados y experiencia adquirida en el desarrollo de las actividades de la consultoría.	

Obligaciones del contrato	Actividades ejecutadas en el periodo
9. Propuesta de actos administrativos y de soporte complementarios. a. Actos administrativos y documentos soporte y complementarios: 1. Avisos de publicación del proyecto de distribución de aguas. 2. Resolución que reglamenta el uso de las aguas a cargo del contratista. b. Conceptos técnicos y/o jurídicos de: 1. De adopción de módulos de consumo, (estará sujeto a la decisión por parte de la Corporación su conveniencia de adopción). 2. Del proyecto de distribución de caudales.	De esta obligación en el segundo período no se tiene avance, por el tiempo trascurrido del período.
CONCEPTO SUPERVISOR y/o INTERVENTOR:	El contrato avanza de acuerdo a lo pactado, el contratista hizo entrega del segundo informe de actividades en medio físico y CD.
ACTIVIDADES PENDIENTES POR EJECUTAR:	Se encuentran pendientes 4 actividades, considerando el tiempo trascurrido del segundo período del contrato, las cuales corresponden a: información de demanda hídrica de la incidencia ambiental y uso actual y proyectado del agua, identificar los usos existentes, estimación de módulos de consumo, elaborar el proyecto de distribución de las aguas, desarrollo de dos talleres, etapa de resultados, las cuales se cumplen según avance del contrato. Y la ejecución de dos talleres: socialización de diagnóstico y socialización de resultados.

<table>
<tr><th>Obligaciones del contrato</th><th>Actividades ejecutadas en el periodo</th></tr>
<tr><td>COMPONENTE LOGÍSTICO (PERSONAL, MAQUINARIA Y EQUIPO DEL CONTRATISTA):</td><td>Para el desarrollo del contrato el contratista CONSORCIO SARDINATA 2025 cuenta con sus propios computadores portátiles, oficina en la ciudad de Villavicencio – Meta y el siguiente equipo de trabajo:
<table>
<tr><th>Cargo</th><th>Profesión</th><th>Nombre</th></tr>
<tr><td>Coordinador</td><td>Ingeniero Químico</td><td>Carlos Augusto Sierra Ríos</td></tr>
<tr><td>Apoyo legal</td><td>Abogado</td><td>Marco Osmar León Méndez</td></tr>
<tr><td>Especialista SIG</td><td>Ingeniero Ambiental y Sanitario</td><td>Carlos Jamie Orozco Gutiérrez</td></tr>
<tr><td>Especialista en Hidrología</td><td>Ingeniero Civil</td><td>Héctor Hugo Herrera Torres</td></tr>
<tr><td>Prof. En demanda y módulos, información de campo, revisión de concesiones y elaboración de documentos técnicos</td><td>Ingeniero Civil</td><td>Mateo Agudelo Varela</td></tr>
<tr><td>Especialista en trabajo Comunitario</td><td>Psicólogo</td><td>Libardo Antonio Trujillo Buelvas</td></tr>
<tr><td>Técnico 1</td><td>Ingeniera Ambiental</td><td>María Alexandra Prado Álvarez</td></tr>
<tr><td>Técnico 2</td><td>Ingeniero Agroecológico</td><td>Kenny Andrey Zapata Ramírez</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>OBSERVACIONES:</td><td>Mediante el radicado No. E-27233 del 07 de octubre de 2025 (se anexa), el Consorcio Sardinata 2025 solicita a Cormacarena y a la supervisión el cambio de representante legal.

La fecha del presente informe obedece a la fecha de entrega del informe por parte del contratista según ajustes solicitados por oficina de contratación y la revisión realizada por la funcionaria Ingrid Johanna Suárez Canaria como se relaciona a continuación:
<table>
<tr><th>Actuación</th></tr>
<tr><td>Comunicación por parte de la supervisora Ingrid Johanna Suarez Canaría al contratista por correo electrónico para que se entregue el segundo informe el 22/10/2025</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

Obligaciones del contrato	Actividades ejecutadas en el periodo
	Entrega segundo informe por parte del contratista en físico y medio digital CD el 28/10/2025
	Revisión de informe y comunicación de observaciones al contratista por correo electrónico por parte de la supervisora Ingrid Johanna Suarez Canaría (*se anexa*).
	Entrega de ajustes por parte del contratista a la supervisora Ingrid Johanna Suarez Canaría.
	Entrega de segundo informe a oficina de contratación
	Devolución segundo informe por parte de oficina de contratación, con los siguientes requerimientos: **1. Aspectos que hacen falta en el informe** * No se evidencia inventario completo de usuarios del recurso hídrico con georreferenciación en SIG y caracterización conforme al RURH. * Falta la validación del modelo lluvia–escorrentía con métricas de desempeño (NSE, KGE, PBIAS) y trazabilidad de parámetros. * No se adjuntan las curvas de duración de caudales que soporten las metodologías de caudal ambiental (Res. 865/2004, Q85/Q75, 7Q10/Q95%). * No se presenta la propuesta de regionalización de caudales (medios, mínimos, máximos y ambientales). * El componente social carece de actas de talleres de socialización con listas de asistencia y material divulgativo. * No se incluye la estimación de módulos de consumo por sector ni el cálculo del Índice de Uso del Agua (IUA) e índice de escasez. * No se adjunta la cartografía temática (usuarios, oferta/demanda, índices IA/IRH). **2.Observaciones técnicas** * El tratamiento de datos hidroclimáticos no especifica la densidad mínima de estaciones según IDEAM ni el control de calidad aplicado. * La caracterización hidroclimática no presenta análisis de variabilidad intra e interanual con identificación de años húmedos, secos y normales. * El balance hidroclimático de largo plazo carece de validación frente a caudales observados. * La estimación de oferta hídrica no discrimina condiciones de año normal y seco en cada subcuenca y punto de monitoreo. * El cálculo de índices IA e IRH no está especializado ni sustentado en la metodología IDEAM. * El caudal ambiental se presenta con una sola metodología, sin el comparativo de las tres exigidas ni la matriz de decisión conjunta con la Corporación. * No se evidencia la concertación técnica con Cormacarena para la selección final de caudal

Obligaciones del contrato	Actividades ejecutadas en el periodo
	ambiental. 2. Memorias de responsabilidad * El informe no adjunta memoria de responsabilidad técnica firmada por el ingeniero responsable con tarjeta profesional, metodología aplicada y declaración de conformidad normativa. * Se requiere la entrega de memorias de cálculo completas (fórmulas, parámetros, resultados intermedios, validaciones) y bases de datos tratadas con metadatos. * La ausencia de estas memorias impide dar trazabilidad y reproducibilidad a los resultados, por lo cual se considera incompleto el soporte técnico para el pago. En consecuencia, el informe de ejecución no cumple plenamente con los requisitos establecidos en el numeral 2.10.2.1 de la minuta contractual, igualmente según lo solicitado por oficina de contratación, que la seguridad social los pagos por profesional no corresponde al valor estipulado en el presupuesto oficial.
	Reunión virtual, con el ingeniero Carlos Andrés de la oficina de contratación, supervisora y equipo de consultoría para aclarar las observaciones, en dicha reunión se aclaró que todos los productos fueron presentados en el informe 2, los que se concluyó es que se debía organizar por títulos según contrato, es decir, eran aspectos de forma
	Entrega de ajustes del segundo informe por parte del contratista
	Entrega de ajustes del segundo informe a oficina de contratación
	Devolución segundo informe por parte oficina de contratación con los siguientes requerimientos: Aclaración del IBC con el cual fue liquidado la Seguridad Social presentada por los profesionales y técnicos. Volver a imprimir el informe por algunos espacios en blanco entre títulos. Ajustar página No. 85 por orden de los años.
	Entrega segundo informe ajustado en cuanto a la impresión por parte del contratista a la supervisión sin el ajuste a los pagos de seguridad social
	Con el presente informe se tiene un avance del período del 30% y un avance de ejecución acumulado del 50%.

Obligaciones del contrato	Actividades ejecutadas en el periodo
	El porcentaje físico y avance en tiempo, obedece al avance en la ejecución de actividades, se aclara, que los cobros, no son mensuales sino por productos. Se hace entrega de la certificación paz y salvo seguridad social y parafiscales del consorcio Sardinata 2025 integrado por DURINCO SAS e IDL INGENIERIA LUIS F CASTRO SAS. En cuanto a la labor de la supervisión de verificación del expediente del contrato, la actualización de la carpeta y el cumplimiento de las normas en materia de archivo, se deja constancia que esta se encuentra bajo la custodia de la Oficina de Contratación de la entidad quien se encarga del archivo respectivo. La supervisión del 25 de septiembre al 13 de octubre de 2025, estuvo a cargo de la funcionaria Diana Marcela Herrera Peña (*se anexa reasignación)*, considerando que la funcionaria Ingrid Johanna Suárez Canaría se encontraba en período de vacaciones autorizadas por Resolución No. No.PS-GJ 1.2.6.25.0859 del 03 de septiembre de 2025. Es de aclarar y aunque no se llevó a cabo dentro del período del presente informe, que Cormacarena autorizo el cambio de representante legal del Consorcio Sardinata 2025 el día 24 de octubre de 2025, razón por la cual, el informe y demás documentos anexos se encuentran firmados por Erica Janitza Sánchez Ruíz.
RECOMENDACIONES:	Se requiere nuevamente al contratista para que haga entrega de los informes dentro de los cinco (5) días siguientes a la fecha de vencimiento de cada período, toda vez que el segundo informe fue presentado siete (7) días después el 28/10/2025.

7. SEGURIDAD SOCIAL

MES SEPTIEMBRE DE 2025	
IBC DEL VALOR DEL CONTRATO	Es por cada profesional y técnico del equipo de trabajo y se relaciona en la siguiente tabla.
SALUD	Se relaciona por cada profesional y técnico del equipo de trabajo y se relaciona en la siguiente tabla.

PENSIÓN	Se relaciona por cada profesional y técnico del equipo de trabajo y se relaciona en la siguiente tabla
RIESGOS PROFESIONALES (ARL)	Se relaciona por cada profesional y técnico del equipo de trabajo y se relaciona en la siguiente tabla
No. DE PLANILLA CONSORCIO	9493509978

MES OCTUBRE DE 2025	
IBC DEL VALOR DEL CONTRATO	Es por cada profesional y técnico del equipo de trabajo y se relaciona en la siguiente tabla.
SALUD	Se relaciona por cada profesional y técnico del equipo de trabajo y se relaciona en la siguiente tabla.
PENSIÓN	Se relaciona por cada profesional y técnico del equipo de trabajo y se relaciona en la siguiente tabla
RIESGOS PROFESIONALES (ARL)	Se relaciona por cada profesional y técnico del equipo de trabajo y se relaciona en la siguiente tabla
No. DE PLANILLA CONSORCIO	9495207416

Considerando que es una consultoría en la que participan varios profesionales y técnicos, se presenta a continuación la relación de los pagos realizados de los meses de septiembre y octubre de 2025, según fecha de inicio:

Septiembre de 2025:

PROFESIONAL	TIEMPO EN MESES	PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN	IBC DEL CONTRATO	SALUD	PENSIÓN	ARL
CARLOS AUGUSTO SIERRA RIOS	4,5	80%	$4,197,437	Pagado $ 524,700	Pagado $ 671,600	Pagado $43,900
LIBARDO ANTONIO TRUJILLO BUELVAS	4,5	70%	$2,235,494	Pagado $ 279,500	Pagado $357,700	Pagado $23,400

MARCO OSMAR LEON MENDEZ	4,0	60%	$2,218,726	Pagado $ 277,400	Pagado $ 355,000	Pagado $23,200
HECTOR HUGO HERRERA TORRES	3,5	70%	$2,075,765	Pagado $259,500	Pagado $332,200	Pagado $21,700
CARLOS JAIME OROZCO GUTIERREZ	3,5	60%	$1,779,227	Pagado $222,500	Pagado $284,700	Pagado $18,600
MATEO AGUDELO VARELA	3,5	60%	$1,568,965	Pagado $196,120	Pagado $251,034	Pagado $16,400
MARÍA ALEXANDRA PARDO ÁLVAREZ	3,5	70%	$1,253,328	Pagado $178,000	Pagado $227,800	Pagado $14,900
KENNY ANDREY ZAPATA RAMIREZ	3,5	70%	$1,253,328	Pagado $178,000	Pagado $227,800	Pagado $14,900

Octubre de 2025:

PROFESIONAL	TIEMPO EN MESES	PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN	IBC DEL CONTRATO	SALUD	PENSIÓN	ARL
CARLOS AUGUSTO SIERRA RIOS	4,5	80%	$4,197,437	Pagado $ 524,700	Pagado $ 671,600	Pagado $43,900
LIBARDO ANTONIO TRUJILLO BUELVAS	4,5	70%	$2,235,494	Pagado $ 279,500	Pagado $357,700	Pagado $23,400

MARCO OSMAR LEON MENDEZ	4,0	60%	$2,218,726	Pagado $ 277,400	Pagado $ 355,000	Pagado $23,200
HECTOR HUGO HERRERA TORRES	3,5	70%	$2,075,765	Pagado $259,500	Pagado $332,200	Pagado $21,700
CARLOS JAIME OROZCO GUTIERREZ	3,5	60%	$1,779,227	Pagado $222,500	Pagado $284,700	Pagado $18,600
MATEO AGUDELO VARELA	3,5	60%	$1,568,965	Pagado $196,120	Pagado $251,034	Pagado $16,400
MARÍA ALEXANDRA PARDO ÁLVAREZ	3,5	70%	$1,253,328	Pagado $178,000	Pagado $227,800	Pagado $14,900
KENNY ANDREY ZAPATA RAMIREZ	3,5	70%	$1,253,328	Pagado $178,000	Pagado $227,800	Pagado $14,900

8. LABORES DE SUPERVISIÓN

SUPERVISIÓN TÉCNICA

a) Se verifico que el contratista prestara los servicios en las condiciones pactadas.
b) El supervisor ni El contratista solicitaron el ajuste o cambio de alguna condición técnica de alguna actividad y tampoco la modificación del contrato.
c) No se hace necesario hacer efectivas las garantías del contrato puesto que el contratista cumplió el objeto y las actividades pactadas.
d) Certifica que el contratista cumplió dentro del plazo, el objeto pactado.
e) No se presentaron suspensiones al contrato.
f) No se presentaron sanciones, ni multas al contratista
g) No hubo solicitud de ninguna de las partes que implicara un procedimiento jurídico en contra de alguna de ellas.

SUPERVISIÓN ADMINISTRATIVA

a) Se verifico que el expediente del contrato que estuviera completo con todos sus documentos de la etapa precontractual y contractual, actualizados y que la carpeta cumple las normas en materia de archivo.
b) Se verifico que el contrato estuviera publicado en el –SECOP II.
c) Se Verifico el cumplimiento de las obligaciones del contratista en materia de seguridad social, de acuerdo con la naturaleza del contrato y a la persona Natural, por lo tanto, Certifico que verifiqué el cumplimiento del pago de aportes a la seguridad social (salud, pensión y ARL) correspondiente.

9. ANEXOS

- Soporte de acreditación del pago seguridad social del mes de septiembre y octubre de 2025 del equipo de trabajo relacionado en el numeral 7 del presente informe. - Informe No. 2 del contratista en medio físico en 90 folios y digital CD. - Demás anexos citados en el informe.

El presente informe se rinde el día treinta (30) de diciembre de 2025.

INGRID JOHANNA SUAREZ CANARIA
Profesional Especializado 2028-13
Supervisora
Del período 14 de septiembre al 24 de septiembre de 2025

DIANA MARCELA HERRERA PEÑA
Profesional Universitario 2044-10
Supervisora
Del período 25 de septiembre al 13 de octubre de 2025

Cormacarena	Código: F-GCT-34
	Versión: 02
COMUNICACIÓN DE REASIGNACIÓN DE SUPERVISIÓN.	Fecha: 25/Nov/2024

Villavicencio, 25 de septiembre de 2025

INGENIERA
DIANA MARCELA HERERRA PEÑA
GRUPO AGUA
CORMACARENA

Referencia: PS-GCT.2.7.25-1163
CONTRATISTA: **CONSORCIO SARDINATA 2025.**

OBJETO: "REALIZAR LA REGLAMENTACION DEL USO DE LAS AGUAS DE CAÑO SARDINATA EN JURISDICCION DEL MUNICIPIO DE LEJANIAS Y GRANADA EN EL DEPARTAMENTO DEL META, JURISDICCION DE CORMACARENA".

En forma atenta se COMUNICA la reasignación de la supervisión del ***CONTRATO DE CONSULTORÍA***, citado en la referencia, a la dependencia(s) que se encuentra a su cargo, precisando que las competencias como supervisor(a), están consignadas en el Manual de Contratación, Supervisión e interventoría de la Corporación, y las demás normas que regulan la contratación estatal.

OBLIGACIONES DEL SUPERVISOR: 1. Vigilar la correcta e idónea ejecución del contrato que llegara a suscribirse. **2.** Proteger y hacer respetar del CONTRATISTA, los derechos de la Corporación. **3.** Verificar y certificar el cumplimiento del contrato a satisfacción de la Corporación. **4.** Adelantar revisiones periódicas del desarrollo del contrato con el fin de verificar que se cumplan con las condiciones ofrecidas por el CONTRATISTA. **5.** Realizar y suscribir actas de inicio, suspensión, reinicio, recibo y liquidación del contrato y todas aquellas necesarias para el cumplimiento del objeto contractual. **6.** Presentar informe de ejecución y entrega de productos para efectos de cada pago. **7.** En cumplimiento a lo establecido por el Artículo 23 de la Ley 1150 de 2007, verificar que el contratista se encuentre al día en el pago de aportes parafiscales relativos al sistema de seguridad social integral, así como los propios de SENA, ICBF y Cajas de Compensación Familiar, cuando corresponda. **8.** Una vez vencido el plazo de ejecución del contrato o en los casos en que se presente la terminación anticipada del contrato por mutuo acuerdo, debe remitir a los órganos de asesoría y coordinación el consolidado correspondiente a los productos entregados por el contratista durante el plazo de ejecución del contrato plenamente identificados. **9.** Proyectar la liquidación del contrato. **10.** Las demás funciones que por la índole y naturaleza del encargo le sean propias. **11.** Verificar que las pólizas de encuentren vigentes hasta la liquidación del contrato.

Parágrafo: Se le recuerda que deberá verificar, velar y dejar constancia escrita del cumplimiento y cualquier alteración de las condiciones del proyecto, hacer los respectivos

registros y anotaciones del seguimiento al mismo, velar que el contratista cumpla con las obligaciones estipuladas en los aportes de Salud, Pensión y Riesgos Laborales y Parafiscales cuando ello aplique.

El supervisor responderá por los hechos y omisiones que le fueren imputables en los términos previstos en la ley 1474 de 2011, Manual de Contratación, Supervisión e Interventoría de la Entidad y demás normas complementarías sobre la materia, así mismo se le informa que en la minuta contractual, se encuentran plasmadas ciertas actividades que deberá realizar como consecuencia de la designación, de la misma manera que todas las actas suscritas por usted como consecuencia de la ejecución del contrato, deben ser entregadas a la Oficina de Contratación, con el ánimo de que hagan parte del expediente contractual y deberá efectuar su correspondiente publicación si a ello hay lugar, en un término no superior a tres (03) días, contados a partir de su elaboración, toda vez que el legislador ha previsto un plazo perentorio para la divulgación de documentos, en virtud de ello el no darle aplicabilidad a lo establecido en el Decreto 1082 de 2015 dará lugar a acciones disciplinarias en su contra.

EN FORMA ATENTA SE COMUNICA la reasignación de la supervisión del contrato citado en la referencia, a la dependencia(s) que se encuentra a su cargo, en el entendido que el supervisor a cargo, estará en periodo de vacaciones, desde el 25 de septiembre, hasta el 16 de octubre de 2025, según lo indica la resolución PS-GJ.1.2.6.25-0859 del 03 de septiembre de 2025, Y precisando que las competencias como supervisor(a), están consignadas en el manual de contratación e interventoría de la Corporación, y las demás normas que regulan la contratación estatal.

Atentamente,

JOANA MARCELA GUEVARA RICO
Jefe Oficina de Contratación.

NOMBRE		CARGO	FIRMA
Proyectó:	Jenny Paola Rodríguez	CPS Oficina de Contratación	Jennyr

Cormacarena

Ingrid Johana Suarez Canaria <ingrid.suarez@cormacarena.gov.co>

Solicitud segundo informe contrato No. 2.7.25.1163

1 mensaje

Ingrid Johana Suarez Canaria <ingrid.suarez@cormacarena.gov.co>
Para: CONSORCIO SARDINATA 2025 <consorciosardinata2025@gmail.com>

22 de octubre de 2025 a las 17:27

Cordial saludo
Ingeniero
Jhonatan Tiarrave
Erika Jantza Sanchez
CONSORCIO SARDINATA 2025

Por medio del presente me permito solicitar la entrega del segundo informe de avance, el cual debió presentarse el 21 de octubre de 2025.

Atentamente

Ingrid Johanna Suarez Canaria
Ingeniera Sanitaria y Ambiental
Profesional Especializado Grupo Agua
SGA
ingrid.suarez@cormacarena.gov.co
Tel.: (+57) 6739400 Ext.:
Carrera 44 C No. 33B-34 Barrio Barzal
Villavicencio (Meta) - Colombia
http://www.cormacarena.gov.co

Cormacarena

CONSORCIO
SARDINATA
2025

Villavicencio, 10 de diciembre de 2025

Señores
CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL ÁREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA "CORMACARENA".
Atn: INGRID SUAREZ CANARIA
Villavicencio – Meta

Referencia: Contrato PS-GCT.2.7.25-1163 cuyo objeto es REGLAMENTACIÓN DEL USO DE LAS AGUAS DE CAÑO SARDINATA EN JURISDICCIÓN DEL MUNICIPIO DE LEJANÍAS Y GRANADA EN EL DEPARTAMENTO DEL META, JURISDICCIÓN DE CORMACARENA

Asunto: Entrega ajustes segundo informe de avance – Contrato No. PS-GCT.2.7.25-1163 del 14 de septiembre de 2025 al 13 de octubre de 2025.

Cordial Saludo,

Por medio de la presente, me permito informar que, en atención a lo dispuesto en el oficio del asunto y en cumplimiento a los requerimientos recibidos el día 02 de diciembre de 2025 mediante correo electrónico, se realiza la entrega de los ajustes del segundo informe mensual de avance correspondiente a la ejecución del contrato No. PS-GCT.2.7.25-1163 que corresponde al periodo comprendido del 14 de septiembre de 2025 al 13 de octubre de 2025.

Agradezco la atención prestada y quedo atenta a cualquier observación o requerimiento adicional relacionado con la presente entrega.

Cordialmente,

ERICA JANITZA SANCHEZ RUIZ
C.C. 1.121.894.693 de Villavicencio
Representante Legal
CONSORCIO SARDINATA 2025
NIT: 901.977.225-1

Cormacarena Recida
Fecha: 07 OCT 25
Radicado: E-27233

CONSORCIO
SARDINATA
2025

Villavicencio, 07 de octubre de 2025

Señores
CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL ÁREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA "CORMACARENA".
Atn: Área Jurídica
Villavicencio – Meta

Referencia: Contrato PS-GCT.2.7.25-1163 cuyo objeto es REGLAMENTACIÓN DEL USO DE LAS AGUAS DE CAÑO SARDINATA EN JURISDICCIÓN DEL MUNICIPIO DE LEJANÍAS Y GRANADA EN EL DEPARTAMENTO DEL META, JURISDICCIÓN DE CORMACARENA

Asunto: Cambio de representante legal

Cordial Saludo,

Por medio de la presente, me dirijo a ustedes con el fin de informar que, mediante acta suscrita por las partes del Consorcio Sardinata 2025, identificado con Nit 901.977.225-1, se realizó el cambio de representante legal. En tal sentido, se remite copia del acta correspondiente para su conocimiento, registro y las actuaciones a que haya lugar.

Cordialmente,

ERICA JANITZA SANCHEZ RUIZ
C.C. 1.121.894.693 de Villavicencio
Representante Legal
CONSORCIO SARDINATA 2025
NIT: 901.977.225-1

CL 27 # 44 C - 274 364 LC 4 Teléfono: +57 321 3455271
E-mail: consorciosardinata2025@gmail.com Katy385@gmail.com

CONSORCIO
SARDINATA
2025

Villavicencio, 27 de octubre de 2025

Señores:
CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL ÁREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA "CORMACARENA"
Atn: INGRID SUARÉZ CANARIA
Supervisora
Villavicencio – Meta

Referencia: CONTRATO PS-GCT.2.7.25-1163 CUYO OBJETO ES "REGLAMENTACIÓN DEL USO DE LAS AGUAS DEL CAÑO SARDINATA EN JURISDICCIÓN DEL MUNICIPIO DE LEJANÍAS Y GRANADA EN EL DEPARTAMENTO DEL META.

Asunto: Entrega segundo informe de avance – Contrato No. PS-GCT 2.7.25-1163 del 14 de septiembre al 13 de octubre de 2025

Cordial saludo,

Por medio de la presente, me permito informar que, en atención a lo dispuesto en el oficio del asunto y en cumplimiento de las obligaciones contractuales, se realiza la entrega del segundo informe mensual de avance correspondiente a la ejecución del Contrato No. PS-GCT 2.7.25-1163 que corresponde al periodo comprendido del 14 de septiembre al 13 de octubre de 2025.

Se anexa la siguiente documentación de soporte:

- Informe técnico de actividades ejecutadas por el contratista.
- Comprobantes de pago de seguridad social correspondientes al mes de septiembre de 2025.
- Copia del Registro Único Tributario (RUT) vigente.
- Factura.

Recibido
INGRID SUAREZ
28-OCT-2025
10:46 a.m.

CALLE 27 No. 44 C -274 -364, SEGUNDO PISO, LOCAL 4
E-MAIL: consorciosardinata2025@gmail.com
TELÉFONO: 3209139390

CONSORCIO SARDINATA 2025

Agradezco la atención prestada y quedo atenta a cualquier observación o requerimiento adicional relacionado con la presente entrega.

Cordialmente,

ERICA JANITZA SANCHEZ RUIZ
C.C. 1.121.894.693 de Villavicencio
Representante Legal
COSORCIO SARDINATA 2025
NIT. 901.977.225-1

Cormacarena

Ingrid Johana Suarez Canaria <ingrid.suarez@cormacarena.gov.co>

Solicitud segundo informe contrato No. 2.7.25.1163

1 mensaje

Ingrid Johana Suarez Canaria <ingrid.suarez@cormacarena.gov.co> 22 de octubre de 2025, 17:27
Para: CONSORCIO SARDINATA 2025 <consorciosardinata2025@gmail.com>

Cordial saludo
Ingeniero
Jhonatan Tiambre
Erika Janitza Sanchez
CONSORCIO SARDINATA 2025

Por medio del presente me permito solicitar la entrega del segundo informe de avance, el cual debió presentarse el 21 de octubre de 2025.

Atentamente,
--

Ingrid Johanna Suarez Canaria
Ingeniera Sanitaria y Ambiental
Profesional Especializado Grupo Agua
SGA
ingrid.suarez@cormacarena.gov.co
Tel.: (+57) 6730420 Ext.:
Carrera 44 C No. 33B-24 Barrio Barzal
Villavicencio (Meta) - Colombia
http://www.cormacarena.gov.co

Cormacarena

Cormacarena

Ingrid Johana Suarez Canaria <ingrid.suarez@cormacarena.gov.co>

OBSERVACIOBES REVISION SEGUNDO INFORME CONTRATO 2.7.23.1163 . SEGUNDO PAGO

1 mensaje

Ingrid Johana Suarez Canaria <ingrid.suarez@cormacarena.gov.co> 10 de noviembre de 2025, 10:07
Para: CONSORCIO SARDINATA 2025 <consorciosardinata2025@gmail.com>

Cordial saludo
Ingenieros
Erica Sánchez
Carlos Sierra

Asunto: Observaciones Revisión segundo informe contrato No. 2.7.23.1163

Cordial saludo,

Una vez revisado el segundo informe presentado el 28 de octubre de 2025, me permito informar que el mismo debe ser ajustado por las siguientes razones:

- Error en numeración de algunas gráficas.
- Error en nombre de la fuente hídrica, en algunas hojas citan río Chivor
- Falta nombre de tributarios
- Falta codificación

Las observaciones se encuentra en las hojas del documento fisico presentado, por favor para que lo pueden recoger para ajustes

Además la factura debe ajustarse, las firmas de los paz y salvo no corresponden.

Por favor hacer entrega de los documentos ajustados para poder dar trámite al segundo pago

Atentamente,

Supervisora

Ingrid Johanna Suarez Canaria
Ingeniera Sanitaria y Ambiental
Profesional Especializado Grupo Agua
SGA
ingrid.suarez@cormacarena.gov.co
Tel.: (+57) 6730420 Ext.:
Carrera 44 C No. 33B-24 Barrio Barzal
Villavicencio (Meta) - Colombia
http://www.cormacarena.gov.co

Cormacarena

INFORME DE EJECUCIÓN No. 2
CONSORCIO SARDINATA 2025

Del 14 de septiembre al 13 de octubre de 2025

Revisado
28-oct/2025

Ajustes
11-oct/2025.

VILLAVICENCIO – META

OCTUBRE 2025

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 11
2. RESUMEN 12
3. CLIMATOLOGÍA 14
3.1. Estaciones meteorológicas circundantes 14
3.2 Detección de datos anómalos 15
3.2.1. Precipitación total 15
3.2.2. Precipitación máx. 24 horas 17
3.2.3. Precipitación diaria 18
3.2.4. Temperatura media 19
3.2.5. Humedad relativa 20
3.2.6. Evaporación 21
3.2.7. Brillo solar 21
3.2.8. Radiación solar 22
3.2.9. Dirección del viento 23
3.2.10. Velocidad del viento 23
3.2.11. Caudales medios mensuales 24
3.2.12. Caudales medios diarios 24
3.3. Análisis de consistencia 24
3.3.1. Precipitación total 25
3.3.2. Precipitación máxima en 24 horas 26
3.3.3. Precipitación diaria 27
3.3.4. Temperatura media 27
3.3.5. Humedad relativa 28
3.3.6. Evaporación 28
3.3.7. Brillo solar 29
3.3.8. Radiación solar 29
3.3.9. Dirección del viento 30
3.3.10. Velocidad del viento 30
3.3.11. Caudales medios 30

INFORME DE EJECUCIÓN No. 2
CONSORCIO SARDINATA 2025

Del 14 de septiembre al 13 de octubre de 2025

VILLAVICENCIO – META

OCTUBRE 2025

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 11
2. RESUMEN 12
3. CLIMATOLOGÍA 13
3.1. Estaciones meteorológicas circundantes 14
3.2 Detección de datos anómalos 15
3.2.1. Precipitación total 15
3.2.2. Precipitación máx. 24 horas 17
3.2.3. Precipitación diaria 18
3.2.4. Temperatura media 19
3.2.5. Humedad relativa 20
3.2.6. Evaporación 21
3.2.7. Brillo solar 21
3.2.8. Radiación solar 22
3.2.9. Dirección del viento 23
3.2.10. Velocidad del viento 23
3.2.11. Caudales medios mensuales 24
3.2.12. Caudales medios diarios 24
3.3. Análisis de consistencia 24
3.3.1. Precipitación total 25
3.3.2. Precipitación máxima en 24 horas 26
3.3.3. Precipitación diaria 27
3.3.4. Temperatura media 27
3.3.5. Humedad relativa 28
3.3.6. Evaporación 28
3.3.7. Brillo solar 29
3.3.8. Radiación solar 29
3.3.9. Dirección del viento 30
3.3.10. Velocidad del viento 30
3.3.11. Caudales medios 30
3.3.12. Caudales medios diarios 31
3.4. Complementación de las series 31

3.5. Tendencias 32
3.5.1. Precipitación total 32
3.5.2. Precipitación máxima en 24 horas 32
3.5.3. Precipitación diaria 33
3.5.4. Temperatura media 34
3.5.5. Humedad relativa 34
3.5.6. Evaporación 35
3.5.7. Brillo solar 35
3.5.8. Radiación solar 36
3.5.9. Dirección del viento 37
3.5.10. Velocidad del viento 37
3.5.11. Caudales medios mensuales 38
3.5.12. Caudales medios diarios 39
3.6. Aleatoriedad 39
3.6.1. Precipitación total 40
3.6.2. Precipitación máxima en 24 horas 40
3.6.3. Precipitación diaria 41
3.6.4. Temperatura media 42
3.6.5. Humedad relativa 42
3.6.6. Evaporación 43
3.6.7. Brillo solar 44
3.6.8. Radiación solar 44
3.6.9. Dirección del viento 45
3.6.10. Velocidad del viento 46
3.6.11. Caudales medios mensuales 46
3.6.12. Caudales medios diarios 47
3.7. Ajuste 48
3.7.1. Precipitación total 49
3.7.2. Precipitación máxima en 24 horas 50
3.7.3. Precipitación media diaria 51
3.7.4. Temperatura media 52
3.7.5. Humedad relativa 53

3.7.6. Evaporación 54
3.7.7. Brillo solar 55
3.7.8. Radiación solar 56
3.7.9. Dirección del viento 57
3.7.10. Velocidad del viento 58
3.7.11. Caudales medios 59
3.7.12. Caudales medios diarios 60
4. Variabilidad Climática (intra e interanual) para condiciones hidrológicas normales, húmedas y secas 62
4.1. Precipitación total 63
4.2. Precipitación máxima en 24 horas 65
4.3. Temperatura media 67
4.4. Humedad relativa 69
4.5. Evaporación 71
4.6. Brillo solar 73
4.7. Radiación solar 75
4.8. Dirección y velocidad del viento 77
4.9. Cálculo de Evapotranspiración Potencial (ETP) 78
4.10. Cálculo de evapotranspiración real (ETR) 80
5. Balance hídrico 81
6. Análisis de variabilidad climática 85
7. HIDROLOGÍA 87
7.1. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) 88
7.2. Balance Hidro Climático a largo plazo 89
8. Modelo lluvia escorrentía: Parámetros, información requerida, metodología, calibración y validación 93
8.1.1. Series de Caudales medios diarios para el cuerpo de agua objeto de reglamentación, cada subcuenca y punto de monitoreo 108
8.1.2. Validación de caudales aforados 110
8.1.3. Índice de Aridez e Índice de Regulación Hídrica a nivel de cuenca, subcuencas y puntos de monitoreo 112
8.1.3.1. Índice de aridez 112
8.1.3.2. Índice de Regulación Hídrica (IRH) 113

9. Caudal ambiental a nivel de cuenca, subcuenca y puntos de monitoreo a partir de metodologías 116
9.1. Metodología 1: Submetodologías para la estimación del caudal ecológico 116
9.2. Metodología 2: Caudal ambiental asociado al IRH 120
9.3. Metodología 3: Caudal ambiental a partir de los Índices 7Q10 y Q95% 121
10. Oferta hídrica a nivel de la cuenca del cuerpo de agua objeto de reglamentación, subcuenca y punto de monitoreo 126
10.1. Metodología 1 127
10.1.1. Sub metodología 1.1: Mínimo histórico curva de duración 127
10.1.2. Sub metodología 2: Mínimo histórico curva de duración 128
10.1.3. Sub metodología 3: Reducción por caudal ambiental 129
10.2. Metodología 2 131
10.3. Metodología 3 132
11. Propuesta de regionalización de caudales medios diarios, caudales mínimos y máximos para diferentes periodos de retorno y caudales ambientales 138
12. COMPONENTE SOCIAL 144
13. COMPONENTE ADMINISTRATIVO 145

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Estaciones meteorológicas circundantes 14
Figura 2 Distribución espacial de la precipitación en el Área de estudio 64
Figura 3 Distribución espacial de la precipitación máxima en 24 horas en el Área de estudio 66
Figura 4 Distribución espacial de la temperatura media en el Área de estudio 68
Figura 5 Distribución espacial de la humedad relativa en el Área de estudio 70
Figura 6. Distribución espacial de la evaporación en el Área de estudio 72
Figura 7. Distribución espacial del brillo solar en el Área de estudio 74
Figura 8. Distribución espacial de la radiación solar en el Área de estudio 76
Figura 9. Rosa de los vientos con dirección y velocidad del viento en el área de estudio .. 78
Figura 10 Base de datos del Climate Prediction Center (NOAA) del periodo 1980 a 2009 86
Figura 11. Base de datos del Climate Prediction Center (NOAA) del periodo 1980 a 200987
Figura 12. Áreas de influencia 90
Figura 13. Conducto de distribución correspondiente al modelo 94
Figura 14. Hidrograma de la calibración de caudales 105
Figura 15. Hidrograma de la validación de caudales 107
Figura 16. Caudal medio mensual multianual 109

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Datos anómalos Precipitación total 15
Tabla 2. Datos anómalos corregidos de Precipitación total 16
Tabla 3. Datos anómalos Precipitación máx. 24 horas 17
Tabla 4. Datos anómalos corregidos de Precipitación máx. 24 horas 18
Tabla 5. Datos anómalos Precipitación diaria 19
Tabla 6. Datos anómalos Precipitación diaria 19
Tabla 7. Datos anómalos Temperatura media 19
Tabla 8. Datos anómalos corregidos de Temperatura media 20
Tabla 9. Datos anómalos Humedad relativa 20
Tabla 10. Datos anómalos corregidos de Humedad relativa 20
Tabla 11. Datos anómalos Evaporación 21
Tabla 12. Datos anómalos Brillo solar 21
Tabla 13. Datos anómalos Radiación solar 22
Tabla 14. Datos anómalos corregidos de Radiación solar 22
Tabla 15. Datos anómalos de Dirección del viento 23
Tabla 16. Datos anómalos corregidos de Dirección del viento 23
Tabla 17. Datos anómalos Velocidad del viento 24
Tabla 18. Datos anómalos de Caudales medios 24
Tabla 19. Datos anómalos Precipitación máx. 24 horas 24
Tabla 20. Análisis de consistencia y completitud de precipitación total 25
Tabla 21. Análisis de consistencia y completitud de precipitación máxima en 24 horas 26
Tabla 22. Análisis de consistencia y completitud de temperatura media 27
Tabla 23. Análisis de consistencia y completitud de temperatura media 27
Tabla 24. Análisis de consistencia y completitud de humedad relativa 28
Tabla 25. Análisis de consistencia y completitud de evaporación 28
Tabla 26. Análisis de consistencia y completitud de brillo solar 29
Tabla 27. Análisis de consistencia y completitud de radiación solar 29
Tabla 28. Análisis de consistencia y completitud de dirección del viento 30
Tabla 29. Análisis de consistencia y completitud de velocidad del viento 30
Tabla 30. Análisis de consistencia y completitud de caudales medios 30
Tabla 31. Análisis de consistencia y completitud de caudales medios 31
Tabla 32 Calculo ETP del Caño Sardinata 80
Tabla 33. Calculo ETR del Caño Sardinata 80
Tabla 34 Balance hídrico caño Sardinata 84
Tabla 35. Valores de IDF del área aferente a la bocatoma 88
Tabla 36. Áreas de interés 91
Tabla 37. Caudales mensuales multianuales en la salida de la microcuenca 93

Tabla 38. Parámetros hidráulicos del modelo de tanques 101
Tabla 39. Rango de variación de otros parámetros del modelo de tanques 101
Tabla 40. Ajuste según el coeficiente de Nash 103
Tabla 41. Parámetros y variables de la calibración del modelo de tanques 105
Tabla 42. Parámetros y variables de la calibración del modelo de tanques 106
Tabla 43. Promedio del caudal mensual multianual en la salida de la microcuenca 108
Tabla 44. Transposición de caudales por cada unidad hidrográfica 109
Tabla 45. Transposición de caudales por cada unidad hidrográfica 110
Tabla 46. Comparación entre caudales aforados y caudales modelados en el mes de septiembre 111
Tabla 47. Clasificación Índice de Aridez 112
Tabla 48. Clasificación Índice de Aridez 113
Tabla 49. Clasificación Índice de Regulación Hídrica 114
Tabla 50. Índice de Retención y Regulación hídrica para las unidades hidrográficas 115
Tabla 51. Caudal medio y mínimo ecológico de la microcuenca del Caño Sardinata 117
Tabla 52. Caudal medio y mínimo ecológico por cada unidad hidrográfica 117
Tabla 53. Caudal medio mensual y mínimo ecológico más bajos de la unidad hidrográfica 118
Tabla 54. Caudal medio mensual y mínimo ecológico más bajos por cada unidad hidrográfica 118
Tabla 55. Tabla de resumen del caudal medio y ecológico de la unidad hidrográfica 119
Tabla 56. Caudal medio mensual y mínimo ecológico más bajos de la unidad hidrográfica 119
Tabla 57. Categoría y caudal ambiental de la unidad hidrográfica 120
Tabla 58. Categoría y caudal ambiental de las unidades hidrográficas 121
Tabla 59. Índice de 7Q10 para los caudales en las unidades hidrográficas 122
Tabla 60. Índice de Q95% para los caudales en las unidades hidrográficas 123
Tabla 61. Caudal ambiental mayor índice entre 7Q10 y Q95% 125
Tabla 62. Cálculo del caudal mínimo ecológico y ofertado por el método 1.1 para el caño sardinata 127
Tabla 63. Cálculo del caudal mínimo ecológico y ofertado por el método 1.1 para las unidades hidrográficas del caño sardinata 127
Tabla 64. Cálculo del caudal mínimo ecológico y ofertado por el método 1.2 para el caño sardinata 128
Tabla 65. Resultado del caudal ofertado por la metodología 2 para las unidades hidrograficas del caño sardinata 128
Tabla 66. Cálculo del caudal mínimo ecológico y ofertado por el método 1.3 para el caño sardinata 129
Tabla 67. Resultado del caudal ofertado por la metodología 1.3 para las unidades hidrográficas del caño sardinata 130

Tabla 68. Cálculo del caudal ambiental asociado al IRH para el caño sardinata 131
Tabla 69. Cálculo del caudal ambiental asociado al IRH para las unidades hidrográficas del caño sardinata 131
Tabla 70. Cálculo del caudal mínimo ecológico y ofertado por el método 3 para el caño sardinata 132
Tabla 71. Resultado del caudal ofertado por la metodología 3 para las unidades hidrográficas del caño sardinata 132
Tabla 72. Caudales máximos y mínimos para periodos de retorno 138
Tabla 73. Matriz de decisión conjunta 140
Tabla 74. Caudales ambientales para el caño sardinata y sus unidades hidrográficas 141

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Prueba de ajuste de precipitación total. 49

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Tendencia de la precipitación con base en las estaciones meteorológicas 32
Gráfica 2 Tendencia de la precipitación máxima en 24 horas con base en las estaciones meteorológicas 33
Gráfica 3 Tendencia de la precipitación diaria con base en las estaciones meteorológicas. 33
Gráfica 4 Tendencia de la temperatura media con base en las estaciones meteorológicas .. 34
Gráfica 5 Tendencia de la humedad relativa con base en las estaciones meteorológicas 34
Gráfica 6 Tendencia de la evaporación con base en las estaciones meteorológicas 35
Gráfica 7 Tendencia del brillo solar con base en las estaciones meteorológicas 36
Gráfica 8 Tendencia de la radiación solar con base en las estaciones meteorológicas 36
Gráfica 9 Tendencia de la dirección del viento con base en las estaciones meteorológicas 37
Gráfica 10 Tendencia de la velocidad del viento con base en las estaciones meteorológicas 38
Gráfica 11 Tendencia de caudales medios con base en las estaciones hidrometeorológicas38
Gráfica 12 Tendencia de caudales medios con base en las estaciones hidrometeorológicas39
Gráfica 13 Prueba de aleatoriedad para la precipitación 40
Gráfica 14 Prueba de aleatoriedad para la precipitación máxima en 24 horas 41
Gráfica 15 Prueba de aleatoriedad para caudales medios 41
Gráfica 16 Prueba de aleatoriedad para la temperatura media 42
Gráfica 17 Prueba de aleatoriedad para la humedad relativa 43
Gráfica 18 Prueba de aleatoriedad para la evaporación 43
Gráfica 19 Prueba de aleatoriedad para el brillo solar 44
Gráfica 20 Prueba de aleatoriedad para la radiación solar 45

Gráfica 21 Prueba de aleatoriedad para la dirección del viento 45
Gráfica 22 Prueba de aleatoriedad para la velocidad el viento 46
Gráfica 23 Prueba de aleatoriedad para caudales medios 47
Gráfica 24 Prueba de aleatoriedad para caudales medios 47
Gráfica 25 Ajuste de los conjuntos estadísticos por distribución para la precipitación 50
Gráfica 26 Ajuste de los conjuntos estadísticos por distribución para la precipitación máxima en 24 horas 51
Gráfica 27 Ajuste de los conjuntos estadísticos por distribución para la precipitación máxima en 24 horas 52
Gráfica 28 Ajuste de los conjuntos estadísticos por distribución para la temperatura media 53
Gráfica 29 Ajuste de los conjuntos estadísticos por distribución para la humedad relativa 54
Gráfica 30 Ajuste de los conjuntos estadísticos por distribución para la evaporación..... 55
Gráfica 31 Ajuste de los conjuntos estadísticos por distribución para el brillo solar..... 56
Gráfica 32 Ajuste de los conjuntos estadísticos por distribución para la radiación solar 57
Gráfica 33 Ajuste de los conjuntos estadísticos por distribución para la dirección del viento 58
Gráfica 34 Ajuste de los conjuntos estadísticos por distribución para la velocidad del viento 59
Gráfica 35 Ajuste de los conjuntos estadísticos por distribución para caudales medios..... 60
Gráfica 36 Ajuste de los conjuntos estadísticos por distribución para caudales medios..... 61
Gráfica 37 Variabilidad climática del caño sardinata en condición húmeda, normal y seca63
Gráfica 38 Gráfica de precipitación mensual total 65
Gráfica 39 Gráfica de precipitación mensual máxima en 24 horas total..... 67
Gráfica 40 Gráfica de temperatura mensual total..... 69
Gráfica 41 Gráfica de humedad relativa mensual total 71
Gráfica 42 Gráfica de evaporación mensual total 73
Gráfica 43 Gráfica de brillo solar mensual total 75
Gráfica 44 Gráfica de radiación solar mensual total 77
Gráfica 45 Balance Hídrico del Caño Sardinata..... 84
Gráfica 46 Curvas IDF del área aferente a la bocatoma..... 89
Gráfica 47 Serie de caudales estación Puerto Rico (32077080)..... 92
Gráfica 48 Serie de caudales transpuestos a la estación Puerto Rico..... 92
Gráfica 49 Caudal medio mensual multianual 107

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1 Cálculo del índice calórico anual 79
Ecuación 2 Cálculo de la función compleja I 79
Ecuación 3 Cálculo de ETP sin corregir 79
Ecuación 4 Cálculo de ETP ajustada 79
Ecuación 5. Balance hídrico 81
Ecuación 6 Ecuación de almacenamiento hídrico 82
Ecuación 7 Calculo déficit hídrico 83
Ecuación 8.Intensidad de precipitación 88
Ecuación 9. Transposición de caudal 90
Ecuación 10. Transposición de caudal 95
Ecuación 11. Transposición de caudal 95
Ecuación 12. Transposición de caudal 96
Ecuación 13. Transposición de caudal 96
Ecuación 14. Transposición de caudal 97
Ecuación 15. Transposición de caudal 97
Ecuación 16. Transposición de caudal 97
Ecuación 17. Transposición de caudal 97
Ecuación 18. Transposición de caudal 98
Ecuación 19. Transposición de caudal 98
Ecuación 20. Transposición de caudal 99
Ecuación 21. Transposición de caudal 99
Ecuación 22. Transposición de caudal 99
Ecuación 23. Transposición de caudal 100
Ecuación 24. Transposición de caudal 102
Ecuación 25. Transposición de caudal 102
Ecuación 26. Transposición de caudal 103
Ecuación 27. Transposición de caudal 103
Ecuación 28 Coeficiente de eficiencia de Nash-Sutcliffe (NSE) 111
Ecuación 33. Índice de Retención y Regulación Hídrica ..... **¡Error! Marcador no definido.**

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de reglamentación del recurso hídrico busca establecer las normas técnicas y jurídicas que aseguren una distribución equitativa, sostenible y ambientalmente responsable del agua entre los diferentes usuarios del territorio. Esta fase constituye la base para la planificación y gestión integral del recurso, garantizando el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos y la atención equilibrada de las necesidades sociales y productivas.

En el marco del contrato suscrito entre CORMACARENA y el Consorcio Sardinata 2025, se avanza en la reglamentación del caño Sardinata, localizado en los municipios de Granada y Lejanías, pertenecientes a la subzona hidrográfica del río Ariari, dentro de la jurisdicción de la autoridad ambiental. Este proceso se desarrolla conforme a lo establecido en el Decreto 1076 de 2015, particularmente en la Sección 13, Capítulo 2, Título 3, que regula la reglamentación de corrientes y cuerpos de agua.

Una vez culminada la etapa inicial de Diagnóstico y Caracterización del Recurso Hídrico, que permitió consolidar la línea base técnica y social del área de estudio, el presente documento corresponde a la Etapa de Estudio de Reglamentación, cuyo propósito es analizar la oferta hídrica total y determinar el caudal ambiental del caño Sardinata y sus tributarios principales.

Durante esta fase, se desarrolla un tratamiento integral de la información hidroclimática e hidrológica, considerando la variabilidad climática y las condiciones hidrológicas representativas (años secos, normales y húmedos). Igualmente, se establecen los modelos lluvia–escorrentía, se generan las series de caudales medios diarios, y se estiman los índices de aridez (IA) y de retención y regulación hídrica (IRH). Estos análisis permiten cuantificar la disponibilidad del recurso, definir el comportamiento hídrico del sistema y soportar técnicamente la posterior asignación de caudales en el proceso de reglamentación.

2. RESUMEN

En cumplimiento del cronograma contractual y del plan de trabajo aprobado por CORMACARENA, el presente **Segundo Informe de Avance** corresponde al desarrollo de la **Etapa de Estudio de Reglamentación**, enfocada en la determinación de la oferta hídrica total y el caudal ambiental del caño Sardinata, en los municipios de Granada y Lejanías (Meta).

Durante este periodo se llevaron a cabo las siguientes actividades técnicas:

1. **Tratamiento de datos hidroclimáticos:**

- ✓ Compilación, depuración y análisis de series históricas de precipitación, temperatura, evaporación, humedad relativa, radiación solar, brillo solar y viento.
- ✓ Evaluación de la calidad y representatividad de los registros, conforme a los lineamientos de la **Guía de Prácticas Hidrológicas de la OMM (No. 168, 2008)** y la densidad mínima de estaciones sugerida por el **IDEAM** para la escala de trabajo.

2. **Análisis de variabilidad climática:**

- ✓ Identificación de la variabilidad intra e interanual de las principales variables hidroclimáticas.
- ✓ Determinación de años hidrológicos representativos (secos, normales y húmedos) y caracterización espacio–temporal de la precipitación y temperatura en la cuenca.

3. **Balance hidroclimático y modelación lluvia–escorrentía:**

- ✓ Estimación del balance hidroclimático de largo plazo y validación con registros de caudales observados.
- ✓ Implementación del modelo lluvia–escorrentía, definición de parámetros, calibración y validación bajo criterios de aceptabilidad hidrológica.

4. **Determinación de oferta hídrica:**

- ✓ Generación de series de caudales medios diarios y estimación de la oferta hídrica a nivel de cuenca, subcuencas y puntos de monitoreo, para condiciones de año normal y seco.

5. **Estimación de índices e indicadores hídricos:**

- ✓ Cálculo de los **índices de aridez (IA)** y de **retención y regulación hídrica (IRH)**, de acuerdo con la metodología propuesta por el IDEAM, con el fin de evaluar la capacidad de regulación natural del sistema hídrico.

6. **Estimación del caudal ambiental:**

- ✓ Cálculo del caudal ambiental a nivel de cuenca y subcuencas, aplicando metodologías complementarias como el caudal ecológico, el caudal asociado al IRH y los índices **7Q10** y **Q95**, garantizando la conservación de los ecosistemas acuáticos.

Como resultado de las actividades ejecutadas, se obtuvo la **cuantificación preliminar de la oferta hídrica y del caudal ambiental del caño Sardinata**, información fundamental para el desarrollo de la siguiente etapa de reglamentación, correspondiente a la **formulación de la propuesta de asignación y distribución de caudales**.

El avance técnico acumulado al cierre de este segundo corte corresponde al **40,73%** de cumplimiento del contrato, de acuerdo con la matriz de seguimiento de entregables.

Etapa de Estudio de Reglamentación

Para esta etapa de estudio de reglamentación, según las especificaciones técnicas del contrato se presenta a continuación el estudio del proceso de reglamentación de aguas del caño Sardinata desde la climatología asociado a los análisis y estudios para la elección de caudal ambiental. Previamente se radicó el primer informe, el cual esta soportado con la realización del censo de usuarios y trabajo de campo realizado, allí se reporta toda la información con respecto al inventario completo de usuarios con georreferenciación en SIG y caracterización conforme al formato RURH; el soporte se puede visualizar en el siguiente enlace:

https://drive.google.com/drive/folders/1we5DUseC6rrvD4Uz7bvRX35hbqfgJoTb

De igual manera, esta entrega es el proceso necesario para avanzar en el proceso de reglamentación, por lo cual en el tercer informe se soporta desde la demanda, adopción de módulos de consumo y todo lo asociado con el proyecto de distribución de aguas.

3. CLIMATOLOGÍA

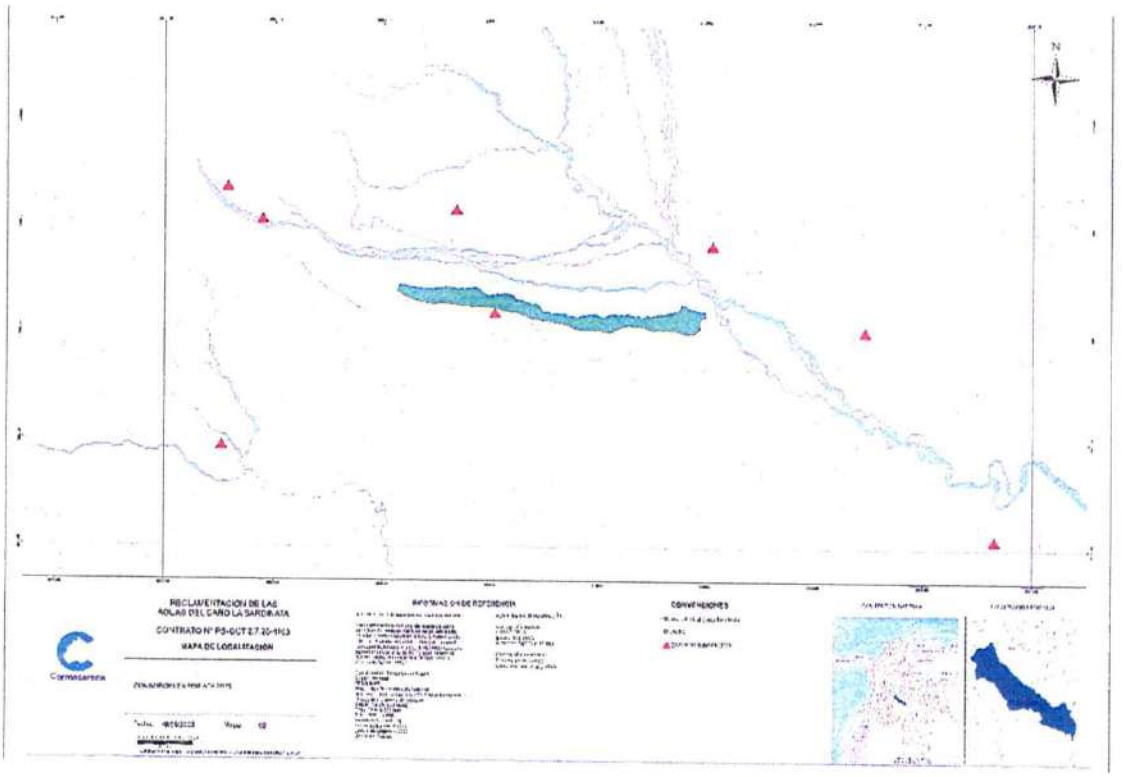
Tomando como base la localización de la Microcuenca del Caño Sardinata y la información meteorológica del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)

se seleccionaron las estaciones meteorológicas circundantes al área de estudio, las cuales permitieron identificar diversas variables climatológicas que influyen en el comportamiento hidrológico de la cuenca.

3.1. Estaciones meteorológicas circundantes

Se identificaron 28 estaciones meteorológicas circundantes al área de la microcuenca del Caño Sardinata (Figura 1).

Figura 1 Estaciones meteorológicas circundantes



Fuente: Consorcio Sardinata 2025, apoyo software ArcGIS®

Las cuales aportan información de variables climatológicas fundamentales como precipitación total, precipitación máxima en 24 horas, temperatura media, humedad relativa, evaporación, brillo solar, radiación solar, así como dirección y velocidad del viento. Esta red de estaciones cumple con la densidad mínima recomendada por el IDEAM, garantizando una adecuada representación espacial de la variabilidad climática. La información recopilada fue sometida a un proceso integral de control de calidad, que incluyó la identificación y depuración de datos anómalos, análisis de completitud y evaluación de consistencia

temporal, con el fin de reducir la incertidumbre asociada a las series y asegurar la confiabilidad de los insumos empleados en la modelación hidrológica.

3.2 Detección de datos anómalos

Un dato anómalo o atípico es una observación que se desvía notablemente de las otras observaciones que conforman el conjunto estadístico (NIST 2013). La identificación de dichos potenciales valores atípicos radica en (V. Sanchez,2016):

- Un valor atípico puede indicar errores en los datos.
- En algunos casos, puede que no sea posible determinar los valores atípicos, ya que estos pueden deberse a la variación aleatoria del proceso, o en dado caso, pueden indicar algo científicamente interesante. En tal caso, el dato atípico no deberá eliminarse, pero deberán utilizarse técnicas estadísticas más robustas, en particular cuando los datos contienen valores extremos.

Un número de pruebas para la detección de datos anómalos puede ser encontrada en la literatura, dichas pruebas pueden ser agrupadas de acuerdo con la distribución que siguen los datos pero que en general siguen el comportamiento normal (V. Sanchez,2016). En el presente proyecto se ejecutará la prueba de Grubss, la cual siguió el siguiente procedimiento:

- Se disponen los datos en orden de menor a mayor.
- Se decide si el menor o el más grande es susceptible de ser discrepante.
- Se estima la desviación estándar "s" de todos los datos.
- Se selecciona el riesgo que se quiere tomar para un falso rechazo.
- Se calcula el valor correspondiente y se compara con el valor de tablas. Si el valor calculado es mayor que el valor tabulado se puede rechazar ese dato con el riesgo asumido.

3.2.1. Precipitación total

A través de la prueba de Grubbs se determinó que la variable de precipitación total presenta 5 estaciones con valores atípicos en las estaciones analizadas. Una vez verificado el cumplimiento en el análisis de completitud, los datos serán ajustados mediante un modelo polinómico de segundo grado y sometidos a una prueba de homogeneidad.

Tabla 1 Datos anómalos Precipitación total

Estación		G (Valor observado)	G (Valor crítico)	Alfa	Datos anómalos
32075040	LA HOLANDA	3.01	3.77	0.05	NO

Estación		G (Valor observado)	G (Valor crítico)	Alfa	Datos anómalos
32060060	CALIME	3.11	3.80	0.05	NO
32070010	CAMPO ALEGRE	4.16	3.80	0.05	SI
35010060	EL TORO	3.61	3.79	0.05	NO
32070060	FUENTE DE ORO	4.42	3.78	0.05	SI
35010070	GUAMAL	2.55	3.80	0.05	NO
32060090	LEJANIAS CASTILLO	3.18	3.69	0.05	NO
32070030	LOS MICOS	4.05	3.74	0.05	SI
35010020	ACACIAS	2.72	3.82	0.05	NO
35035020	AEROPUERTO VANGUARDIA	2.74	3.82	0.05	NO
35015050	BARBASCAL	2.68	3.68	0.05	NO
32020020	LA URIBE LA	4.16	3.78	0.05	SI
32070120	MESA DE FERNANDEZ	3.80	3.78	0.05	SI
32070110	AGUAS CLARAS	3.33	3.81	0.05	NO
32070020	CAÑO BLANCO	3.23	3.80	0.05	NO
35010040	CAÑO HONDO	2.99	3.80	0.05	NO
32060020	MESA DE YAMANES	3.40	3.79	0.05	NO
32075050	MESETAS	3.44	3.78	0.05	NO
32070090	PEÑAS BLANCAS	3.46	3.76	0.05	NO
32075030	VISTA HERMOSA	3.19	3.72	0.05	NO

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

Se aplicó la prueba de Grubbs a los registros de las estaciones y, tras la correspondiente corrección de los valores atípicos identificados, se constató que actualmente no persisten datos anómalos en la serie.

Tabla 2. Datos anómalos corregidos de Precipitación total

Estación		G (Valor observado)	G (Valor crítico)	Alfa	Datos anómalos
32075040	LA HOLANDA	3.01	3.77	0.05	NO
32060060	CALIME	3.11	3.80	0.05	NO
32070010	CAMPO ALEGRE	3.49	3.80	0.05	NO
35010060	EL TORO	3.61	3.79	0.05	NO
32070060	FUENTE DE ORO	3.75	3.78	0.05	NO
35010070	GUAMAL	2.55	3.80	0.05	NO
32060090	LEJANIAS CASTILLO	3.18	3.69	0.05	NO
32070030	LOS MICOS	3.14	3.74	0.05	NO
35010020	ACACIAS	2.72	3.82	0.05	NO
35035020	AEROPUERTO VANGUARDIA	2.74	3.82	0.05	NO

Estación		G (Valor observado)	G (Valor crítico)	Alfa	Datos anómalos
35015050	BARBASCAL	2.68	3.68	0.05	NO
32020020	LA URIBE LA	3.77	3.78	0.05	NO
32070120	MESA DE FERNANDEZ	3.24	3.78	0.05	NO
32070110	AGUAS CLARAS	3.33	3.81	0.05	NO
32070020	CAÑO BLANCO	3.23	3.80	0.05	NO
35010040	CAÑO HONDO	2.99	3.80	0.05	NO
32060020	MESA DE YAMANES	3.40	3.79	0.05	NO
32075050	MESETAS	3.44	3.78	0.05	NO
32070090	PEÑAS BLANCAS	3.46	3.76	0.05	NO
32075030	VISTA HERMOSA	3.19	3.72	0.05	NO

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.2.2. Precipitación máx. 24 horas

Con la aplicación de la prueba de Grubbs se detectaron datos anómalos en la variable de precipitación máxima en 24 horas en nueve estaciones. Posteriormente, tras el análisis de completitud, dichos registros serán ajustados mediante un polinomio de segundo grado y evaluados con una prueba de homogeneidad.

Tabla 3. Datos anómalos Precipitación máx. 24 horas

Estación		G (Valor observado)	G (Valor crítico)	Alfa	Datos anómalos
35010020	ACACIAS	2.5309	3.7602	0.05	NO
35035020	AEROPUERTO VANGUARDIA	3.3515	3.7635	0.05	NO
32060060	CALIME	4.0753	3.7578	0.05	SI
32070010	CAMPO ALEGRE	3.0876	3.7561	0.05	NO
32070060	FUENTE DE ORO	5.3319	3.7495	0.05	SI
32070030	LOS MICOS	4.0167	3.712	0.05	SI
32075040	LA HOLANDA	4.986	3.7586	0.05	SI
32070110	AGUAS CLARAS	5.1545	3.7659	0.05	SI
35010060	EL TORO	2.4721	3.7594	0.05	NO
32060090	LEJANIAS CASTILLO	3.8571	3.6406	0.05	SI
32060020	MESA DE YAMANES	3.4844	3.7452	0.05	NO
32070020	CAÑO BLANCO	3.4871	3.7666	0.05	NO
35010040	CAÑO HONDO	3.812	3.7645	0.05	SI
35025110	LA LIBERTAD - AUT	6.4648	3.7537	0.05	SI
32020020	LA URIBE LA	4.1315	3.7553	0.05	SI
32070120	MESA DE FERNANDEZ	3.4051	3.7594	0.05	NO
32075050	MESETAS	3.4207	3.7452	0.05	NO

Estación		G (Valor observado)	G (Valor crítico)	Alfa	Datos anómalos
32070090	PEÑAS BLANCAS	2.9361	3.7207	0.05	NO
32075030	VISTA HERMOSA	3.5071	3.713	0.05	NO

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

Tras aplicar la prueba de Grubbs para el análisis de valores extremos, se depuraron las observaciones atípicas, garantizando que la información de las estaciones mantuviera criterios de consistencia estadística.

Tabla 4. Datos anómalos corregidos de Precipitación máx. 24 horas

Estación		G (Valor observado)	G (Valor crítico)	Alfa	Datos anómalos
35010020	ACACIAS	2.5309	3.7602	0.05	NO
35035020	AEROPUERTO VANGUARDIA	3.3515	3.7635	0.05	NO
32060060	CALIME	2.653	3.757	0.05	NO
32070010	CAMPO ALEGRE	3.0876	3.7561	0.05	NO
32070060	FUENTE DE ORO	3.6501	3.7478	0.05	NO
32070030	LOS MICOS	3.3901	3.711	0.05	NO
32075040	LA HOLANDA	3.4618	3.757	0.05	NO
32070110	AGUAS CLARAS	3.2057	3.7651	0.05	NO
35010060	EL TORO	2.4721	3.7594	0.05	NO
32060090	LEJANIAS CASTILLO	2.58	3.6393	0.05	NO
32060020	MESA DE YAMANES	3.4844	3.7452	0.05	NO
32070020	CAÑO BLANCO	3.4871	3.7666	0.05	NO
35010040	CAÑO HONDO	2.8124	3.7635	0.05	NO
35025110	LA LIBERTAD - AUT	3.2961	3.7528	0.05	NO
32020020	LA URIBE LA	2.9114	3.7537	0.05	NO
32070120	MESA DE FERNANDEZ	3.4051	3.7594	0.05	NO
32075050	MESETAS	3.4207	3.7452	0.05	NO
32070090	PEÑAS BLANCAS	2.9361	3.7207	0.05	NO
32075030	VISTA HERMOSA	3.5071	3.713	0.05	NO

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.2.3. Precipitación diaria

La aplicación de la prueba de Grubbs permitió identificar datos anómalos en la variable de precipitación diaria en tres estaciones. Posteriormente, tras el análisis de completitud, estos

registros serán ajustados mediante un polinomio de segundo grado y evaluados mediante una prueba de homogeneidad.

Tabla 5. Datos anómalos Precipitación diaria

Estación		G (Observado)	G (Valor crítico)	Alfa	Datos anómalos
32060020	MESA DE YAMANES	7.3296	4.4675	0.05	SI
32070110	AGUAS CLARAS	13.4127	4.6145	0.05	SI
32075040	LA HOLANDA	11.1128	4.4297	0.05	SI

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

Con la aplicación de la prueba de Grubbs y la posterior corrección de los registros anómalos, se logró depurar la base de datos, eliminando los valores atípicos presentes en las estaciones.

Tabla 6. Datos anómalos Precipitación diaria

Estación		G (Observado)	G (Valor crítico)	Alfa	Datos anómalos
32060020	MESA DE YAMANES	4.3495	4.4655	0.05	NO
32070110	AGUAS CLARAS	4.5834	4.61	0.05	NO
32075040	LA HOLANDA	4.4193	4.4267	0.05	NO

Fuente: : Consorcio Sardinata 2025.

3.2.4. Temperatura media

La aplicación de la prueba estadística de Grubbs evidenció la presencia de tres estaciones con datos anómalos en la serie de temperatura media. Una vez superado el análisis de completitud, estos registros serán ajustados mediante un polinomio de segundo grado y sometidos a una prueba de homogeneidad.

Tabla 7. Datos anómalos Temperatura media

Estación		G (Valor observado)	G (Valor crítico)	Alfa	Datos anómalos
32075050	VISTA HERMOSA	3.8295	3.7557	0.05	SI
35035020	AEROPUERTO VANGUARDIA	3.6978	3.8165	0.05	NO
32075050	MESETAS	3.3916	3.8039	0.05	NO
35015050	BARBASCAL	3.3639	3.6805	0.05	NO
32065010	LEJANIAS	3.8485	3.6946	0.05	SI
32075080	PUERTO LLERAS	4.0688	3.6816	0.05	SI
32075040	LA HOLANDA	3.0564	3.714	0.05	NO
35025110	LA LIBERTAD - AUT	3.2664	3.808	0.05	NO

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

La aplicación de la prueba de Grubbs, junto con la rectificación de los registros anómalos, permitió depurar la base de datos y eliminar la presencia de valores atípicos en las estaciones.

Tabla 8. Datos anómalos corregidos de Temperatura media

Estación		G (Valor observado)	G (Valor crítico)	Alfa	Datos anómalos
32075030	VISTA HERMOSA	3.0192	3.7319	0.05	NO
35035020	AEROPUERTO VANGUARDIA	3.6978	3.8165	0.05	NO
32075050	MESETAS	3.3916	3.8039	0.05	NO
35015050	BARBASCAL	3.3639	3.6805	0.05	NO
32065010	LEJANIAS	3.2972	3.6936	0.05	NO
32075080	PUERTO LLERAS	3.528	3.6805	0.05	NO
32075040	LA HOLANDA	3.0564	3.714	0.05	NO
35025110	LA LIBERTAD - AUT	3.2664	3.808	0.05	NO

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.2.5. Humedad relativa

La aplicación de la prueba de Grubbs permitió identificar cuatro estaciones con datos atípicos en la variable de humedad relativa. Posteriormente, tras el análisis de completitud, los registros serán ajustados mediante un polinomio de segundo grado y evaluados en cuanto a la homogeneidad de la serie.

Tabla 9. Datos anómalos Humedad relativa

Estación		G (Observado)	G (Valor crítico)	Alfa	Datos anómalos
32065010	LEJANIAS	4.9173	3.7178	0.05	SI
32075030	VISTA HERMOSA	4.0286	3.7319	0.05	SI
32075040	LA HOLANDA	3.569	3.779	0.05	NO
32075050	MESETAS	3.4004	3.8247	0.05	NO
32075080	PUERTO LLERAS	2.4579	3.6838	0.05	NO
35025110	LA LIBERTAD - AUT	4.288	3.8404	0.05	SI
35035020	AEROPUERTO VANGUARDIA	4.1892	3.8647	0.05	SI

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

Una vez identificados los valores extremos a través de la prueba de Grubbs, se efectuó la correspondiente corrección, garantizando que las estaciones no presenten actualmente registros anómalos.

Tabla 10. Datos anómalos corregidos de Humedad relativa

Estación		G (Observado)	G (Valor crítico)	Alfa	Datos anómalos
32065010	LEJANIAS	4.9173	3.7178	0.05	NO
32075030	VISTA HERMOSA	4.0286	3.7319	0.05	NO
32075040	LA HOLANDA	3.569	3.779	0.05	NO
32075050	MESETAS	3.4004	3.8247	0.05	NO
32075080	PUERTO LLERAS	2.4579	3.6838	0.05	NO
35025110	LA LIBERTAD - AUT	4.288	3.8404	0.05	NO
35035020	AEROPUERTO VANGUARDIA	4.1892	3.8647	0.05	NO

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.2.6. Evaporación

La aplicación de la prueba de Grubbs a la variable de evaporación evidenció que seis estaciones no presentan registros atípicos dentro de la serie analizada. Este resultado indica que los datos disponibles en dichas estaciones mantienen un comportamiento estadísticamente consistente, lo que aporta mayor confiabilidad al proceso de análisis posterior y reduce la necesidad de aplicar procedimientos de corrección o depuración adicional.

Tabla 11. Datos anómalos Evaporación

Estación		G (Observado)	G (Valor crítico)	Alfa	Datos anómalos
32065010	LEJANIAS	2.2695	3.7391	0.05	NO
32075030	VISTA HERMOSA	2.8239	3.7586	0.05	NO
32075050	MESETAS	1.9271	3.8159	0.05	NO
32075080	PUERTO LLERAS	1.8296	3.71	0.05	NO
35015050	BARBASCAL	2.3585	3.7291	0.05	NO
35035020	AEROPUERTO VANGUARDIA	2.7859	3.903	0.05	NO

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.2.7. Brillo solar

Según los resultados de la prueba de Grubbs, la variable de brillo solar no mostró registros atípicos en las estaciones evaluadas, lo que sugiere un comportamiento homogéneo y consistente en la información analizada.

Tabla 12. Datos anómalos Brillo solar

Estación		G (Observado)	G (Valor crítico)	Alfa	Datos anómalos
35035020	AEROPUERTO VANGUARDIA	3.6816	3.7635	0.05	NO

	Estación	G (Observado)	G (Valor crítico)	Alfa	Datos anómalos
35025110	LA LIBERTAD - AUT	2.6213	3.7586	0.05	NO
32075050	MESETA	3.6432	3.7226	0.05	NO
32075040	LA HOLANDA	3.5051	3.7443	0.05	NO
32075080	PUERTO LLERAS	3.0519	3.7019	0.05	NO
32075030	VISTA HERMOSA	3.0054	3.6978	0.05	NO
35015050	BARBASCAL	3.2327	3.7029	0.05	NO

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.2.8. Radiación solar

La aplicación de la prueba de Grubbs evidenció la presencia de registros atípicos en tres estaciones para la variable de radiación solar. Posteriormente, tras el análisis de completitud, los datos serán ajustados mediante una función polinómica de segundo grado y sometidos a una prueba de homogeneidad con el fin de verificar la uniformidad estadística de la serie.

Tabla 13. Datos anómalos Radiación solar

	Estación	G (Observado)	G (Valor crítico)	Alfa	Datos anómalos
35025110	LA LIBERTAD - AUT	5.8617	3.2357	0.05	SI
35185010	LA PALOMERA - AUT	5.3407	3.4928	0.05	SI
35035110	SALINAS DE UPIN - AUT	2.9542	3.5106	0.05	NO
35035100	ICA VILLAVICENCIO - AUT	7.5569	3.4223	0.05	SI

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

Se desarrolló un proceso de evaluación y corrección estadística basado en la prueba de Grubbs, lo cual permitió depurar los datos y confirmar la ausencia de anomalías en las series temporales de las estaciones.

Tabla 14. Datos anómalos corregidos de Radiación solar

	Estación	G (Observado)	G (Valor crítico)	Alfa	Datos anómalos
35025110	LA LIBERTAD - AUT	2.4255	3.23	0.05	NO
35185010	LA PALOMERA - AUT	2.7041	3.4882	0.05	NO
35035110	SALINAS DE UPIN - AUT	2.9542	3.5106	0.05	NO
35035100	ICA VILLAVICENCIO - AUT	2.9611	3.4163	0.05	NO

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.2.9. Dirección del viento

De acuerdo con la prueba de Grubbs, la variable de dirección del viento presentó registros atípicos en dos estaciones analizadas. Una vez concluido el análisis de completitud, estos datos serán ajustados mediante una función polinómica de segundo grado y posteriormente evaluados con una prueba de homogeneidad, con el fin de garantizar la uniformidad estadística de la serie.

Tabla 15. Datos anómalos de Dirección del viento

Estación		G (Observado)	G (Valor crítico)	Alfa	Datos anómalos
35035020	AEROPUERTO VANGUARDIA	4.6554	3.7767	0.05	SI
35025110	LA LIBERTAD - AUT	3.7528	3.6714	0.05	SI

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

Se desarrolló un proceso de evaluación y corrección estadística basado en la prueba de Grubbs, lo cual permitió depurar los datos y confirmar la ausencia de anomalías en las series temporales de las estaciones.

Tabla 16. Datos anómalos corregidos de Dirección del viento

Estación		G (Observado)	G (Valor crítico)	Alfa	Datos anómalos
35035020	AEROPUERTO VANGUARDIA	4.6554	3.7767	0.05	NO
35025110	LA LIBERTAD - AUT	3.7528	3.6714	0.05	NO

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.2.10. Velocidad del viento

La variable de velocidad del viento no presenta estaciones con registros atípicos en las estaciones analizadas, de acuerdo con la prueba de Grubbs. Una vez completado el análisis de completitud, se ajustarán los datos mediante una función polinómica de segundo grado y se aplicará una prueba de homogeneidad para verificar la uniformidad estadística de la serie.

Tabla 17. Datos anómalos Velocidad del viento

Estación		G (Observado)	G (Valor crítico)	Alfa	Datos anómalos
35035020	AEROPUERTO VANGUARDIA	2.9694	3.7752	0.05	NO
35025110	LA LIBERTAD - AUT	2.7857	3.6714	0.05	NO

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.2.11. Caudales medios mensuales

La variable de caudal medio mensual presentó valores atípicos en la estación IDEAM Puerto Rico, identificados a través de la prueba de Grubbs, herramienta estadística que permite detectar datos extremos en una serie bajo el supuesto de normalidad. Estos registros, de no ser tratados de manera adecuada, podrían generar sesgos o distorsiones en el análisis hidrológico.

Tabla 18. Datos anómalos de Caudales medios

Estación		G (Observado)	G (Valor crítico)	Alfa	Datos anómalos
32077080	PUERTO RICO	2.9959	3.8113	0.05	NO

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.2.12. Caudales medios diarios

La aplicación de la prueba de Grubbs no evidenció la presencia de datos anómalos en la variable de caudales medios diarios, lo que sugiere un comportamiento homogéneo y consistente en la información analizada.

Tabla 19. Datos anómalos Precipitación máx. 24 horas

Estación		G (Observado)	G (Valor crítico)	Alfa	Datos anómalos
32077080	PUERTO RICO	4.0728	4.6126	0.05	NO

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.3. Análisis de consistencia

Una vez realizado el ajuste de los datos anómalos de las 10 variables usadas en el presente estudio se realiza el análisis de consistencia, el cual sigue las recomendaciones de la OMM expuestas en el documento "Directrices de la Organización Meteorológica Mundial sobre el cálculo de las normales climáticas". Las directrices implementadas en el análisis climatológico estipulan que solo se deben tomar series que presenten una longitud mínima de 30 años y que en ese periodo de tiempo posean un registro de más del 80% de los datos.

3.3.1. Precipitación total

En el área circundante a la microcuenca del Caño Sardinata se identifican 20 estaciones meteorológicas que realizan el monitoreo constante de precipitación total, de las cuales, 19 estaciones cumplen con los requerimientos estipulados por la OMM (Tabla 20).

Tabla 20. Análisis de consistencia y completitud de precipitación total

	Precipitación total								
	Estación		Inicio	Fin	Long.	Faltantes	Faltantes [%]	Completitud [%]	Cumple
1	32075040	LA HOLANDA	ene-86	sep-16	369	9	2.4	97.6	Cumple
2	32060060	CALIME	oct-90	ene-24	400	9	2.3	97.8	Cumple
3	32070010	CAMPO ALEGRE	oct-90	dic-23	399	4	1.0	99.0	Cumple
4	35010060	EL TORO	oct-90	ene-24	400	17	4.3	95.8	Cumple
5	32070060	FUENTE DE ORO	oct-90	ene-24	400	27	6.8	93.3	Cumple
6	35010070	GUAMAL	nov-90	ene-24	400	11	2.8	97.3	Cumple
7	32060090	LEJANIAS CASTILLO	oct-90	ene-24	400	130	32.5	67.5	No Cumple
8	32070030	LOS MICOS	nov-90	dic-23	399	79	19.8	80.2	Cumple
9	35010020	ACACIAS	ene-90	jul-25	427	6	1.4	98.6	Cumple
10	35035020	AEROPUERTO VANGUARDIA	ene-90	jul-25	427	0	0.0	100.0	Cumple
11	35015050	BARBASCAL	may-92	abr-15	304	42	13.8	86.2	Cumple
12	32020020	LA URIBE LA	nov-93	may-25	425	62	14.6	85.4	Cumple
13	32070120	MESA DE FERNANDEZ	nov-93	may-25	425	61	14.4	85.6	Cumple
14	32070110	AGUAS CLARAS	ene-90	ene-24	409	6	1.5	98.5	Cumple
15	32070020	CAÑO BLANCO	ene-90	ene-24	409	11	2.7	97.3	Cumple
16	35010040	CAÑO HONDO	ene-90	ene-24	409	9	2.2	97.8	Cumple
17	32060020	MESA DE YAMANES	ene-90	nov-23	408	28	6.9	93.1	Cumple
18	32075050	MESETAS	ene-90	nov-23	408	40	9.8	90.2	Cumple
19	32070090	PEÑAS BLANCAS	ene-90	nov-23	408	72	17.6	82.4	Cumple
20	32075030	VISTA HERMOSA	dic-87	dic-17	361	69	19.1	80.9	Cumple

Fuente: Consorcio Sardinata 2025, apoyo IDEAM

3.3.2. Precipitación máxima en 24 horas

En la zona circundante a la microcuenca del Caño Sardinata se identificaron 19 estaciones meteorológicas que monitoreaban los datos de precipitación máxima en 24 horas, sin embargo, posterior al análisis de consistencia y completitud,18 estaciones cumplen con los requerimientos estipulados por la OMM (Tabla 21).

Tabla 21. Análisis de consistencia y completitud de precipitación máxima en 24 horas

Precipitación Máxima en 24 horas									
	Estación		Inicio	Fin	Long.	Faltantes	Faltantes [%]	Completitud [%]	Cumple
1	35010020	ACACIAS	mar-95	ene-24	347	5	1.4	98.6	Cumple
2	35035020	AEROPUERTO VANGUARDIA	mar-95	dic-23	346	0	0.0	100.0	Cumple
3	32060060	CALIME	mar-95	dic-23	346	7	2.0	98.0	Cumple
4	32070010	CAMPO ALEGRE	mar-95	dic-23	346	9	2.6	97.4	Cumple
5	32070060	FUENTE DE ORO	mar-95	dic-23	346	17	4.9	95.1	Cumple
6	32070030	LOS MICOS	mar-95	ene-24	347	59	17.0	83.0	Cumple
7	32075040	LA HOLANDA	sep-87	sep-16	349	9	2.6	97.4	Cumple
8	32070110	AGUAS CLARAS	ene-94	ene-23	349	0	0.0	100.0	Cumple
9	35010060	EL TORO	ene-94	ene-23	349	8	2.3	97.7	Cumple
10	32060090	LEJANIAS CASTILLO	ene-94	ene-23	349	124	35.5	64.5	No Cumple
11	32060020	MESA DE YAMANES	ene-94	ene-23	349	25	7.2	92.8	Cumple
12	32070020	CAÑO BLANCO	ago-94	ene-24	354	4	1.1	98.9	Cumple
13	35010040	CAÑO HONDO	ago-94	dic-23	353	6	1.7	98.3	Cumple
14	35025410	LA LIBERTAD - AUT	ene-96	dic-23	336	2	0.6	99.4	Cumple
15	32020020	LA URIBE LA	ago-94	ene-24	354	18	5.1	94.9	Cumple
16	32070120	MESA DE FERNANDEZ	sep-94	dic-23	353	12	3.4	96.6	Cumple
17	32075050	MESETAS	ago-94	dic-23	353	29	8.2	91.8	Cumple
18	32070090	PEÑAS BLANCAS	ago-94	dic-23	353	56	15.9	84.1	Cumple
19	32075030	VISTA HERMOSA	dic-88	ene-18	350	61	17.4	82.6	Cumple

Fuente: Consorcio Sardinata 2025, *apoyo IDEAM*

3.3.3. Precipitación diaria

Tras el análisis de consistencia y completitud de la variable de precipitación media diaria, se seleccionaron las tres estaciones más cercanas a la microcuenca. De estas, únicamente 1 cumple con un periodo de registro superior a 30 años y presenta un porcentaje de completitud mayor al 80% (Tabla 22).

Tabla 22. Análisis de consistencia y completitud de temperatura media

Precipitación diaria									
	Estación		Inicio	Fin	Long.	Faltantes	Faltantes [%]	Completitud [%]	Cumple
1	32060020	MESA DE YAMANES	ene-90	ago-25	12996	6579	50.6	49.4	No Cumple
2	32070110	AGUAS CLARAS	ene-90	ago-25	12997	195	1.5	98.5	Cumple
3	32075040	LA HOLANDA	ene-90	ago-25	12996	7602	58.5	41.5	No Cumple

Fuente: Consorcio Sardinata 2025, apoyo IDEAM

3.3.4. Temperatura media

Posterior al análisis de consistencia y completitud de la variable de temperatura media, se identificaron 8 estaciones, de las cuales todas cumplen con un periodo mayor a 30 años y un porcentaje de completitud de datos mayor al 80% (Tabla 23).

Tabla 23. Análisis de consistencia y completitud de temperatura media

Temperatura Media									
	Estación		Inicio	Fin	Long.	Faltantes	Faltantes [%]	Completitud [%]	Cumple
1	32075030	VISTA HERMOSA	ene-85	ene-15	361	50	13.9	86.1	Cumple
2	35035020	AEROPUERTO VANGUARDIA	ene-90	feb-25	422	2	0.5	99.5	Cumple
3	32075050	MESETAS	feb-90	feb-25	421	20	4.8	95.2	Cumple
4	35015050	BARBASCAL	may-92	abr-25	276	18	6.5	93.5	Cumple
5	32065010	LEJANIAS	may-92	abr-25	276	5	1.8	98.2	Cumple
6	32075080	PUERTO LLERAS	may-92	abr-25	276	17	6.2	93.8	Cumple
7	32075040	LA HOLANDA	ene-90	dic-15	312	22	7.1	92.9	Cumple
8	35025110	LA LIBERTAD - AUT	ene-90	ene-25	421	14	3.3	96.7	Cumple

Fuente: Consorcio Sardinata 2025, apoyo IDEAM

3.3.5. Humedad relativa

La variable de humedad relativa cuenta con siete estaciones meteorológicas. Tras el análisis de consistencia y completitud, se identificó que todas ellas cumplen con los requerimientos establecidos por la OMM (Tabla 24).

Tabla 24. Análisis de consistencia y completitud de humedad relativa

Humedad relativa									
	Estación		Inicio	Fin	Long.	Faltantes	Faltantes [%]	Completitud [%]	Cumple
1	32065010	LEJANIAS	abr-89	oct-15	319	0	0.0	100.0	Cumple
2	32075030	VISTA HERMOSA	ene-83	jun-15	390	0	0.0	100.0	Cumple
3	32075040	LA HOLANDA	sep-82	mar-00	400	0	0.0	100.0	Cumple
4	32075050	MESETAS	abr-84	jun-25	495	0	0.0	100.0	Cumple
5	32075080	PUERTO LLERAS	feb-91	may-15	292	0	0.0	100.0	Cumple
6	35025110	LA LIBERTAD - AUT	ago-82	ago-25	517	0	0.0	100.0	Cumple
7	35035020	AEROPUERTO VANGUARDIA	ene-83	ago-25	512	0	0.0	100.0	Cumple

Fuente: Consorcio Sardinata 2025, apoyo IDEAM

3.3.6. Evaporación

La variable de evaporación cuenta con seis estaciones meteorológicas. Tras el análisis de consistencia y completitud, se determinó que todas ellas cumplen con los requerimientos establecidos por la OMM (Tabla 25).

Tabla 25. Análisis de consistencia y completitud de evaporación

Evaporación									
	Estación		Inicio	Fin	Long.	Faltantes	Faltantes [%]	Completitud [%]	Cumple
1	32065010	LEJANIAS	abr-89	ago-15	317	0	0.0	100.0	Cumple
2	32075030	VISTA HERMOSA	sep-85	dic-13	340	0	0.0	100.0	Cumple
3	32075050	MESETAS	dic-83	oct-18	419	0	0.0	100.0	Cumple
4	32075080	PUERTO LLERAS	ago-91	may-15	286	0	0.0	100.0	Cumple
5	35015050	BARBASCAL	may-92	oct-17	306	0	0.0	100.0	Cumple
6	35035020	AEROPUERTO VANGUARDIA	abr-77	sep-25	582	0	0.0	100.0	Cumple

Fuente: Consorcio Sardinata 2025, apoyo IDEAM

3.3.7. Brillo solar

La variable de brillo solar dispone de siete estaciones meteorológicas. Tras el análisis de consistencia y completitud, se identificó que todas ellas cumplen con los requerimientos establecidos por la OMM (Tabla 26).

Tabla 26. Análisis de consistencia y completitud de brillo solar

Brillo solar									
	Estación		Inicio	Fin	Long.	Faltantes	Faltantes [%]	Completitud [%]	Cumple
1	35035020	AEROPUERTO VANGUARDIA	Ene-95	Ene-24	349	3	0.9	99.1	Cumple
2	35025110	LA LIBERTAD - AUT	Feb-95	Feb-24	348	8	2.3	97.7	Cumple
3	32075050	MESETAS	Ene-95	Dic-23	348	49	14.1	85.9	Cumple
4	32075040	LA HOLANDA	Ene-86	Mar-15	351	28	8.0	92.0	Cumple
5	32075080	PUERTO LLERAS	Oct-90	Mar-15	294	16	5.4	94.6	Cumple
6	32075030	VISTA HERMOSA	Ene-86	Mar-15	351	77	21.9	78.1	Cumple
7	35015050	BARBASCAL	May-92	Ene-17	297	18	6.1	93.9	Cumple

Fuente: Consorcio Sardinata 2025, Apoyo IDEAM

3.3.8. Radiación solar

La variable de radiación solar dispone de cuatro estaciones meteorológicas; sin embargo, tras el análisis de consistencia y completitud, se determinó que únicamente dos de ellas cumplen con los requerimientos establecidos por la OMM (Tabla 27).

Tabla 27. Análisis de consistencia y completitud de radiación solar

Radiación solar									
	Estación		Inicio	Fin	Long.	Faltantes	Faltantes [%]	Completitud [%]	Cumple
1	35025110	LA LIBERTAD - AUT	ene-91	jul-18	87	21	24.1	75.9	No Cumple
2	35185010	LA PALOMERA - AUT	ene-91	oct-22	202	63	31.2	68.8	Cumple
3	35035110	SALINAS DE UPIN - AUT	ene-91	oct-22	166	19	11.4	88.6	Cumple
4	35035100	ICA VILLAVICENCIO - AUT	ene-91	oct-16	116	4	3.4	96.6	No Cumple

Fuente: Consorcio Sardinata 2025, apoyo IDEAM

3.3.9. Dirección del viento

La variable de dirección del viento contaba inicialmente con dos estaciones meteorológicas; no obstante, tras el análisis de consistencia y completitud, se identificó que únicamente una de ellas cumple con los requerimientos establecidos por la OMM (Tabla 28).

Tabla 28. Análisis de consistencia y completitud de dirección del viento

Dirección del viento									
	Estación		Inicio	Fin	Long.	Faltantes	Faltantes [%]	Completitud [%]	Cumple
1	35035020	AEROPUERTO VANGUARDIA	jun-84	oct-18	413	50	12.1	87.9	Cumple
2	35025110	LA LIBERTAD - AUT	ene-84	may-14	365	115	31.5	68.5	No Cumple

Fuente: Consorcio Sardinata 2025, apoyo IDEAM

3.3.10. Velocidad del viento

La variable de velocidad del viento cuenta con cuatro estaciones meteorológicas; sin embargo, tras el análisis de consistencia y completitud, se identificó que una de ellas cumple con los requerimientos establecidos por la OMM (Tabla 29).

Tabla 29. Análisis de consistencia y completitud de velocidad del viento

Velocidad del viento									
	Estación		Inicio	Fin	Long.	Faltantes	Faltantes [%]	Completitud [%]	Cumple
1	35035020	AEROPUERTO VANGUARDIA	jun-84	ene-18	404	43	10.6	89.4	Cumple
2	35025110	LA LIBERTAD - AUT	ene-84	may-14	365	115	31.5	68.5	No Cumple

Fuente: Consorcio Sardinata 2025, apoyo IDEAM

3.3.11. Caudales medios

Se cuenta con registros de caudal en una estación limnigráfica; al aplicar los criterios de consistencia y completitud definidos por la OMM, se confirma que dicha estación cumple con los requisitos necesarios para su inclusión en el análisis (Tabla 30).

Tabla 30. Análisis de consistencia y completitud de caudales medios

Caudales									
	Estación		Inicio	Fin	Long.	Faltantes	Faltantes [%]	Completitud [%]	Cumple
1	32077080	PUERTO RICO	ene-90	ene-25	421	9	2.1	97.9	Cumple

Fuente: Consorcio Sardinata 2025, apoyo IDEAM

3.3.12. Caudales medios diarios

Se cuenta con registros de caudal en una estación limnigráfica; al aplicar los criterios de consistencia y completitud establecidos por la OMM, se confirma que dicha estación cumple con los requisitos necesarios para su inclusión en el análisis (Tabla 31).

Tabla 31. Análisis de consistencia y completitud de caudales medios

Caudales diarios									
	Estación		Inicio	Fin	Long.	Faltantes	Faltantes [%]	Completitud [%]	Cumple
1	32077080	PUERTO RICO	ene-90	ago-25	12996	310	2.4	97.6	Cumple

Fuente: Consorcio Sardinata 2025, apoyo IDEAM

3.4. Complementación de las series

Existen múltiples razones por las cuales las entidades encargadas de la operación de las estaciones hidrometeorológicas dejan de reportar información de las variables medidas durante algunos periodos de tiempo. La ausencia de estos datos, denominados datos faltantes, dificulta el análisis de las series de tiempo de las variables medidas, por lo tanto, se convierte en una tarea importante buscar un mecanismo adecuado que permita "complementar" estos datos faltantes, de tal forma que se refleje el posible registro de esos periodos de tiempo (V. Sanchez,2016).

La complementación de los datos faltantes se hace a partir de un polinomio de segundo grado donde las variables utilizadas son predictores exógenos y endógenos producto de la autocorrelación. La complementación de series solo tiene lugar para los análisis que requieran de series completas como lo es la prueba de aleatoriedad, de manera que, para aquellos análisis que no requieren series completas el rellenado se evita disminuyendo así la incertidumbre (Corporación Autónoma Regional (CAR), 2018).

Asimismo, los datos anómalos detectados mediante la aplicación de la prueba estadística de Grubbs fueron excluidos del registro histórico, con el fin de garantizar la homogeneidad y consistencia de la serie temporal. Posteriormente, dichos valores atípicos fueron estimados mediante interpolación utilizando un ajuste polinómico de segundo grado, lo que permite una aproximación adecuada al comportamiento natural de la variable analizada sin introducir distorsiones significativas en la tendencia de los datos.

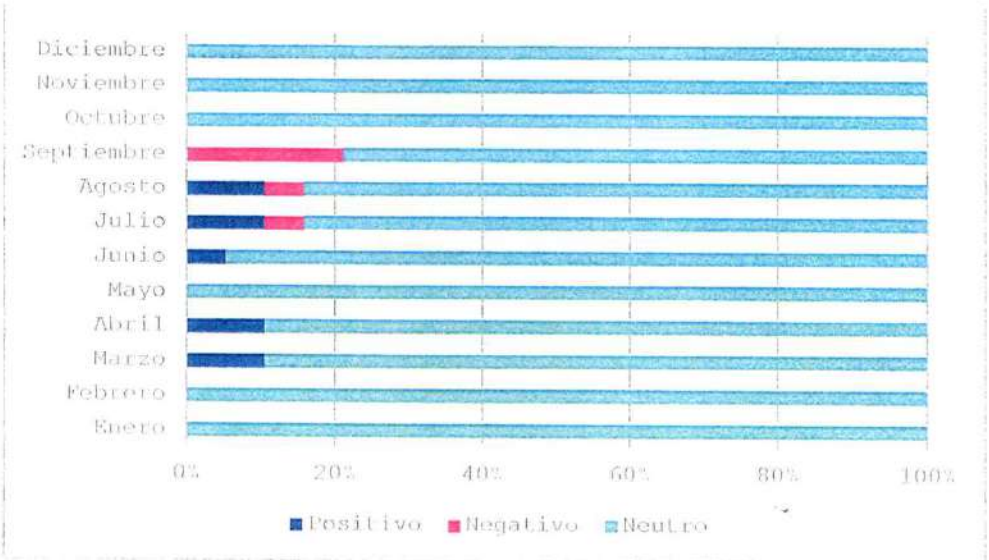
3.5. Tendencias

La prueba de tendencia se realizó mediante el método de Mann-Kendall para un nivel de confianza del 90%. El método estadístico propone una hipótesis nula (H0) que afirma que no existe una tendencia en la serie mientras que la hipótesis alternativa (Ha) propone que existe una tendencia, la cual puede ser positiva cuando la variable tiende a aumentar o negativa cuando la variable tiende a disminuir (Anexo B.2.2).

3.5.1. Precipitación total

En la Gráfica 1 se presenta la tendencia de la precipitación total en la microcuenca del Caño Sardinata. Se observa que el 11% de las estaciones registran una tendencia positiva entre marzo y agosto, con excepción de mayo y junio. Por otro lado, en septiembre, el 21% de las estaciones muestran una tendencia negativa. En los meses restantes, la totalidad de las estaciones (100%) evidencian un comportamiento neutral.

Gráfica 1 Tendencia de la precipitación con base en las estaciones meteorológicas

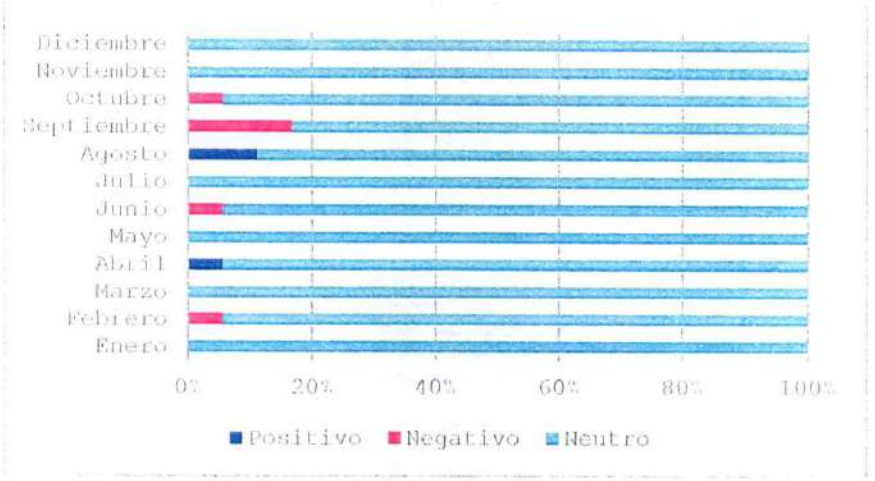


Fuente: Consorcio Sardinata 2025

3.5.2. Precipitación máxima en 24 horas

En la Gráfica 2, se observa que entre el 83% y el 100% de las estaciones meteorológicas presentan una tendencia neutral a lo largo del año para la precipitación máxima en 24 horas. No obstante, en los meses de febrero, junio, septiembre y octubre, entre el 6% y el 17% de las estaciones muestran una tendencia negativa, mientras que en abril y agosto se identifica una tendencia positiva que oscila entre el 6% y el 11%.

Gráfica 2 Tendencia de la precipitación máxima en 24 horas con base en las estaciones meteorológicas

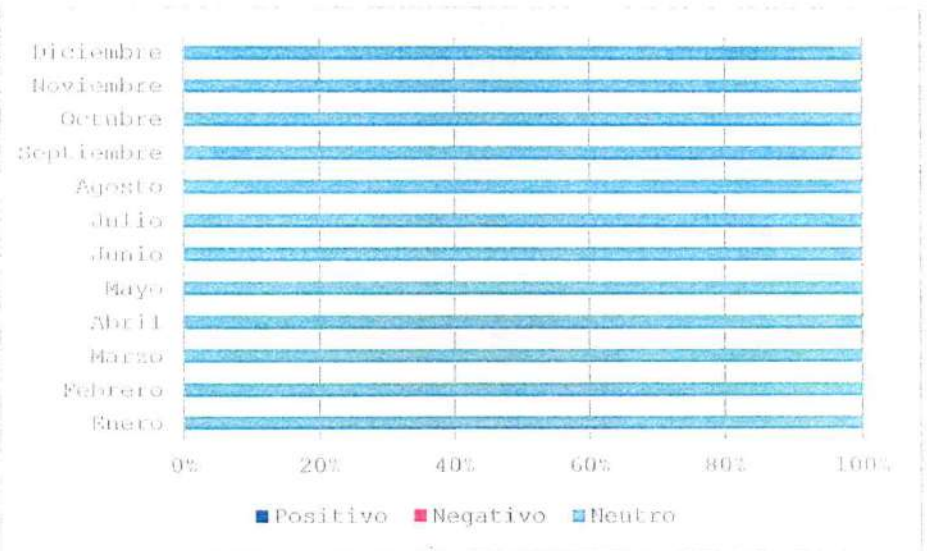


Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.5.3. Precipitación diaria

La Gráfica 3, muestra que el 100% de las estaciones meteorológicas analizadas presentan una tendencia neutral en la precipitación diaria a lo largo del año. Este resultado indica que, dentro del periodo evaluado, no se evidencian patrones consistentes de incremento ni de disminución sostenida en los valores diarios de precipitación.

Gráfica 3 Tendencia de la precipitación diaria con base en las estaciones meteorológicas

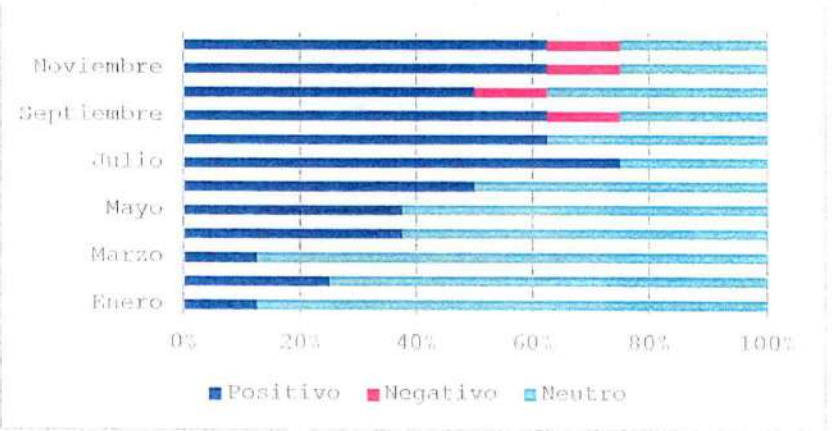


Fuente: Consorcio Sardinata 2025

3.5.4. Temperatura media

En la Gráfica 4, se observa que entre el 25% y el 88% de las estaciones meteorológicas presentan una tendencia neutra en la variable de temperatura a lo largo del año. Asimismo, entre el 17% y el 75% de las estaciones registran una tendencia positiva en todos los meses, mientras que un 13% evidencia una tendencia negativa entre septiembre y diciembre.

Gráfica 4 Tendencia de la temperatura media con base en las estaciones meteorológicas

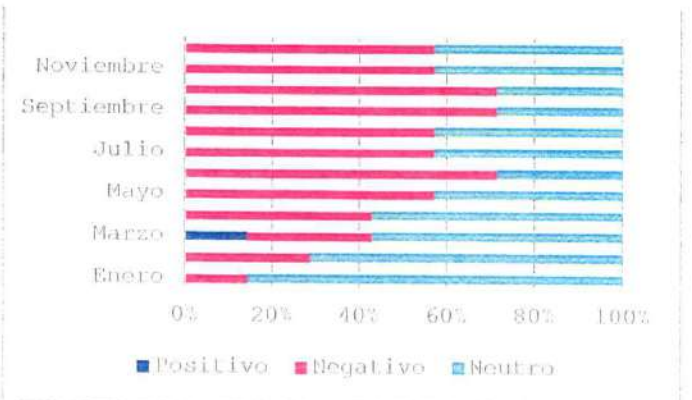


Fuente: Consorcio Sardinata 2025

3.5.5. Humedad relativa

En la variable de humedad relativa se evidencia que, a lo largo de todos los meses, entre el 29% y el 86% de las estaciones presentan una tendencia neutra, con excepción de marzo, donde el 14% registra una tendencia positiva. Enero concentra el mayor valor de tendencia neutra con un 86%, mientras que en junio, septiembre y octubre el 71% de las estaciones muestra una tendencia negativa.

Gráfica 5 Tendencia de la humedad relativa con base en las estaciones meteorológicas

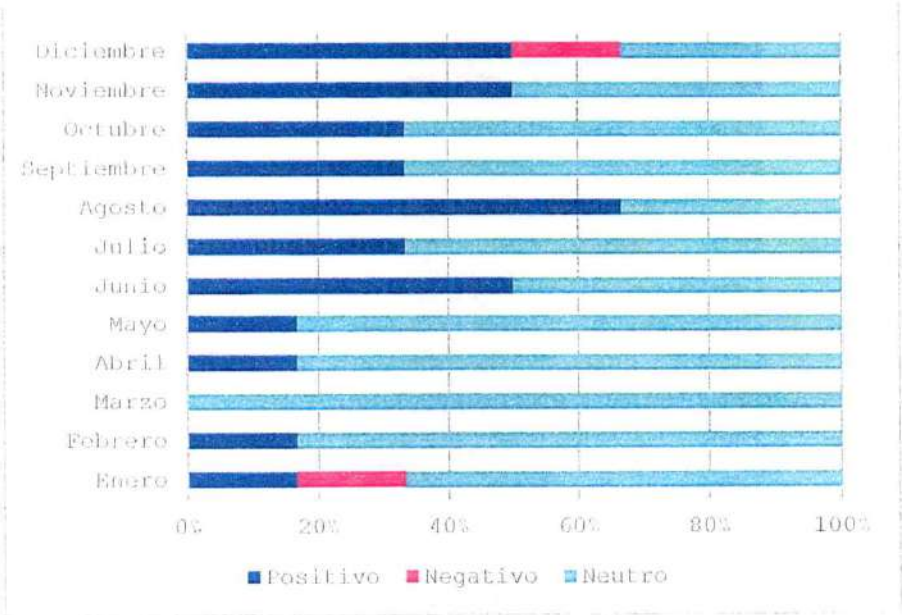


Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.5.6. Evaporación

En la Gráfica 6 se muestra la tendencia de la evaporación en la microcuenca del Caño Sardinata. A lo largo del año, entre el 50% y el 100% de las estaciones presentan una tendencia neutral. No obstante, en enero y diciembre se observa una tendencia negativa en el 17% de las estaciones. En todos los meses, entre el 17% y el 50% de las estaciones evidencian una tendencia positiva, con excepción de marzo, cuando la totalidad de las estaciones registran una tendencia neutral.

Gráfica 6 Tendencia de la evaporación con base en las estaciones meteorológicas

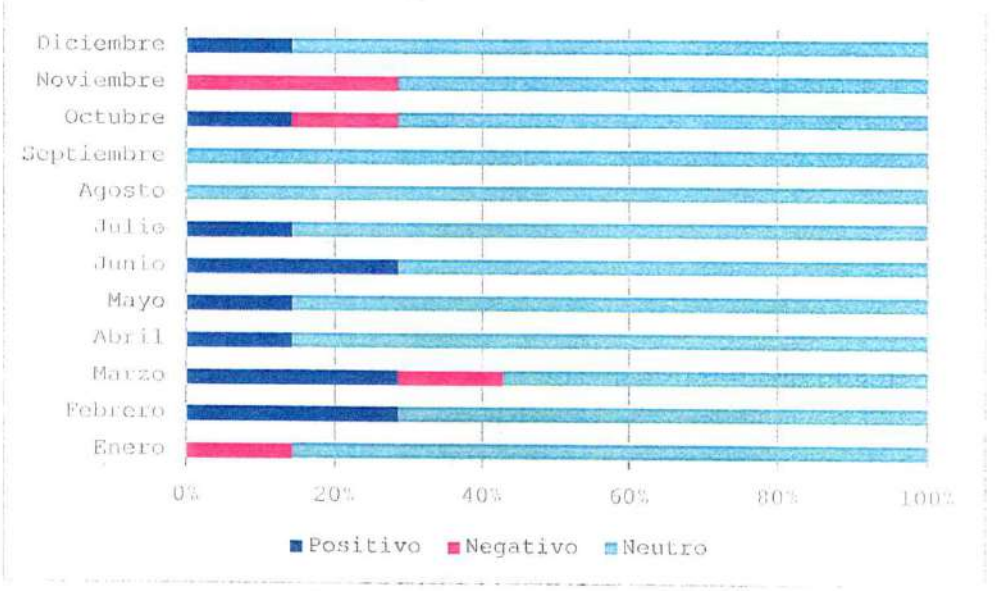


Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.5.7. Brillo solar

En la Gráfica 7 se muestra la tendencia del brillo solar en la microcuenca del Caño Sardinata. Se evidencia que entre el 71% y el 100% de las estaciones mantienen una tendencia neutral a lo largo del año. Por su parte, entre el 14% y el 29% de las estaciones registran una tendencia positiva entre febrero y julio, así como en octubre y diciembre. En contraste, en los meses de enero, marzo, octubre y noviembre, entre el 14% y el 29% de las estaciones presentan una tendencia negativa.

Gráfica 7 Tendencia del brillo solar con base en las estaciones meteorológicas

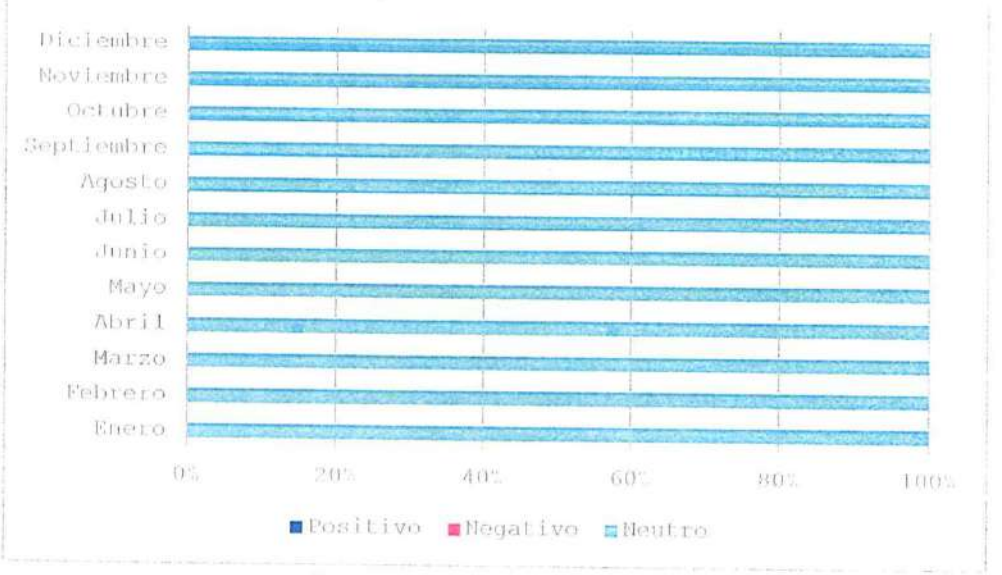


Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.5.8. Radiación solar

En la Gráfica 8, se presenta la tendencia de la radiación solar, donde se evidencia que el 100% de las cuatro estaciones analizadas registran un comportamiento neutral a lo largo de todo el año.

Gráfica 8 Tendencia de la radiación solar con base en las estaciones meteorológicas

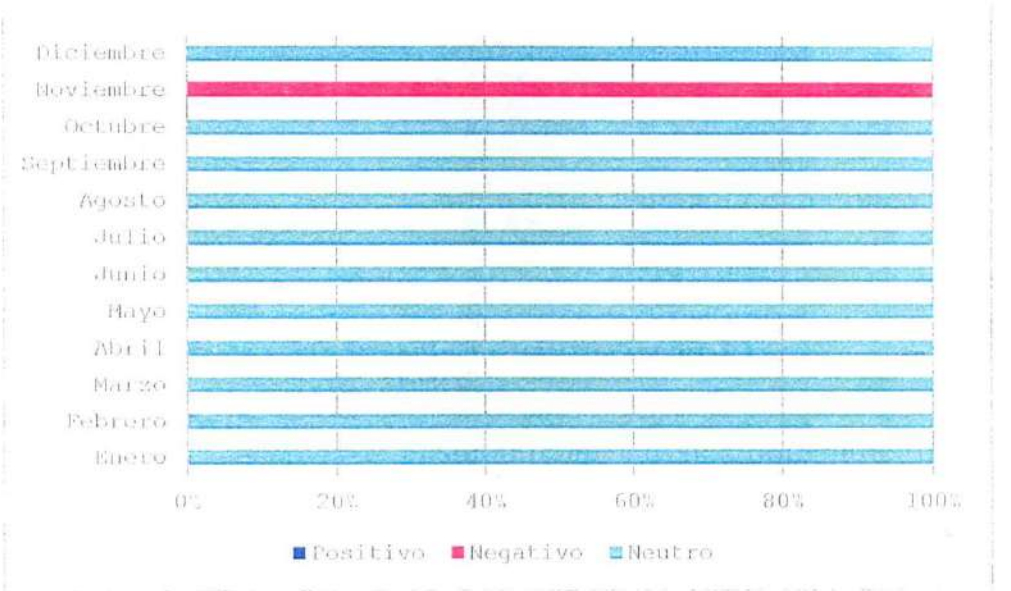


Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.5.9. Dirección del viento

En la Gráfica 9, se muestra la tendencia de la dirección del viento, donde se observa que el 100% de las estaciones analizadas presentan un comportamiento neutral durante todo el año, excepto en noviembre, mes en el que el 100% registra una tendencia negativa.

Gráfica 9 Tendencia de la dirección del viento con base en las estaciones meteorológicas

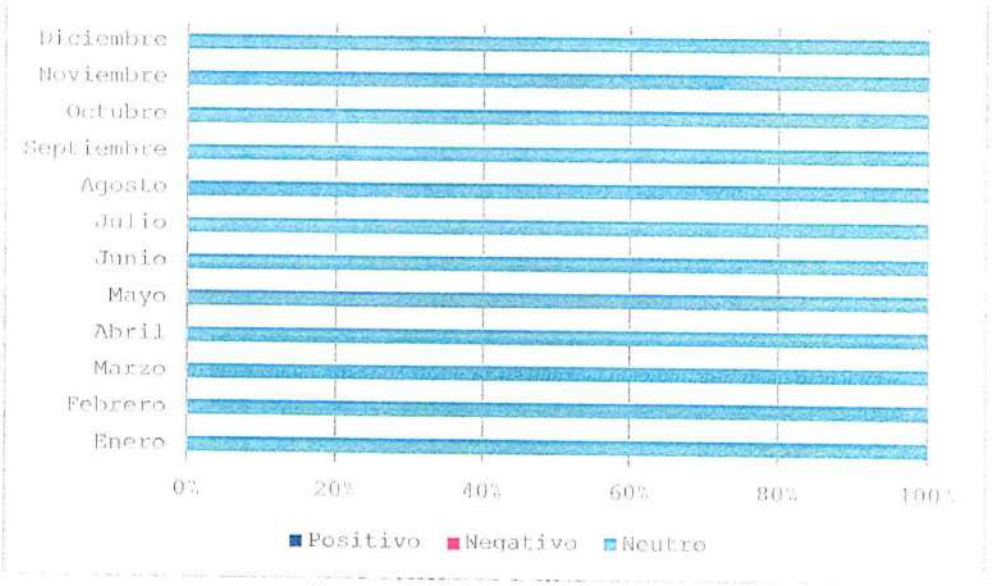


Fuente: Consorcio Sardinata 2025

3.5.10. Velocidad del viento

La Gráfica 10, presenta el análisis de la tendencia de la velocidad del viento en la microcuenca, evidenciando que las cuatro estaciones evaluadas mantienen de forma consistente una tendencia neutral durante todo el año.

Gráfica 10 Tendencia de la velocidad del viento con base en las estaciones meteorológicas

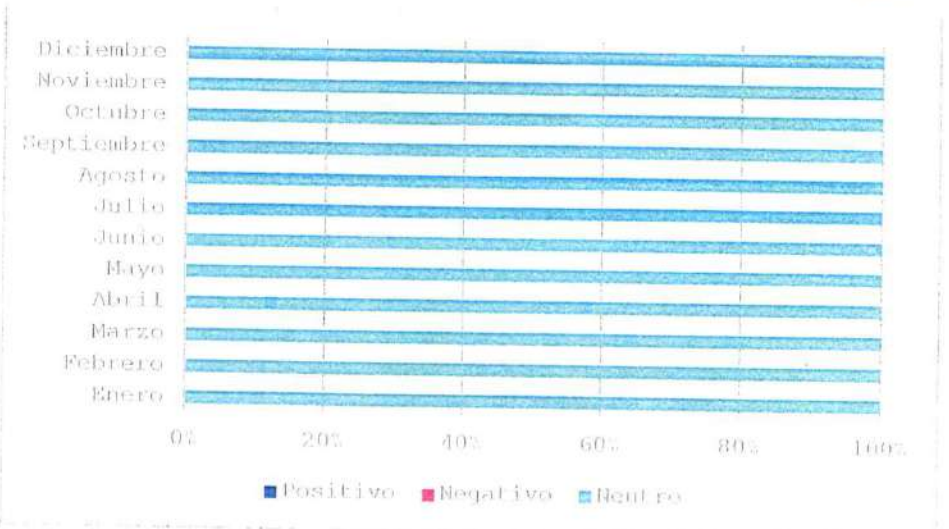


Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.5.11. Caudales medios mensuales

En la Gráfica 11, se observa la tendencia de caudales medios mensuales de la microcuenca del Caño Sardinata. Se puede evidenciar que el 100% de las estaciones identifican una tendencia neutral durante todo el año.

Gráfica 11 Tendencia de caudales medios con base en las estaciones hidrometeorológicas

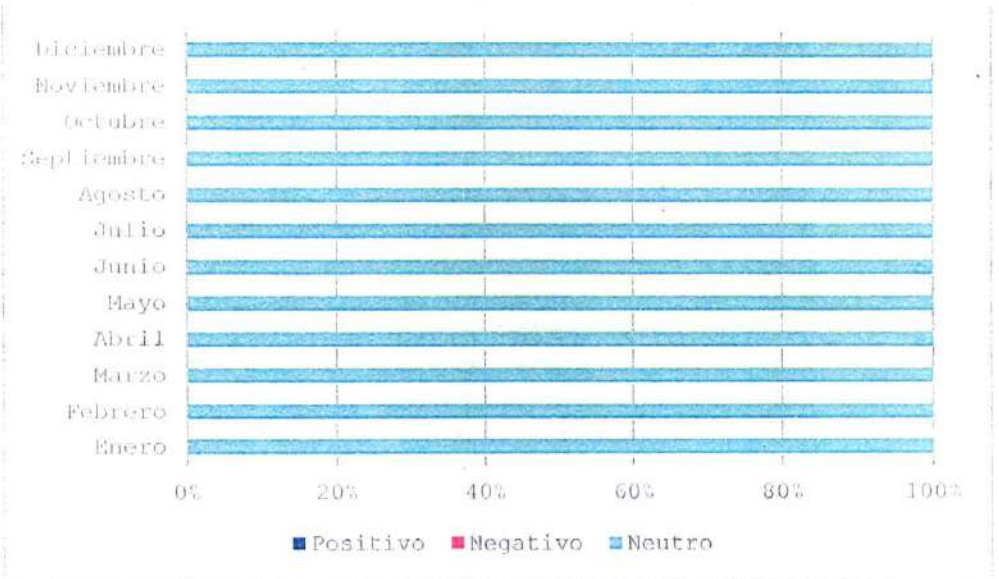


Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.5.12. Caudales medios diarios

La Gráfica 12, presenta la tendencia de los caudales medios diarios en la microcuenca del Caño Sardinata. Se observa que el 100% de las estaciones registran un comportamiento neutral a lo largo de todo el año.

Gráfica 12 Tendencia de caudales medios con base en las estaciones hidrometeorológicas



Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.6. Aleatoriedad

Se implementó una prueba de rachas, esta prueba permite identificar conjuntos estadísticos, para este caso mensual, que no sigan ninguna tendencia, ciclo, estacionalidad o algún tipo de patrón.

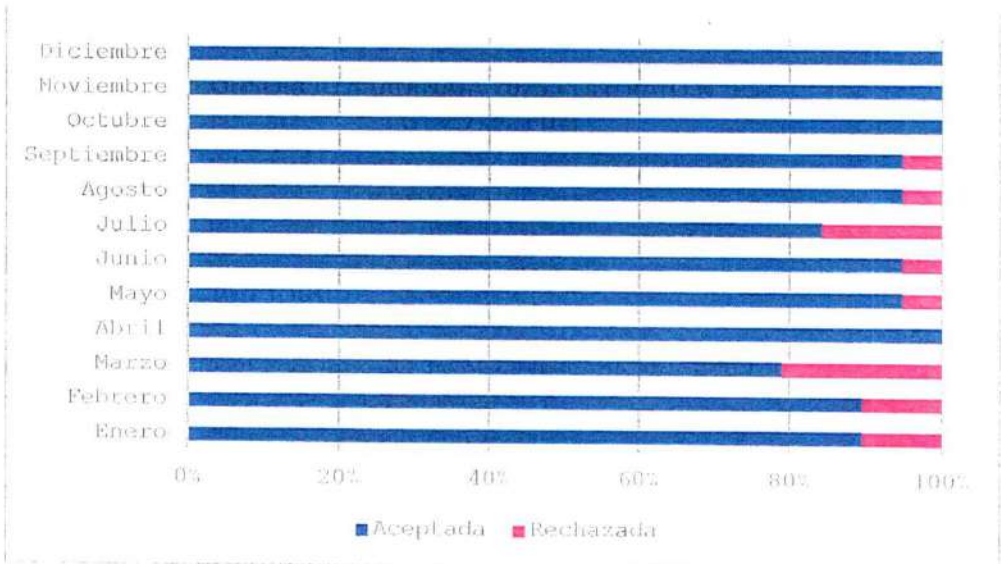
La aplicación de esta prueba permite la elección del tratamiento estadístico, para obtener los momentos estadísticos o caracterizar probabilísticamente la variable. Si el conjunto estadístico resulta no aleatorio debe prestarse especial atención a dichas series en la aplicación de la prueba de ajuste, debido a que podrían no ajustarse a ninguna distribución y en consecuencia no se podría calcularse el valor esperado. Los resultados completos de la prueba de aleatoriedad se presentan en el anexo B.2.3

A continuación, se muestra la representación espacial del resultado de la prueba de aleatoriedad por variable para cada conjunto estadístico y el resumen anual, soportando por unas barras que dan mayor claridad de los porcentajes de estaciones donde se acepta o no la prueba de aleatoriedad.

3.6.1. Precipitación total

La Gráfica 13 presenta el mosaico de la prueba de aleatoriedad aplicada a la variable de precipitación, en la cual más del 84% de las estaciones meteorológicas superaron satisfactoriamente la prueba. Sin embargo, se identifican meses con rechazos que requieren especial atención: el 21% de las estaciones en marzo, el 16% en julio, el 11% en enero y febrero, y el 5% en mayo, junio, septiembre y octubre. Estos resultados sugieren la presencia de posibles patrones sistemáticos que deben ser considerados en la etapa de ajuste con distribuciones hidrológicas.

Gráfica 13 Prueba de aleatoriedad para la precipitación

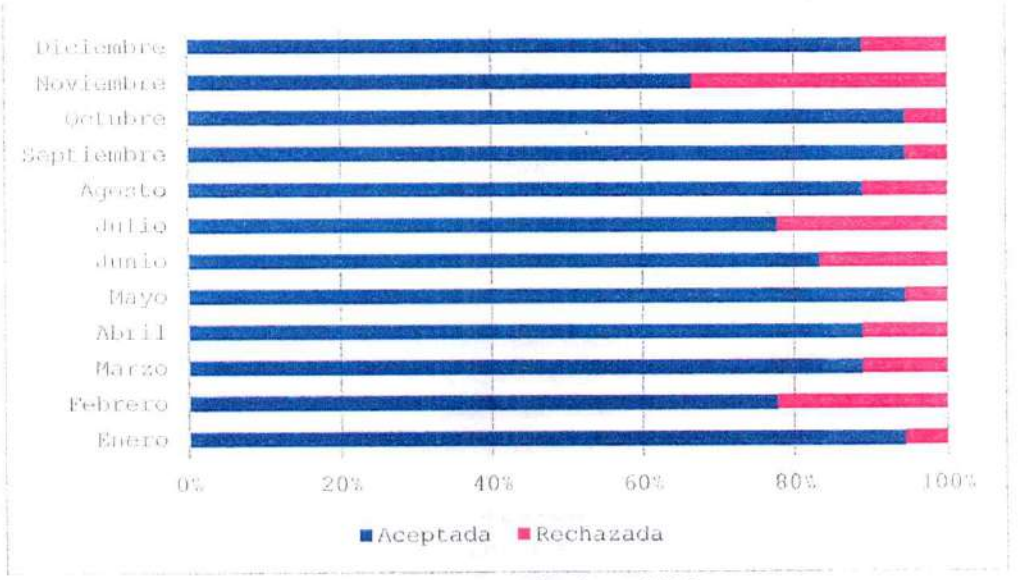


Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.6.2. Precipitación máxima en 24 horas

La Gráfica 14 muestra el mosaico que ilustra el comportamiento espacial de la prueba de aleatoriedad. Se observa que entre el 79% y el 100% de las estaciones cumplen con los criterios establecidos durante todos los meses. No obstante, en noviembre el 33% de las estaciones no superaron la prueba, lo que sugiere la presencia de posibles patrones sistemáticos en los datos. Asimismo, en febrero y julio el 22% de las estaciones fueron rechazadas, mientras que en los demás meses este porcentaje varió entre el 6% y el 11%. En caso de que dichas estaciones no se ajusten de manera adecuada a las diez distribuciones hidrológicas consideradas en este estudio, será necesario evaluar distribuciones adicionales que permitan obtener un ajuste más preciso.

Gráfica 14 Prueba de aleatoriedad para la precipitación máxima en 24 horas

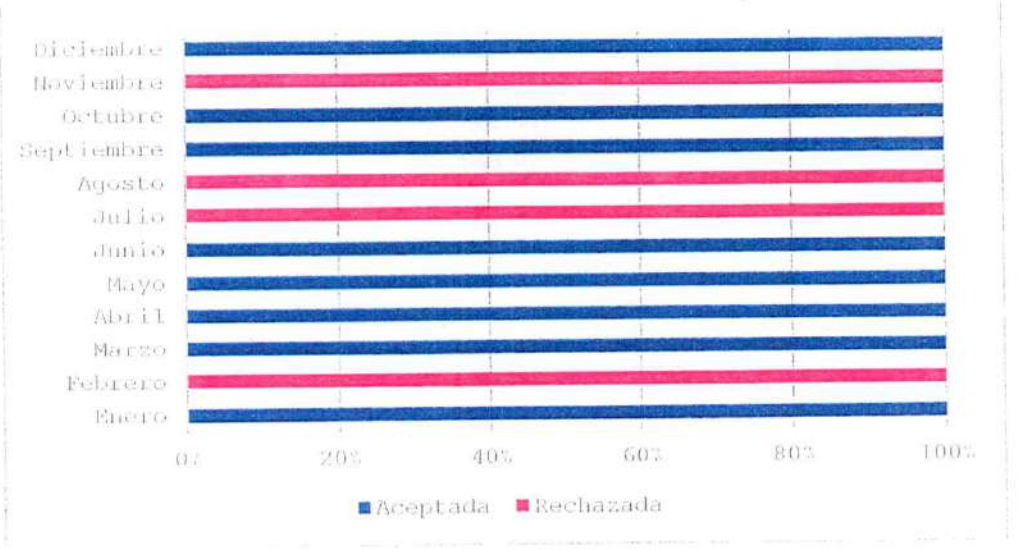


Fuente: Consorcio Sardinata 2025

3.6.3. Precipitación diaria

La Gráfica 15 muestra que el 100% de las estaciones meteorológicas que registran la variable de caudales presentan un comportamiento aleatorio para todos los meses a excepción de febrero, julio, agosto y noviembre.

Gráfica 15 Prueba de aleatoriedad para caudales medios

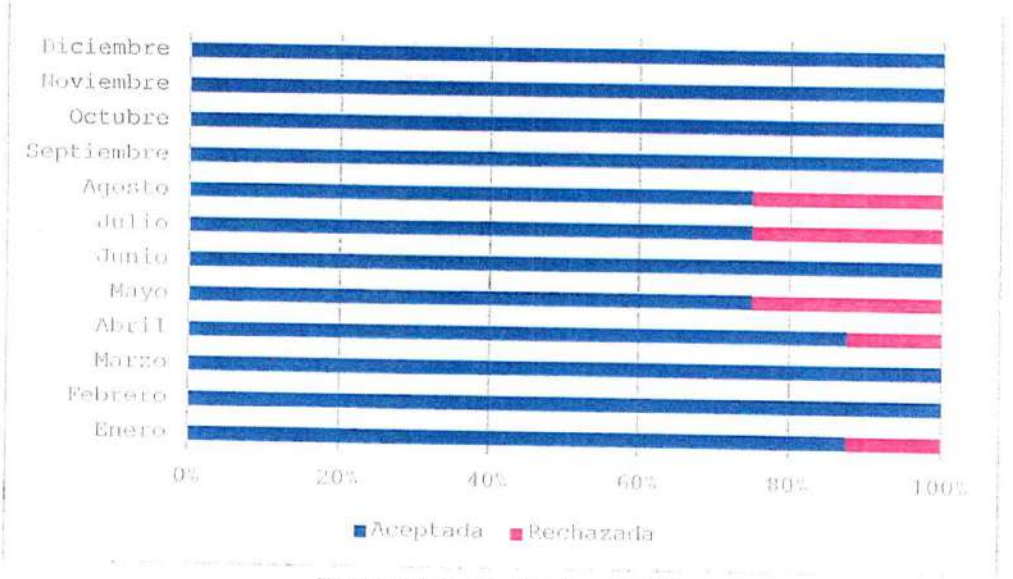


Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.6.4. Temperatura media

La Gráfica 16 muestra que el 100% de las estaciones meteorológicas que registran la variable de temperatura presentan un comportamiento aleatorio en los meses de febrero, marzo, junio y de septiembre a diciembre. En los meses restantes, entre el 13% y el 25% de las estaciones fueron rechazadas por la prueba. En general, la mayoría de los datos cumplen con los criterios establecidos de aleatoriedad.

Gráfica 16 Prueba de aleatoriedad para la temperatura media

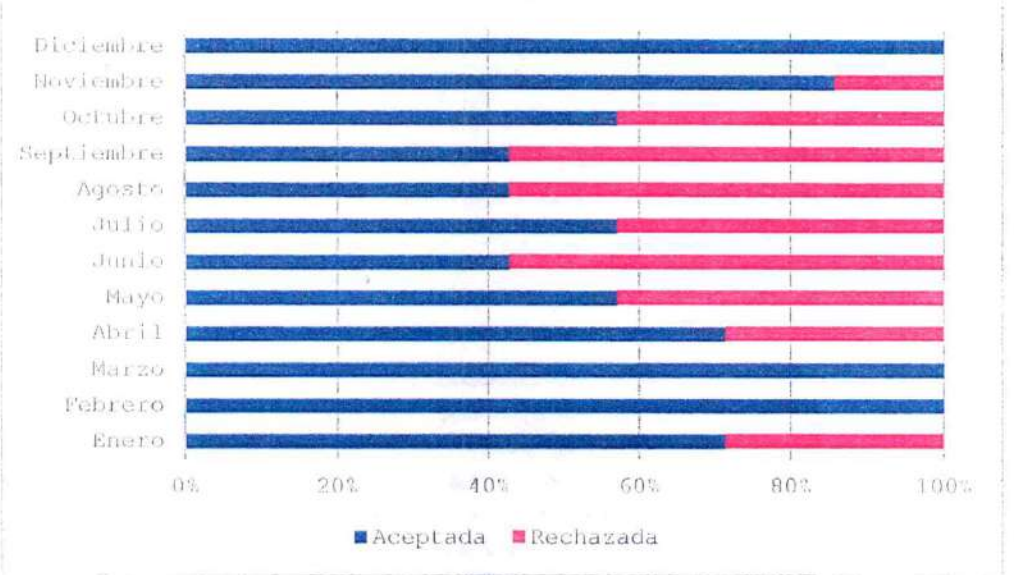


Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.6.5. Humedad relativa

En la Gráfica 17 se observa que la variable de humedad relativa supera la prueba de aleatoriedad en el 100% de las estaciones durante los meses de febrero, marzo y diciembre. En contraste, en junio, agosto y septiembre el 57% de las estaciones fueron rechazadas, mientras que en los demás meses este porcentaje varió entre el 14% y el 43%.

Gráfica 17 Prueba de aleatoriedad para la humedad relativa

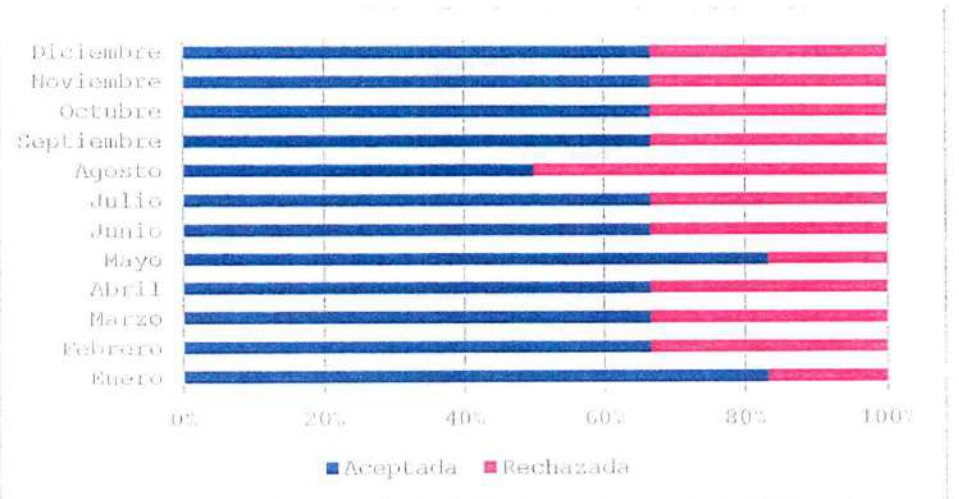


Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.6.6. Evaporación

La Gráfica 18 presenta el mosaico de la prueba de aleatoriedad aplicada a la variable de evaporación. En agosto, el 50% de las estaciones fueron rechazadas, evidenciando un comportamiento menos aleatorio en este mes. En enero y mayo, únicamente el 17% de las estaciones no superaron la prueba, mientras que en los meses restantes alrededor del 33% de las estaciones presentaron rechazo.

Gráfica 18 Prueba de aleatoriedad para la evaporación



Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.6.7. Brillo solar

La Gráfica 19 presenta el mosaico correspondiente a la prueba de aleatoriedad aplicada a la variable de brillo solar. El 100% de las estaciones superaron satisfactoriamente dicha prueba en los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre, lo que permite continuar con el análisis de ajuste estadístico. Sin embargo, entre el 14 al 43% de las estaciones rechazaron la hipótesis de aleatoriedad, particularmente en los meses de julio y agosto con un porcentaje del 29% y el 43% respectivamente.

Gráfica 19 Prueba de aleatoriedad para el brillo solar

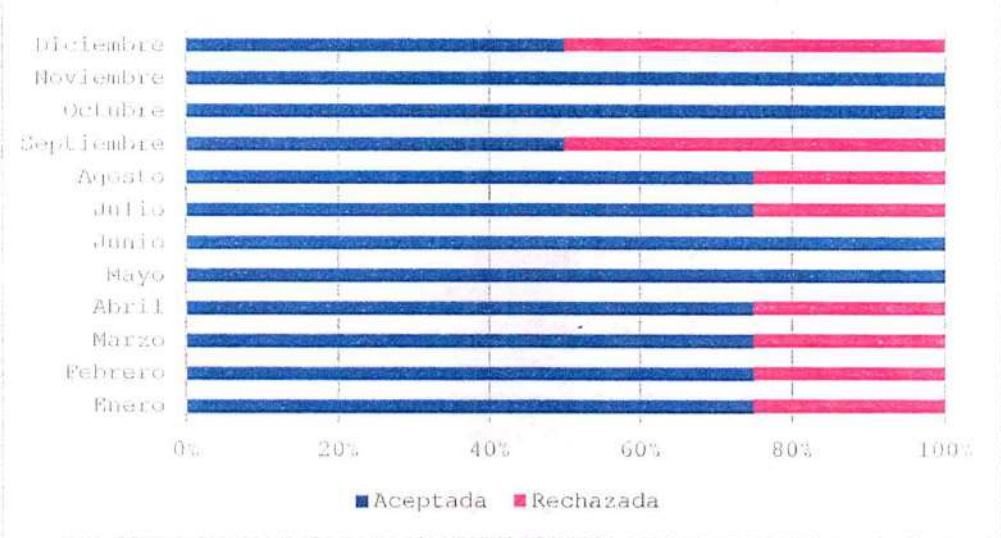


Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.6.8. Radiación solar

La Grafica 20 presenta el mosaico de la prueba de aleatoriedad aplicada a la variable de radiación solar. El 100% de las estaciones meteorológicas superaron satisfactoriamente la prueba en los meses de mayo, junio, octubre y noviembre, lo que respalda la continuidad del análisis de ajuste estadístico. No obstante, en septiembre y diciembre el 50% de las estaciones rechazaron la hipótesis de aleatoriedad, mientras que en los demás meses este rechazo alcanzó alrededor del 25%, con mayor incidencia en febrero, junio, septiembre y octubre.

Gráfica 20 Prueba de aleatoriedad para la radiación solar

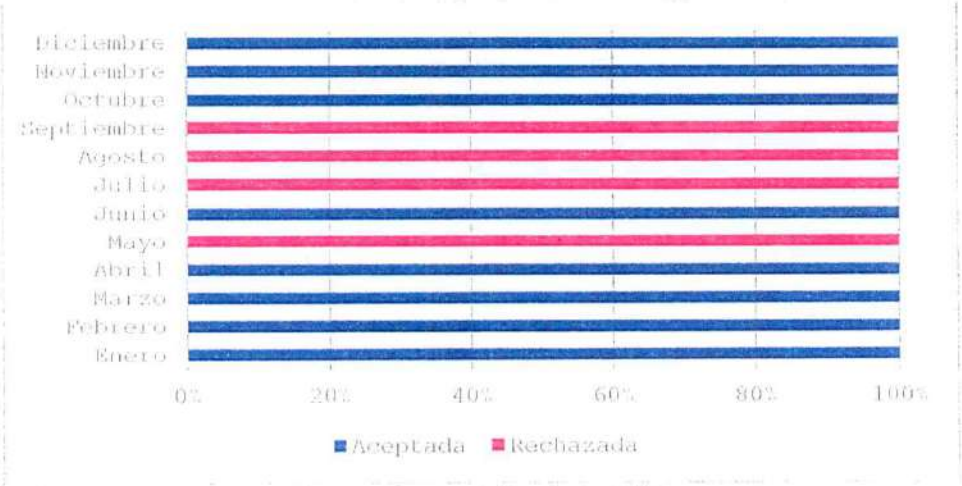


Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.6.9. Dirección del viento

La Gráfica 21 muestra el mosaico de la prueba de aleatoriedad aplicada a la variable de dirección del viento. El 100% de las estaciones meteorológicas superaron satisfactoriamente la prueba entre los meses de octubre y abril, así como en junio, lo que respalda la continuidad del análisis de ajuste estadístico. En contraste, cerca del 100% de las estaciones rechazaron la hipótesis de aleatoriedad durante mayo y de julio a septiembre.

Gráfica 21 Prueba de aleatoriedad para la dirección del viento

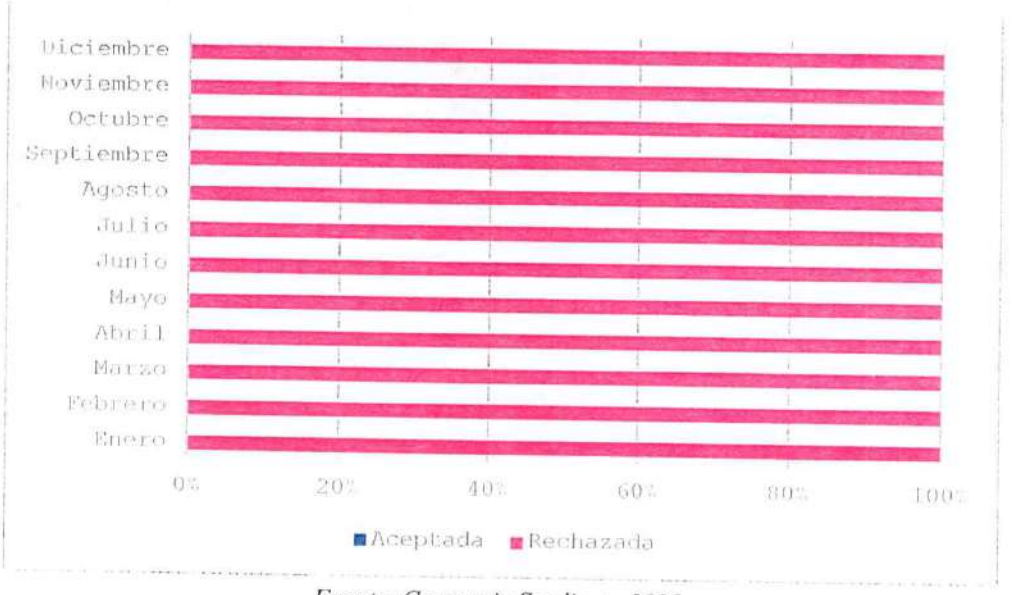


Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.6.10. Velocidad del viento

La Gráfica 22 presenta el mosaico de la prueba de aleatoriedad aplicada a la variable de velocidad del viento, donde se observa que el 100% de las estaciones meteorológicas no superaron la prueba en ninguno de los meses analizados.

Gráfica 22 Prueba de aleatoriedad para la velocidad el viento



Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.6.11. Caudales medios mensuales

La Gráfica 23 muestra que el 100% de las estaciones meteorológicas que registran la variable de caudales medios mensuales presentan un comportamiento aleatorio. En la mayoría de los casos, los datos cumplen con los criterios establecidos por la prueba de aleatoriedad, sin embargo, estos datos son la excepción.

Gráfica 23 Prueba de aleatoriedad para caudales medios

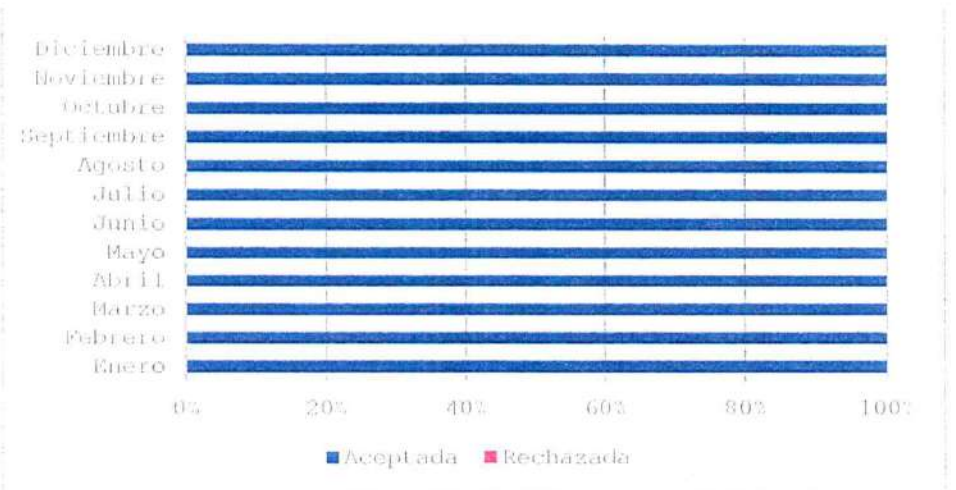


Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.6.12. Caudales medios diarios

La Gráfica 24 evidencia que el 100% de las estaciones meteorológicas que registran la variable de caudales presentan un comportamiento aleatorio. En la mayoría de los casos, los registros cumplen con los criterios definidos por la prueba de aleatoriedad; no obstante, se identifican algunas excepciones.

Gráfica 24 Prueba de aleatoriedad para caudales medios



Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

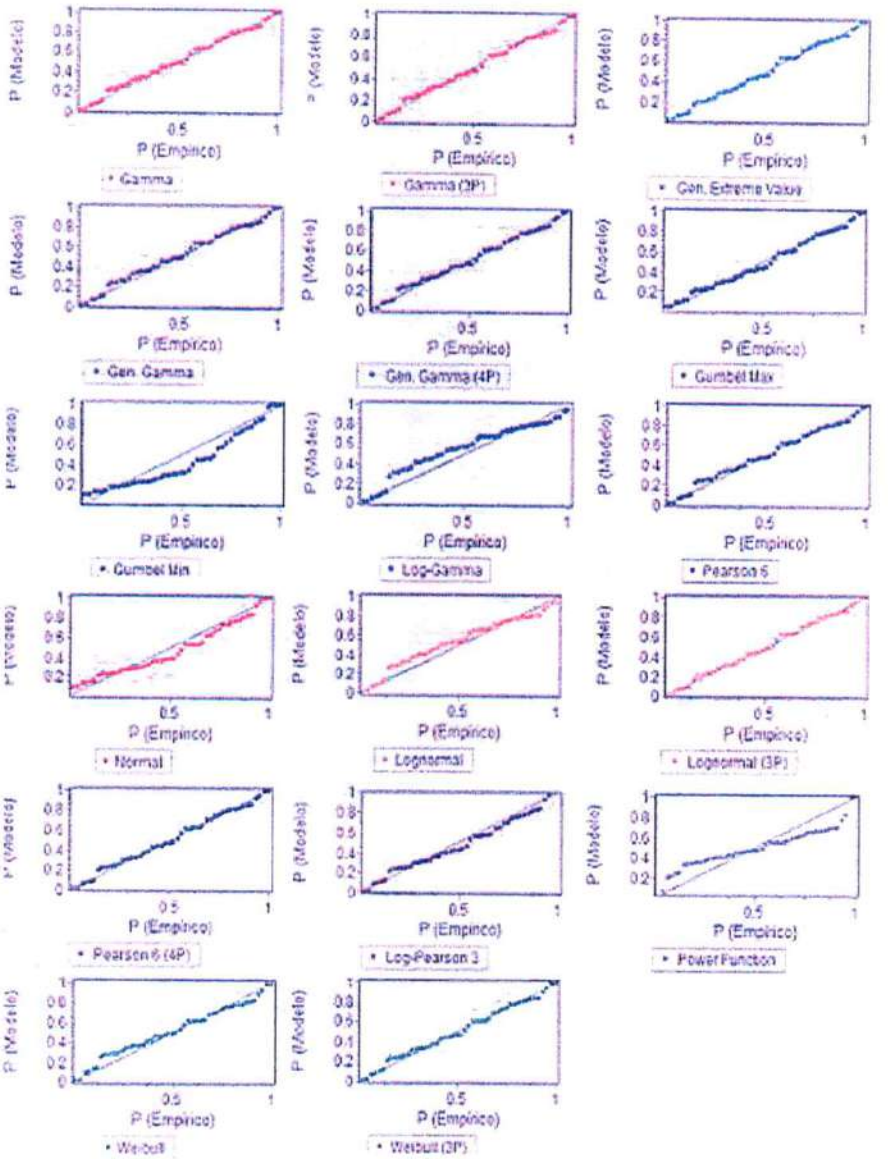
3.7. Ajuste

La prueba de ajuste busca determinar si la distribución empírica de los datos observados corresponde a una distribución teórica. Dado que solo se aplica a series aleatorias, es indispensable verificar previamente la aleatoriedad mediante la prueba de rachas.

En hidroclimatología suelen considerarse doce distribuciones teóricas, de las cuales se aplican diez en este estudio: ocho pruebas básicas más dos adicionales para los casos en que no se supera la prueba de aleatoriedad. La selección de la distribución más adecuada se realiza con la prueba de Kolmogorov, complementada por criterios de error medio y máximo en caso de empates. Ajustar una variable a una distribución teórica permite aproximarse al rango de magnitudes con sus probabilidades y estimar parámetros estadísticos más representativos del comportamiento real.

La Ilustración 1 ilustra este proceso con un ejemplo: el análisis del mes de diciembre de la precipitación total. En el gráfico, los puntos muestran las probabilidades de no excedencia de la distribución empírica, mientras que la línea representa el ajuste teórico.

Ilustración 1 Prueba de ajuste de precipitación total.



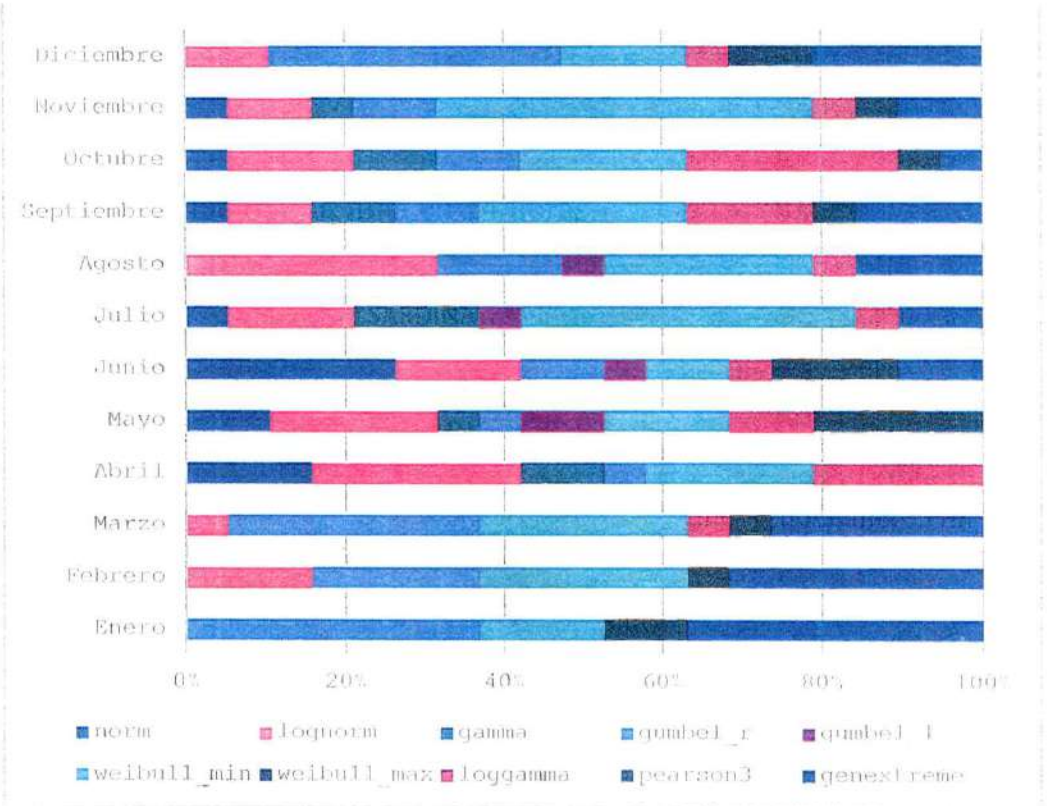
Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.7.1. Precipitación total

La Gráfica 25 muestra el porcentaje de ajuste de los datos mensuales de precipitación total a diferentes distribuciones estadísticas. Se observa que las distribuciones Gen Extreme, Gumbel_r y Weibull mínima presentan un mejor desempeño en varios meses, destacándose como las más representativas de la variabilidad de la precipitación. En particular, la Gen Extreme alcanza porcentajes elevados en los meses de enero, febrero y marzo; la Gumbel_r

en enero, marzo y diciembre; y la Weibull mínima en julio y noviembre. En contraste, distribuciones como Weibull máxima y Gamma muestran escaso ajuste en la mayoría de los meses, lo que evidencia una menor capacidad para describir el comportamiento de los datos.

Gráfica 25 Ajuste de los conjuntos estadísticos por distribución para la precipitación



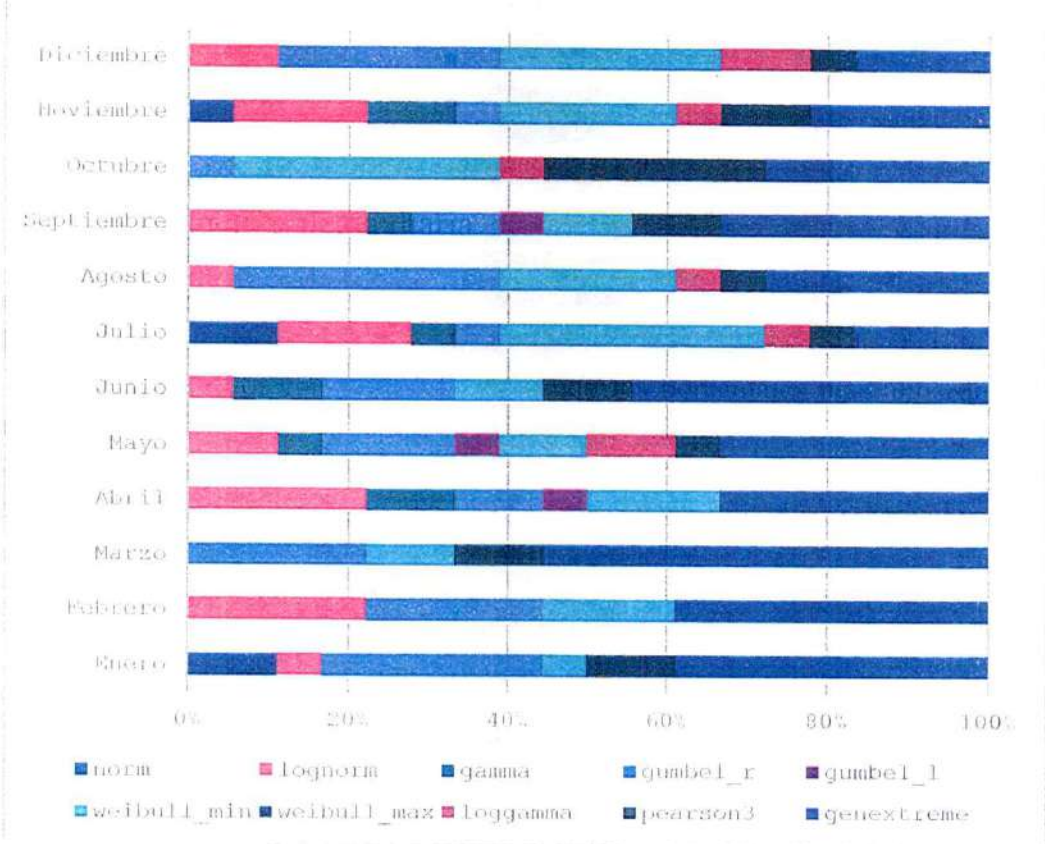
Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.7.2. Precipitación máxima en 24 horas

En la Gráfica 26 se presentan los porcentajes de ajuste de la precipitación máxima en 24 horas a las distribuciones estadísticas evaluadas. Los resultados permiten identificar que la Gen Extreme es la distribución con mayor consistencia, registrando los porcentajes más altos de ajuste en la mayoría de los meses, con especial relevancia en marzo (56%), así como en enero y febrero (39%). Por su parte, la Gumbel_r también muestra un comportamiento favorable en varios meses, particularmente en enero, febrero y diciembre. La Weibull mínima exhibe un ajuste moderado, destacándose en julio, agosto y octubre con valores superiores al 30%. En contraste, distribuciones como Gamma, Weibull máxima y Loggamma presentan un desempeño limitado, con bajos porcentajes de ajuste en casi todos los meses, lo que

evidencia una menor capacidad para representar adecuadamente la variabilidad de la precipitación máxima.

Gráfica 26 Ajuste de los conjuntos estadísticos por distribución para la precipitación máxima en 24 horas

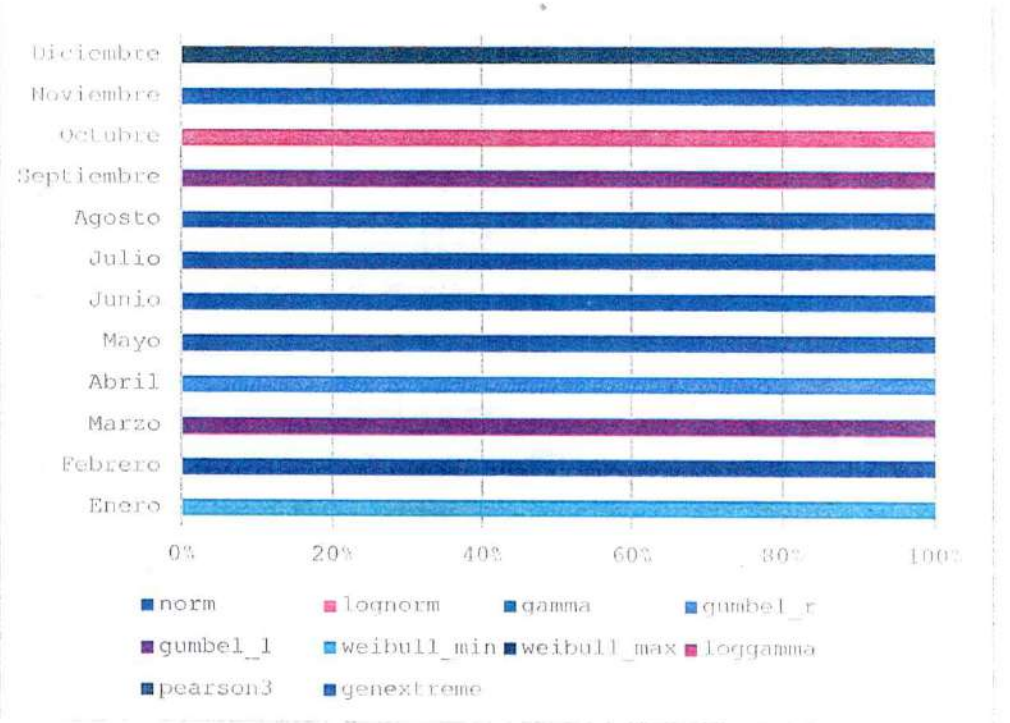


Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.7.3. Precipitación media diaria

La Gráfica 27 presenta los porcentajes de ajuste de la precipitación media diaria frente a las distribuciones estadísticas evaluadas. Los resultados muestran que la distribución Gen Extreme ofrece la mayor consistencia, alcanzando los porcentajes más altos de ajuste en febrero, de mayo a agosto y en noviembre. La distribución Gumbel I presenta un comportamiento favorable en marzo y septiembre. En contraste, distribuciones como Weibull mínima, Gumbel R y Loggamma evidencian un desempeño limitado, registrando el 100% de ajuste únicamente en los meses restantes.

Gráfica 27 Ajuste de los conjuntos estadísticos por distribución para la precipitación máxima en 24 horas

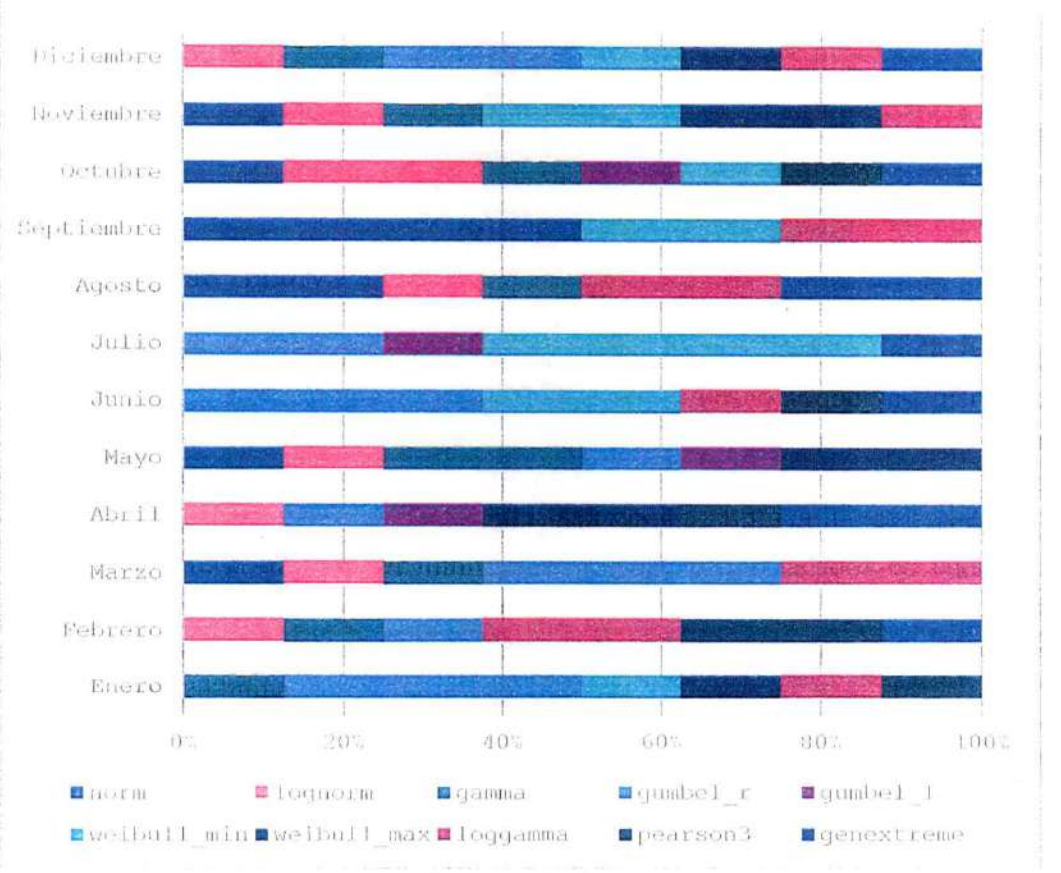


Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.7.4. Temperatura media

La Gráfica 28 resume el grado de ajuste de las distribuciones estadísticas evaluadas frente a los datos mensuales de temperatura. Los resultados indican que la Gumbel_r es una de las distribuciones más representativas, con altos porcentajes de ajuste en los meses de enero, marzo, junio y julio. Asimismo, la Weibull mínima alcanza porcentajes relevantes en julio (50%) y septiembre (25%). La Loggamma y la Pearson3 presentan un comportamiento intermedio, destacándose en febrero y marzo con valores cercanos al 25%. Por otro lado, distribuciones como Norm, Gamma y Weibull máxima muestran ajustes más reducidos y dispersos a lo largo del año, mientras que la Gen Extreme, a diferencia de lo observado en otras series, solo refleja un desempeño puntual en algunos meses específicos. En conjunto, los resultados sugieren que no existe una única distribución dominante, sino que el ajuste varía según la estacionalidad y las características propias de la temperatura en cada periodo.

Gráfica 28 Ajuste de los conjuntos estadísticos por distribución para la temperatura media

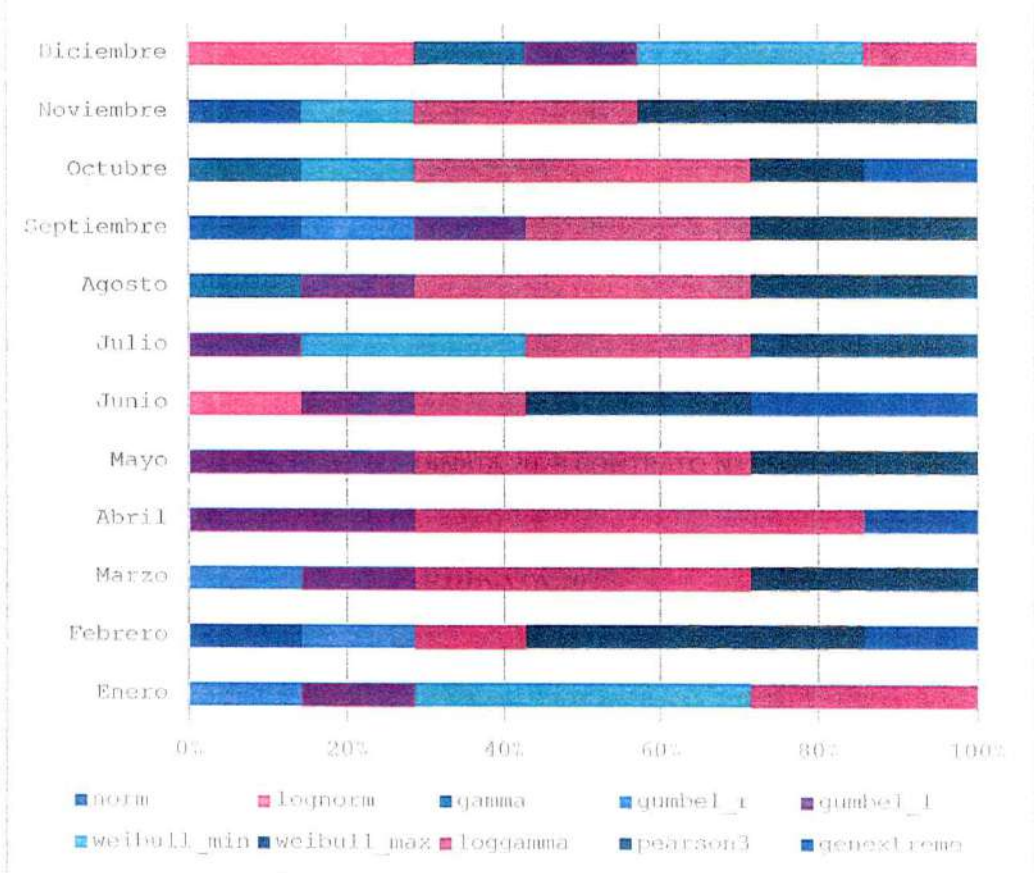


Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.7.5. Humedad relativa

La Gráfica 29 muestra los resultados del ajuste de los datos mensuales de humedad relativa a las distintas distribuciones estadísticas evaluadas. Se observa que las distribuciones Loggamma y Pearson3 presentan el mejor desempeño, alcanzando los mayores porcentajes de ajuste en varios meses, especialmente de febrero a noviembre, lo que evidencia su capacidad para representar de manera más adecuada la variabilidad de este parámetro. De manera complementaria, la Weibull mínima registra ajustes destacados en enero, julio y diciembre. En contraste, distribuciones como Gamma, Weibull máxima y Norm presentan un bajo nivel de ajuste a lo largo del año, lo que indica una menor correspondencia con el comportamiento de la humedad relativa.

Gráfica 29 Ajuste de los conjuntos estadísticos por distribución para la humedad relativa

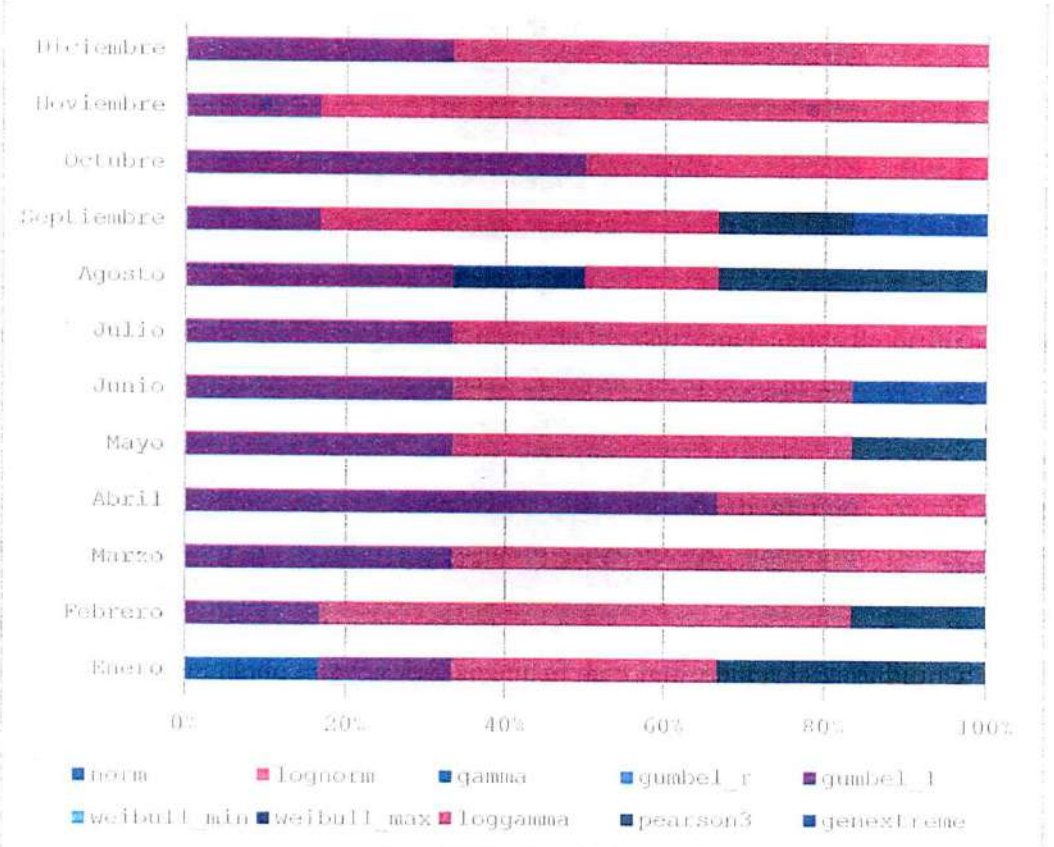


Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.7.6. Evaporación

La Gráfica 30 muestra los resultados del ajuste de los datos mensuales de evaporación relativa a las distintas distribuciones estadísticas evaluadas. Se observa que las distribuciones Loggamma y Gumbel I presentan el mejor desempeño, alcanzando los mayores porcentajes de ajuste en todos los meses, a excepción de enero y agosto, lo que evidencia su capacidad para representar de manera más adecuada la variabilidad de este parámetro. En contraste, distribuciones como Pearson3 y genextreme presentan un bajo nivel de ajuste a lo largo del año, lo que indica una menor correspondencia con el comportamiento de la evaporación.

Gráfica 30 Ajuste de los conjuntos estadísticos por distribución para la evaporación

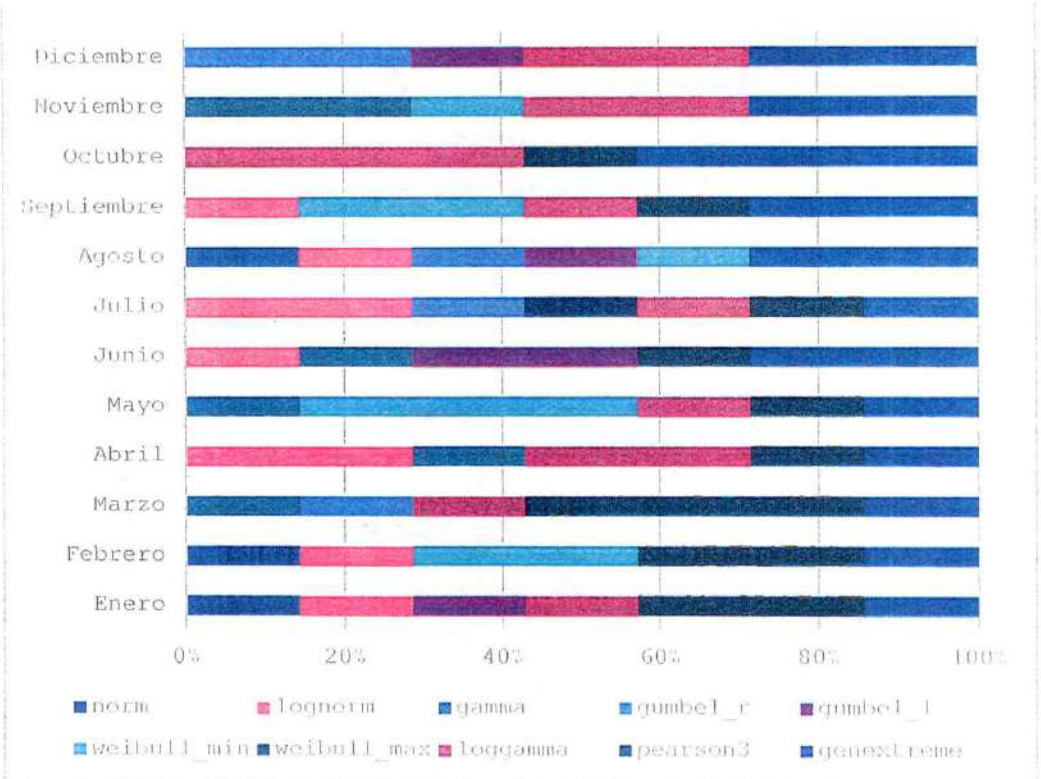


Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.7.7. Brillo solar

La Gráfica 31 presenta los resultados del ajuste de los datos mensuales de brillo solar frente a las distribuciones estadísticas evaluadas. Los valores muestran que las distribuciones Pearson3 y Gen Extreme son las que alcanzan los mayores porcentajes de ajuste, con especial relevancia en los meses de enero a julio y septiembre a octubre, donde superan el 29%. La Loggamma también exhibe un comportamiento favorable en algunos meses puntuales, destacándose en todos menos en febrero, junio y agosto. De manera adicional, la Weibull mínima refleja ajustes importantes en febrero, mayo y septiembre. En contraste, distribuciones como Gamma, Norm y Gumbel_r presentan aportes menores y dispersos a lo largo del año, evidenciando una menor capacidad para representar la variabilidad observada en el brillo solar.

Gráfica 31 Ajuste de los conjuntos estadísticos por distribución para el brillo solar

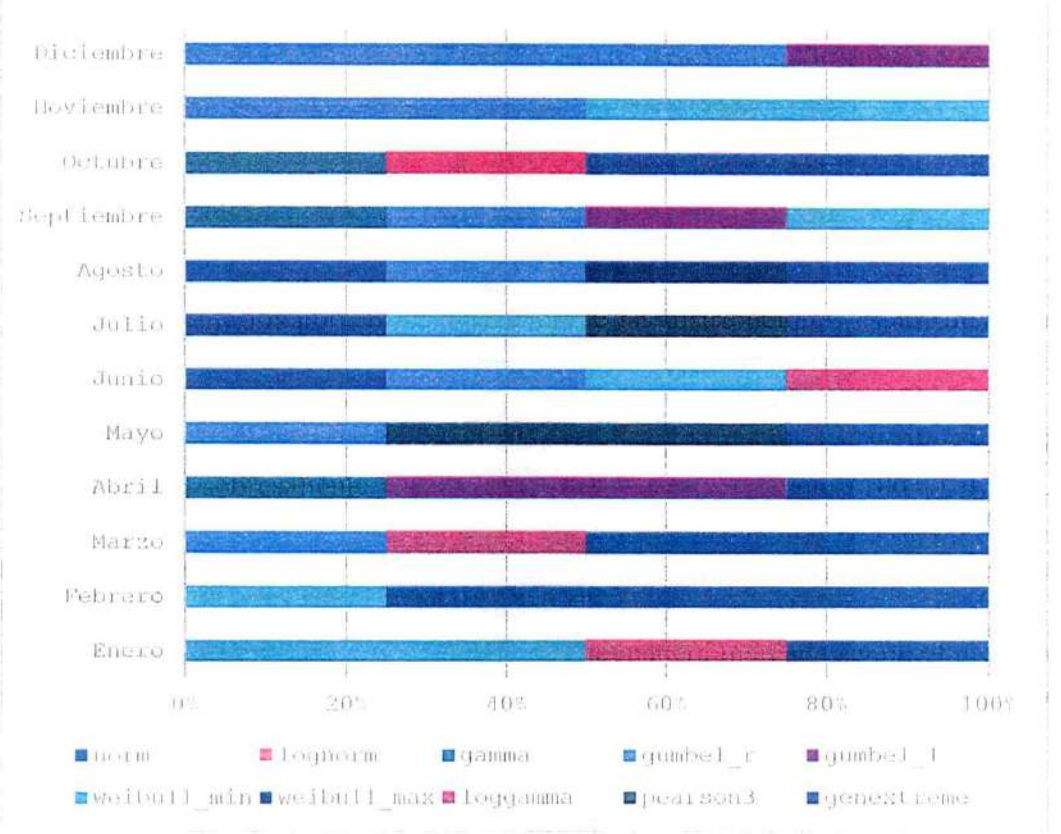


Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.7.8. Radiación solar

La Gráfica 32 muestra los porcentajes de ajuste de las distribuciones estadísticas aplicadas a los datos mensuales de radiación solar. Los resultados indican que la Gen Extreme se posiciona como la distribución con mayor representatividad, alcanzando porcentajes elevados en varios meses, con especial destaque en febrero (75%) y octubre y marzo (50%). La Weibull mínima también refleja un ajuste sobresaliente en enero y noviembre (50%) y en meses intermedios como junio, julio y septiembre. Por su parte, la Gamma presenta aportes puntuales en abril, septiembre y octubre, mientras que la Pearson3 alcanza su mayor ajuste en mayo (50%). Otras distribuciones como Norm, Gumbel_r y Loggamma muestran un desempeño moderado y disperso, con valores relevantes únicamente en ciertos meses, como diciembre para Gumbel_r (75%). En general, se observa que la capacidad de ajuste no se concentra en una sola distribución dominante, sino que varía de manera estacional según el comportamiento de los datos.

Gráfica 32 Ajuste de los conjuntos estadísticos por distribución para la radiación solar

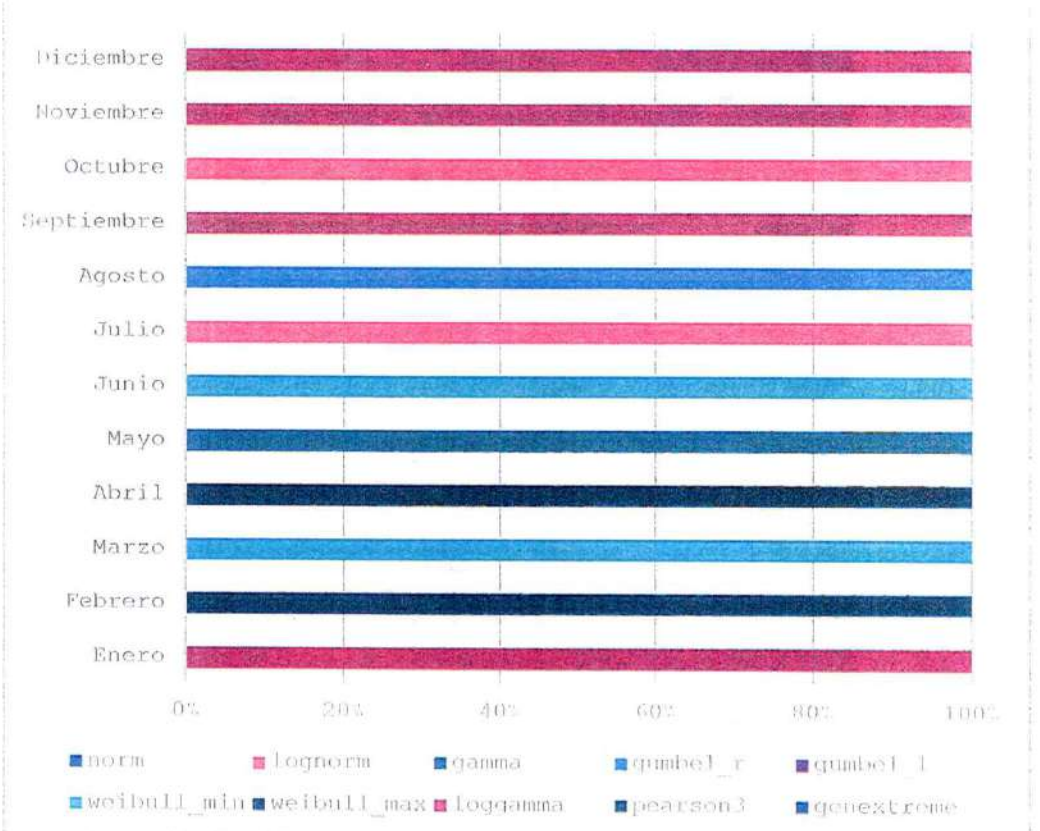


Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.7.9. Dirección del viento

La Gráfica 33 presenta los porcentajes de ajuste de las distribuciones estadísticas para los datos mensuales de dirección del viento. Se observa que la distribución Loggamma alcanza ajustes representativos en enero, septiembre, noviembre y diciembre (100%), mientras que la Pearson3 se destaca en febrero y abril. Por su parte, la Gamma y la Weibull mínima muestran un ajuste sobresaliente en mayo y junio, respectivamente (100%). La Weibull mínima también repite su mejor desempeño en julio, y la Gumbel_r presenta un ajuste significativo en agosto (100%). En contraste, distribuciones como Norm, Lognorm, Gumbel_l, Weibull máxima y Genextreme no evidencian aportes relevantes. En conjunto, los resultados sugieren que el ajuste estadístico varía de manera marcada según el mes, sin que una única distribución logre representar de forma consistente todo el periodo analizado.

Gráfica 33 Ajuste de los conjuntos estadísticos por distribución para la dirección del viento

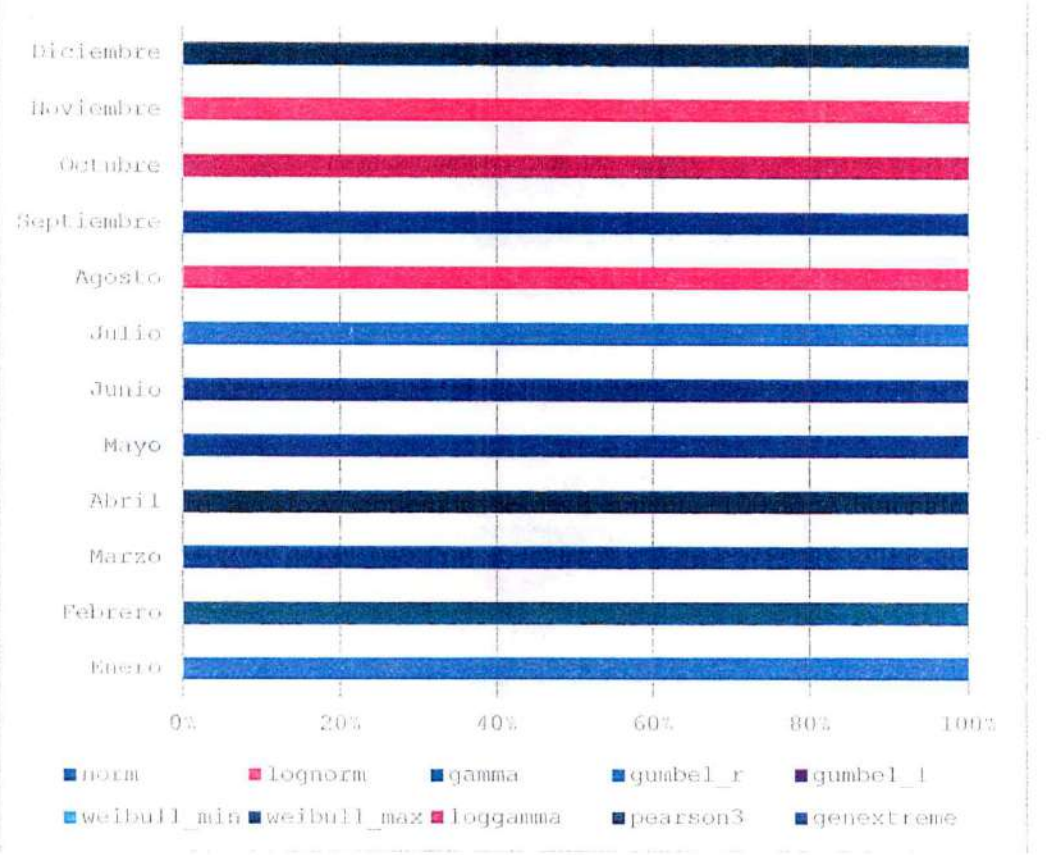


Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.7.10. Velocidad del viento

La Gráfica 34 muestra los resultados de ajuste de distribuciones estadísticas para la variable de velocidad del viento en cada mes. En este caso, se evidencia una fuerte especialización, ya que diferentes distribuciones dominan en meses específicos sin una tendencia uniforme durante el año. La Gumbel_r logra un ajuste perfecto en enero y julio, mientras que la Gamma predomina en febrero. En marzo y abril se destacan la Norm y la Pearson3, respectivamente. Durante mayo y junio, la mejor representación corresponde a Genextreme. En agosto, la Lognorm presenta un ajuste sobresaliente, mientras que en septiembre domina nuevamente la Genextreme. Para octubre, la Loggamma es la que mejor se ajusta, y en noviembre la Lognorm vuelve a tener relevancia. Finalmente, diciembre es representado por la Pearson3. Este comportamiento refleja una clara variabilidad mensual, en la cual el modelo óptimo depende de las condiciones particulares de cada periodo.

Gráfica 34 Ajuste de los conjuntos estadísticos por distribución para la velocidad del viento

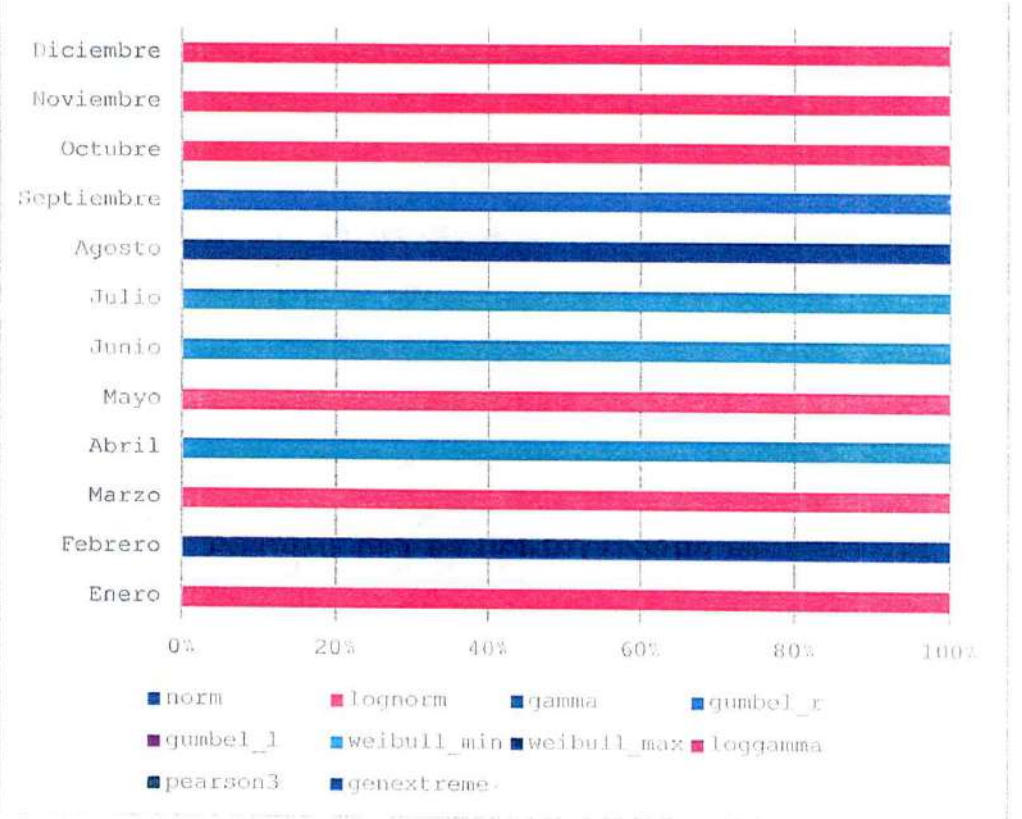


Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.7.11. Caudales medios

La Gráfica 35 presenta los porcentajes de ajuste de las distribuciones estadísticas para los datos mensuales. Se observa un comportamiento en donde ninguna distribución logra una dominancia clara a lo largo del año. La distribución Lognorm alcanza ajustes del 100% en los meses de enero, marzo, mayo y de octubre a diciembre, mientras que la Weibull mínima se destacan en febrero, agosto y septiembre respectivamente (100%). Adicionalmente, en el mes de febrero corresponde en un 100% a la distribución de febrero, Gumbel I en agosto y Gumber R en septiembre.

Gráfica 35 Ajuste de los conjuntos estadísticos por distribución para caudales medios

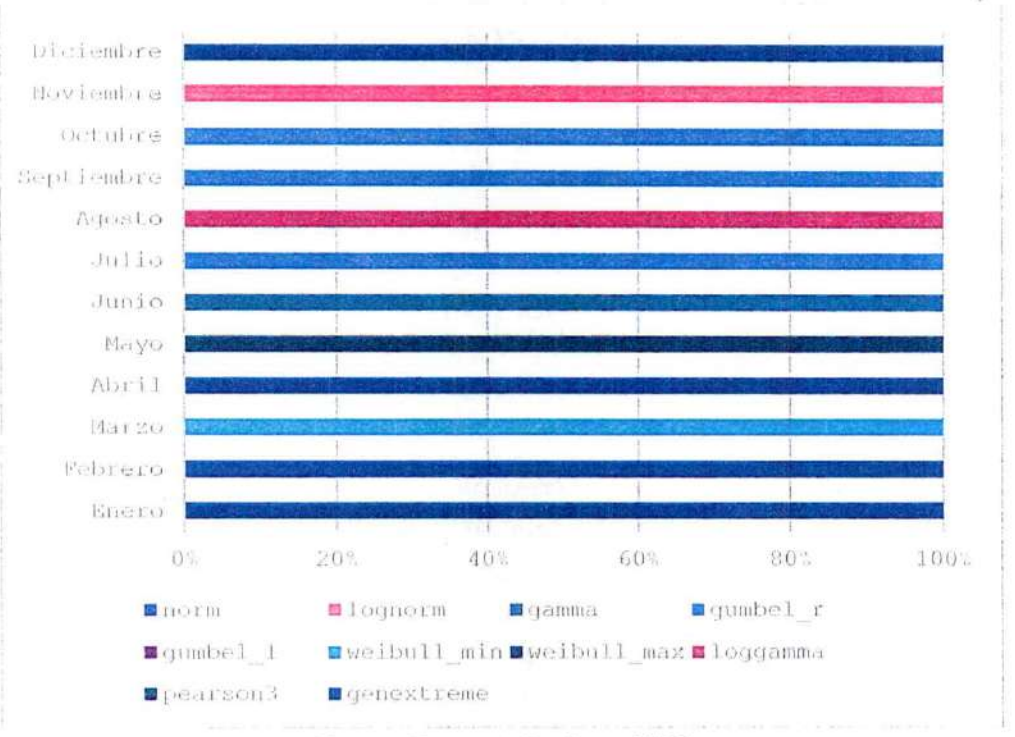


Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

3.7.12. Caudales medios diarios

La Gráfica 36 presenta los porcentajes de ajuste de las distribuciones estadísticas para los datos de caudales medios diarios. Se observa un comportamiento en donde la distribución Genextreme alcanza ajustes del 100% en los meses de enero, febrero, abril y diciembre, mientras que Gumbel R se destaca en julio, septiembre y octubre. Weibull mínima, Pearson3, Gamma, Loggama y Lognorm corresponden a marzo, mayo, junio, agosto y noviembre respectivamente.

Gráfica 36 Ajuste de los conjuntos estadísticos por distribución para caudales medios



Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

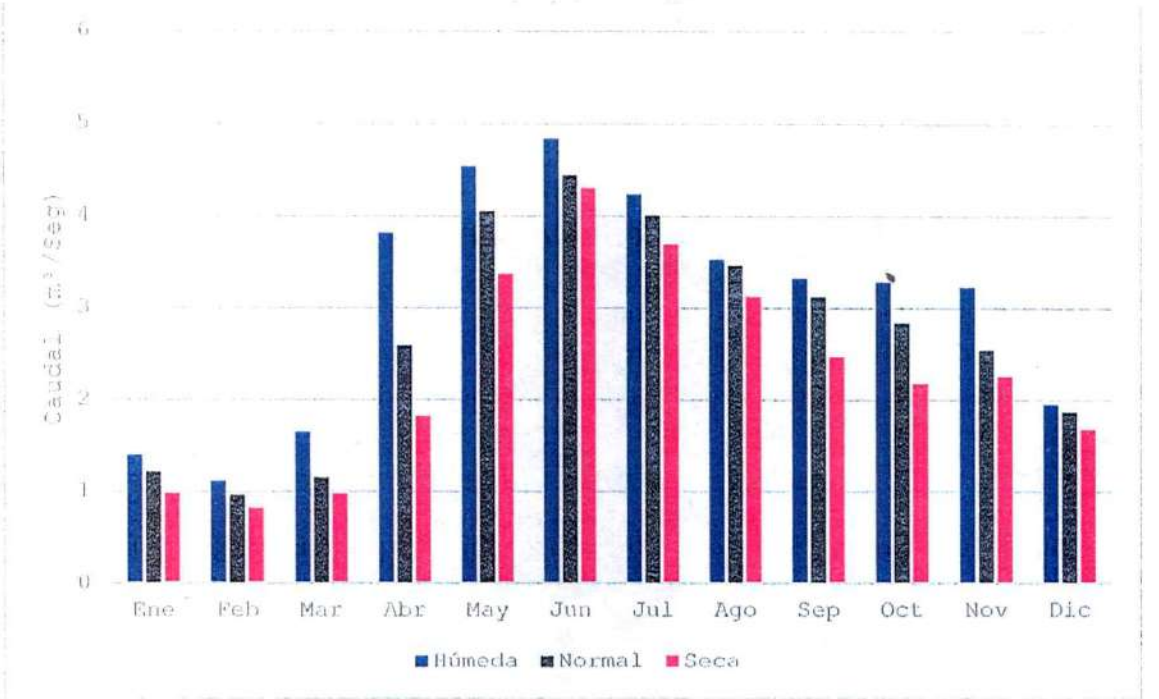
4. Variabilidad Climática (intra e interanual) para condiciones hidrológicas normales, húmedas y secas

El régimen hidrológico del Caño Sardinata evidencia una marcada variabilidad estacional, con diferencias bien definidas entre los escenarios seco, normal y húmedo a lo largo del año hidrológico. Durante los primeros meses (enero a marzo), los caudales presentan los valores más bajos en los tres escenarios, reflejando un periodo de déficit hídrico asociado a la temporada seca. En estos meses, incluso bajo condición húmeda, los caudales se mantienen por debajo de 2 m^3/s, lo que evidencia una limitada capacidad de regulación natural del sistema durante el estiaje.

A partir del mes de abril se observa un incremento significativo de los caudales, alcanzando sus valores máximos entre mayo y junio, donde el escenario húmedo supera los 4,5 m^3/s y el escenario medio se aproxima a los 4,0 m^3/s. Este comportamiento corresponde al periodo de mayor aporte hídrico en la cuenca, asociado al incremento de la precipitación regional. Los valores del escenario seco, aunque inferiores, mantienen la misma tendencia estacional, lo que confirma la coherencia hidrológica del sistema y su respuesta directa a la dinámica climática.

Desde julio hasta noviembre se presenta una fase de recesión progresiva del caudal, con una disminución gradual en los tres escenarios, aunque manteniendo aportes moderados que oscilan entre 2,0 y 3,5 m^3/s. Finalmente, en diciembre se registra nuevamente una reducción significativa, marcando la transición hacia condiciones de estiaje. Esta diferenciación clara entre condiciones secas, normales y húmedas constituye una base técnica sólida para la evaluación de la oferta hídrica, la definición de escenarios de disponibilidad y el soporte para procesos de transposición y modelación hidrológica en la unidad hidrográfica del Caño Sardinata.

Gráfica 37 Variabilidad climática del caño sardinata en condición húmeda, normal y seca



Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

CARACTERIZACIÓN ESPACIO TEMPORAL DE VARIABLES CLIMATOLÓGICAS

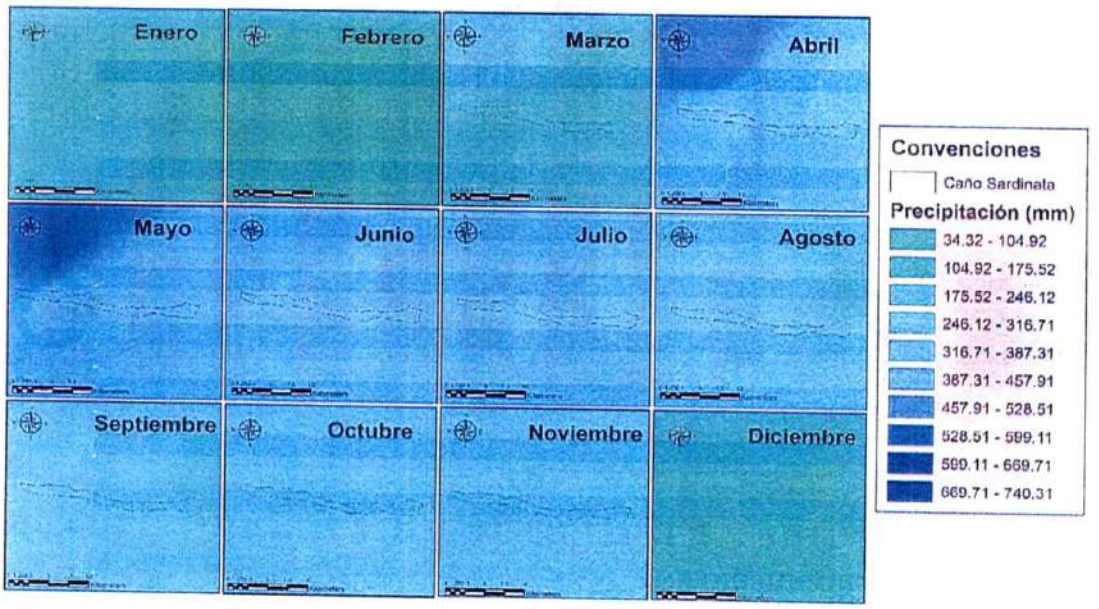
Teniendo como base la ubicación de las estaciones y los datos tratados, se generan mapas geoespaciales para cada variable en cada mes del año. En los mismos se puede observar la distribución de la variable sobre el área de estudio (Anexo B3).

4.1. Precipitación total

La Figura 2 ilustra el comportamiento espaciotemporal de la precipitación total en la microcuenca del Caño Sardinata. Los valores registrados oscilan entre 34,32 mm y 740,31 mm. Los eventos de mayor precipitación se concentran entre los meses de abril a julio, y se presentan en menor medida en marzo y de agosto a noviembre, mientras que los valores más bajos se presentan de diciembre a febrero.

En términos espaciales, se observa una mayor acumulación de precipitación hacia el noroeste de la microcuenca, en contraste con un régimen más seco en la zona sureste del área de estudio. Esta distribución evidencia un patrón heterogéneo, posiblemente condicionado por factores orográficos y dinámicas climáticas locales.

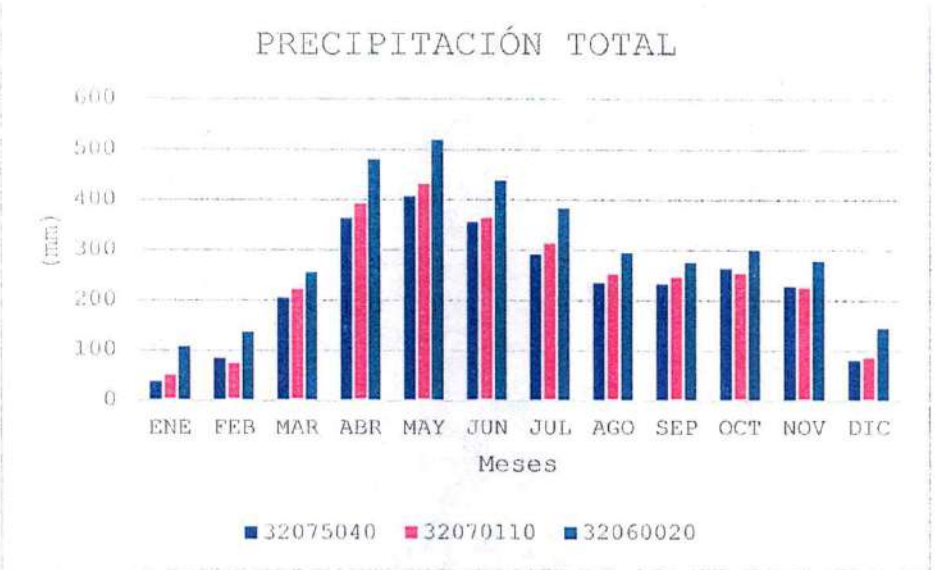
Figura 2 Distribución espacial de la precipitación en el Área de estudio



Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

La gráfica 38 presenta el comportamiento de la precipitación total mensual en tres estaciones (32075040, 32070110 y 32060020), seleccionadas por su cercanía a la microcuenca del Caño Sardinata. Se identifica un régimen con dos periodos lluviosos bien definidos: el primero entre abril y junio, alcanzando su máximo en mayo con valores cercanos a 400 y 520 mm, y un segundo entre septiembre y noviembre, de menor intensidad, con registros aproximados de 200 y 300 mm. Los meses más secos corresponden a enero, febrero y diciembre, con precipitaciones inferiores a 100 mm. Al comparar las estaciones, la 32060020 registra los valores más altos en la mayoría de los meses, mientras que las estaciones 32075040 y 32070110 muestran un comportamiento muy similar entre sí. Finalmente, se resalta que el valor promedio mensual multianual de precipitación corresponde a 255,154 mm.

Gráfica 38 Gráfica de precipitación mensual total



Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

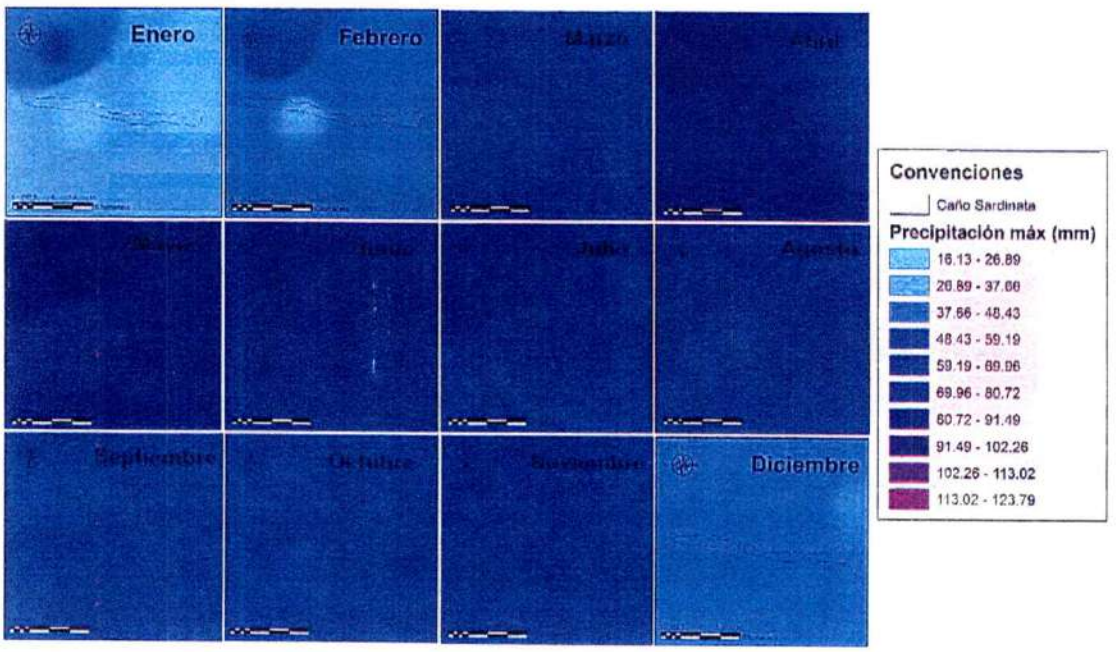
4.2. Precipitación máxima en 24 horas

La Figura 3 muestra el comportamiento espaciotemporal de la precipitación máxima en 24 horas en la microcuenca del Caño Sardinata. Se observa que su distribución espacial mantiene un patrón similar al de la precipitación total, con valores que tienden a incrementarse hacia el noroeste y a disminuir hacia el sureste del área de estudio.

La variable presenta un rango de valores entre 16,13 mm y 123,79 mm, con eventos pico concentrados en los meses de abril a junio, mientras que los registros más bajos se evidencian de diciembre a febrero.

Cabe resaltar que la caracterización específica de esta variable se llevó a cabo con el propósito de establecer las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF), fundamentales para el análisis de eventos de precipitación extrema.

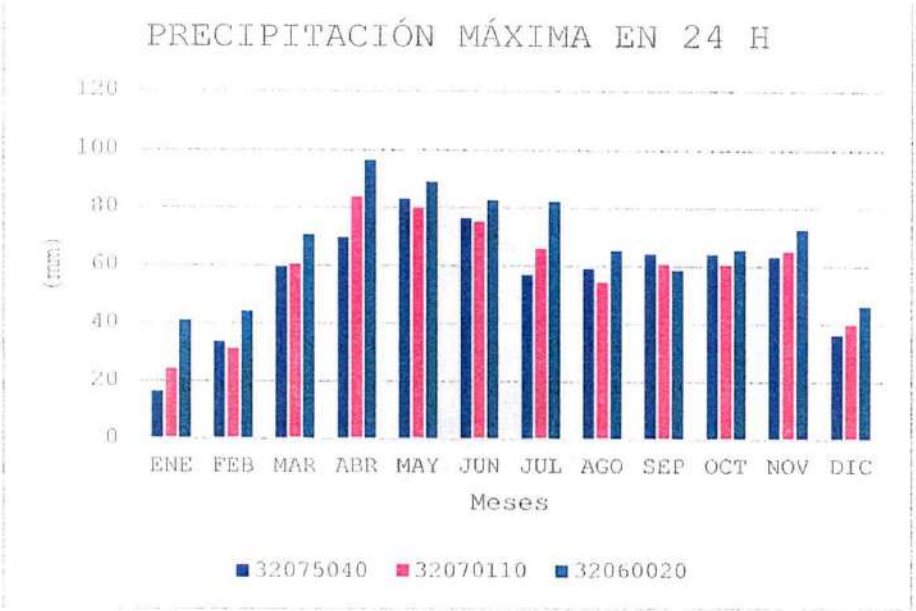
Figura 3 Distribución espacial de la precipitación máxima en 24 horas en el Área de estudio



Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

La gráfica 39 ilustra la variación de la precipitación máxima diaria mensual registrada en tres estaciones (32075040, 32070110 y 32060020), ubicadas en las cercanías de la microcuenca del Caño Sardinata. Se aprecia un incremento marcado de las precipitaciones entre abril y junio, alcanzando en mayo el valor máximo cercano a 80 mm diarios en las tres estaciones. En contraste, los menores registros se concentran en enero, febrero y diciembre, con valores próximos a 40 mm. Al analizar las diferencias entre estaciones, la 32060020 sobresale por presentar los niveles más altos en la mayoría de los meses, mientras que la 32075040 y la 32070110 mantienen un patrón muy semejante. En términos generales, el promedio multianual de la precipitación máxima diaria mensual se estima en 64,21 mm.

Gráfica 39 Gráfica de precipitación mensual máxima en 24 horas total



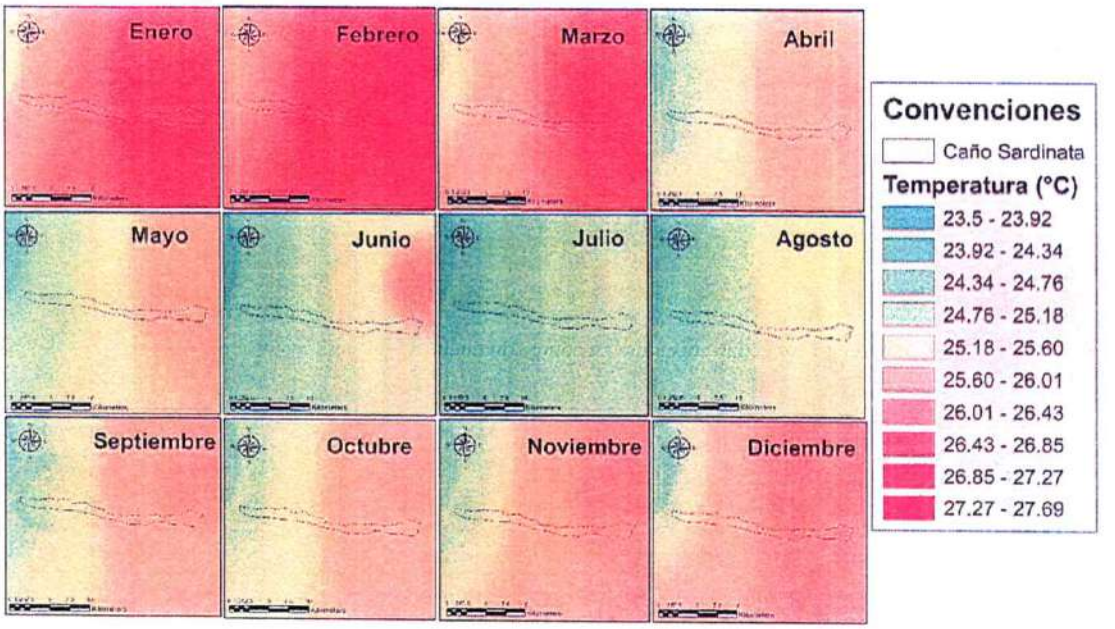
Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

4.3. Temperatura media

La Figura 4 muestra que la variable de temperatura oscila entre 23,5°C y 27,69°C, valores que, según la clasificación del IDEAM, corresponden a una zona de clima cálido. Los periodos con temperaturas más elevadas se registran entre enero a marzo, así como entre noviembre y diciembre. En contraste, las temperaturas más bajas se presentan desde junio a agosto.

Desde el punto de vista espacial, se evidencia una mayor concentración de temperaturas en la zona este de la microcuenca, mientras que los valores más bajos se localizan hacia el oeste, lo cual refleja un comportamiento térmico heterogéneo posiblemente asociado a factores topográficos y de cobertura vegetal.

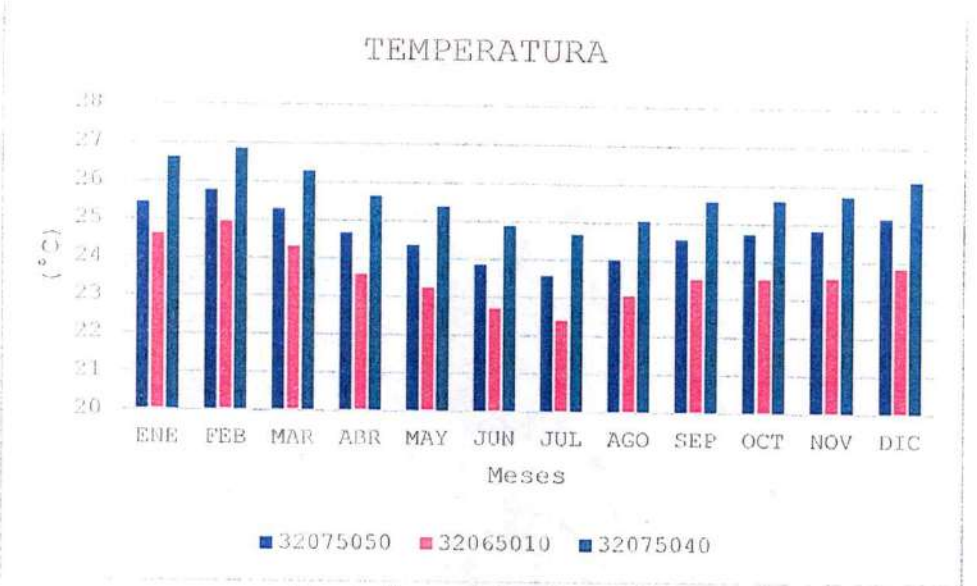
Figura 4 Distribución espacial de la temperatura media en el Área de estudio



Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

La gráfica 40 representa el comportamiento de la temperatura media mensual en tres estaciones cercanas a la microcuenca del Caño Sardinata (32075050, 32065010 y 32075040). En general, las temperaturas más altas se concentran en los primeros meses del año, especialmente en enero y febrero, mientras que los valores más bajos se presentan hacia mediados de año, con un mínimo en julio cercano a 23 °C. A partir de agosto se inicia una fase de recuperación térmica que se extiende hasta noviembre. Entre las estaciones evaluadas, la 32075040 destaca por registrar consistentemente los valores más elevados, en contraste con las estaciones 32075050 y 32065010, que exhiben una dinámica muy semejante. El promedio multianual de la temperatura media mensual para el conjunto de estaciones es de 24,65 °C.

Gráfica 40 Gráfica de temperatura mensual total



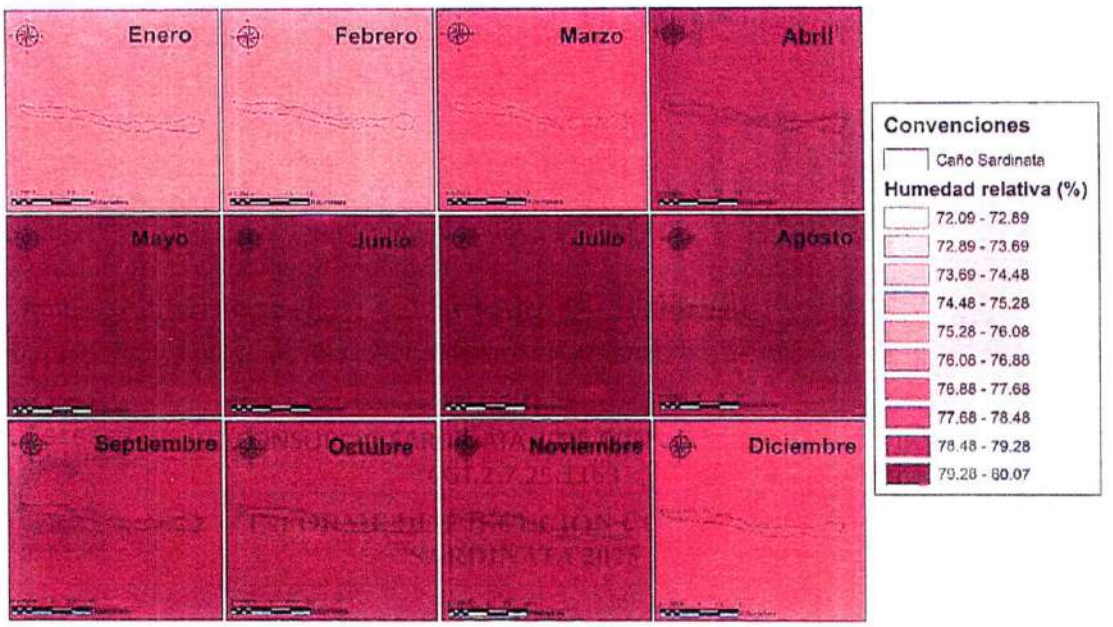
Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

4.4. Humedad relativa

La Figura 5 muestra que la humedad relativa varía en un rango entre 72,09 % y 80,07 %. Los valores más altos se registran entre mayo y agosto. En contraste, los niveles más bajos se presentan durante los meses de enero a marzo febrero, y en diciembre.

Espacialmente, la humedad relativa presenta un comportamiento relativamente uniforme en el área de estudio, a excepción de la zona noreste con mayor humedad en el mes de agosto. Sin embargo, esta aparente homogeneidad podría estar influenciada por la limitada cobertura de estaciones meteorológicas que registran esta variable, lo que dificulta una caracterización detallada de su distribución geográfica a menor escala.

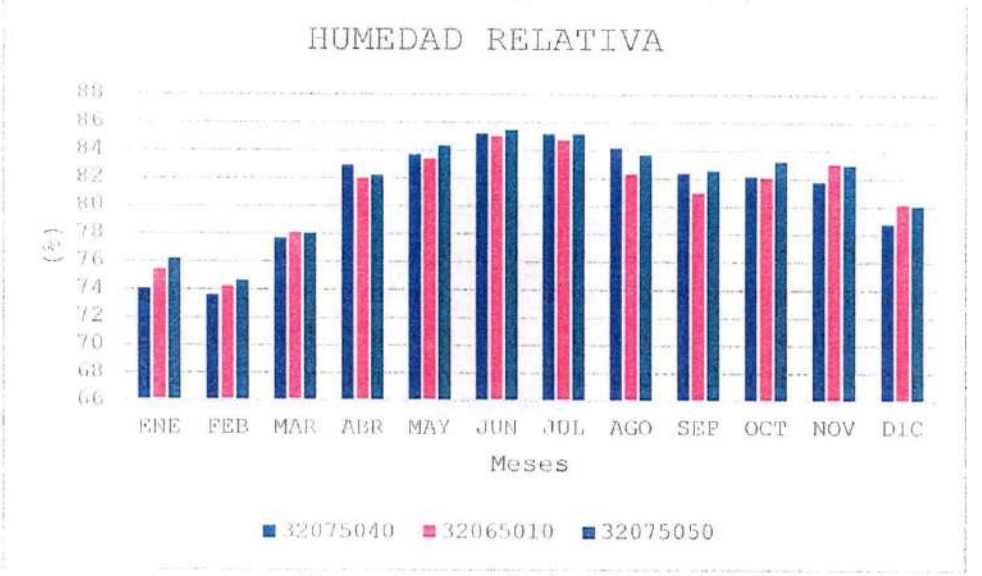
Figura 5 Distribución espacial de la humedad relativa en el Área de estudio



Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

La variación de la humedad relativa mensual en las estaciones 32075040, 32065010 y 32075050 ubicadas en las cercanías de la microcuenca del Caño Sardinata, revela un patrón estacional marcado. Los valores más altos se registran entre mayo y agosto, con un segundo incremento en los meses de octubre y noviembre, alcanzando en ambos casos promedios cercanos al 85%. En contraste, los niveles más bajos se presentan durante el primer trimestre del año (enero a marzo), cuando la humedad relativa desciende hasta alrededor del 75%. Al analizar las tres estaciones en conjunto, se observa un comportamiento prácticamente uniforme sin diferencias significativas entre ellas. De manera general, el valor promedio multianual de la humedad relativa mensual se estima en 81,07%.

Gráfica 41 Gráfica de humedad relativa mensual total



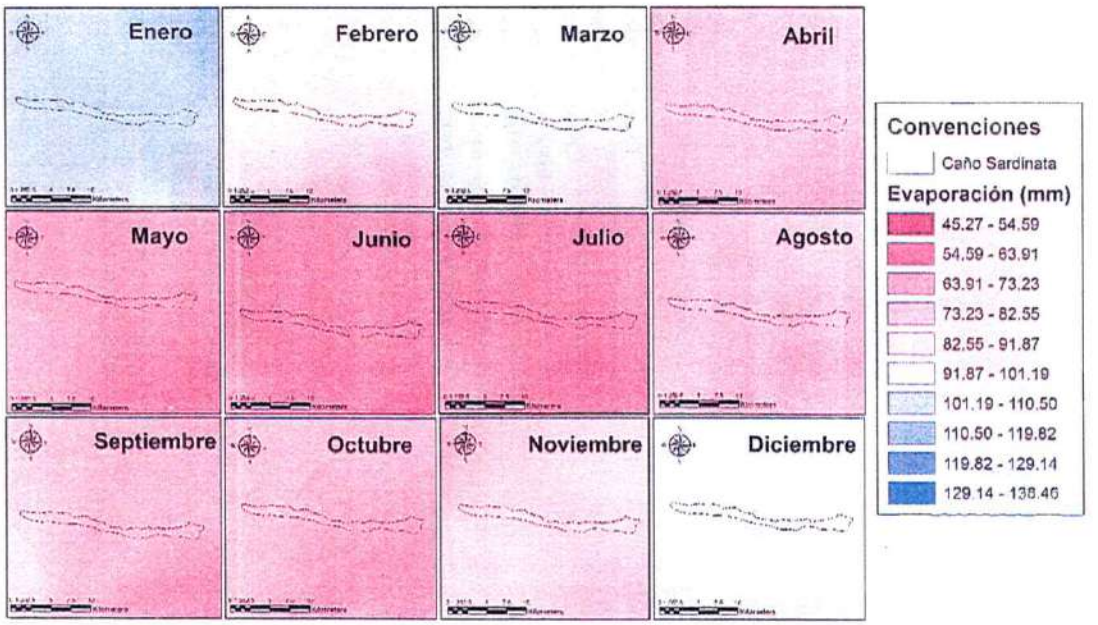
Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

4.5. Evaporación

La Figura 6 muestra que la variable de evaporación presenta una tendencia decreciente entre los meses de abril y julio, lo cual coincide con el periodo de mayores precipitaciones en el área de estudio. Por el contrario, los valores más altos de evaporación se registran durante los meses de enero a marzo y de noviembre a diciembre. El rango de evaporación observado se encuentra entre 45,27 mm y 138,46 mm.

Espacialmente, la variable muestra un comportamiento relativamente homogéneo en la microcuenca, con una tendencia a concentrar mayores valores en la zona sureste del área de estudio. Sin embargo, esta distribución puede estar influenciada por la limitada cobertura de estaciones meteorológicas que registran evaporación, lo cual dificulta una caracterización más detallada a escala local.

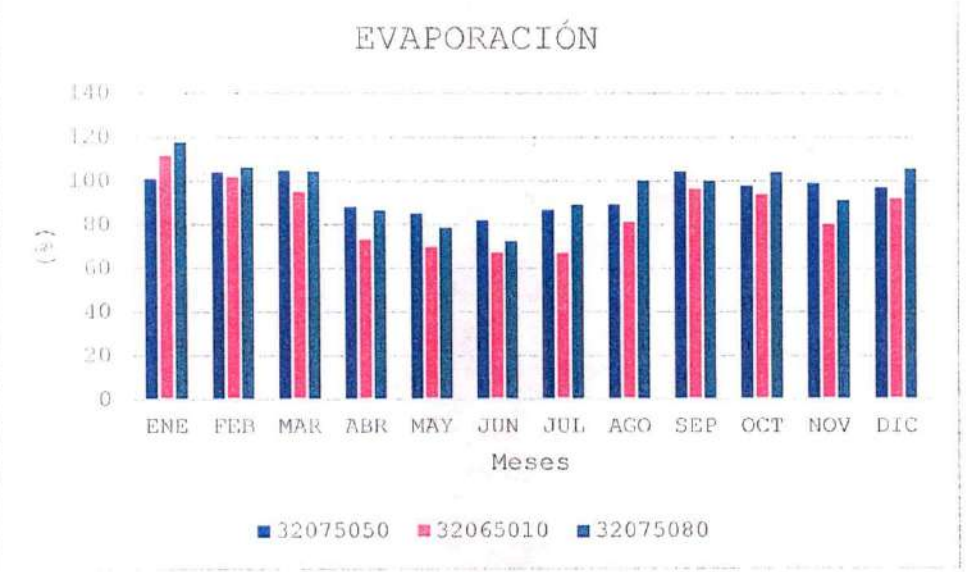
Figura 6. Distribución espacial de la evaporación en el Área de estudio



Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

El análisis de la evaporación total mensual en las estaciones 32075050, 32065010 y 32075080, localizadas en las proximidades de la microcuenca del Caño Sardinata, evidencia una marcada estacionalidad. Los máximos se concentran entre enero y marzo, así como en el bimestre septiembre-octubre, cuando los valores superan los 80 mm mensuales, coincidiendo con las épocas más secas y de mayor temperatura en la región. En contraste, los niveles más bajos se observan de mayo a julio, con registros inferiores a 75 mm, periodo que coincide con la mayor incidencia de precipitaciones. Las tres estaciones analizadas presentan una dinámica muy homogénea, sin diferencias relevantes entre ellas. En términos generales, el valor promedio multianual de la evaporación mensual se estima en 91,65 mm.

Gráfica 42 Gráfica de evaporación mensual total



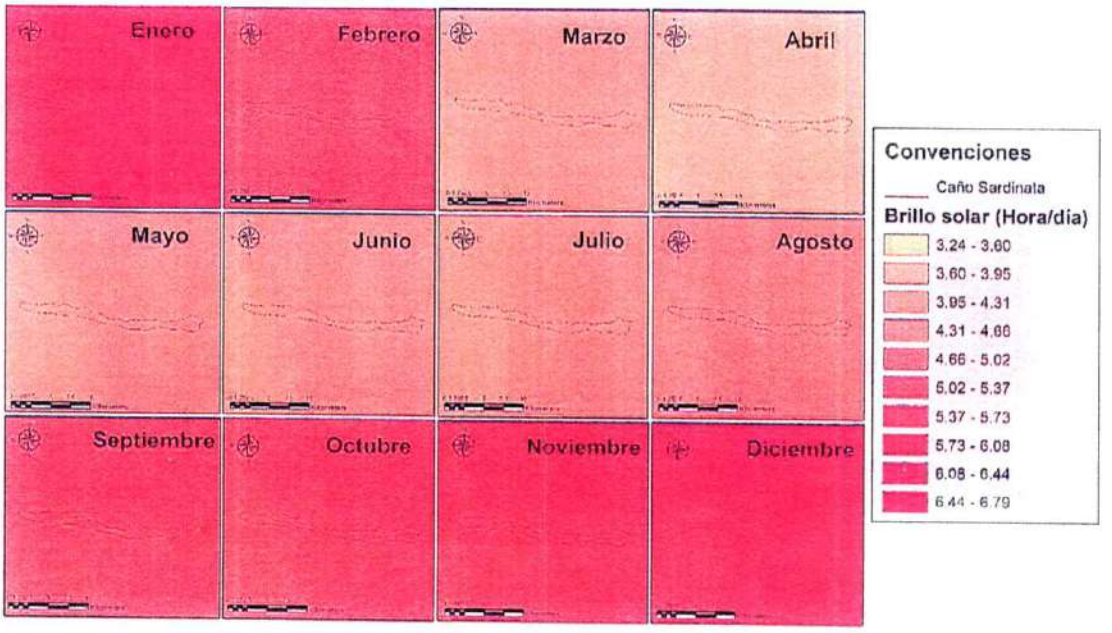
Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

4.6. Brillo solar

La Figura 7 muestra que la variable de evaporación presenta una tendencia decreciente entre los meses de abril y julio, lo cual coincide con el periodo de mayores precipitaciones en el área de estudio. Por el contrario, los valores más altos de brillo solar se registran durante los meses de enero a febrero y de septiembre a diciembre. El rango de brillo solar observado se encuentra entre 3,24 horas y 6,79 horas.

Espacialmente, la variable muestra un comportamiento relativamente homogéneo en la microcuenca, con una tendencia a concentrar mayores valores en la zona sureste del área de estudio. Sin embargo, esta distribución puede estar influenciada por la limitada cobertura de estaciones meteorológicas que registran evaporación, lo cual dificulta una caracterización más detallada a escala local.

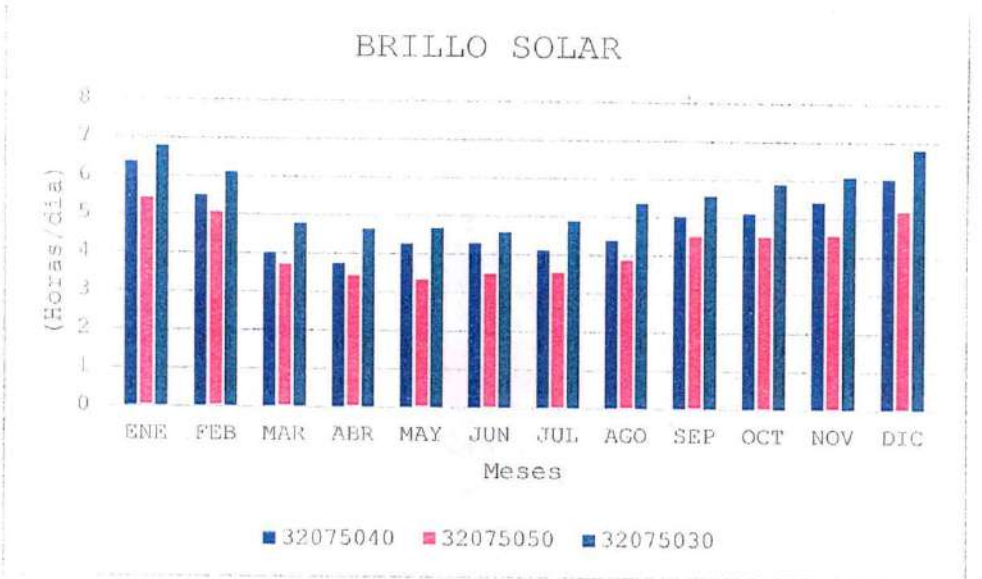
Figura 7. Distribución espacial del brillo solar en el Área de estudio



Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

El análisis del brillo solar mensual en las estaciones 32075040, 32075050 y 32075030, cercanas a la microcuenca del Caño Sardinata, muestra una clara correspondencia con la dinámica climática regional. Durante los meses de enero, febrero y noviembre se registran las mayores disponibilidades de radiación, con promedios cercanos a 5 horas diarias de sol, asociados a condiciones de menor nubosidad y mayores temperaturas. En contraste, entre abril y julio, coincidiendo con la temporada de lluvias más intensas, el brillo solar se reduce notablemente, alcanzando valores inferiores a 3 horas diarias. Al comparar las estaciones, la 32075030 se destaca por registrar los niveles más altos de insolación, mientras que las estaciones 32075040 y 32075050 mantienen un comportamiento muy semejante entre sí. En promedio, el brillo solar multianual para el conjunto de estaciones es de 4,84 horas diarias.

Gráfica 43 Gráfica de brillo solar mensual total



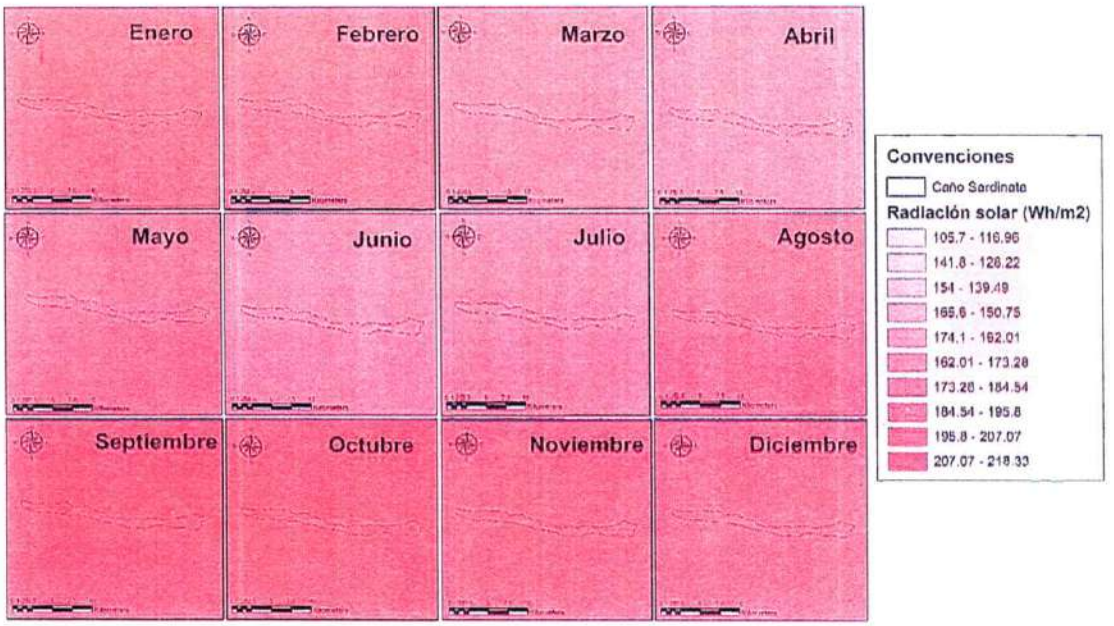
Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

4.7. Radiación solar

La Figura 8 muestra que la variable de evaporación presenta una tendencia decreciente entre los meses de marzo a julio, lo cual coincide con el periodo de mayores precipitaciones en el área de estudio. Por el contrario, los valores más altos de radiación solar se registran durante los meses de enero a febrero y de septiembre a diciembre. El rango de radiación solar observado se encuentra entre 105,7 Wh/m2 y 218,33 Wh/m2.

Espacialmente, la variable muestra un comportamiento relativamente homogéneo en la microcuenca, con una tendencia a concentrar mayores valores en la zona sureste del área de estudio. Sin embargo, esta distribución puede estar influenciada por la limitada cobertura de estaciones meteorológicas que registran evaporación, lo cual dificulta una caracterización más detallada a escala local.

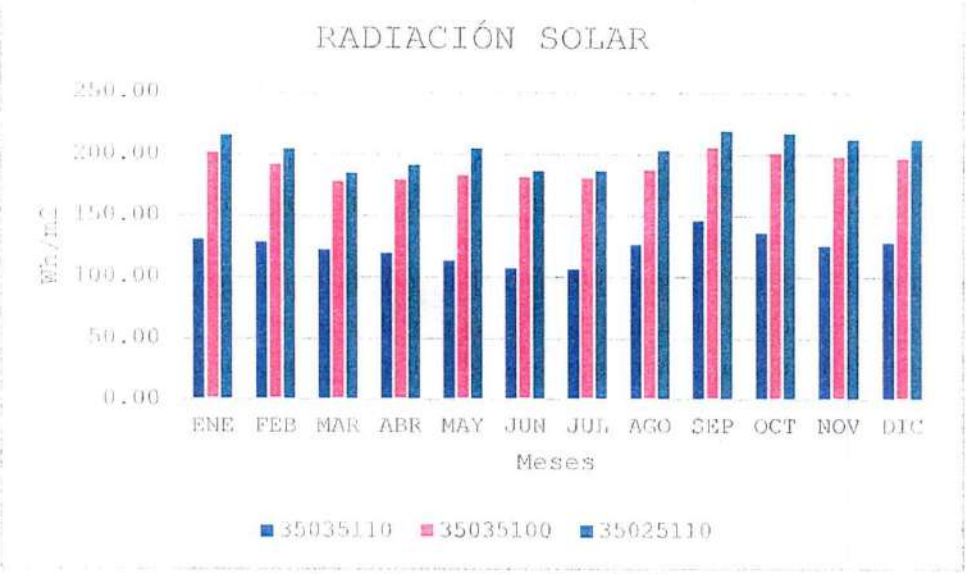
Figura 8. Distribución espacial de la radiación solar en el Área de estudio



Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

El análisis de la radiación solar mensual en las estaciones 35035110, 35035100 y 35025110, ubicadas en las cercanías de la microcuenca del Caño Sardinata, evidencia un patrón estacional marcado. Los valores más altos se concentran en enero y durante el periodo de septiembre a diciembre, aunque en noviembre se presenta una leve reducción. En estos meses, las estaciones 35035100 y 35025110 alcanzan registros superiores a 200 Wh/m², mientras que la estación 35035110 apenas llega a 125 Wh/m². En contraste, los niveles más bajos de radiación corresponden a los meses de marzo, abril, junio y julio, coincidiendo con las épocas de mayor nubosidad y precipitación. Al comparar las series, se observa que dos estaciones mantienen un comportamiento muy similar, mientras que la 35035110 presenta valores consistentemente más bajos. En conjunto, el promedio multianual de radiación solar mensual se estima en 171,34 Wh/m².

Gráfica 44 Gráfica de radiación solar mensual total



Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

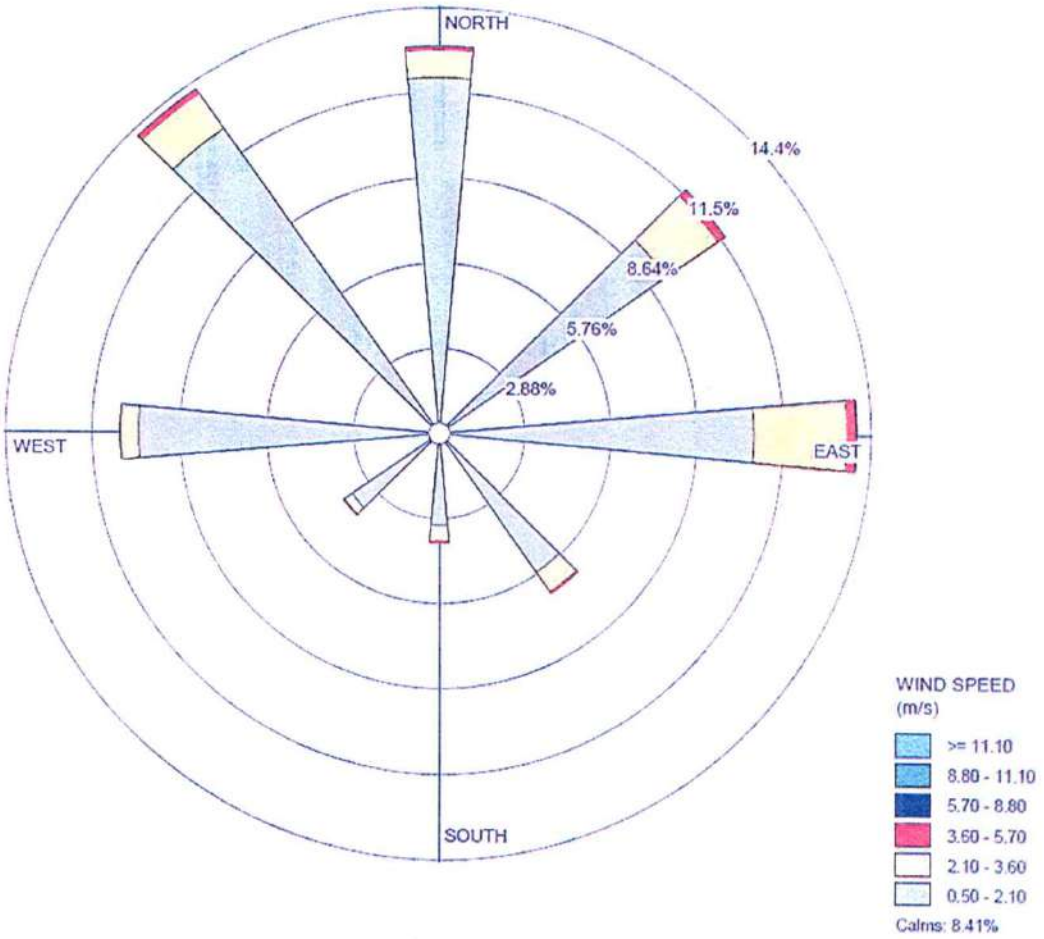
4.8. Dirección y velocidad del viento

A continuación, a partir de la dirección y la velocidad del viento se establece la rosa de viento por medio del programa WRPLOT, con la estación Aeropuerto Vanguardia de código 35035020, ubicada en las coordenadas de latitud 4° 9'42.90" Norte y longitud 73°37'3.30" W, a una altura de 420 m s.n.m. Los datos corresponden al periodo comprendido entre 1987 y 2018, en el cual la dirección del viento fue registrada en grados y la velocidad en m/s.

La figura 9 muestra que los vientos predominantes provienen del Noreste, con una frecuencia del 14,4%, presentando velocidades dominantes en el rango de 2,1 a 3,6 m/s. En segundo lugar, se destaca la dirección Norte con un 11,5%, seguida del Este con 8,64% y del Noroeste con 5,76%. Otras direcciones presentan frecuencias menores, con porcentajes que oscilan entre 2,88% y valores inferiores al 2%.

En cuanto a la intensidad del viento, la mayoría de los registros se concentran en velocidades entre 0,5 y 3,6 m/s, mientras que velocidades superiores a 5,7 m/s son poco frecuentes. Adicionalmente, el porcentaje de calmas es de 8,41%, lo que indica que en ese mismo valor de registros no hubo movimiento significativo del viento.

Figura 9. Rosa de los vientos con dirección y velocidad del viento en el área de estudio



Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

4.9. Cálculo de Evapotranspiración Potencial (ETP)

El cálculo de la evapotranspiración se realiza con el método de Thornthwaite compuesto de los siguientes pasos: a) cálculo del índice calórico anual con la Ecuación 1 (I), b) estimación de la función compleja de I con la Ecuación 2 (a), c) cálculo de la ETP a partir de los dos anteriores valores y la temperatura media mensual Ecuación 3, d) con la ecuación 4 se realiza la corrección de ETP de acuerdo con la duración del mes y el número de horas de luz teórica, variables en relación a la latitud en que se encuentra la estación meteorológica que ha suministrado los datos.

Ecuación 1 Cálculo del índice calórico anual

$$I = \left[\left(\frac{T}{5}\right)^{1,514}\right]$$

Fuente: Montaner Salas & Sánchez, 1998

Dónde: I = Índice calórico anual

Ecuación 2 Cálculo de la función compleja I

$$a = (675 * 10^{-9}) * I^3 - (771 * 10^{-7}) * I^2 + (179 * 10^{-4}) * I + 0.492$$

Fuente: Montaner Salas & Sánchez, 1998

Dónde: a=Función compleja de I

Ecuación 3 Cálculo de ETP sin corregir

$$ETP = 16 * \left(\frac{10T}{I}\right)^a$$

Fuente: Montaner Salas & Sánchez, 1998

Dónde: ETP = Evapotranspiración potencial media diaria sin ajustar, en mm.

T= Temperatura media mensual (°C)

I = Índice calórico anual

a=Función compleja de I

Ecuación 4 Cálculo de ETP ajustada

$$[ETP] = ETP * \frac{N}{30} * \frac{H}{12}$$

Fuente: Montaner Salas & Sánchez, 1998

Dónde: [ETP] = Evapotranspiración potencial media diaria ajustada, en mm.

ETP = Evapotranspiración potencial media diaria sin ajustar, en mm.

N= Número de días de mes.

H = Número de horas luz al mes.

A continuación, se presentan los cálculos de ETP, calculados a partir de los datos de temperatura interpolados sobre la unidad hidrográfica de la microcuenca del Caño Sardinata para cada mes.

Tabla 32 Calculo ETP del Caño Sardinata

Fecha	Temperatura media (°C)	I	I anual	a	ETP sin corrección (mm)	n° de días mes	n° horas luz	ETP Corregida (mm)	
Ene	25.50	11.78			119.97	31	8.35	86.26	
Feb	25.87	12.05			125.61	28	7.58	74.05	
Mar	25.30	11.64			117.00	31	8.47	85.34	
Abr	24.61	11.17			107.23	30	8.28	73.99	
May	24.31	10.96			103.21	31	8.63	76.70	
Jun	23.85	10.65			97.07	30	9.21	74.50	
Jul	23.64	10.50			94.36	31	8.64	70.21	
Ago	24.12	10.83			100.61	31	8.58	74.33	
Sep	24.63	11.18			107.56	30	8.23	73.77	
Oct	24.70	11.23			108.48	31	8.43	78.75	
Nov	24.79	11.29			109.68	30	8.08	73.85	
Dic	25.14	11.53	134.81	3.16	114.68	31	8.33	82.26	924.01

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

4.10. Cálculo de evapotranspiración real (ETR)

Teniendo en cuenta los cálculos de ETP, la precipitación y una reserva teórica de 100 mm/mes en el suelo, se calcula la ETR microcuenca del Caño Sardinata. El cálculo se inicia a partir del mes con mayor precipitación para cada estación.

Tabla 33. Calculo ETR del Caño Sardinata

Fecha	Precipitación (mm)	ETP (mm)	PP - ETP (mm)	Reserva (mm)	Variación de la reserva (mm)	ETR
Mayo	458.06	76.70	381.36	100.00	0.00	76.70
Junio	384.14	74.50	309.64	100.00	0.00	74.50
Julio	334.06	70.21	263.86	100.00	0.00	70.21
Agosto	262.44	74.33	188.11	100.00	0.00	74.33
Septiembre	251.33	73.77	177.57	100.00	0.00	73.77
Octubre	271.83	78.75	193.08	100.00	0.00	78.75

Fecha	Precipitación (mm)	ETP (mm)	PP - ETP (mm)	Reserva (mm)	Variación de la reserva (mm)	ETR
Noviembre	245.61	73.85	171.76	100.00	0.00	73.85
Diciembre	105.00	82.26	22.74	100.00	0.00	82.26
Enero	68.32	86.26	-17.95	82.05	-17.95	68.32
Febrero	94.07	74.05	20.02	100.00	17.95	74.05
Marzo	230.52	85.34	145.19	100.00	0.00	85.34
Abril	417.52	73.99	343.53	100.00	0.00	73.99

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

5. Balance hídrico

El balance hídrico es una herramienta que permite estimar las ganancias de agua por lluvia o riego y las pérdidas por evaporación, escorrentía, drenaje profundo y la variación del almacenamiento de agua en el suelo. Conocer el balance hídrico de un área permite determinar, la disponibilidad del recurso hídrico y la magnitud macroclimática de los períodos con exceso o deficiencia de agua en una unidad de trabajo sometida a estudios agroclimáticos e hidroclimáticos. Existen diversos métodos para estimar estas variables de interés hidroclimático. Entre ellos se encuentra el método de Thornthwaite el cual emplearemos en el presente trabajo (CAR et al.2019).

Ecuación 5. Balance hídrico

$$P=ET+E+I+\Delta HS$$

Fuente: IDEAM, 2014

En donde:

P= Precipitación

ET= Evapotranspiración

E= Evaporación

I= Infiltración

ΔHS= Cambio en la humedad del suelo.

A continuación, se analizan individualmente cada uno de los parámetros que componen el balance hídrico climático (CAR et al.2019):

- **P:** Precipitación (en mm/unidad de tiempo). Es un parámetro experimental que se debe medir en estaciones meteorológicas ubicadas en la zona de estudio. Si esto no es posible, se usan valores tomados de estaciones ubicadas en zonas cercanas y de similares características orográficas y meteorológicas a las de la zona de estudio.

- **ETP:** Evapotranspiración Potencial calculada por el método de Thornthwaite. Dicho parámetro representa en el balance las salidas o consumos de agua en la reserva del suelo.

- **PREC-ETP:** Representa el balance de entradas y salidas de agua en el suelo, si el valor obtenido es positivo se considera un mes húmedo si por el contrario el valor obtenido es negativo hace referencia a un mes seco.

- **ALM:** Hace referencia al almacenamiento de agua que se presenta en el suelo. Cuando en un mes se tengan más entradas que salidas es decir que la precipitación sea mayor que la evapotranspiración el agua que no se consume pasa a formar parte del almacenamiento, pero si este ha llegado a su máxima capacidad, el agua sobrante generará excesos en forma de escorrentía o percolación. Si por el contrario las salidas son mayores que las entradas el agua almacenada en el suelo se reduce hasta llegar a su valor límite que es de 0mm. La reserva es calculada como se muestra a continuación

Ecuación 6 Ecuación de almacenamiento hídrico

$$Ri\text{-}1+(Pi\text{-}ETi) \text{ si } 0< Ri\text{-}1+(Pi\text{-}ETi) <Rmáx$$

$$Ri= Rmáx \text{ si } Ri\text{-}1+(Pi\text{-}ETi) >Rmáx$$

$$0 \text{ si } 0> Ri\text{-}1+(Pi\text{-}ETi)$$

Fuente: IDEAM, 2010

Nota: Reserva del mes "i" y del mes anterior "i-1"

De acuerdo con Claro, 2016 cuando los balances se extrapolan a grandes zonas donde la capacidad de almacenamiento es imposible de determinar por las variaciones de este, se puede establecer un valor fijo. El valor más utilizado corresponde a 100 mm, acorde a lo presentado en el capítulo 3.1.3.3 del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca - POMCA Río Guavio (CAR et al.2019).

- **ΔALM:** Variación en el almacenamiento y es igual al almacenamiento del mes actual menos el almacenamiento del mes anterior.

- **ET:** Evapotranspiración Real que como su nombre lo indica es la cantidad de agua que realmente se evapotranspira según la disponibilidad que exista de la misma en la década considerada, razón por la cual la ET siempre será menor o en algunos casos igual a la ETP.

Su cálculo se realiza teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Si la PREC>ETP, entonces la ET=ETP
- Si la PREC<ETP, entonces la ET=PREP+|ΔALM|

- **DEF:** Déficit que hace referencia al agua faltante para cubrir las necesidades de agua potenciales y se calcula

Ecuación 7 Calculo déficit hídrico

$$DEF=ETP-ET$$

Fuente: IDEAM, 2014

- **EXC:** Excesos y hace referencia al agua que sobra luego de cubrir la Capacidad de Almacenamiento del suelo y se representa por los procesos de escorrentía y de percolación. Su cálculo se realiza teniendo en cuenta las siguientes consideraciones.

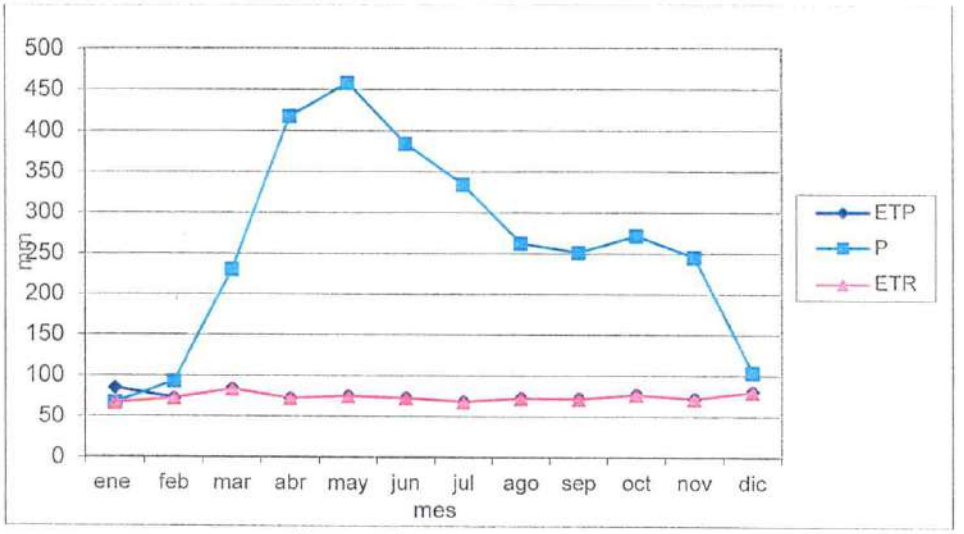
Si un mes es seco, no se presentarán excesos.

Si un mes es húmedo los excesos estarían representados por precipitación menos la ETP menos la variación en el almacenamiento.

A continuación, se presentan los balances hídricos elaborados con los registros de precipitación y la evapotranspiración potencial estimada a partir de los registros de temperatura.

En la Gráfica 45 se presenta el balance hídrico de la unidad hidrográfica del Caño Sardinata. A partir del área comprendida entre la precipitación y la evapotranspiración real (ETR), desde febrero hasta diciembre, se determinan los excedentes de agua disponibles en la zona. En contraste, durante el mes de enero se observa que la línea de la evapotranspiración potencial (ETP) supera a la de la precipitación, lo que implica la utilización del agua almacenada en la reserva del suelo. Sin embargo, al agotarse esta reserva, se genera un déficit, dado que la ETP también excede a la ETR.

Gráfica 45 Balance Hídrico del Caño Sardinata



Fuente. Consorcio Sardinata 2025.

En la tabla 34, se presentan los datos específicos para el balance hídrico planteado en la Gráfica 45.

Tabla 34 Balance hídrico caño Sardinata

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
Precipitación	68,3	94,1	230,5	417,5	458,1	384,1	334,1	262,4	251,3	271,8	245,6	105,0	**3122,9**
ETP corr.	86,3	74,1	85,3	74,0	76,7	74,5	70,2	74,3	73,8	78,7	73,9	82,3	**924,0**
PRECP -ETP	-17,9	20,0	145,2	343,5	381,4	309,6	263,9	188,1	177,6	193,1	171,8	22,7	**2198,9**
Almacenamiento	82,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	**1182,1**
Delta ALM	-17,9	17,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**
ETR	68,3	74,1	85,3	74,0	76,7	74,5	70,2	74,3	73,8	78,7	73,9	82,3	**906,1**
Déficit	17,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**17,9**
Excedentes	0,0	20,0	145,2	343,5	381,4	309,6	263,9	188,1	177,6	193,1	171,8	22,7	**2216,8**

Fuente. Consorcio Sardinata 2025.

6. Análisis de variabilidad climática

Para la clasificación de los registros hidrológicos se consideró inicialmente el uso del Índice Oceánico del Niño (ONI), disponible en la base de datos del Climate Prediction Center (NOAA). Con este indicador se buscó identificar la influencia de las fases del fenómeno ENSO (El Niño, La Niña y condiciones neutrales).

Acorde con el registro National Oceanic and Atmospheric Administration entre septiembre de 1986 y febrero de 1988 se evidencia un evento prolongado del fenómeno de El Niño, con anomalías positivas que se mantuvieron de manera continua. En 1987 los valores oscilaron entre 1.0 y 1.7, alcanzando un máximo en los trimestres JAS (1.7) y ASO (1.6), lo que refleja la consolidación de un episodio fuerte. Para 1988 aún se observan valores positivos en el primer trimestre, aunque con tendencia a disminuir hacia mediados de año. Este periodo estuvo asociado a alto riesgo de sequías, reducción de caudales y afectaciones hídricas.

A continuación, entre los años 1998 y 2001 se observa un evento de La Niña, con anomalías negativas persistentes entre -0.7 y -1.7, lo que evidencia un fenómeno prolongado e intenso que contrastó directamente con el Niño previo. Este periodo implicó alto riesgo de inundaciones, crecientes súbitas y deslizamientos, al intensificarse las precipitaciones.

De 2007 a 2009 se observa otro episodio significativo de La Niña, con anomalías negativas persistentes de hasta -1.6, lo que demuestra un evento de gran intensidad que impactó durante varios trimestres consecutivos. Este evento estuvo asociado a fuertes lluvias, desbordamientos e inundaciones generalizadas, con consecuencias graves en varias regiones del país. En contraste este mismo año reaparece un episodio de El Niño, con anomalías positivas que oscilaron entre 0.5 y 1.6, mostrando una reactivación del calentamiento en el Pacífico. Este evento se asocia a un riesgo creciente de sequía, aunque con menor severidad en comparación con los grandes episodios anteriores.

Figura 10 Base de datos del Climate Prediction Center (NOAA) del periodo 1980 a 2009

Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1980	0.6	0.5	0.3	0.4	0.5	0.5	0.3	0.0	-0.1	0.0	0.1	0.0
1981	-0.3	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	-0.1
1982	0.0	0.1	0.2	0.5	0.7	0.7	0.8	1.1	1.6	2.0	2.2	2.2
1983	2.2	1.9	1.5	1.3	1.1	0.7	0.3	-0.1	-0.5	-0.8	-1.0	-0.9
1984	-0.6	-0.4	-0.3	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.6	-0.9	-1.1
1985	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4
1986	-0.5	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	0.2	0.4	0.7	0.9	1.1	1.2
1987	1.2	1.2	1.1	0.9	1.0	1.2	1.5	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1
1988	0.8	0.5	0.1	-0.3	-0.9	-1.3	-1.3	-1.1	-1.2	-1.5	-1.8	-1.8
1989	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1990	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4
1991	0.4	0.3	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.6	0.6	0.8	1.2	1.5
1992	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.7	0.4	0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1
1993	0.1	0.3	0.5	0.7	0.7	0.6	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	0.1
1994	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.7	1.0	1.1
1995	1.0	0.7	0.5	0.3	0.1	0.0	-0.2	-0.5	-0.8	-1.0	-1.0	-1.0
1996	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5
1997	-0.5	-0.4	-0.1	0.3	0.8	1.2	1.6	1.9	2.1	2.3	2.4	2.4
1998	2.2	1.9	1.4	1.0	0.5	-0.1	-0.8	-1.1	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6
1999	-1.5	-1.3	-1.1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.1	-1.1	-1.2	-1.3	-1.5	-1.7
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2000	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.6	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7
2001	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3
2002	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.1
2003	0.9	0.6	0.4	0.0	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4
2004	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7
2005	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.3	-0.6	-0.8
2006	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.1	0.0	0.1	0.3	0.5	0.8	0.9	0.9
2007	0.7	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-1.1	-1.3	-1.5	-1.6
2008	-1.6	-1.5	-1.3	-1.0	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	-0.2	-0.4	-0.6	-0.7
2009	-0.8	-0.8	-0.6	-0.3	0.0	0.3	0.5	0.6	0.7	1.0	1.4	1.6

Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration, 2024

El periodo entre 2010 y 2012 se observa un evento prolongado de La Niña, con anomalías negativas que oscilaron entre -0.5 y -1.6, mostrando persistencia en varios trimestres. Este fenómeno estuvo asociado a alto riesgo de inundaciones, crecientes y deslizamientos, siendo uno de los episodios de La Niña más relevantes de la década.

Del trimestre SON del año 2014 al trimestre FMA del 2016 se presentó nuevamente un evento fuerte de El Niño, con anomalías positivas que alcanzaron entre 1.5 y 2.6, llegando a ser tan duradero como el mencionado en 1986. Este episodio generó riesgo muy alto de sequías, desabastecimiento de agua e incendios forestales. En contraste, entre 2017 y 2018 se evidencian anomalías negativas que llegaron hasta -0.8, lo que indica la ocurrencia de un episodio de La Niña de intensidad moderada. Este fenómeno representó riesgo de inundaciones y crecientes, aunque de menor magnitud que el de 2011 a 2012.

Posteriormente, desde mediados de 2020 hasta comienzos de 2023, se observa un prolongado episodio de La Niña, con anomalías negativas que oscilaron entre -0.6 y -1.3. Este evento, de larga duración, se asocia a fuertes lluvias, crecientes y alta incidencia de inundaciones, especialmente hacia 2021 y 2022, cuando las anomalías fueron más intensas y persistentes.

De 2023 a 2024 ocurre una transición hacia un episodio de El Niño, con anomalías positivas de hasta 2.0, lo que marca un evento fuerte con alto riesgo de sequías, estrés hídrico e incendios.

Figura 11. Base de datos del Climate Prediction Center (NOAA) del periodo 1980 a 2009

Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2010	1.5	1.2	0.8	0.4	-0.2	-0.7	-1.0	-1.3	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6
2011	-1.4	-1.2	-0.9	-0.7	-0.6	-0.4	-0.5	-0.6	-0.8	-1.0	-1.1	-1.0
2012	-0.9	-0.7	-0.6	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.2
2013	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.5	-0.3	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.6	0.7
2015	0.5	0.5	0.5	0.7	0.9	1.2	1.5	1.9	2.2	2.4	2.6	2.6
2016	2.5	2.1	1.6	0.9	0.4	-0.1	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7	-0.7	-0.6
2017	-0.3	-0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	-0.1	-0.4	-0.7	-0.8	-1.0
2018	-0.9	-0.9	-0.7	-0.5	-0.2	0.0	0.1	0.2	0.5	0.8	0.9	0.8
2019	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.1	0.2	0.3	0.5	0.5
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2020	0.5	0.5	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.4	-0.6	-0.9	-1.2	-1.3	-1.2
2021	-1.0	-0.9	-0.8	-0.7	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.7	-0.8	-1.0	-1.0
2022	-1.0	-0.9	-1.0	-1.1	-1.0	-0.9	-0.8	-0.9	-1.0	-1.0	-0.9	-0.8
2023	-0.7	-0.4	-0.1	0.2	0.5	0.8	1.1	1.3	1.6	1.8	1.9	2.0
2024	1.8	1.5	1.1	0.7	0.4	0.2	0.0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5
2025	-0.6	-0.4	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2					

Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration, 2024

7. HIDROLOGÍA

En el siguiente capítulo se determinan todos los valores necesarios para la ejecución de las obras que requieran de magnitudes de caudales asociadas a diferentes periodos de retorno, los cálculos que se llevarán a cabo corresponderán a:

- Curva Intensidad duración frecuencia
- Caudales medios multianuales
- Caudales máximos
- Caudales mínimos
- Curva de duración de caudales

7.1. Curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)

Las curvas IDF resumen los valores de la intensidad o la tasa temporal de precipitación, la frecuencia que se expresa en el periodo de retorno, el cual se define como la cantidad de años en los cuales el evento puede ser igualado o superado.

En el presente proyecto las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia, se desarrollan con el fin de generar hietogramas que representen eventos determinados y se pueda realizar una modelación hidrodinámica representando la duración e intensidad de una tormenta local.

Para la elaboración de las curvas intensidad duración frecuencia, se empleará el método de la precipitación máxima probable, la cual a partir de registros de precipitación máxima en 24 horas y el ajuste a diferentes distribuciones de probabilidad, genera intensidades asociadas a N duraciones.

A partir de los registros pluviométricos y valores de precipitación máxima en 24 horas con un nivel histórico de más de 30 años, se construye la curva intensidad duración frecuencia de la cual se obtiene la siguiente ecuación para el área que comprende la bocatoma ubicada en la microcuenca del Caño Sardinata.

Se presenta la ecuación representativa para la subcuenca que describe el comportamiento de la intensidad en función de la duración y el periodo de retorno.

Ecuación 8.Intensidad de precipitación

$$I = \frac{244{,}1556 * T^{0.136}}{t^{0.61639}}$$

I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de retorno (años)

t = tiempo de duración de la precipitación (min)

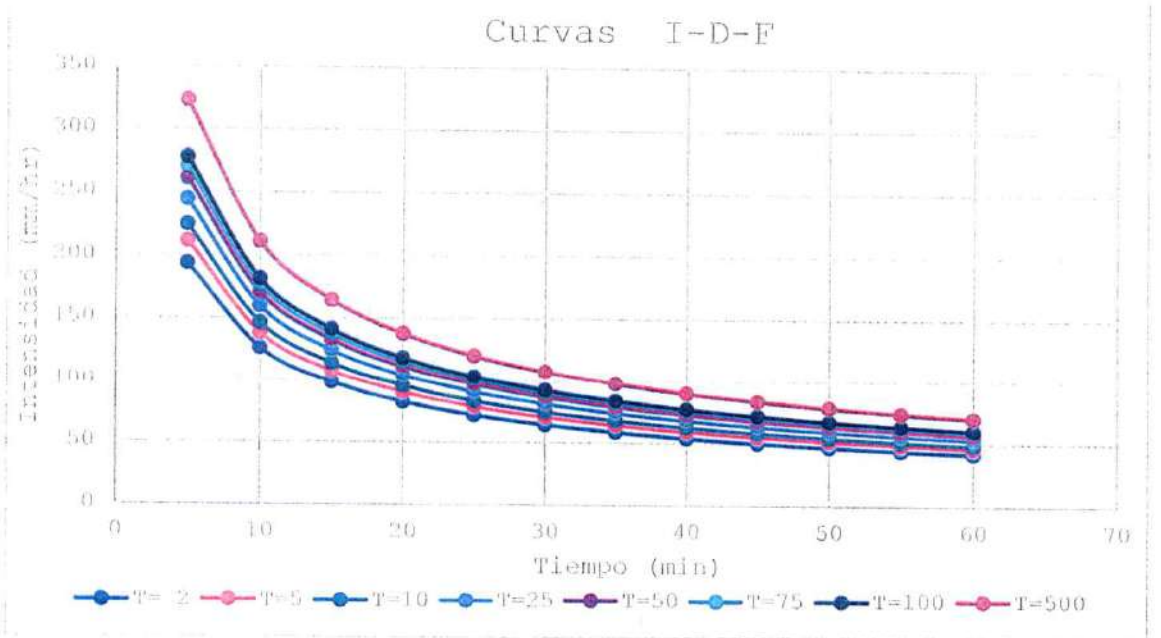
Tabla 35. Valores de IDF del área aferente a la bocatoma

Tabla de intensidad - Tiempo de duración - Periodo de retorno												
Frecuencia en años	Duración en minutos											
	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0	55,0	60,0
2	192,8	125,7	97,9	82,0	71,5	63,9	58,1	53,5	49,8	46,6	44,0	41,7
5	209,9	136,9	106,6	89,3	77,8	69,5	63,2	58,2	54,2	50,8	47,9	45,4
10	223,8	146,0	113,7	95,2	83,0	74,2	67,4	62,1	57,8	54,1	51,0	48,4

25	243,6	158,9	123,8	103,7	90,3	80,7	73,4	67,6	62,9	58,9	55,6	52,7
50	259,8	169,5	132,0	110,6	96,3	86,1	78,3	72,1	67,1	62,8	59,3	56,2
75	269,8	176,0	137,1	114,8	100,0	89,4	81,3	74,9	69,6	65,3	61,5	58,3
100	277,1	180,7	140,8	117,9	102,7	91,8	83,5	76,9	71,5	67,0	63,2	59,9
500	321,7	209,8	163,4	136,9	119,3	106,6	96,9	89,3	83,0	77,8	73,4	69,5

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

Gráfica 46 Curvas IDF del área aferente a la bocatoma



Fuente: Consorcio Sardinata 2025

7.2. Balance Hidro Climático a largo plazo

Para la caracterización del régimen hidrológico en los puntos de captación, se empleó la teoría de transposición de caudales basada en la relación entre área de drenaje y escorrentía. Este enfoque permite estimar los caudales en ubicaciones con datos insuficientes o inexistentes a partir de registros hidrométricos en estaciones cercanas con características hidrológicas comparables.

En este estudio, se utilizó la estación limnimétrica Puerto rico, identificada con el código 32077080, como punto de referencia. La metodología aplicada considera que el caudal es función del área de drenaje, asumiendo una relación proporcional entre la escorrentía generada en la cuenca de referencia y la de las áreas de interés, ajustada por factores hidrológicos y geomorfológicos pertinentes.

El método de transposición de caudales se basa en la premisa de que regiones con características climáticas, fisiográficas y de cobertura vegetal similares presentan respuestas hidrológicas comparables. En este sentido, la ecuación utilizada se fundamenta en la transferencia de información hidrológica desde la estación limnimétrica o limnigráfica ubicada dentro del área de estudio hacia las zonas objetivo, permitiendo estimaciones más precisas del comportamiento hídrico en los puntos de captación.

La ecuación propuesta para la estimación de caudales en función del área de drenaje es la siguiente

Ecuación 9. Transposición de caudal

$$Qd = \frac{Qc\ x\ Ad}{Ac}$$

Fuente: IDEAM, 2010

Donde:

Qd: Es el caudal desconocido en m3/s

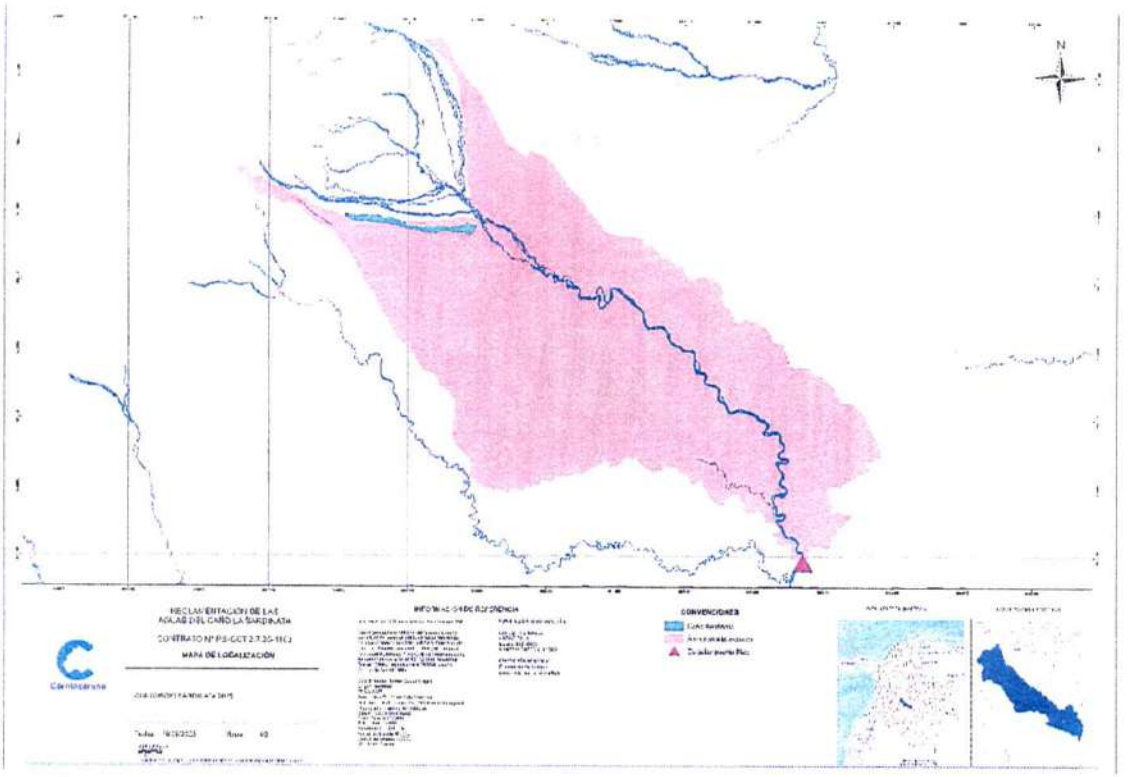
Qc: Es el caudal conocido en m3/s

Ad: Es el área de la cuenca sin información

Ac: Es el área de la cuenca con información

Para establecer los caudales en los puntos de captación se procede a identificar la unidad hidrográfica que abarca la estación Puerto rico (32077080), así mismo se identifica el área de la microcuenca del Caño Sardinata.

Figura 12. Áreas de influencia



Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

En la tabla 36, se presenta la recopilación de las áreas presentadas en la figura 12.

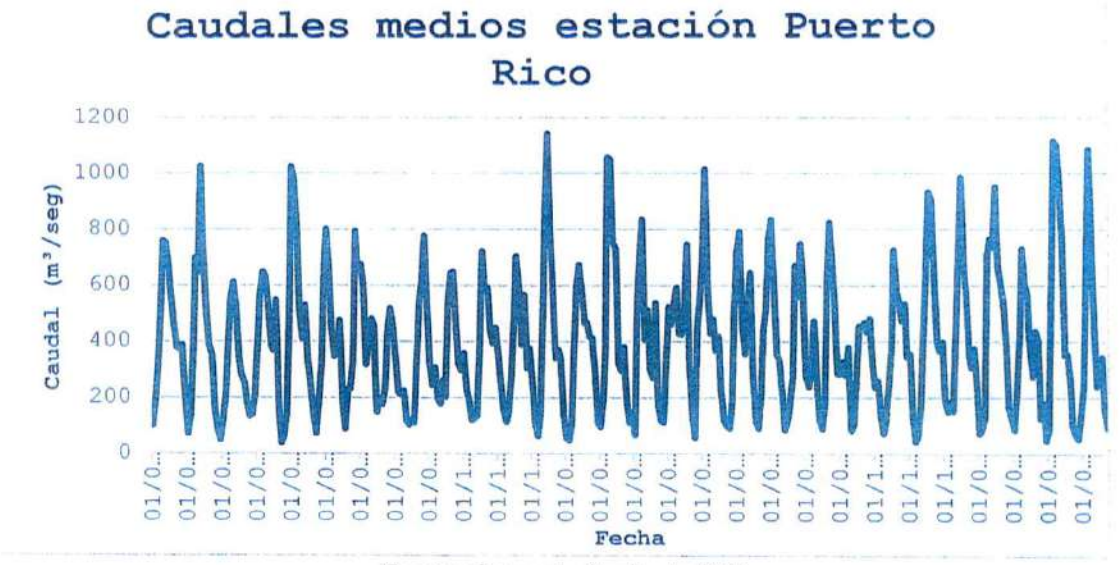
Tabla 36. Áreas de interés

Área (Km²)	
Influencia estación Puerto rico	3357,4
Microcuenca del Caño Sardinata	25,27

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

Con base en la información registrada por la estación Puerto rico, se construye el seguimiento de caudales desde el año 1990 hasta el 2025.

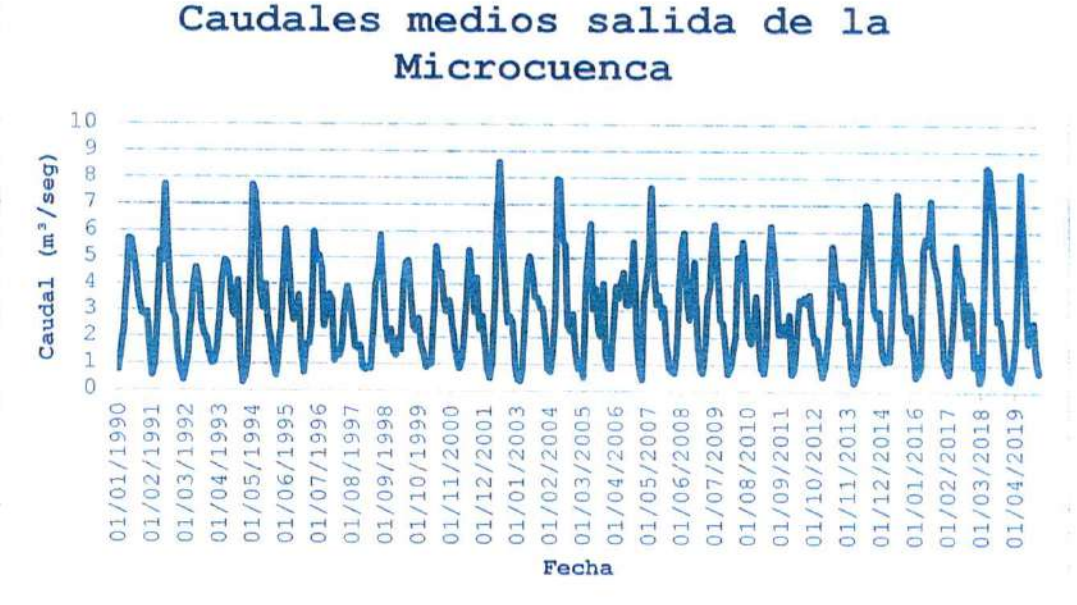
Gráfica 47 Serie de caudales estación Puerto Rico (32077080)



Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

Con base en la ecuación 9 y los datos de la Gráfica 47, se realiza la transposición de caudales para la salida de la microcuenca del Caño Sardinata.

Gráfica 48 Serie de caudales transpuestos a la estación Puerto Rico



Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

A continuación, se muestran en la tabla 37 los caudales establecidos para el área de la microcuenca del Caño Sardinata por medio de la transposición de caudales.

Tabla 37. Caudales mensuales multianuales en la salida de la microcuenca

Caudal	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Med (m3/seg)	0,91	0,84	1,40	3,16	5,22	5,70	5,13	3,78	2,81	2,70	2,92	1,62

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

8. Modelo lluvia escorrentía: Parámetros, información requerida, metodología, calibración y validación

- Descripción general del modelo lluvia escorrentía

Los modelos lluvia–escorrentía constituyen herramientas fundamentales para simular la generación de caudales en una cuenca hidrográfica. Su uso se justifica principalmente en la limitada disponibilidad de registros hidrométricos en la mayoría de las cuencas, lo cual dificulta la representación de los procesos hidrológicos en diferentes escalas espaciales y temporales (Andréassian et al., 2001).

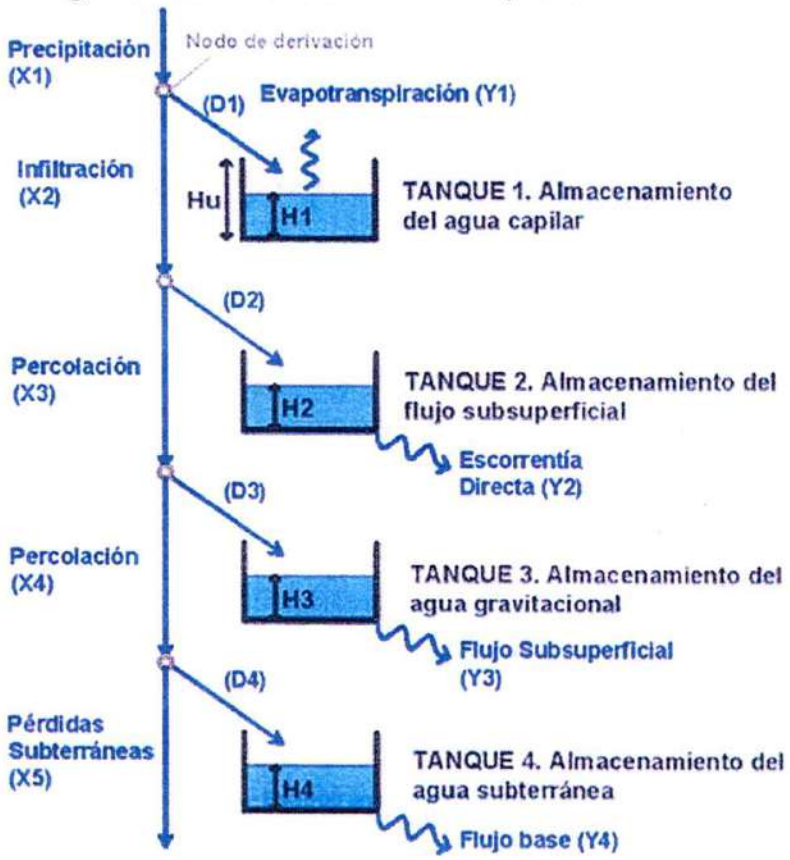
En este estudio se implementa el Modelo Hidrológico Conceptual Agregado (MHCA), el cual fue aplicado por Vélez et al. (2010) en 48 cuencas colombianas con características morfológicas e hidroclimáticas contrastantes, obteniendo resultados satisfactorios en la mayoría de los casos. Este modelo, derivado del TETIS (Vélez, 2001; Francés et al., 2007; Medici et al., 2008), ha demostrado ser útil en la reconstrucción de series de caudal, la estimación de datos faltantes y la simulación hidrológica con fines de pronóstico a escalas diarias y mensuales.

El esquema conceptual del MHCA se compone de cuatro tanques interconectados que representan los principales compartimentos de la fase terrestre del ciclo hidrológico: almacenamiento capilar, flujo superficial, flujo subsuperficial y flujo subterráneo (Figura 67). En cada intervalo de tiempo, la precipitación (X_1) se distribuye entre los distintos almacenamientos, y según el volumen acumulado en cada tanque (H_i), se define su contribución a la escorrentía (Y_i).

El modelo realiza de manera continua el balance hídrico en cada tanque, actualizando los volúmenes almacenados. La precipitación (X_1) se estima a partir de registros diarios de estaciones meteorológicas cercanas, interpolados espacialmente. El agua derivada en cada nodo (D_i), así como la que se transfiere hacia los niveles inferiores (X_i) a través del conducto

distribuidor, dependen de la disponibilidad hídrica, del estado de almacenamiento y de la capacidad de conducción aguas abajo, asociada a la conductividad hidráulica del subsuelo. Finalmente, la descarga (Y_i) en cada tanque está determinada por el volumen almacenado y por propiedades de la cuenca que reflejan el tiempo de permanencia del agua en cada compartimento.

Figura 13. Conducto de distribución correspondiente al modelo



Fuente: Vélez (2001)

La descarga (Y_i) en cada tanque depende tanto del volumen almacenado como de las características de la cuenca, las cuales se relacionan con el tiempo de permanencia del agua en cada compartimento de almacenamiento temporal.

Tanque 1: Almacenamiento capilar en el suelo:
Este tanque representa el agua retenida en la cuenca que solo se libera a través de la evapotranspiración, por lo que no contribuye directamente a la escorrentía. Incluye procesos como la interceptación, el agua acumulada en charcos y la humedad retenida en el suelo por acción de las fuerzas capilares.

En el modelo, la precipitación (X_1) se estima a partir de los registros de las estaciones más cercanas, mediante un método de interpolación espacial. El volumen de lluvia calculado ingresa a un conducto, del cual se deriva una cantidad (D_1) hacia el tanque de almacenamiento capilar (T_1).

La capacidad máxima de almacenamiento (H_u) se define como la suma de:

- La capacidad de agua útil del suelo, es decir, la cantidad de agua necesaria para llevar un perfil de suelo muy seco hasta el límite de almacenamiento capilar, sin que el agua drene por gravedad.
- La capacidad de la cobertura superficial, generalmente asociada a la vegetación y su capacidad de retener agua.

La derivación (D_1) que ingresa al almacenamiento estático se determina como el mínimo entre:

1. El volumen de agua disponible en el conducto distribuidor.
2. El déficit de almacenamiento del tanque capilar ($H_u - H$).
3. La tasa máxima de infiltración permitida en un intervalo de tiempo.

De esta manera, mientras no se complete la capacidad del almacenamiento capilar, no se permite el paso de agua hacia la escorrentía. No obstante, en condiciones reales puede generarse escorrentía incluso sin que el almacenamiento capilar esté saturado. Para representar este comportamiento, el modelo incorpora un coeficiente de paso, de modo que la fracción de lluvia que se deriva depende del nivel de llenado del almacenamiento capilar: cuando el tanque está cercano a su capacidad máxima, se permite el paso de una mayor cantidad de agua; cuando está vacío, la fracción transferida es menor. En este contexto, D_1 se expresa como:

Ecuación 10. Transposición de caudal

$$D_1 = Min\{\varphi X_1, Hu - H_1\}$$

Fuente: (CORMACARENA, 2016)

Ecuación 11. Transposición de caudal

$$\varphi = 1 - \left(\frac{H_1}{H_u}\right)^a$$

Fuente: (CORMACARENA, 2016)

Este esquema ha sido adoptado en diversos modelos conceptuales agregados. Un ejemplo es el modelo HBV (Bergström, 1995), en el cual el parámetro a puede variar entre 1 y 3, siendo definido por el analista según las características de la cuenca. De manera similar, en los modelos GR-3J y GR-3H (Arnaud y Lavabre, 1996), el valor de a se fija en 2.

La cantidad de agua destinada a la evapotranspiración está en función del volumen almacenado en el tanque y de la evapotranspiración real (ETR). Esta, a su vez, depende de la disponibilidad de agua en el suelo: cuando existe déficit hídrico, la ETR es inferior a la evapotranspiración potencial (ETP).

Para representar este comportamiento, varios Consorcio Sardinata 2025. han propuesto expresiones que permiten estimar la ETR a partir de la ETP y de la relación entre la humedad del suelo y la humedad correspondiente a la capacidad de campo. En el modelo aplicado, dicha relación se traduce en el cociente entre el volumen de agua almacenado en el tanque y la capacidad máxima de almacenamiento, de manera que:

Ecuación 12. Transposición de caudal

$$Y_1 = ETP\left(\frac{H_1}{H_u}\right)^b$$

Fuente: (CORMACARENA, 2016)

En los modelos GR-2 y GR-3 del CEMAGREF (Michel, 1989) se utiliza una expresión muy similar a la anterior y el parámetro b tiene un valor de 0.5. Igualmente, el modelo HBV (Bergström, 1995) utiliza una expresión equivalente cuando b = 1. Singh y Dickinson (1975) obtienen buenos resultados con b = 0.7.

Además, en el modelo se tiene en cuenta que el valor de la evapotranspiración real no puede ser mayor que el agua disponible para evaporación en este almacenamiento estático, así:

Ecuación 13. Transposición de caudal

$$Y_1 = Min\left\{ETP\left(\frac{H_1}{H_u}\right)^b, H_1\right\}$$

Fuente: (CORMACARENA, 2016)

Para estimar la evapotranspiración potencial se recomienda utilizar la ecuación de Turc Modificado (Barco y Cuartas, 1999; Vélez, 2000; UNAL, (2001)). De acuerdo con lo

propuesto en el modelo, el agua que no ingresa al almacenamiento estático T1, sigue su camino por la zona capilar del suelo hacia abajo.

Ecuación 14. Transposición de caudal

$$X_2 = X_1 - D_1$$

Fuente: (CORMACARENA, 2016)

Tanque 2: Almacenamiento del Flujo Superficial: En este almacenamiento se representa el agua que es susceptible a infiltrarse a un nivel inferior o que fluye por la ladera (escorrentía directa). Se supone que la capa superior del suelo tiene una conductividad hidráulica Ks representativa o característica y que se asocia al tipo de suelo y a su estructura, lo cual está relacionando la cobertura vegetal, el uso y manejo del suelo.

Por lo tanto, la cantidad de agua que entra al almacenamiento T2, está relacionada con la capacidad del suelo para dejar pasar el agua a su interior Ks (una conductividad hidráulica de la capa superior del suelo asociada a la cobertura en condiciones de saturación) y con el flujo excedente del almacenamiento capilar X2 según la siguiente relación:

Ecuación 15. Transposición de caudal

$$D_2 = Max\{0, H_2 - k_s\,\Delta t\}$$

Fuente: (CORMACARENA, 2016)

Para el flujo superficial en la cuenca, suponiendo velocidad constante y aplicando la ecuación de continuidad, la escorrentía directa se puede representar mediante un embalse lineal:

Ecuación 16. Transposición de caudal

$$Y_2 = \alpha \cdot H_2$$

Fuente: (CORMACARENA, 2016)

En donde el coeficiente de descarga es función del tiempo de residencia del agua en el interior del suelo.

Ecuación 17. Transposición de caudal

$$\alpha = \frac{1}{tiempoderesistencia}$$

Fuente: (CORMACARENA, 2016)

El agua que no ingresa al almacenamiento estático T2, sigue su camino por la zona capa superior del suelo hacia la capa inferior.

Ecuación 18. Transposición de caudal

$$X_3 = X_2 - D_2$$

Fuente: (CORMACARENA, 2016)

Tanque 3: Almacenamiento de Agua Gravitacional en la Capa Superior del Suelo. Este almacenamiento representa al agua almacenada en la capa superior del suelo mientras fluye lentamente hacia la red de drenaje. Se desarrolla inicialmente sobre una capa delgada que fluye lateralmente hacia abajo por el interior de esta capa hasta que sale a los elementos de la red de drenaje.

De acuerdo con lo propuesto en el modelo, durante el intervalo de tiempo, se tiene una cantidad de agua gravitacional X3 que se mueve verticalmente hacia el interior del suelo. De esta cantidad, una parte X4, podrá percolar o seguir hacia la zona inferior del suelo, mientras que el resto del agua se deriva al almacenamiento superior del suelo donde se convertirá en flujo subsuperficial.

Se supone igualmente que la capa inferior del suelo tiene una capacidad de percolación representativa que se asocia al tipo de subsuelo y su estructura, lo cual está estrechamente relacionado con las características geológicas (litológicas y estructurales) y geomorfológicas de las capas inferiores del suelo. En algunos casos la capacidad de percolación y su variabilidad espacial se pueden inferir por características del relieve, algunos rasgos morfológicos, el desarrollo de la vegetación, el uso y manejo del suelo y la producción de flujo base aguas abajo.

La cantidad de agua que ingresa al almacenamiento durante el intervalo de tiempo se puede asociar con el flujo excedente del almacenamiento del flujo superficial en ladera X3 y la conductividad hidráulica en la capa inferior del suelo (subsuelo) en condiciones de saturación que se conoce como capacidad de percolación Kp y que se expresa:

Ecuación 19. Transposición de caudal

$$D_3 = Max\{0, X_3 - k_p\,\Delta t\}$$

Fuente: (CORMACARENA, 2016)

Para la producción de escorrentía subsuperficial en la ladera se hace una formulación análoga a la presentada en el almacenamiento T2 para obtener la siguiente relación lineal:

Ecuación 20. Transposición de caudal

$$Y_3 = \alpha \cdot H_3$$

Fuente: (CORMACARENA, 2016)

Tanque 4: Almacenamiento Subterráneo: Se representa por un tanque donde se considera el almacenamiento del agua gravitacional mientras fluye a través del interior del suelo hacia la red de drenaje, en lo que se podría considerar como el acuífero, y donde sale a formar el flujo base.

El volumen de agua que durante el intervalo de tiempo ingresa por percolación X4 tiene la posibilidad de que una cantidad de agua siga hacia las pérdidas subterráneas X5 y que el resto sea derivado hacia el almacenamiento subterráneo T4. La cantidad de agua que se deriva para el flujo subterráneo depende de la cantidad de agua que ha percolado y de la cantidad que pasa a las pérdidas.

Ecuación 21. Transposición de caudal

$$D_4 = Min\{0, X_4 - k_{pp}\}$$

Fuente: (CORMACARENA, 2016)

Para la representación del flujo a través del almacenamiento subterráneo, se utiliza la ecuación de continuidad y una ecuación que relaciona la tasa de flujo que sale de este almacenamiento con la cantidad de agua almacenada:

Ecuación 22. Transposición de caudal

$$Y_3 = \alpha \cdot H_3$$

Fuente: (CORMACARENA, 2016)

La importancia de la representación del flujo subterráneo en la modelación de crecidas está en reproducir adecuadamente las recesiones del flujo en los cauces y que esto sea coherente con el volumen de agua que ha ingresado al almacenamiento subterráneo. Finalmente, el caudal promedio diario total en la cuenca para cada intervalo de tiempo es la suma del flujo producido en cada tanque o almacenamiento.

Ecuación 23. Transposición de caudal

$$Q = Y_2 + Y_3 + Y_4$$

Fuente: (CORMACARENA, 2016)

- Información requerida por el modelo

La calidad de la información utilizada en el modelo, tanto para la calibración de parámetros como para la generación de series simuladas, repercute directamente en la precisión de los resultados, especialmente en cuencas que carecen de registros históricos de caudal. Entre las variables de entrada más relevantes se encuentran la evapotranspiración potencial, la precipitación diaria, los caudales diarios y la radiación solar.

El área de la cuenca se determinó a partir de la ubicación del sitio de interés, empleando mapas de direcciones de flujo y la cartografía oficial del proyecto, lo que permitió obtener una estimación precisa de la línea divisoria y del área de drenaje hasta el punto de cierre correspondiente, ya fuera subcuenca, microcuenca o estación de monitoreo. En cuanto a los caudales medios diarios, constituyen junto con la precipitación una de las variables más importantes para la calibración del modelo. Para su utilización se requiere contar con series de suficiente calidad, previamente sometidas a un análisis de homogeneidad que descarte inconsistencias que puedan afectar los resultados; aunque no se establece un mínimo de años de registro, la confiabilidad de la calibración aumenta en función de la longitud de la serie disponible.

La precipitación media diaria se consideró a partir de registros de estaciones pluviométricas, teniendo en cuenta no solo la calidad y la extensión temporal de las series, sino también su adecuada distribución espacial, de manera que la estimación represente con fidelidad la variabilidad que condiciona los procesos hidrológicos de la cuenca. Por su parte, la evapotranspiración potencial se obtuvo a partir de los valores promedio derivados de los campos estimados de las variables explicadas en el capítulo anterior. Finalmente, la radiación solar se incorporó a través de los valores históricos de radiación global incidente en la zona, como insumo adicional en la representación de los procesos hidrológicos del modelo.

- Parámetros de calibración del Modelo

Parámetros hidráulicos: los parámetros hidráulicos del modelo son: el almacenamiento capilar del suelo, la conductividad del suelo en su capa superficial e inferior; el tiempo medio de residencia del flujo superficial, subterráneo y del flujo base. Cada uno de estos parámetros posee un intervalo de variación sugerido (sin representar la última palabra) en diversos trabajos (Correa, 2001, Jaramillo, 2003) y se muestran en la Tabla 38.

Tabla 38. Parámetros hidráulicos del modelo de tanques

PARÁMETROS HIDRÁULICOS	MIN	MAX
Almacenamiento capilar (mm)	50	250
Conductividad capa superior (mm/día)	7,5	30
Conductividad capa inferior (mm/día)	2,5	10
Perdidas subterráneas (mm)	0	0
Tiempo medio de residencia flujo superficial (días)	0,5	2
Tiempo medio de residencia flujo subsuperficial (días)	2,5	10
Tiempo medio de residencia flujo base (días)	50	200

Fuente: Vélez (2001).

Condiciones iniciales: Las condiciones iniciales de almacenamiento de cada uno de los tanques, se obtienen conociendo las condiciones hidráulicas del terreno, la calidad y textura. Con estos tipos de suelos se dan unos valores iniciales que se refinan a medida que las colas de los datos históricos en las recesiones son similares a las simuladas.

Otros parámetros del modelo: Son los parámetros correspondientes a la evaporación real y a la infiltración de la cuenca: Exponente de infiltración y de evaporación. A diferencia de los parámetros hidráulicos de modelo, los exponentes de evaporación y de infiltración que se utilizan en las ecuaciones del modelo, si han sido explorados de manera más amplia por los diferentes Consorcio Sardinata 2025. y el rango de variación de cada uno de éstos no es tan amplio, tal como se observa en la Tabla 39, y de los cuales ya algunos consorcios recomiendan valores.

Tabla 39. Rango de variación de otros parámetros del modelo de tanques

OTROS PARÁMETROS DEL MODELO	MIN	MAX
Exponente infiltración (Se recomienda 2)	1	3
Exponente evaporación (Se recomienda 0.7)	0,25	15

Fuente: Vélez (2001).

Es importante tener presente que cada parámetro incide de manera distinta en el régimen de caudales simulados, por lo cual su adecuada comprensión resulta fundamental para lograr una calibración confiable.

En el caso de las estaciones de precipitación, durante la simulación se debe considerar tanto la influencia individual de cada estación como el valor de la precipitación media anual en la cuenca. Este último aspecto garantiza que la precipitación registrada en las estaciones coincida con la precipitación media anual calculada para toda la cuenca.

Durante la calibración de los parámetros del modelo, a partir de la serie de caudales observados y de los valores de evapotranspiración real generados por el modelo, es posible establecer el balance hídrico en función de la precipitación media. Cuando se requiere la

generación de series sintéticas, la precipitación media anual de la cuenca se estima mediante interpolaciones espaciales de la información total anual disponible.

Para asignar un peso relativo a cada estación de precipitación, se recurre al análisis de correlaciones lineales entre los registros de precipitación y los caudales observados. El peso final de cada estación se define de manera que la precipitación ingresada al modelo sea consistente con la que aparece en la ecuación de balance hídrico de la cuenca.

- Estrategia de Calibración y Validación del modelo de tanques en la cuenca

Para aplicar el modelo de tanques sobre las subcuencas asociadas a la Cuenca hidrográfica del río Medio y Bajo Ariari, se debe identificar una estación hidrológica con registro de caudales medios diarios superior a 20 años para realizar la calibración y validación (espacial y temporal) del modelo de tanques, para este fin se escogió la estación Puerto Rico (32077080), sobre el cauce principal del río Ariari, antes de la desembocadura del Güejar, desde la ubicación de dicha estación se trazó su cuenca de influencia con el objetivo de simular los caudales del río Ariari y compararlos con los valores medidos en la estación.

La serie de caudales medios diarios de la estación Puerto Rico será dividida en dos, la primera parte para calibrar el modelo y la segunda para validar los parámetros demostrando que son aplicables en diferentes periodos temporales (validación temporal). El modelo agregado de tanques, al operar de manera vectorial, se programó en una hoja de cálculo y ofrece múltiples ventajas entre las que se pueden destacar la accesibilidad y el monitoreo gráfico de la sensibilidad de los parámetros en el modelo.

Como criterios de ajuste, además del ajuste visual, se eligieron los criterios de eficiencia de Nash – Sutcliffe (1970) original y modificado (cuyo valor se espera cercano a 1 o 100%), el error entre las medias a largo plazo de los caudales reales y simulados, la raíz del error medio cuadrático RMSE (que se espera sea lo más pequeño posible), definidos como se muestra en las expresiones.

Ecuación 24. Transposición de caudal

$$NASH(Q) = \left(1 - \frac{\sum(Q(t)_{obs} - Q(t)_{sim})^2}{\sum(\bar{Q}_{obs} - Q(t)_{obs})^2}\right)$$

Fuente: (CORMACARENA, 2016)

Ecuación 25. Transposición de caudal

$$NASH2(\sqrt{Q}) = \left(1 - \frac{\sum(\sqrt{Q(t)_{obs}} - \sqrt{Q(t)_{sim}})^2}{\sum((prom\sqrt{Q_{obs}}) - \sqrt{Q(t)_{obs}})^2}\right)$$

Fuente: (CORMACARENA, 2016)

Ecuación 26. Transposición de caudal

$$Balance(\%) = \frac{\bar{Q}_{sim} - \bar{Q}_{obs}}{\bar{Q}_{obs}}$$

Fuente: (CORMACARENA, 2016)

Ecuación 27. Transposición de caudal

$$RMSE(m3/s) = \sqrt{\frac{\sum(Q_{obs} - Q_{sim})^2}{N}}$$

Fuente: (CORMACARENA, 2016)

Donde, Q (t) obs es el caudal observado en el tiempo; Q(t) sim es el caudal simulado en el tiempo t, Qobs es el caudal medio observado, Qsim el caudal medio simulado y N es el número de datos. También se verificó el comportamiento entre la curva de duración de los caudales históricos y simulados, conservando el área bajo la curva y ajustando al máximo el comportamiento de ambas.

El criterio NASH describe la eficiencia del modelo para reproducir adecuadamente los caudales máximos (las diferencias están elevadas al cuadrado para dar mayor relevancia a los valores altos), el NASH2 analiza la eficiencia del modelo ante los caudales bajos (especialmente los caudales mínimos y medio), el error del balance (Metzger, 2017) permite analizar cuan bien se preservan los valores medios y el RMSE, si se expresa en porcentaje de la media ayuda a identificar la magnitud de los errores.

Tabla 40. Ajuste según el coeficiente de Nash

NASH	AJUSTE
< 0,2	Insuficiente
0,2 0,4	Satisfactorio
0,4 0,6	Bueno
0,6 0,8	Muy bueno
> 0,8	Excelente

Fuente: (Metzger, 2017)

- Calibración del modelo de tanques sobre la cuenca

Para calibrar el modelo lluvia escorrentía sobre la cuenca hidrográfica del río Medio y Bajo Ariari se seleccionaron aquellas estaciones con información de precipitación media diaria suficiente, procurando que estas aún continuaran activas para su posterior uso o actualización, a partir de la localización de dichas estaciones se tomó la precipitación promedio de las estaciones alrededor de la microcuenca.

La calibración se realizó de forma manual, variando los parámetros dentro de rangos presentados con antelación. Este proceso se realizó buscando que el ajuste gráfico entre la serie real y la simulada fuera aceptable mediante la obtención del menor error de balance y las máximas eficiencias. El modelo fue calibrado para el periodo 01/01/1993 hasta 31/12/2011, siendo en total 18 años de calibración. Para el periodo de calentamiento se tomaron los datos de 01/01/1990 al 01/01/1992 siendo total de 3 años (estos últimos fueron retirados del proceso de calibración). En la Tabla 56 se muestran los parámetros obtenidos después de la calibración del modelo de tanques sobre la cuenca hidrográfica del río Medio y Bajo Ariari hasta la estación Puerto Rico.

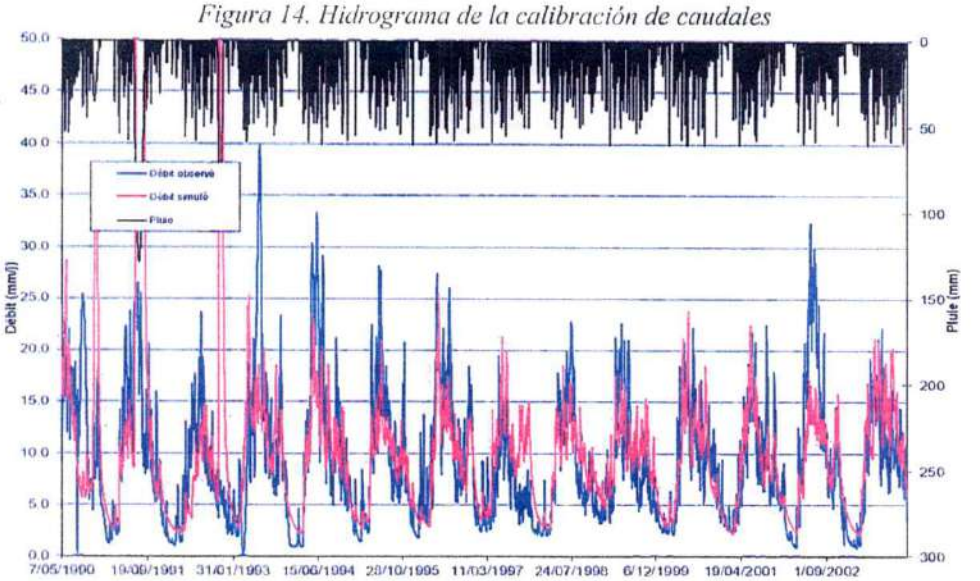
Los parámetros de error de la calibración del modelo de tanques son adecuados, mostrando que el modelo reproduce de manera correcta las principales características de las series de caudales del río Ariari en la estación Puerto Rico, donde la simulación se asemeja bastante a la realidad. La eficiencia NASH que relaciona los caudales es superior al 60% y permite concluir que el modelo representa de manera aceptable la reproducción de caudales máximos, mientras que el valor de NASH que relaciona los volúmenes es superior al 65% sugiere que el modelo simula adecuadamente los caudales mínimos y medios (*Tabla 41*).

Tabla 41. Parámetros y variables de la calibración del modelo de tanques

Nom du bassin	Caño Sardinata	
Superficie du bassin (km²)		25.27
Paramètres modèle	**Transf.**	**Réels**
x1: Capacidad del reservorio de producción	3.83	45.88
x2: Parámetro de intercambio (mm/día)	4.28	36.08
x3: Capacidad del reservorio de enrutamien	7.16	1283.53
x4: Retardo o demora (días)	1.04	3.33
Valeurs initiales		
Tasa de llenado inicial S0/x1		0.50
Tasa de llenado inicial R0/x3		0.20
Période		
Fecha de inicio		1/01/1990
Fecha de fin		31/12/2011
Duración del período de calentamiento (en días)		1097
Duración del período de prueba (en días)		6937
Promedio de las lluvias observadas (mm/día)		6.735
Promedio de la evapotranspiración potencial observada (m		1.459
Promedio de los caudales observados (mm/día)		10.211
Promedio de las raíces cuadradas de los caudales observ		3.004
Promedio de los logaritmos de los caudales observados		2.098
Critères d'efficacité		
Nash-Sutcliffe(Q)		0.617
Nash-Sutcliffe(VQ)		0.660
Nash-Sutcliffe(ln(Q))		0.645
Bilan		1.013

Fuente. Consorcio Sardinata 2025.

Figura 14. Hidrograma de la calibración de caudales



Fuente. Consorcio Sardinata 2025

La calibración del modelo de tanques presentó resultados satisfactorios, evidenciando una adecuada representación del comportamiento hidrológico del río Ariari en la estación Puerto Rico. Los indicadores de eficiencia obtenidos confirman que el modelo logra una buena

correspondencia entre los caudales observados y simulados, reflejando una reproducción confiable tanto de los valores máximos como de los mínimos y medios.

Validación del modelo de tanques sobre la cuenca

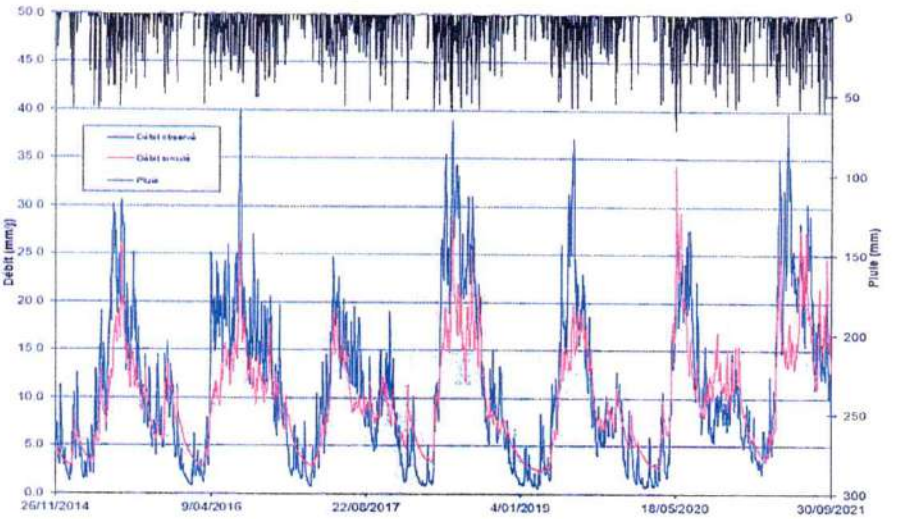
La validación del modelo muestra un valor de eficiencia NASH superior al 60% para los caudales y mayor al 65% para los volúmenes, lo que indica un buen desempeño del modelo en la simulación de un periodo distinto al de la calibración. La validación se realizó para el intervalo comprendido entre el 01/01/2012 y el 01/08/2025, como se observa en la figura 14.

Tabla 42. Parámetros y variables de la calibración del modelo de tanques

Nom du bassin	Caño Sardinata	
Superficie du bassin (km²)		25.27
Paramètres modèle	**Transf.**	**Réels**
x1: Capacidad del reservorio de producció	3.83	45.88
x2: Parámetro de intercambio (mm/día)	4.28	36.08
x3: Capacidad del reservorio de enrutamie	7.16	1283.53
x4: Retardo o demora (días)	1.04	3.33
Valeurs initiales		
Tasa de llenado inicial S0/x1		0.50
Tasa de llenado inicial R0/x3		0.20
Période		
Fecha de inicio		1/01/2012
Fecha de fin		1/08/2025
Duración del período de calentamiento (en días)		
Duración del período de prueba (en días)		4961
Promedio de las lluvias observadas (mm/día)		6.442
Promedio de la evapotranspiración potencial observada (		1.504
Promedio de los caudales observados (mm/día)		10.946
Promedio de las raíces cuadradas de los caudales obse		3.076
Promedio de los logaritmos de los caudales observados		2.116
Critères d'efficacité		
Nash-Sutcliffe(Q)		0.636
Nash-Sutcliffe(VQ)		0.682
Nash-Sutcliffe(ln(Q))		0.632
Bilan		0.879

Fuente: Consorcio Sardinata 2025

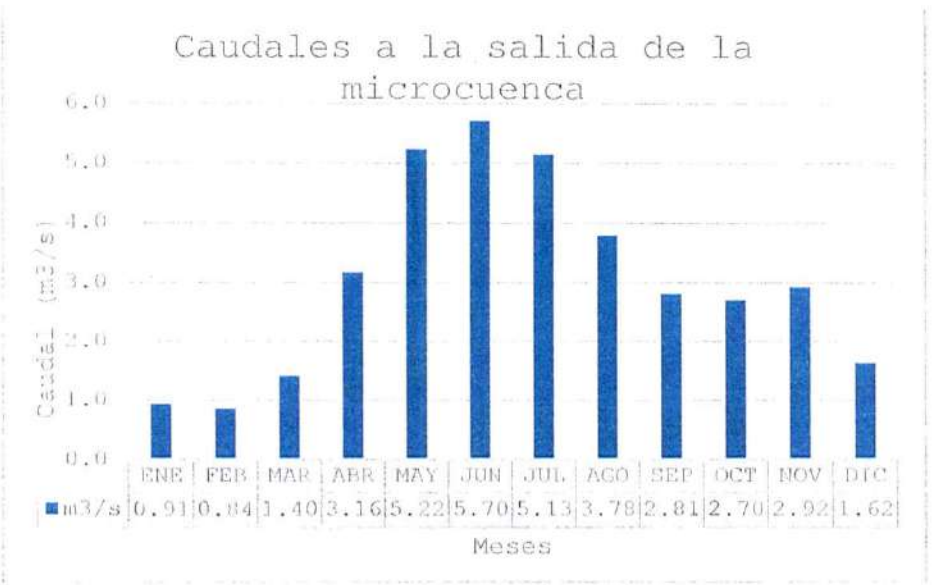
Figura 15. Hidrograma de la validación de caudales



Fuente. Consorcio Sardinata 2025

En la gráfica 49 se detallan los caudales medios obtenidos, lo cual, muestra una clara estacionalidad en los caudales medios mensuales, con un incremento progresivo desde febrero hasta un máximo en junio, asociado al primer periodo de lluvias. Julio mantiene valores altos, seguido de una disminución gradual hasta septiembre y octubre, que presentan valores bajos. En noviembre aumenta mínimamente para luego disminuir hasta los valores mínimos entre diciembre y febrero. Este comportamiento refleja la influencia directa del régimen climático sobre la oferta hídrica anual.

Gráfica 49 Caudal medio mensual multianual



Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

A continuación, se presenta el caudal medio obtenido a partir de los caudales transpuestos en la salida de la cuenca.

Tabla 43. Promedio del caudal mensual multianual en la salida de la microcuenca

Caudal	*Microcuenca Caño Sardinata*
Medio (m3/seg)	3,02

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

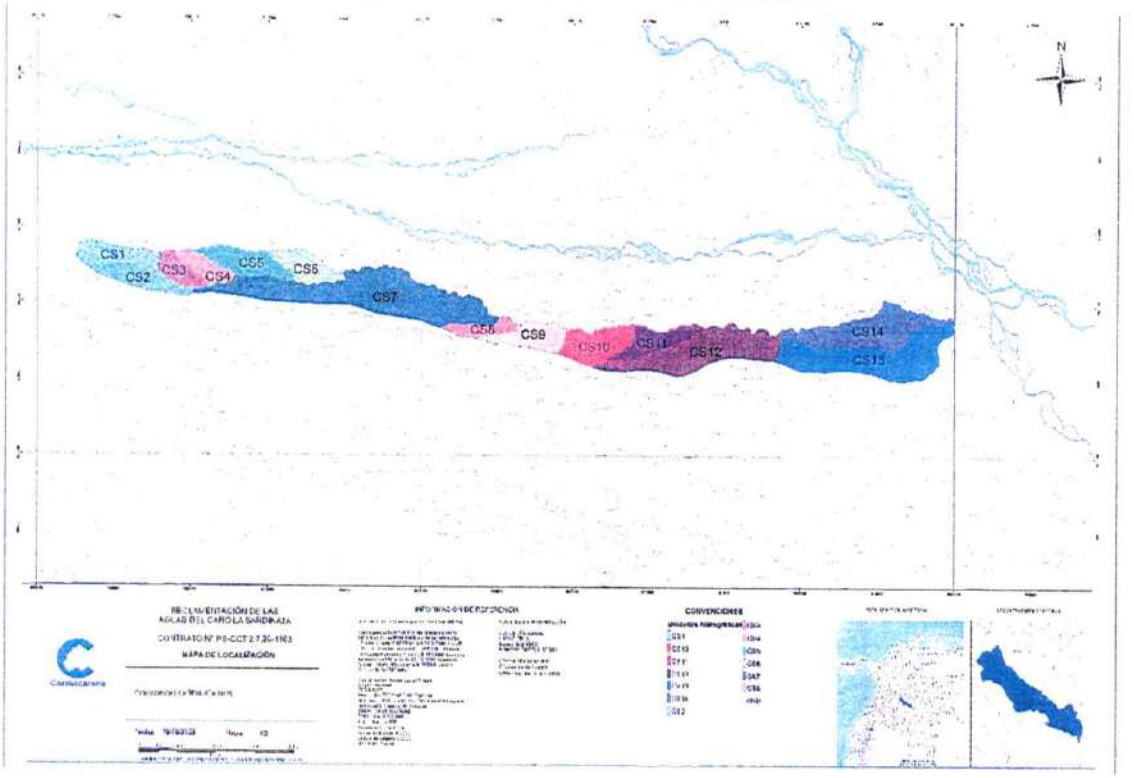
8.1.1. Series de Caudales medios diarios para el cuerpo de agua objeto de reglamentación, cada subcuenca y punto de monitoreo

De acuerdo con los términos de referencia establecidos por Cormacarena, se generó una serie de caudales medios diarios a partir del modelo GR4J, el cual permitió representar de manera adecuada el comportamiento hidrológico de la cuenca durante el periodo comprendido entre 1993 y 2025. Dicho intervalo fue utilizado para los procesos de calibración y validación, asegurando la coherencia y confiabilidad de los resultados.

Es importante destacar que el periodo entre 1990 y 1993 se destinó al calentamiento del modelo, con el objetivo de estabilizar los parámetros internos y evitar distorsiones iniciales en la simulación. Por esta razón, ese lapso no fue incluido dentro de la calibración ni de la validación del modelo.

Los caudales generados mediante el modelo GR4J fueron posteriormente transpuestos a las unidades hidrográficas internas del caño Sardinata, construidas a partir de los tributarios que conforman la unidad hidrográfica principal, con el fin de representar de forma más detallada la distribución espacial del recurso hídrico. Este proceso se realizó considerando la relación entre el área de drenaje de cada subunidad y el área total de la cuenca. Los resultados se muestran en la Figura 16.

Figura 16. Caudal medio mensual multianual



Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

En la Tabla 44 se presentan los caudales medios de la serie histórica correspondientes a cada unidad hidrográfica interna del caño Sardinata.

Tabla 44. Transposición de caudales por cada unidad hidrográfica

Identificación unidad hidrográfica	Área (Km2)	Caudal medio (m³/Seg)
Caño sardinata	25,27	2,69

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

Debido a que este caño no cuenta con una codificación oficial, sus tributarios tampoco pueden ser identificados con códigos convencionales; por ello, las unidades internas se designan con los códigos CS1 a CS14, los cuales se ilustran en la Figura 16 y se detallan en la Tabla 45. Así mismo, se presenta el nombre de las unidades hidrográficas acorde a la cartografía escala 1:25000 del IGAC. Esta información permite comprender el comportamiento hidrológico del caño Sardinata y sus subunidades, aportando una base técnica para futuros análisis y gestión del recurso hídrico en la zona de estudio.

Tabla 45. Transposición de caudales por cada unidad hidrográfica

Identificación unidad hidrográfica	Nombre unidad hidrográfica	Área (Km2)	Caudal medio (m³/Seg)
CS1	Caño Innominado	1,10	0,117
CS2	Caño Sardinatica	1,03	0,110
CS3	Caño Innominado	0,71	0,076
CS4	Caño Innominado	0,68	0,072
CS5	Caño Innominado	1,22	0,129
CS6	Caño Innominado	1,06	0,113
CS7	Caño Aguas claras	5,71	0,608
CS8	Caño Innominado	0,62	0,066
CS9	Caño Innominado	1,13	0,120
CS10	Caño Innominado	1,43	0,152
CS11	Caño Avispa	1,15	0,123
CS12	Caño Innominado	3,18	0,339
CS13	Caño Innominado	3,46	0,369
CS14	Caño Innominado	2,80	0,299

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

8.1.2. Validación de caudales aforados

Posterior a la fase de calibración y validación de caudales diarios realizada con el modelo GR4J, se efectuó un segundo proceso de validación independiente, con el objetivo de verificar la correspondencia entre los caudales simulados y los caudales aforados en campo durante el mes de septiembre.

Este proceso consistió en comparar los valores obtenidos mediante el modelo con los resultados de aforos directos realizados en cuatro puntos de control distribuidos sobre el cuerpo hídrico principal y sus tributarios. Dichos puntos representan condiciones hidráulicas diversas dentro de la unidad hidrográfica, lo que permitió una validación espacialmente representativa.

Tabla 46. Comparación entre caudales aforados y caudales modelados en el mes de septiembre

ID	Nombre	Unidad hidrográfica	Caudal Aforo (m³/seg)	Caudal GR4J (m³/seg)	% de diferencia
9	Antes de la captación de la finca Bella Vista	CS2	0.121	0.117	3.78%
10	Antes de la captación del Lote A de Marcos	CS3	0.084	0.085	0.93%
14	Aguas arriba de la captación finca Los Naranjos José Alejandro Romero	CS6	0.108	0.124	12.90%
23	Desembocadura del caño Sardinata	Caño Sardinata	2.93	2.98	1.68%

Fuente: Consorcio Sardinata 2025

Adicionalmente, se evaluó el coeficiente de eficiencia de Nash–Sutcliffe (NSE), indicador estadístico que permite determinar el grado de correspondencia entre los caudales observados (aforados) y los caudales simulados por el modelo. Este coeficiente se calcula según la siguiente expresión:

Ecuación 28 Coeficiente de eficiencia de Nash-Sutcliffe (NSE)

$$NSE = 1\ \frac{\sum(Qobs - Qsim)^2}{\sum(Qobs - QxObs)^2}$$

Donde Qobs representa los caudales observados, Qsim los caudales simulados, y el Qxobspromedio de los caudales observados.

Aplicando la fórmula a los datos de los cuatro puntos de comparación, se obtuvo un valor de NSE = 0.9995 (99.95%), lo cual evidencia una correspondencia casi perfecta entre los caudales simulados y los observados. De acuerdo con los criterios de eficiencia hidrológica, un NSE superior a 0.70 se considera un ajuste satisfactorio; por tanto, el valor alcanzado demuestra un excelente desempeño del modelo GR4J y una alta confiabilidad en la simulación de caudales.

Por lo anterior, se concluye que los caudales simulados representan adecuadamente el comportamiento hidrológico observado en campo. En consecuencia, los resultados del modelo se validan para la cuenca de estudio y se emplean como base para la estimación de caudales ambientales, los cuales se derivan directamente de los caudales modelados por el GR4J.

8.1.3. Índice de Aridez e Índice de Regulación Hídrica a nivel de cuenca, subcuencas y puntos de monitoreo

8.1.3.1. Índice de aridez

De acuerdo con el IDEAM, 2010, "Las características del régimen hidrológico están determinadas por factores meteorológicos, bióticos, asociados con la cobertura de la superficie terrestre y los propios de la dinámica del agua en el suelo y subsuelo".

A continuación, el régimen hídrico de la microcuenca del Caño Sardinata se aborda desde la estimación del índice de aridez (Ia). El índice de aridez (Ia) se define como una característica del clima que muestra, de manera cualitativa los lugares con excedentes y déficit de agua (IDEAM, 2010).

En la tabla 47, se presenta la clasificación del índice de aridez establecida por el IDEAM.

Tabla 47. Clasificación Índice de Aridez

Rango		Clasificación
	< 0,15	Altos excedentes de agua (AEA)
	0,15 - 0,19	Excedentes de agua (EA)
	0,20 - 0,29	Moderado y excedentes de agua (MEA)
	0,30 – 0,39	Moderado (M)
	0,40 – 0,49	Moderado y deficitario de agua (MDA)
	0,50 - 0,59	Deficitario de agua (DA)
	> 0,60	Altamente deficitario de agua (ADA)

Fuente: IDEAM, 2014

Los resultados del Índice de Aridez (IA) indican que, a escala anual, la precipitación es suficiente para satisfacer los requerimientos ambientales de los ecosistemas en la microcuenca del Caño Sardinata y en todas sus unidades hidrográficas (CS1 a CS13). En efecto, durante prácticamente todos los meses del año se presentan condiciones de Alto Excedente de Agua (AEA), con excepción del mes de marzo, clasificado como Excedente de Agua (EA). Este comportamiento evidencia un régimen climático predominantemente húmedo, característico de la región, con una alta disponibilidad natural del recurso hídrico en términos climáticos. No obstante, es importante precisar que este índice evalúa exclusivamente la relación entre precipitación y evapotranspiración potencial, sin incorporar las demandas de origen antrópico.

La homogeneidad en la clasificación del Índice de Aridez para todas las unidades hidrográficas se explica, en primer lugar, porque estas unidades se encuentran dentro de una misma microcuenca, bajo un mismo régimen climático regional, sin gradientes altitudinales abruptos ni contrastes marcados de precipitación a escala local. Adicionalmente, la información climática utilizada corresponde a estaciones meteorológicas que representan de manera integrada el comportamiento atmosférico del área, por lo que las variaciones espaciales internas de precipitación y evapotranspiración no son lo suficientemente significativas como para generar diferencias en la categoría del índice entre subunidades.

Tabla 48. Clasificación Índice de Aridez

Unidad hidrográfica	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	IA anual
Caño Sardinata	AEA	AEA	EA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA
CS1	AEA	AEA	EA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA
CS2	AEA	AEA	EA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA
CS3	AEA	AEA	EA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA
CS4	AEA	AEA	EA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA
CS5	AEA	AEA	EA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA
CS6	AEA	AEA	EA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA
CS7	AEA	AEA	EA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA
CS8	AEA	AEA	EA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA
CS9	AEA	AEA	EA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA
CS10	AEA	AEA	EA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA
CS11	AEA	AEA	EA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA
CS12	AEA	AEA	EA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA
CS13	AEA	AEA	EA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA	AEA

Fuente: Consorcio Sardinata 2025

8.1.3.2. Índice de Regulación Hídrica (IRH)

El índice de regulación hídrica (IRH) se utiliza para medir la capacidad de una unidad hidrográfica para mantener un régimen de caudales, teniendo en cuenta su capacidad de retención de humedad y la interacción entre los factores bióticos y abióticos presentes, principalmente entre el sistema suelo-vegetación, el clima y las características morfométricas. Para su cálculo se tienen en cuenta la distribución de las frecuencias acumuladas para los caudales diarios, las cuales representan la probabilidad de excedencia de un valor determinado de caudal. El análisis de estas frecuencias se puede realizar por medio de la construcción de una curva de duración de caudales, la cual refleja el porcentaje de tiempo en el que un caudal es igualado o excedido (IDEAM, 2025). Los valores de este

índice oscilan entre 0 y 1, donde los valores cercanos a 0 significan menor capacidad de retención. El índice se calcula mediante la siguiente relación:

Ecuación 29 Índice de Retención y Regulación Hídrica

$$IRH = \frac{Vp}{Vt}$$

Fuente: (IDEAM, 2025)

Donde:

- Vp, volumen representado por el área bajo la curva que se encuentra debajo de la línea correspondiente al caudal 50% del tiempo de Excedencia.
- Vt, Volumen total representado por el área bajo la curva de duración de caudales.

La siguiente tabla representa los valores clasificados del Índice de Regulación Hídrica.

Tabla 49. Clasificación Índice de Regulación Hídrica

Rango del valor	Categoría
0 – 0,50	Muy baja
0,50 – 0,65	Baja
0,65 – 0,75	Moderada
0,75 – 0,85	Alta
0,85 – 1	Muy alta

Fuente: (IDEAM, 2025)

En la tabla 50, se presenta el IRH para cada unidad hidrográfica. Los resultados del Índice de Regulación Hídrica (IRH) para la cuenca del Caño Sardinata y sus unidades hidrográficas (CS1 a CS14) evidencian una clasificación uniforme de "Muy Baja" capacidad de regulación, con un valor constante de IRH = 0,478 en todas las unidades. Esta condición indica que el sistema presenta una limitada capacidad natural de almacenamiento y regulación del recurso hídrico, lo cual se traduce en una alta dependencia directa de la precipitación para el sostenimiento de los caudales superficiales. En términos hidrológicos, este comportamiento refleja una respuesta rápida de la cuenca frente a los eventos de lluvia y una reducida capacidad para amortiguar los periodos de estiaje.

Tabla 50. Índice de Retención y Regulación hídrica para las unidades hidrográficas

Unidad hidrográfica	Vp	Vt	IRH	categoría	Caudal ambiental (75%)
Caño sardinata	1.287	2.692	0.478	Muy baja	1.435847743
CS1	0.0558601 2	0.11689403	0.478	Muy baja	0.062339216
CS2	0.0523465 8	0.1095415 3	0.478	Muy baja	0.058418153
CS3	0.0363065 3	0.0759757 9	0.478	Muy baja	0.040517649
CS4	0.0345243	0.0722462 6	0.478	Muy baja	0.038528704
CS5	0.0618687 7	0.1294678 6	0.478	Muy baja	0.069044802
CS6	0.0537723 7	0.11252515	0.478	Muy baja	0.060009309
CS7	0.2907577 8	0.6084456 6	0.478	Muy baja	0.324482155
CS8	0.0315199 8	0.0659593 5	0.478	Muy baja	0.035175911
CS9	0.0574895 8	0.1203038 8	0.478	Muy baja	0.06415768
CS10	0.0725621 4	0.1518450 2	0.478	Muy baja	0.080978471
CS11	0.0586098 4	0.1226481 5	0.478	Muy baja	0.065407874
CS12	0.1618772 3	0.3387476	0.478	Muy baja	0.180653025
CS13	0.1763896 6	0.3691166	0.478	Muy baja	0.196848719
CS14	0.1427310 1	0.2986818 2	0.478	Muy baja	0.159286074

Fuente: *Consorcio Sardinata 2025.*

9. Caudal ambiental a nivel de cuenca, subcuenca y puntos de monitoreo a partir de metodologías

9.1. Metodología 1: Submetodologías para la estimación del caudal ecológico

De acuerdo con lo establecido en la Resolución 865 de 2004, expedida por el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), como primera aproximación al cálculo del caudal ambiental, se propone la Metodología 1, la cual contempla tres submetodologías principales para la estimación del caudal mínimo ecológico. Estas son:

1. Mínimo histórico (curva de duración): Se basa en la elaboración de curvas de duración de caudales medios diarios. Esta submetodología propone como caudal mínimo ecológico aquel caudal promedio multianual que se mantiene al menos el 97.5% del tiempo, con un período máximo de información de 10 años. Este valor representa una condición hidrológica extrema pero recurrente, y se utiliza como referencia de caudales bajos que podrían garantizar la conservación de los ecosistemas acuáticos.

2. Porcentaje de descuento (criterio IDEAM): Esta submetodología adopta como caudal mínimo ecológico un valor equivalente al 25% del caudal medio mensual multianual más bajo de la corriente en estudio. Es decir, se identifica el mes más seco a lo largo de la serie de datos y se calcula el 25% de su caudal medio, considerándose como una referencia representativa de condiciones mínimas sostenibles.

3. Reducción por caudal ambiental (oferta media): En este enfoque, el caudal ecológico se estima como el 25% del caudal medio multianual, sin distinción de meses. Esta submetodología parte de una condición de oferta media del recurso hídrico, y plantea una reducción uniforme que puede servir como aproximación inicial en ausencia de información más detallada.

Estas tres submetodologías permiten establecer rangos de referencia para la definición del caudal ecológico, ajustándose a las condiciones hidrológicas observadas y la disponibilidad de información en la cuenca de estudio.

- Mínimo histórico (curva de duración):

La submetodología i) Mínimo histórico (curva de duración), incluida dentro de la Metodología 1 para la estimación del caudal ecológico, se presenta en detalle en el Anexo C.6.1. Esta aproximación se basa en el análisis de curvas de duración de caudales medios diarios, con el fin de identificar el caudal que se mantiene al menos el 97.5% del tiempo, representando condiciones hidrológicas de baja ocurrencia, pero relevantes desde el punto de vista ecológico. Como lo solicita la metodología se utilizan los últimos 10 años que corresponden a la información de julio de 2015 a julio de 2025.

Los resultados obtenidos mediante esta submetodología, discriminados por unidad hidrográfica, se presentan en la Tabla 51, donde se resumen los caudales mínimos ecológicos estimados para cada área de análisis.

Tabla 51. Caudal medio y mínimo ecológico de la microcuenca del Caño Sardinata

Identificación unidad hidrográfica	Caudal medio (m³/Seg)	Caudal mínimo ecológico (m³/Seg)
Caño sardinata	2,69	0,698

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

En este sentido, se presentan los caudales medios y mínimo ecológico para cada una de las unidades hidrográficas dentro de la cuenca:

Tabla 52. Caudal medio y mínimo ecológico por cada unidad hidrográfica

Identificación unidad hidrográfica	Nombre unidad hidrográfica	Caudal medio (m³/Seg)	Caudal mínimo ecológico (m³/Seg)
CS1	Caño Innominado	0,116876235	0,030323704
CS2	Caño Sardinatica	0,109524858	0,028416379
CS3	Caño Innominado	0,075964226	0,019709025
CS4	Caño Innominado	0,072235267	0,018741542
CS5	Caño Innominado	0,129448155	0,033585506
CS6	Caño Innominado	0,112508026	0,029190366
CS7	Caño Aguas claras	0,608353056	0,157838057
CS8	Caño Innominado	0,065949307	0,017110641
CS9	Caño Innominado	0,120285569	0,03120826
CS10	Caño Innominado	0,15182191	0,039390408
CS11	Caño Avispa	0,122629486	0,031816393
CS12	Caño Innominado	0,338696036	0,087875163
CS13	Caño Innominado	0,369060418	0,095753245

CS14	Caño Innominado	0,29863636	0,077481624

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

- Porcentaje de descuento (criterio IDEAM):

La submetodología ii) Porcentaje de descuento, incluida dentro de la Metodología 1 para la estimación del caudal ecológico, se fundamenta en el criterio adoptado por el IDEAM, el cual propone como caudal mínimo ecológico un valor equivalente al 25% del caudal medio mensual multianual más bajo de la corriente en estudio.

Para la aplicación de esta submetodología, se utiliza la serie de datos mensuales correspondiente a los caudales medios multianuales del estudio, y no la serie diaria, conforme a lo establecido por la metodología y la disponibilidad de información.

Los resultados obtenidos a partir de esta aproximación, discriminados por unidad hidrográfica, se encuentran consolidados en la Tabla 53.

Tabla 53. Caudal medio mensual y mínimo ecológico más bajos de la unidad hidrográfica

Identificación unidad hidrográfica	Caudal medio mensual multianual más bajo (m^3/Seg)	Caudal mínimo ecológico (25% del caudal medio mensual multianual más bajo (m^3/Seg))
Caño sardinata	0,292641062	0,073160266

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

De esta manera, se muestran los caudales medios y el caudal mínimo ecológico estimados para cada una de las unidades hidrográficas ubicadas en la parte baja de la cuenca.

Tabla 54. Caudal medio mensual y mínimo ecológico más bajos por cada unidad hidrográfica

Identificación unidad hidrográfica	Nombre unidad hidrográfica	Caudal medio mensual multianual más bajo (m^3/Seg)	Caudal mínimo ecológico (25% del caudal medio mensual multianual más bajo (m^3/Seg))
CS1	Caño Innominado	0,012705396	0,003176349
CS2	Caño Sardinatica	0,011906242	0,00297656
CS3	Caño Innominado	0,008257928	0,002064482
CS4	Caño Innominado	0,00785256	0,00196314
CS5	Caño Innominado	0,014072066	0,003518016
CS6	Caño Innominado	0,012230536	0,003057634
CS7	Caño Aguas claras	0,066132919	0,01653323
CS8	Caño Innominado	0,007169225	0,001792306
CS9	Caño Innominado	0,013076019	0,003269005
CS10	Caño Innominado	0,016504275	0,004126069
CS11	Caño Avispa	0,013330821	0,003332705

Identificación unidad hidrográfica	Nombre unidad hidrográfica	Caudal medio mensual multianual más bajo (m³/Seg)	Caudal mínimo ecológico (25% del caudal medio mensual multianual más bajo (m³/Seg))
CS12	Caño Innominado	0,03681901	0,009204753
CS13	Caño Innominado	0,040119865	0,010029966
CS14	Caño Innominado	0,032464198	0,00811605

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

- Reducción por caudal ambiental (oferta media):

La submetodología iii) Reducción por caudal ambiental (oferta media), también contemplada en la Metodología 1 para la estimación del caudal ecológico, establece como valor de referencia un caudal equivalente al 25% del caudal medio multianual de la corriente evaluada.

Esta aproximación parte del supuesto de una condición hidrológica promedio y se emplea como una estimación general del caudal ecológico cuando no se requiere un nivel de detalle mayor o cuando no se cuenta con series históricas extensas de alta resolución.

Para su aplicación, se utilizó la serie de caudales medios mensuales multianuales presentada en el Anexo C.7.1, a partir de la cual se calculó el valor representativo del caudal medio y, sobre este, la reducción correspondiente al 25%.

Los resultados obtenidos por unidad hidrográfica bajo esta submetodología se resumen en la Tabla 55.

Tabla 55. Tabla de resumen del caudal medio y ecológico de la unidad hidrográfica

Identificación unidad hidrográfica	Caudal medio (m³/Seg)	Caudal ecológico 25% (m³/Seg)
Caño sardinata	2,691988908	0,672997227

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

A continuación, se presentan los valores de caudal medio y caudal mínimo ecológico determinados para las unidades hidrográficas situadas en la zona baja de la cuenca.

Tabla 56. Caudal medio mensual y mínimo ecológico más bajos de la unidad hidrográfica

Identificación unidad hidrográfica	Nombre unidad hidrográfica	Caudal medio (m³/Seg)	Caudal ecológico 25% (m³/Seg)
CS1	Caño Innominado	0,116876235	0,029219059
CS2	Caño Sardinatica	0,109524858	0,027381215
CS3	Caño Innominado	0,075964226	0,018991056
CS4	Caño Innominado	0,072235267	0,018058817
CS5	Caño Innominado	0,129448155	0,032362039
CS6	Caño Innominado	0,112508026	0,028127006

Identificación unidad hidrográfica	Nombre unidad hidrográfica	Caudal medio (m³/Seg)	Caudal ecológico 25% (m³/Seg)
CS7	Caño Aguas claras	0,608353056	0,152088264
CS8	Caño Innominado	0,065949307	0,016487327
CS9	Caño Innominado	0,120285569	0,030071392
CS10	Caño Innominado	0,15182191	0,037955477
CS11	Caño Avispa	0,122629486	0,030657372
CS12	Caño Innominado	0,338696036	0,084674009
CS13	Caño Innominado	0,369060418	0,092265104
CS14	Caño Innominado	0,29863636	0,07465909

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

9.2. Metodología 2: Caudal ambiental asociado al IRH

De acuerdo con lo establecido en los términos de referencia del estudio, se desarrolla la Metodología 2 para la estimación del caudal ambiental, la cual se basa en el valor característico de la curva de duración de caudales medios diarios.

Esta metodología establece que el caudal ambiental corresponde al valor Q85% de la curva de duración de caudales medios diarios, aplicado a unidades hidrográficas con un Índice de Retención Hidrológica (IRH) superior a 0,7, lo cual indica una alta capacidad de almacenamiento y regulación del sistema hídrico. Para unidades con IRH inferior a 0,7, se adopta como referencia el valor Q75% de la misma curva.

Conforme a los lineamientos metodológicos definidos por el Estudio Nacional del Agua (ENA, 2022), se utiliza una serie de datos de más de 30 años, con el fin de garantizar una mayor representatividad y robustez en el análisis hidrológico.

De acuerdo con el Índice de Retención Hidrológica (IRH) calculado para el caño Sardinata y sus respectivas unidades hidrográficas, se evidencia que todas presentan un IRH inferior a 0,7, lo cual indica una baja capacidad de retención y regulación hídrica. En consecuencia, y conforme a lo establecido por la Metodología 2, se adopta como caudal ambiental el valor correspondiente al Q75% de la curva de duración de caudales medios diarios para todas las unidades hidrográficas evaluadas.

La información específica del cálculo del IRH y su aplicación en cada unidad hidrográfica, se presenta en el Anexo C.7.2. Por su parte, los resultados obtenidos mediante esta metodología, diferenciados por unidad hidrográfica, se encuentran consolidados en la Tabla 57

Tabla 57. Categoría y caudal ambiental de la unidad hidrográfica

Unidad hidrográfica	Vp	Vt	IRH	Categoría	Caudal ambiental (75%)
Caño sardinata	1,28	2,69	0,47	Muy baja	1,435847743

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

De esta manera, a continuación, se presentan las categorías del IRH y los valores de caudal ambiental correspondientes a cada unidad hidrográfica.

Tabla 58. Categoría y caudal ambiental de las unidades hidrográficas

Unidad hidrográfica	Nombre unidad hidrográfica	Vp	Vt	IRH	Categoría	Caudal ambiental (75%)
CS1	Caño Innominado	0,05586012	0,11689403	0,478	Muy baja	0,062339216
CS2	Caño Sardinatica	0,05234658	0,10954153	0,478	Muy baja	0,058418153
CS3	Caño Innominado	0,03630653	0,07597579	0,478	Muy baja	0,040517649
CS4	Caño Innominado	0,0345243	0,07224626	0,478	Muy baja	0,038528704
CS5	Caño Innominado	0,06186877	0,12946786	0,478	Muy baja	0,069044802
CS6	Caño Innominado	0,05377237	0,11252515	0,478	Muy baja	0,060009309
CS7	Caño Aguas claras	0,29075778	0,60844566	0,478	Muy baja	0,324482155
CS8	Caño Innominado	0,03151998	0,06595935	0,478	Muy baja	0,035175911
CS9	Caño Innominado	0,05748958	0,12030388	0,478	Muy baja	0,06415768
CS10	Caño Innominado	0,07256214	0,15184502	0,478	Muy baja	0,080978471
CS11	Caño Avispa	0,05860984	0,12264815	0,478	Muy baja	0,065407874
CS12	Caño Innominado	0,16187723	0,3387476	0,478	Muy baja	0,180653025
CS13	Caño Innominado	0,17638966	0,3691166	0,478	Muy baja	0,196848719
CS14	Caño Innominado	0,14273101	0,29868182	0,478	Muy baja	0,159286074

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

9.3. Metodología 3: Caudal ambiental a partir de los Índices 7Q10 y Q95%

La Metodología 3 plantea un enfoque sistemático para la estimación del caudal ambiental, fundamentado en el cálculo de los índices 7Q10 y Q95%, discriminados tanto por mes como por

condición hidrológica (húmeda, promedio y seca). Este procedimiento permite caracterizar el comportamiento hidrológico de las corrientes a lo largo del ciclo anual, considerando la variabilidad temporal y climática intrínseca de cada cuenca.

Para cada uno de los 36 escenarios analizados (resultado de combinar las 12 mensualidades con las tres condiciones hidrológicas), el caudal ambiental se determina mediante la selección del valor máximo entre el índice 7Q10 y el percentil Q95%, correspondiente al mes y condición hidrológica evaluados. Esta estrategia busca asegurar una representación conservadora y ecológicamente sustentable del régimen hídrico, priorizando la protección de los ecosistemas acuáticos frente a condiciones de escasez.

Posteriormente, los caudales ambientales estimados son expresados como una fracción del caudal medio mensual multianual, lo que posibilita su comparación estandarizada y su integración dentro de un marco hidrológico regional.

La selección definitiva del caudal ambiental para cada unidad de análisis (ya sea cuenca, subcuenca o punto de monitoreo) se realiza a través de un proceso de concertación técnica entre la autoridad ambiental competente y el equipo responsable del estudio. Este proceso se fundamenta en una evaluación integral que incorpora criterios ecológicos, indicadores de calidad del agua y consideraciones sobre la variabilidad macro climática de la corriente.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el índice 7Q10, calculado de forma mensual y discriminado según las tres condiciones hidrológicas (húmeda, promedio y seca). Estos valores permiten identificar los caudales mínimos asociados a cada escenario, constituyendo una base fundamental para la estimación de los caudales ambientales conforme a la Metodología 3, en la cual se selecciona el valor máximo entre el 7Q10 y el Q95% para cada mes y condición hidrológica.

Tabla 59. Índice de 7Q10 para los caudales en las unidades hidrográficas

Método 7Q10 por periodos													
Unidad hidrográfica	**Periodo**	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
Caño Sardinata	Seco	0.695	0.611	1.118	2.724	4.221	4.898	4.295	3.214	2.337	2.325	2.520	1.142
	Medio	0.874	0.852	1.464	3.650	5.552	5.929	5.663	3.886	2.865	2.776	2.990	1.663
	Húmero	1.469	2.262	2.677	6.079	8.205	8.263	7.496	5.285	5.281	4.023	5.853	2.684
CS1	Seco	0.044	0.034	0.044	0.095	0.150	0.180	0.163	0.131	0.112	0.111	0.113	0.066
	Medio	0.052	0.043	0.060	0.132	0.180	0.214	0.181	0.153	0.134	0.134	0.123	0.078
	Húmero	0.090	0.062	0.096	0.212	0.248	0.242	0.236	0.187	0.191	0.161	0.173	0.123
CS2	Seco	0.041	0.032	0.042	0.089	0.140	0.168	0.153	0.123	0.105	0.104	0.105	0.063
	Medio	0.048	0.040	0.056	0.123	0.169	0.201	0.170	0.143	0.125	0.125	0.115	0.074
	Húmero	0.071	0.058	0.090	0.199	0.232	0.227	0.221	0.176	0.179	0.151	0.159	0.115
CS3	Seco	0.029	0.022	0.029	0.062	0.097	0.117	0.106	0.085	0.073	0.072	0.073	0.044
	Medio	0.034	0.028	0.039	0.086	0.117	0.139	0.118	0.099	0.087	0.087	0.080	0.053
	Húmero	0.061	0.039	0.062	0.138	0.161	0.157	0.154	0.122	0.124	0.105	0.107	0.080
CS4	Seco	0.027	0.021	0.027	0.059	0.092	0.111	0.101	0.081	0.069	0.069	0.070	0.042

Método 7Q10 por periodos													
Unidad hidrográfica	Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	Medio	0.032	0.027	0.037	0.081	0.111	0.133	0.112	0.094	0.083	0.083	0.076	0.050
	Húmero	0.055	0.038	0.059	0.131	0.153	0.150	0.146	0.116	0.118	0.100	0.104	0.076
	Seco	0.049	0.038	0.049	0.105	0.166	0.199	0.181	0.145	0.124	0.123	0.125	0.074
	Medio	0.057	0.048	0.066	0.146	0.199	0.238	0.200	0.169	0.148	0.139	0.136	0.088
CS5	Húmero	0.097	0.079	0.106	0.235	0.274	0.268	0.262	0.208	0.212	0.178	0.189	0.136
	Seco	0.042	0.033	0.043	0.092	0.144	0.173	0.157	0.126	0.107	0.107	0.108	0.064
	Medio	0.050	0.041	0.057	0.127	0.173	0.206	0.174	0.147	0.129	0.129	0.118	0.077
CS6	Húmero	0.073	0.072	0.092	0.204	0.238	0.233	0.227	0.180	0.184	0.155	0.169	0.118
	Seco	0.228	0.179	0.231	0.495	0.778	0.935	0.849	0.684	0.581	0.578	0.586	0.350
	Medio	0.269	0.224	0.310	0.685	0.936	1.116	0.947	0.794	0.696	0.656	0.638	0.415
CS7	Húmero	0.395	0.387	0.499	1.103	1.289	1.261	1.230	0.975	0.996	0.838	0.832	0.638
	Seco	0.025	0.019	0.025	0.054	0.084	0.101	0.092	0.074	0.063	0.063	0.064	0.037
	Medio	0.029	0.024	0.034	0.074	0.102	0.121	0.102	0.086	0.075	0.071	0.069	0.045
CS8	Húmero	0.052	0.034	0.054	0.120	0.140	0.137	0.133	0.106	0.108	0.091	0.093	0.069
	Seco	0.045	0.035	0.046	0.098	0.154	0.185	0.168	0.135	0.115	0.114	0.116	0.069
	Medio	0.053	0.044	0.061	0.135	0.185	0.221	0.186	0.157	0.138	0.137	0.126	0.082
CS9	Húmero	0.078	0.061	0.099	0.218	0.255	0.249	0.243	0.193	0.197	0.166	0.165	0.126
	Seco	0.057	0.045	0.058	0.124	0.194	0.233	0.212	0.171	0.145	0.144	0.146	0.086
	Medio	0.067	0.056	0.078	0.171	0.234	0.279	0.235	0.198	0.174	0.173	0.159	0.103
CS10	Húmero	0.118	0.078	0.125	0.275	0.322	0.315	0.307	0.243	0.249	0.209	0.225	0.159
	Seco	0.046	0.036	0.047	0.100	0.157	0.188	0.171	0.138	0.117	0.116	0.118	0.071
	Medio	0.054	0.045	0.062	0.138	0.189	0.225	0.190	0.160	0.140	0.132	0.129	0.083
CS11	Húmero	0.080	0.078	0.101	0.222	0.260	0.254	0.248	0.197	0.201	0.169	0.182	0.129
	Seco	0.127	0.100	0.129	0.276	0.433	0.520	0.473	0.381	0.323	0.322	0.326	0.193
	Medio	0.149	0.125	0.173	0.381	0.521	0.622	0.524	0.442	0.388	0.365	0.355	0.235
CS12	Húmero	0.220	0.216	0.278	0.614	0.718	0.702	0.685	0.543	0.555	0.467	0.463	0.355
	Seco	0.139	0.109	0.140	0.300	0.472	0.567	0.515	0.415	0.352	0.350	0.355	0.212
	Medio	0.163	0.136	0.188	0.416	0.568	0.677	0.571	0.482	0.422	0.398	0.387	0.256
CS13	Húmero	0.294	0.198	0.303	0.669	0.782	0.765	0.746	0.592	0.604	0.508	0.505	0.387
	Seco	0.112	0.088	0.113	0.243	0.382	0.459	0.417	0.336	0.285	0.284	0.288	0.172
	Medio	0.132	0.110	0.152	0.336	0.460	0.548	0.462	0.390	0.342	0.341	0.313	0.207
CS14	Húmero	0.236	0.157	0.245	0.542	0.633	0.619	0.604	0.479	0.489	0.411	0.408	0.313

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

Tabla 60. Índice de Q95% para los caudales en las unidades hidrográficas

Unidad hidrográfica	Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Caño Sardinata	Seco	0.266	0.202	0.254	0.496	1.839	2.719	2.189	1.488	1.243	1.271	1.254	0.415
	Medio	0.620	0.467	0.866	2.259	4.232	4.834	4.404	3.113	2.250	2.183	2.313	1.191
	Húmedo	0.952	0.851	1.602	3.655	5.920	6.459	5.834	4.227	3.195	2.978	3.192	1.796
CS1	Seco	0.003	0.005	0.018	0.036	0.086	0.113	0.103	0.083	0.075	0.062	0.054	0.040
	Medio	0.044	0.035	0.039	0.089	0.148	0.172	0.154	0.131	0.113	0.105	0.097	0.066
	Húmedo	0.057	0.044	0.058	0.133	0.184	0.215	0.188	0.159	0.140	0.133	0.129	0.087
CS2	Seco	0.003	0.005	0.016	0.033	0.080	0.106	0.097	0.077	0.070	0.058	0.050	0.038
	Medio	0.042	0.033	0.036	0.084	0.139	0.161	0.144	0.123	0.106	0.099	0.091	0.062
	Húmedo	0.053	0.041	0.054	0.124	0.173	0.201	0.176	0.149	0.131	0.125	0.120	0.081
CS3	Seco	0.002	0.003	0.011	0.023	0.056	0.073	0.067	0.054	0.049	0.040	0.035	0.026
	Medio	0.029	0.023	0.025	0.058	0.096	0.112	0.100	0.085	0.073	0.068	0.063	0.043
	Húmedo	0.037	0.028	0.038	0.086	0.120	0.140	0.122	0.104	0.091	0.087	0.084	0.056
CS4	Seco	0.002	0.003	0.011	0.022	0.053	0.070	0.064	0.051	0.046	0.038	0.033	0.025
	Medio	0.027	0.022	0.024	0.055	0.092	0.106	0.095	0.081	0.070	0.065	0.060	0.041
	Húmedo	0.035	0.027	0.036	0.082	0.114	0.133	0.116	0.098	0.086	0.082	0.079	0.054
CS5	Seco	0.003	0.006	0.019	0.039	0.095	0.125	0.114	0.091	0.083	0.069	0.059	0.045
	Medio	0.049	0.039	0.043	0.099	0.164	0.190	0.171	0.145	0.125	0.117	0.107	0.073
	Húmedo	0.063	0.048	0.064	0.147	0.204	0.238	0.209	0.176	0.155	0.148	0.142	0.096
CS6	Seco	0.003	0.005	0.017	0.034	0.082	0.108	0.099	0.079	0.072	0.060	0.052	0.039
	Medio	0.043	0.034	0.037	0.086	0.143	0.165	0.148	0.126	0.108	0.101	0.093	0.063
	Húmedo	0.055	0.042	0.056	0.128	0.177	0.207	0.181	0.153	0.135	0.128	0.124	0.084
CS7	Seco	0.014	0.027	0.091	0.185	0.446	0.586	0.537	0.430	0.390	0.322	0.279	0.210
	Medio	0.232	0.184	0.202	0.464	0.773	0.893	0.802	0.683	0.587	0.548	0.503	0.342
	Húmedo	0.297	0.228	0.302	0.691	0.959	1.117	0.980	0.829	0.728	0.695	0.669	0.452
CS8	Seco	0.002	0.003	0.010	0.020	0.048	0.064	0.058	0.047	0.042	0.035	0.030	0.023
	Medio	0.025	0.020	0.022	0.050	0.084	0.097	0.087	0.074	0.064	0.059	0.055	0.037
	Húmedo	0.032	0.025	0.033	0.075	0.104	0.121	0.106	0.090	0.079	0.075	0.073	0.049
CS9	Seco	0.003	0.005	0.018	0.037	0.088	0.116	0.106	0.085	0.077	0.064	0.055	0.041
	Medio	0.046	0.036	0.040	0.092	0.153	0.177	0.158	0.135	0.116	0.108	0.099	0.068
	Húmedo	0.059	0.045	0.060	0.137	0.190	0.221	0.194	0.164	0.144	0.137	0.132	0.089
CS10	Seco	0.004	0.007	0.023	0.046	0.111	0.146	0.134	0.107	0.097	0.080	0.070	0.052
	Medio	0.058	0.046	0.050	0.116	0.193	0.223	0.200	0.170	0.146	0.137	0.125	0.085
	Húmedo	0.074	0.057	0.075	0.172	0.239	0.279	0.245	0.207	0.182	0.173	0.167	0.113
CS11	Seco	0.003	0.005	0.018	0.037	0.090	0.118	0.108	0.087	0.079	0.065	0.056	0.042
	Medio	0.047	0.037	0.041	0.094	0.156	0.180	0.162	0.138	0.118	0.110	0.101	0.069
	Húmedo	0.060	0.046	0.061	0.139	0.193	0.225	0.198	0.167	0.147	0.140	0.135	0.091
CS12	Seco	0.008	0.015	0.051	0.103	0.248	0.326	0.299	0.239	0.217	0.179	0.156	0.117
	Medio	0.129	0.102	0.113	0.258	0.430	0.497	0.446	0.380	0.327	0.305	0.280	0.191

Unidad hidrográfica	Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	Húmedo	0.165	0.127	0.168	0.385	0.534	0.622	0.546	0.462	0.405	0.387	0.373	0.252
	Seco	0.009	0.016	0.055	0.112	0.271	0.356	0.326	0.261	0.236	0.195	0.170	0.127
	Medio	0.140	0.112	0.123	0.282	0.469	0.542	0.486	0.414	0.356	0.332	0.305	0.208
CS13	Húmedo	0.180	0.138	0.183	0.419	0.582	0.678	0.594	0.503	0.442	0.421	0.406	0.274
	Seco	0.007	0.013	0.045	0.091	0.219	0.288	0.264	0.211	0.191	0.158	0.137	0.103
	Medio	0.114	0.090	0.099	0.228	0.379	0.439	0.393	0.335	0.288	0.269	0.247	0.168
CS14	Húmedo	0.146	0.112	0.148	0.339	0.471	0.549	0.481	0.407	0.358	0.341	0.329	0.222

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

En la tabla 61, se presentan los resultados del caudal ambiental para la metodología 3, el cual corresponde al mayor valor elegido entre el 7Q10 y el Q95% para cada mes en periodo seco, normal y húmedo.

Tabla 61. Caudal ambiental mayor índice entre 7Q10 y Q95%

Unidad hidrográfica	Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	Seco	0.266	0.202	0.254	0.496	1.839	2.719	2.189	1.488	1.243	1.271	1.254	0.415
	Medio	0.620	0.467	0.866	2.259	4.232	4.834	4.404	3.113	2.250	2.183	2.313	1.191
Caño Sardinata	Húmedo	0.952	0.851	1.602	3.655	5.920	6.459	5.834	4.227	3.195	2.978	3.192	1.796
	Seco	0.003	0.005	0.018	0.036	0.086	0.113	0.103	0.083	0.075	0.062	0.054	0.040
	Medio	0.044	0.035	0.039	0.089	0.148	0.172	0.154	0.131	0.113	0.105	0.097	0.066
CS1	Húmedo	0.057	0.044	0.058	0.133	0.184	0.215	0.188	0.159	0.140	0.133	0.129	0.087
	Seco	0.003	0.005	0.016	0.033	0.080	0.106	0.097	0.077	0.070	0.058	0.050	0.038
	Medio	0.042	0.033	0.036	0.084	0.139	0.161	0.144	0.123	0.106	0.099	0.091	0.062
CS2	Húmedo	0.053	0.041	0.054	0.124	0.173	0.201	0.176	0.149	0.131	0.125	0.120	0.081
	Seco	0.002	0.003	0.011	0.023	0.056	0.073	0.067	0.054	0.049	0.040	0.035	0.026
	Medio	0.029	0.023	0.025	0.058	0.096	0.112	0.100	0.085	0.073	0.068	0.063	0.043
CS3	Húmedo	0.037	0.028	0.038	0.086	0.120	0.140	0.122	0.104	0.091	0.087	0.084	0.056
	Seco	0.002	0.003	0.011	0.022	0.053	0.070	0.064	0.051	0.046	0.038	0.033	0.025
	Medio	0.027	0.022	0.024	0.055	0.092	0.106	0.095	0.081	0.070	0.065	0.060	0.041
CS4	Húmedo	0.035	0.027	0.036	0.082	0.114	0.133	0.116	0.098	0.086	0.082	0.079	0.054
	Seco	0.003	0.006	0.019	0.039	0.095	0.125	0.114	0.091	0.083	0.069	0.059	0.045
	Medio	0.049	0.039	0.043	0.099	0.164	0.190	0.171	0.145	0.125	0.117	0.107	0.073
CS5	Húmedo	0.063	0.048	0.064	0.147	0.204	0.238	0.209	0.176	0.155	0.148	0.142	0.096
	Seco	0.003	0.005	0.017	0.034	0.082	0.108	0.099	0.079	0.072	0.060	0.052	0.039
	Medio	0.043	0.034	0.037	0.086	0.143	0.165	0.148	0.126	0.108	0.101	0.093	0.063
CS6	Húmedo	0.055	0.042	0.056	0.128	0.177	0.207	0.181	0.153	0.135	0.128	0.124	0.084
CS7	Seco	0.014	0.027	0.091	0.185	0.446	0.586	0.537	0.430	0.390	0.322	0.279	0.210

Unidad hidrográfica	Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	Medio	0.232	0.184	0.202	0.464	0.773	0.893	0.802	0.683	0.587	0.548	0.503	0.342
	Húmedo	0.297	0.228	0.302	0.691	0.959	1.117	0.980	0.829	0.728	0.695	0.669	0.452
	Seco	0.002	0.003	0.010	0.020	0.048	0.064	0.058	0.047	0.042	0.035	0.030	0.023
	Medio	0.025	0.020	0.022	0.050	0.084	0.097	0.087	0.074	0.064	0.059	0.055	0.037
CS8	Húmedo	0.032	0.025	0.033	0.075	0.104	0.121	0.106	0.090	0.079	0.075	0.073	0.049
	Seco	0.003	0.005	0.018	0.037	0.088	0.116	0.106	0.085	0.077	0.064	0.055	0.041
	Medio	0.046	0.036	0.040	0.092	0.153	0.177	0.158	0.135	0.116	0.108	0.099	0.068
CS9	Húmedo	0.059	0.045	0.060	0.137	0.190	0.221	0.194	0.164	0.144	0.137	0.132	0.089
	Seco	0.004	0.007	0.023	0.046	0.111	0.146	0.134	0.107	0.097	0.080	0.070	0.052
	Medio	0.058	0.046	0.050	0.116	0.193	0.223	0.200	0.170	0.146	0.137	0.125	0.085
CS10	Húmedo	0.074	0.057	0.075	0.172	0.239	0.279	0.245	0.207	0.182	0.173	0.167	0.113
	Seco	0.003	0.005	0.018	0.037	0.090	0.118	0.108	0.087	0.079	0.065	0.056	0.042
	Medio	0.047	0.037	0.041	0.094	0.156	0.180	0.162	0.138	0.118	0.110	0.101	0.069
CS11	Húmedo	0.060	0.046	0.061	0.139	0.193	0.225	0.198	0.167	0.147	0.140	0.135	0.091
	Seco	0.008	0.015	0.051	0.103	0.248	0.326	0.299	0.239	0.217	0.179	0.156	0.117
	Medio	0.129	0.102	0.113	0.258	0.430	0.497	0.446	0.380	0.327	0.305	0.280	0.191
CS12	Húmedo	0.165	0.127	0.168	0.385	0.534	0.622	0.546	0.462	0.405	0.387	0.373	0.252
	Seco	0.009	0.016	0.055	0.112	0.271	0.356	0.326	0.261	0.236	0.195	0.170	0.127
	Medio	0.140	0.112	0.123	0.282	0.469	0.542	0.486	0.414	0.356	0.332	0.305	0.208
CS13	Húmedo	0.180	0.138	0.183	0.419	0.582	0.678	0.594	0.503	0.442	0.421	0.406	0.274
	Seco	0.007	0.013	0.045	0.091	0.219	0.288	0.264	0.211	0.191	0.158	0.137	0.103
	Medio	0.114	0.090	0.099	0.228	0.379	0.439	0.393	0.335	0.288	0.269	0.247	0.168
CS14	Húmedo	0.146	0.112	0.148	0.339	0.471	0.549	0.481	0.407	0.358	0.341	0.329	0.222

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

10. Oferta hídrica a nivel de la cuenca del cuerpo de agua objeto de reglamentación, subcuenca y punto de monitoreo

Teniendo en cuenta, el caudal mensual y diario ofertado por las unidades hidrográficas, así como el caudal ecológico calculado a partir de las diferentes metodologías establecidas por la autoridad ambiental se establece la oferta hídrica para cada metodología.

10.1. Metodología 1

10.1.1. Sub metodología 1.1: Mínimo histórico curva de duración

A continuación, se presenta la oferta hídrica correspondiente al caudal mínimo histórico, determinada a partir de la curva de duración de caudales. Este análisis permite identificar el comportamiento de los caudales bajos en la corriente, proporcionando una referencia esencial para la evaluación de la oferta hídrica y la definición de caudales ecológicos en condiciones de mínima oferta.

Tabla 62. Cálculo del caudal mínimo ecológico y ofertado por el método 1.1 para el caño sardinata

Mínimo histórico curva de duración			
Identificación unidad hidrográfica	**Caudal medio diario últimos 10 años (m³/Seg)**	**Caudal mínimo ecológico (m³/Seg)**	**Caudal ofertado (m³/Seg)**
Caño sardinata	2.691988908	0.698440313	1.993548594

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

A continuación, se presenta la categoría y el caudal ambiental correspondiente a cada una de las unidades hidrográficas evaluadas, establecidos con base en los resultados del análisis hidrológico y ecológico.

Tabla 63. Cálculo del caudal mínimo ecológico y ofertado por el método 1.1 para las unidades hidrográficas del caño sardinata

Mínimo histórico curva de duración				
Identificación unidad hidrográfica	**Nombre unidad hidrográfica**	**Caudal medio diario últimos 10 años (m³/Seg)**	**Caudal mínimo ecológico (m³/Seg)**	**Caudal ofertado (m³/Seg)**
CS1	Caño Innominado	0,116876235	0,030323704	0,086552531
CS2	Caño Sardinatica	0,109524858	0,028416379	0,08110848
CS3	Caño Innominado	0,075964226	0,019709025	0,0562552
CS4	Caño Innominado	0,072235267	0,018741542	0,053493725
CS5	Caño Innominado	0,129448155	0,033585506	0,095862649
CS6	Caño Innominado	0,112508026	0,029190366	0,08331766
CS7	Caño Aguas claras	0,608353056	0,157838057	0,450514999
CS8	Caño Innominado	0,065949307	0,017110641	0,048838666
CS9	Caño Innominado	0,120285569	0,03120826	0,089077309
CS10	Caño Innominado	0,15182191	0,039390408	0,112431501
CS11	Caño Avispa	0,122629486	0,031816393	0,090813093
CS12	Caño Innominado	0,338696036	0,087875163	0,250820872

Mínimo histórico curva de duración				
Identificación unidad hidrográfica	Nombre unidad hidrográfica	Caudal medio diario últimos 10 años (m³/Seg)	Caudal mínimo ecológico (m³/Seg)	Caudal ofertado (m³/Seg)
CS13	Caño Innominado	0,369060418	0,095753245	0,273307173
CS14	Caño Innominado	0,29863636	0,077481624	0,221154736

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

10.1.2. Sub metodología 2: Mínimo histórico curva de duración

A continuación, se presenta la Metodología 1.2: Porcentaje de Descuento (criterio IDEAM), la cual se fundamenta en la aplicación de un porcentaje de reducción sobre el caudal medio multianual para la estimación del caudal ambiental. Este enfoque permite determinar una fracción del caudal natural que debe conservarse en el cauce, asegurando el mantenimiento de las funciones ecológicas y la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos asociados.

Tabla 64. Cálculo del caudal mínimo ecológico y ofertado por el método 1.2 para el caño sardinata

Porcentaje de descuento (criterio IDEAM)			
Identificación unidad hidrográfica	Caudal medio mensual multianual (m³/Seg)	Caudal mínimo ecológico (25% del caudal medio mensual multianual más bajo (m³/Seg))	Caudal ofertado (m³/Seg)
Caño sardinata	3.010685532	0.073160266	2.937525266

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

A continuación, se muestran la categoría y el caudal ambiental determinados para cada una de las unidades hidrográficas analizadas, definidos a partir de los resultados obtenidos en el análisis hidrológico y ecológico realizado.

Tabla 65. Resultado del caudal ofertado por la metodología 2 para las unidades hidrograficas del caño sardinata

Porcentaje de descuento (criterio IDEAM)				
Identificación unidad hidrográfica	Nombre unidad hidrográfica	Caudal medio mensual multianual (m³/Seg)	Caudal mínimo ecológico (25% del caudal medio mensual multianual más bajo (m³/Seg))	Caudal ofertado (m³/Seg)
CS1	Caño Innominado	0,130712868	0,003176349	0,127536519

CS2	Caño Sardinatica	0,122491183	0,00297656	0,119514623
CS3	Caño Innominado	0,084957406	0,002064482	0,082892924
CS4	Caño Innominado	0,080786987	0,00196314	0,078823847
CS5	Caño Innominado	0,14477314	0,003518016	0,141255123
CS6	Caño Innominado	0,125827519	0,003057634	0,122769885
CS7	Caño Aguas claras	0,680374179	0,01653323	0,663840949
CS8	Caño Innominado	0,073756851	0,001792306	0,071964544
CS9	Caño Innominado	0,134525823	0,003269005	0,131256818
CS10	Caño Innominado	0,169795658	0,004126069	0,165669589
CS11	Caño Avispa	0,137147229	0,003332705	0,133814524
CS12	Caño Innominado	0,37879326	0,009204753	0,369588508
CS13	Caño Innominado	0,412752392	0,010029966	0,402722425
CS14	Caño Innominado	0,333991038	0,00811605	0,325874988

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

10.1.3. Sub metodología 3: Reducción por caudal ambiental

A continuación, se presenta la Metodología 1.3: Reducción por caudal ambiental, la cual se fundamenta en la estimación del caudal ecológico, establece como valor de referencia un caudal equivalente al 25% del caudal medio multianual de la corriente evaluada, posteriormente el valor del caudal ecológico se resta del caudal medio mensual multianual.

Tabla 66. Cálculo del caudal mínimo ecológico y ofertado por el método 1.3 para el caño sardinata

Reducción por caudal ambiental (oferta media)			
Identificación unidad hidrográfica	**Caudal medio mensual multianual (m³/Seg)**	**Caudal mínimo ecológico (25% del caudal medio mensual multianual más bajo (m³/Seg))**	**Caudal ecológico 25% (m³/Seg)**
Caño sardinata	3.010685532	2.691988908	0.672997227

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

A continuación, se muestran la categoría y el caudal ambiental determinados para cada una de las unidades hidrográficas analizadas, definidos a partir de los resultados obtenidos en el análisis hidrológico y ecológico realizado.

Tabla 67. Resultado del caudal ofertado por la metodología 1.3 para las unidades hidrográficas del caño sardinata

Reducción por caudal ambiental (oferta media)				
Identificación unidad hidrográfica	**Nombre unidad hidrográfica**	**Caudal medio diario multianual (m³/Seg)**	**Caudal mínimo ecológico (25% del caudal medio mensual multianual más bajo (m³/Seg))**	**Caudal ecológico 25% (m³/Seg)**
CS1	Caño Innominado	0,117	0,029	0,088
CS2	Caño Sardinatica	0,110	0,027	0,082
CS3	Caño Innominado	0,076	0,019	0,057
CS4	Caño Innominado	0,072	0,018	0,054
CS5	Caño Innominado	0,129	0,032	0,097
CS6	Caño Innominado	0,113	0,028	0,084
CS7	Caño Aguas claras	0,608	0,152	0,456
CS8	Caño Innominado	0,066	0,016	0,049
CS9	Caño Innominado	0,120	0,030	0,090
CS10	Caño Innominado	0,152	0,038	0,114
CS11	Caño Avispa	0,123	0,031	0,092
CS12	Caño Innominado	0,339	0,085	0,254
CS13	Caño Innominado	0,369	0,092	0,277
CS14	Caño Innominado	0,299	0,075	0,224

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

10.2. Metodología 2

La estimación del caudal ambiental se basa en el valor característico de la curva de duración de caudales medios diarios, para un porcentaje de excedencia del 75% debido a que la unidad hidrográfica del caño sardinata presenta un IRH menor al 0.7. El caudal ambiental del 75% se resta al caudal medio diario multianual para establecer la oferta hídrica.

Tabla 68. Cálculo del caudal ambiental asociado al IRH para el caño sardinata

Caudal ambiental asociado al IRH			
Unidad hidrográfica	**Caudal medio diario multianual (m³/Seg)**	**Caudal ambiental (75%) (m³/Seg)**	**Caudal ofertado (m³/Seg)**
Caño sardinata	2.692	1.436	1.256

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

A continuación, se muestran la categoría y el caudal ambiental determinados para cada una de las unidades hidrográficas analizadas, definidos a partir de los resultados obtenidos en el análisis hidrológico y ecológico realizado.

Tabla 69. Cálculo del caudal ambiental asociado al IRH para las unidades hidrográficas del caño sardinata

Caudal ambiental asociado al IRH				
Unidad hidrográfica	**Nombre unidad hidrográfica**	**Caudal medio diario multianual (m³/Seg)**	**Caudal ambiental (75%) (m³/Seg)**	**Caudal ofertado (m³/Seg)**
CS1	Caño Innominado	0,11688	0,06234	0,05454
CS2	Caño Sardinatica	0,10952	0,05842	0,05111
CS3	Caño Innominado	0,07596	0,04052	0,03545
CS4	Caño Innominado	0,07224	0,03853	0,03371
CS5	Caño Innominado	0,12945	0,06904	0,06040
CS6	Caño Innominado	0,11251	0,06001	0,05250
CS7	Caño Aguas claras	0,60835	0,32448	0,28387
CS8	Caño Innominado	0,06595	0,03518	0,03077
CS9	Caño Innominado	0,12029	0,06416	0,05613
CS10	Caño Innominado	0,15182	0,08098	0,07084
CS11	Caño Avispa	0,12263	0,06541	0,05722
CS12	Caño Innominado	0,33870	0,18065	0,15804
CS13	Caño Innominado	0,36906	0,19685	0,17221
CS14	Caño Innominado	0,29864	0,15929	0,13935

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

10.3. Metodología 3

A continuación, se presenta la Metodología 3: Índices 7Q10 y Q95%, la cual se basa en la estimación del caudal ambiental a partir del análisis de caudales mínimos y percentiles de duración. Este enfoque combina los valores del índice 7Q10 y del percentil Q95%, seleccionando el mayor de ambos para cada mes y condición hidrológica (húmeda, promedio y seca), con el propósito de garantizar una representación conservadora del régimen hídrico y asegurar la protección y sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos.

Tabla 70. Cálculo del caudal mínimo ecológico y ofertado por el método 3 para el caño sardinata

Unidad hidrográfica	Caudal	Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Caño sardinata	Caudal Max (7Q10 Q95%)	Seco	0,29	0,26	0,40	1,01	2,16	3,04	2,98	2,64	1,97	1,57	1,44	1,36
		Medio	0,87	0,71	0,79	1,44	2,37	3,25	2,99	2,37	2,46	2,23	1,74	1,17
		Húmedo	1,10	0,79	0,82	2,11	3,51	3,30	2,84	2,41	2,15	2,63	2,23	1,35
	Caudal medio mensual (m³/seg)	Seco	0,97	0,80	0,96	1,81	3,35	4,29	3,67	3,11	2,46	2,17	2,24	1,67
		Medio	1,22	0,96	1,16	2,60	4,05	4,45	4,23	3,47	3,12	2,84	2,55	1,87
		Húmedo	1,39	1,10	1,64	3,81	4,54	4,84	4,01	3,52	3,32	3,27	3,22	1,94
	Caudal Ofertado (m³/seg)	Seco	0,68	0,54	0,57	0,80	1,19	1,25	0,69	0,47	0,49	0,60	0,80	0,31
		Medio	0,35	0,25	0,36	1,15	1,68	1,19	1,24	1,10	0,66	0,61	0,81	0,70
		Húmedo	0,29	0,31	0,82	1,69	1,03	1,54	1,17	1,11	1,16	0,65	0,98	0,60

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

En la siguiente tabla, se presentan la categoría y el caudal ambiental asignados a cada una de las unidades hidrográficas evaluadas, determinados con base en los resultados del análisis hidrológico y ecológico desarrollado para cada caso.

Tabla 71. Resultado del caudal ofertado por la metodología 3 para las unidades hidrográficas del caño sardinata

Unidad hidrográfica	Caudal	Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
CS1	Caudal Max (7Q10 Q95%)	Seco	0,01	0,01	0,02	0,04	0,09	0,13	0,13	0,11	0,09	0,07	0,06	0,06
		Medio	0,04	0,03	0,03	0,06	0,10	0,14	0,13	0,10	0,11	0,10	0,08	0,05
		Húmedo	0,05	0,03	0,04	0,09	0,15	0,14	0,12	0,10	0,09	0,11	0,10	0,06

Unidad hidrográfica	Caudal	Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	Caudal medio mensual (m³/seg)	Seco	0,04	0,03	0,04	0,08	0,15	0,19	0,16	0,13	0,11	0,09	0,10	0,07
		Medio	0,05	0,04	0,05	0,11	0,18	0,19	0,18	0,15	0,14	0,12	0,11	0,08
		Húmedo	0,06	0,05	0,07	0,17	0,20	0,21	0,17	0,15	0,14	0,14	0,14	0,08
	Caudal Ofertado (m³/seg)	Seco	0,03	0,02	0,02	0,03	0,05	0,05	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,01
		Medio	0,02	0,01	0,02	0,05	0,07	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	0,04	0,03
		Húmedo	0,01	0,01	0,04	0,07	0,04	0,07	0,05	0,05	0,05	0,03	0,04	0,03
CS2	Caudal Max (7Q10 Q95%)	Seco	0,01	0,01	0,02	0,04	0,09	0,12	0,12	0,11	0,08	0,06	0,06	0,06
		Medio	0,04	0,03	0,03	0,06	0,10	0,13	0,12	0,10	0,10	0,09	0,07	0,05
		Húmedo	0,04	0,03	0,03	0,09	0,14	0,13	0,12	0,10	0,09	0,11	0,09	0,05
	Caudal medio mensual (m³/seg)	Seco	0,04	0,03	0,04	0,07	0,14	0,17	0,15	0,13	0,10	0,09	0,09	0,07
		Medio	0,05	0,04	0,05	0,11	0,16	0,18	0,17	0,14	0,13	0,12	0,10	0,08
		Húmedo	0,06	0,04	0,07	0,15	0,18	0,20	0,16	0,14	0,13	0,13	0,13	0,08
	Caudal Ofertado (m³/seg)	Seco	0,03	0,02	0,02	0,03	0,05	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01
		Medio	0,01	0,01	0,01	0,05	0,07	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03
		Húmedo	0,01	0,01	0,03	0,07	0,04	0,06	0,05	0,05	0,05	0,03	0,04	0,02
CS3	Caudal Max (7Q10 Q95%)	Seco	0,01	0,01	0,01	0,03	0,06	0,09	0,08	0,07	0,06	0,04	0,04	0,04
		Medio	0,02	0,02	0,02	0,04	0,07	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,05	0,03
		Húmedo	0,03	0,02	0,02	0,06	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,07	0,06	0,04
	Caudal medio mensual (m³/seg)	Seco	0,03	0,02	0,03	0,05	0,09	0,12	0,10	0,09	0,07	0,06	0,06	0,05
		Medio	0,03	0,03	0,03	0,07	0,11	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07	0,05
		Húmedo	0,04	0,03	0,05	0,11	0,13	0,14	0,11	0,10	0,09	0,09	0,09	0,05
	Caudal Ofertado (m³/seg)	Seco	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
		Medio	0,01	0,01	0,01	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
		Húmedo	0,01	0,01	0,02	0,05	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02

Unidad hidrográfica	Caudal	Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
CS4	Caudal Max (7Q10 Q95%)	Seco	0,01	0,01	0,01	0,03	0,06	0,08	0,08	0,07	0,05	0,04	0,04	0,04
		Medio	0,02	0,02	0,02	0,04	0,06	0,09	0,08	0,06	0,07	0,06	0,05	0,03
		Húmedo	0,03	0,02	0,02	0,06	0,09	0,09	0,08	0,06	0,06	0,07	0,06	0,04
	Caudal medio mensual (m³/seg)	Seco	0,03	0,02	0,03	0,05	0,09	0,12	0,10	0,08	0,07	0,06	0,06	0,04
		Medio	0,03	0,03	0,03	0,07	0,11	0,12	0,11	0,09	0,08	0,08	0,07	0,05
		Húmedo	0,04	0,03	0,04	0,10	0,12	0,13	0,11	0,09	0,09	0,09	0,09	0,05
	Caudal Ofertado (m³/seg)	Seco	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
		Medio	0,01	0,01	0,01	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
		Húmedo	0,01	0,01	0,02	0,05	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02
CS5	Caudal Max (7Q10 Q95%)	Seco	0,01	0,01	0,02	0,05	0,10	0,15	0,14	0,13	0,09	0,08	0,07	0,07
		Medio	0,04	0,03	0,04	0,07	0,11	0,16	0,14	0,11	0,12	0,11	0,08	0,06
		Húmedo	0,05	0,04	0,04	0,10	0,17	0,16	0,14	0,12	0,10	0,13	0,11	0,06
	Caudal medio mensual (m³/seg)	Seco	0,05	0,04	0,05	0,09	0,16	0,21	0,18	0,15	0,12	0,10	0,11	0,08
		Medio	0,06	0,05	0,06	0,12	0,19	0,21	0,20	0,17	0,15	0,14	0,12	0,09
		Húmedo	0,07	0,05	0,08	0,18	0,22	0,23	0,19	0,17	0,16	0,16	0,15	0,09
	Caudal Ofertado (m³/seg)	Seco	0,03	0,03	0,03	0,04	0,06	0,06	0,03	0,02	0,02	0,03	0,04	0,01
		Medio	0,02	0,01	0,02	0,06	0,08	0,06	0,06	0,05	0,03	0,03	0,04	0,03
		Húmedo	0,01	0,01	0,04	0,08	0,05	0,07	0,06	0,05	0,06	0,03	0,05	0,03
CS6	Caudal Max (7Q10 Q95%)	Seco	0,01	0,01	0,02	0,04	0,09	0,13	0,12	0,11	0,08	0,07	0,06	0,06
		Medio	0,04	0,03	0,03	0,06	0,10	0,14	0,13	0,10	0,10	0,09	0,07	0,05
		Húmedo	0,05	0,03	0,03	0,09	0,15	0,14	0,12	0,10	0,09	0,11	0,09	0,06
	Caudal medio mensual (m³/seg)	Seco	0,04	0,03	0,04	0,08	0,14	0,18	0,15	0,13	0,10	0,09	0,09	0,07
		Medio	0,05	0,04	0,05	0,11	0,17	0,19	0,18	0,14	0,13	0,12	0,11	0,08
		Húmedo	0,06	0,05	0,07	0,16	0,19	0,20	0,17	0,15	0,14	0,14	0,13	0,08
		Seco	0,03	0,02	0,02	0,03	0,05	0,05	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,01

Unidad hidrográfica	Caudal	Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	Caudal Ofertado (m³/seg)	Medio	0,01	0,01	0,02	0,05	0,07	0,05	0,05	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03
		Húmedo	0,01	0,01	0,03	0,07	0,04	0,06	0,05	0,05	0,05	0,03	0,04	0,02
CS7	Caudal Max (7Q10 Q95%)	Seco	0,07	0,06	0,09	0,23	0,49	0,69	0,67	0,60	0,44	0,35	0,33	0,31
		Medio	0,20	0,16	0,18	0,33	0,54	0,74	0,68	0,54	0,56	0,50	0,39	0,26
		Húmedo	0,25	0,18	0,19	0,48	0,79	0,75	0,64	0,54	0,49	0,59	0,50	0,30
	Caudal medio mensual (m³/seg)	Seco	0,22	0,18	0,22	0,41	0,76	0,97	0,83	0,70	0,56	0,49	0,51	0,38
		Medio	0,28	0,22	0,26	0,59	0,92	1,01	0,96	0,78	0,71	0,64	0,58	0,42
		Húmedo	0,31	0,25	0,37	0,86	1,03	1,09	0,91	0,80	0,75	0,74	0,73	0,44
	Caudal Ofertado (m³/seg)	Seco	0,15	0,12	0,13	0,18	0,27	0,28	0,16	0,11	0,11	0,14	0,18	0,07
		Medio	0,08	0,06	0,08	0,26	0,38	0,27	0,28	0,25	0,15	0,14	0,18	0,16
		Húmedo	0,07	0,07	0,18	0,38	0,23	0,35	0,26	0,25	0,26	0,15	0,22	0,13
CS8	Caudal Max (7Q10 Q95%)	Seco	0,01	0,01	0,01	0,02	0,05	0,07	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03
		Medio	0,02	0,02	0,02	0,04	0,06	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03
		Húmedo	0,03	0,02	0,02	0,05	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,06	0,05	0,03
	Caudal medio mensual (m³/seg)	Seco	0,02	0,02	0,02	0,04	0,08	0,11	0,09	0,08	0,06	0,05	0,05	0,04
		Medio	0,03	0,02	0,03	0,06	0,10	0,11	0,10	0,08	0,08	0,07	0,06	0,05
		Húmedo	0,03	0,03	0,04	0,09	0,11	0,12	0,10	0,09	0,08	0,08	0,08	0,05
	Caudal Ofertado (m³/seg)	Seco	0,02	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
		Medio	0,01	0,01	0,01	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02
		Húmedo	0,01	0,01	0,02	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01
CS9	Caudal Max (7Q10 Q95%)	Seco	0,01	0,01	0,02	0,05	0,10	0,14	0,13	0,12	0,09	0,07	0,06	0,06
		Medio	0,04	0,03	0,04	0,06	0,11	0,15	0,13	0,11	0,11	0,10	0,08	0,05
		Húmedo	0,05	0,04	0,04	0,09	0,16	0,15	0,13	0,11	0,10	0,12	0,10	0,06
	Caudal medio mensual (m³/seg)	Seco	0,04	0,04	0,04	0,08	0,15	0,19	0,16	0,14	0,11	0,10	0,10	0,07
		Medio	0,05	0,04	0,05	0,12	0,18	0,20	0,19	0,15	0,14	0,13	0,11	0,08

Unidad hidrográfica	Caudal	Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
		Húmedo	0,06	0,05	0,07	0,17	0,20	0,22	0,18	0,16	0,15	0,15	0,14	0,09
	Caudal Ofertado (m³/seg)	Seco	0,03	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,03	0,02	0,02	0,03	0,04	0,01
		Medio	0,02	0,01	0,02	0,05	0,08	0,05	0,06	0,05	0,03	0,03	0,04	0,03
		Húmedo	0,01	0,01	0,04	0,08	0,05	0,07	0,05	0,05	0,05	0,03	0,04	0,03
CS10	Caudal Max (7Q10 Q95%)	Seco	0,02	0,01	0,02	0,06	0,12	0,17	0,17	0,15	0,11	0,09	0,08	0,08
		Medio	0,05	0,04	0,04	0,08	0,13	0,18	0,17	0,13	0,14	0,13	0,10	0,07
		Húmedo	0,06	0,04	0,05	0,12	0,20	0,19	0,16	0,14	0,12	0,15	0,13	0,08
	Caudal medio mensual (m³/seg)	Seco	0,05	0,05	0,05	0,10	0,19	0,24	0,21	0,18	0,14	0,12	0,13	0,09
		Medio	0,07	0,05	0,07	0,15	0,23	0,25	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14	0,11
		Húmedo	0,08	0,06	0,09	0,21	0,26	0,27	0,23	0,20	0,19	0,18	0,18	0,11
	Caudal Ofertado (m³/seg)	Seco	0,04	0,03	0,03	0,05	0,07	0,07	0,04	0,03	0,03	0,03	0,05	0,02
		Medio	0,02	0,01	0,02	0,06	0,09	0,07	0,07	0,06	0,04	0,03	0,05	0,04
		Húmedo	0,02	0,02	0,05	0,10	0,06	0,09	0,07	0,06	0,07	0,04	0,06	0,03
CS11	Caudal Max (7Q10 Q95%)	Seco	0,01	0,01	0,02	0,05	0,10	0,14	0,14	0,12	0,09	0,07	0,07	0,06
		Medio	0,04	0,03	0,04	0,07	0,11	0,15	0,14	0,11	0,11	0,10	0,08	0,05
		Húmedo	0,05	0,04	0,04	0,10	0,16	0,15	0,13	0,11	0,10	0,12	0,10	0,06
	Caudal medio mensual (m³/seg)	Seco	0,04	0,04	0,04	0,08	0,15	0,20	0,17	0,14	0,11	0,10	0,10	0,08
		Medio	0,06	0,04	0,05	0,12	0,18	0,20	0,19	0,16	0,14	0,13	0,12	0,09
		Húmedo	0,06	0,05	0,07	0,17	0,21	0,22	0,18	0,16	0,15	0,15	0,15	0,09
	Caudal Ofertado (m³/seg)	Seco	0,03	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,03	0,02	0,02	0,03	0,04	0,01
		Medio	0,02	0,01	0,02	0,05	0,08	0,05	0,06	0,05	0,03	0,03	0,04	0,03
		Húmedo	0,01	0,01	0,04	0,08	0,05	0,07	0,05	0,05	0,05	0,03	0,04	0,03
CS12	Caudal Max (7Q10 Q95%)	Seco	0,04	0,03	0,05	0,13	0,27	0,38	0,37	0,33	0,25	0,20	0,18	0,17
		Medio	0,11	0,09	0,10	0,18	0,30	0,41	0,38	0,30	0,31	0,28	0,22	0,15
		Húmedo	0,14	0,10	0,10	0,27	0,44	0,42	0,36	0,30	0,27	0,33	0,28	0,17
		Seco	0,12	0,10	0,12	0,23	0,42	0,54	0,46	0,39	0,31	0,27	0,28	0,21

Unidad hidrográfica	Caudal	Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	Caudal medio mensual (m³/seg)	Medio	0,15	0,12	0,15	0,33	0,51	0,56	0,53	0,44	0,39	0,36	0,32	0,24
		Húmedo	0,17	0,14	0,21	0,48	0,57	0,61	0,50	0,44	0,42	0,41	0,40	0,24
	Caudal Ofertado (m³/seg)	Seco	0,09	0,07	0,07	0,10	0,15	0,16	0,09	0,06	0,06	0,08	0,10	0,04
		Medio	0,04	0,03	0,05	0,14	0,21	0,15	0,16	0,14	0,08	0,08	0,10	0,09
		Húmedo	0,04	0,04	0,10	0,21	0,13	0,19	0,15	0,14	0,15	0,08	0,12	0,08
CS13	Caudal Max (7Q10 Q95%)	Seco	0,04	0,04	0,05	0,14	0,30	0,42	0,41	0,36	0,27	0,21	0,20	0,19
		Medio	0,12	0,10	0,11	0,20	0,32	0,45	0,41	0,32	0,34	0,31	0,24	0,16
		Húmedo	0,15	0,11	0,11	0,29	0,48	0,45	0,39	0,33	0,30	0,36	0,31	0,18
	Caudal medio mensual (m³/seg)	Seco	0,13	0,11	0,13	0,25	0,46	0,59	0,50	0,43	0,34	0,30	0,31	0,23
		Medio	0,17	0,13	0,16	0,36	0,56	0,61	0,58	0,48	0,43	0,39	0,35	0,26
		Húmedo	0,19	0,15	0,22	0,52	0,62	0,66	0,55	0,48	0,45	0,45	0,44	0,27
	Caudal Ofertado (m³/seg)	Seco	0,09	0,07	0,08	0,11	0,16	0,17	0,10	0,06	0,07	0,08	0,11	0,04
		Medio	0,05	0,03	0,05	0,16	0,23	0,16	0,17	0,15	0,09	0,08	0,11	0,10
		Húmedo	0,04	0,04	0,11	0,23	0,14	0,21	0,16	0,15	0,16	0,09	0,13	0,08
CS14	Caudal Max (7Q10 Q95%)	Seco	0,03	0,03	0,04	0,11	0,24	0,34	0,33	0,29	0,22	0,17	0,16	0,15
		Medio	0,10	0,08	0,09	0,16	0,26	0,36	0,33	0,26	0,27	0,25	0,19	0,13
		Húmedo	0,12	0,09	0,09	0,23	0,39	0,37	0,31	0,27	0,24	0,29	0,25	0,15
	Caudal medio mensual (m³/seg)	Seco	0,11	0,09	0,11	0,20	0,37	0,48	0,41	0,34	0,27	0,24	0,25	0,18
		Medio	0,14	0,11	0,13	0,29	0,45	0,49	0,47	0,38	0,35	0,32	0,28	0,21
		Húmedo	0,15	0,12	0,18	0,42	0,50	0,54	0,44	0,39	0,37	0,36	0,36	0,22
	Caudal Ofertado (m³/seg)	Seco	0,08	0,06	0,06	0,09	0,13	0,14	0,08	0,05	0,05	0,07	0,09	0,03
		Medio	0,04	0,03	0,04	0,13	0,19	0,13	0,14	0,12	0,07	0,07	0,09	0,08
		Húmedo	0,03	0,03	0,09	0,19	0,11	0,17	0,13	0,12	0,13	0,07	0,11	0,07

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

11. Propuesta de regionalización de caudales medios diarios, caudales mínimos y máximos para diferentes periodos de retorno y caudales ambientales

A partir de los caudales simulados, calibrados y validados mediante el modelo hidrológico GR4J, se obtuvieron los caudales medios diarios para el Caño Sardinata y sus respectivas unidades hidrográficas. Es importante señalar que los periodos de retorno no son aplicables al caudal medio, dado que este representa una condición promedio del régimen hidrológico y no un evento extremo; en consecuencia, no constituye una variable aleatoria asociada a procesos de excedencia o déficit extremo, que son los que fundamentan el análisis de frecuencia. Por esta razón, los periodos de retorno se estimaron exclusivamente para los caudales máximos y mínimos, los cuales sí describen eventos hidrológicos extremos. Estos fueron determinados mediante el ajuste estadístico de las series de caudales modelados, a través de pruebas de bondad de ajuste con distintas funciones de distribución de probabilidad (Normal, Log-Pearson tipo III, Gumbel, entre otras), seleccionando aquella que presentó la mejor representación del comportamiento de los datos (Anexo C.9). Con base en la distribución adoptada, se calcularon los caudales asociados a los periodos de retorno definidos, cuyos resultados se presentan en la Tabla 72.

Tabla 72. Caudales máximos y mínimos para periodos de retorno

Unidad hidrográfica	Serie	Periodo de retorno					
		T=5	T=10	T=15	T=25	T=50	T=100
Sardinata	Máximo	4,37	5,62	6,35	7,28	8,56	9,89
	Mínimo	1,41	0,95	0,75	0,56	0,34	0,18
CS1	Máximo	0,19	0,24	0,28	0,32	0,37	0,43
	Mínimo	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01
CS2	Máximo	0,18	0,23	0,26	0,30	0,35	0,40
	Mínimo	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01
CS3	Máximo	0,12	0,16	0,18	0,21	0,24	0,28
	Mínimo	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01
CS4	Máximo	0,12	0,15	0,17	0,20	0,23	0,27
	Mínimo	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00
CS5	Máximo	0,21	0,27	0,31	0,35	0,41	0,48
	Mínimo	0,07	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
CS6	Máximo	0,18	0,24	0,27	0,30	0,36	0,41

Unidad hidrográfica	Serie	Periodo de retorno					
		T=5	T=10	T=15	T=25	T=50	T=100
	Mínimo	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01
CS7	Máximo	0,99	1,27	1,44	1,65	1,94	2,23
	Mínimo	0,32	0,21	0,17	0,13	0,08	0,04
CS8	Máximo	0,11	0,14	0,16	0,18	0,21	0,24
	Mínimo	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00
CS9	Máximo	0,20	0,25	0,28	0,33	0,38	0,44
	Mínimo	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01
CS10	Máximo	0,25	0,32	0,36	0,41	0,48	0,56
	Mínimo	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
CS11	Máximo	0,20	0,26	0,29	0,33	0,39	0,45
	Mínimo	0,06	0,04	0,03	0,03	0,02	0,01
CS12	Máximo	0,55	0,71	0,80	0,92	1,08	1,24
	Mínimo	0,18	0,12	0,09	0,07	0,04	0,02
CS13	Máximo	0,60	0,77	0,87	1,00	1,17	1,36
	Mínimo	0,19	0,13	0,10	0,08	0,05	0,02
CS14	Máximo	0,48	0,62	0,70	0,81	0,95	1,10
	Mínimo	0,16	0,11	0,08	0,06	0,04	0,02

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

En cumplimiento de los lineamientos establecidos por la autoridad ambiental competente y atendiendo la recomendación de adoptar el escenario más restrictivo en función de las necesidades hídricas de la población, el 31 de octubre de 2025 se realizó una reunión técnica de concertación entre el Consorcio y la Corporación Ambiental, en la cual se evaluaron de manera conjunta las diferentes metodologías disponibles para la determinación del caudal ambiental. Como resultado de este proceso de análisis y concertación, se definió la aplicación de la Metodología 1.2 – Porcentaje de Descuento (IDEAM), al considerarse la más adecuada para representar las condiciones críticas del cuerpo hídrico y garantizar simultáneamente la protección del abastecimiento poblacional.

La selección de esta metodología se fundamenta en que el porcentaje de descuento permite representar de manera controlada y conservadora la condición crítica del sistema hídrico, al establecer el caudal ambiental como una fracción del caudal medio multianual, asegurando así la disponibilidad mínima requerida para el sostenimiento de los procesos ecológicos. Adicionalmente, esta metodología facilita el seguimiento operativo de un caudal ambiental fijo, específico y verificable en campo, condición clave para la gestión, control y vigilancia por parte de la autoridad ambiental, en contraste con metodologías basadas en probabilidades o valores mensuales variables que dificultan su monitoreo permanente.

Como resultado de la aplicación de esta metodología, se determinó para la salida de la unidad hidrográfica del Caño Sardinata un caudal ambiental de 0,073 m³/s, valor que corresponde al caudal ecológico mínimo requerido para garantizar la continuidad de los procesos hidrobiológicos, la estabilidad del ecosistema acuático y la funcionalidad ambiental del sistema hídrico bajo escenarios de baja disponibilidad. Los resultados obtenidos para cada una de las unidades hidrográficas asociadas se presentan de manera detallada en la Tabla 73.

Tabla 73. Matriz de decisión conjunta

Metodología	Sub-metodología	Representación de la condición crítica del cuerpo hídrico y del abastecimiento	Seguimiento de un caudal específico
Metodología 1 (Res. 865/2004)	Mínimo histórico	Representa una condición crítica extrema puntual dependiente de un evento aislado	Seguimiento limitado al no corresponder a un caudal operativo permanente
Metodología 1 (Res. 865/2004)	**Porcentaje de Descuento (IDEAM)**	**Representa de forma controlada y consistente la condición crítica del cuerpo hídrico y del abastecimiento poblacional**	**Permite seguimiento permanente de un caudal fijo, específico y verificable en campo**
Metodología 1 (Res. 865/2004)	Reducción por caudal medio	Representa una condición promedio, no necesariamente crítica	Seguimiento posible, pero menos representativo de escenarios de escasez
Metodología 2	Q85 curva de duración	Representa condiciones bajas de disponibilidad desde un enfoque probabilístico	Seguimiento complejo por depender de probabilidades
Metodología 3	Q7Q10 – Q95 mensual	Representa condiciones críticas mensuales extremas del régimen	Seguimiento operativo complejo por su variabilidad mensual

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

No se genera curva de duración de caudales cuando se aplica el método de porcentaje de descuento para el cálculo del caudal ambiental, debido a que este método no se fundamenta en el análisis de la distribución estadística de excedencias del caudal, sino en la aplicación directa de un porcentaje fijo sobre un caudal medio mensual multianual de referencia. Al no requerir la ordenación de caudales por probabilidad de excedencia ni la construcción de una función acumulada, la curva de duración resulta metodológicamente innecesaria. En este

enfoque, el caudal ambiental se define como una proporción del régimen medio, priorizando un criterio de conservación hidrológica simplificado en lugar de un análisis probabilístico del comportamiento del caudal.

Tabla 74. Caudales ambientales para el caño sardinata y sus unidades hidrográficas

Identificación unidad hidrográfica	Nombre unidad hidrográfica	Caudal medio mensual multianual (m^3/Seg)	Caudal mínimo ecológico (25% del caudal medio mensual multianual más bajo (m^3/Seg))	Caudal ofertado (m^3/Seg)
Caño sardinata	Caño sardinata	3,011	0,073	2,938
CS1	Caño Innominado	0,131	0,003	0,128
CS2	Caño Sardinatica	0,122	0,003	0,120
CS3	Caño Innominado	0,085	0,002	0,083
CS4	Caño Innominado	0,081	0,002	0,079
CS5	Caño Innominado	0,145	0,004	0,141
CS6	Caño Innominado	0,126	0,003	0,123
CS7	Caño Aguas claras	0,680	0,017	0,664
CS8	Caño Innominado	0,074	0,002	0,072
CS9	Caño Innominado	0,135	0,003	0,131
CS10	Caño Innominado	0,170	0,004	0,166
CS11	Caño Avispa	0,137	0,003	0,134
CS12	Caño Innominado	0,379	0,009	0,370
CS13	Caño Innominado	0,413	0,010	0,403
CS14	Caño Innominado	0,334	0,008	0,326

Fuente: Consorcio Sardinata 2025.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andréassian, V. P.-S. (2001). Impact of imperfect rainfall knowledge on the efficiency and the parameters of watershed models. Journal of Hydrology.

Arnaud, P. &. (1996). Coupled rainfall–runoff model and disaggregation procedure for flood forecasting. Journal of Hydrology.

Bergström, S. (1995). The HBV model. En V. P. Singh (Ed.), Computer models of watershed hydrology. Water Resources Publications.

CORMACARENA. (2016). POMCA Río Medio y Bajo Ariari.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2017). Actualización POMCA Río Garagoa.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. (2018). Caracterización de la Cuenca del Río La Vieja.

Corporación de Cuencas del Tolima. (2014). Formulación POMCA Río Luisa y Otros Directos al Magdalena .

Estudio Nacional del Agua 2014. (2025). Obtenido de https://www.andi.com.co/Uploads/ENA_2014.pdf

Francés, F. V. (2007). Split-parameter structure for the automatic calibration of distributed hydrological models. Journal of Hydrology.

IDEAM. (2010). Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH).

IDEAM. (2013). ZONIFICACIÓN Y CODIFICACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E HIDROGEOLÓGICAS DE COLOMBIA. Bogotá, D. C.

IDEAM. (2014). Estudio Nacional del Agua .

IDEAM. (2025). ESTADÍSTICAS VARIABLES HIDROLÓGICAS NIVEL DE LOS RÍOS - CAUDAL LÍQUIDO. DOCUMENTO METODOLÓGICO.

IDEAM. (2025). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Obtenido de https://www.ideam.gov.co/

Medici, C. F. (2008). Reconstruction of missing flow data using distributed hydrological modeling. Hydrological Sciences Journal.

Metzger, J. (2017). Modelamiento Hidrológico para Pronóstico estacional de caudales del río Ramis. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Dirección de Hidrología.

Michel, C. (1989). Hydrogramme unitaire et modèles globaux de transformation pluie–débit. Francia: Cemagref, Division Hydrologie.

National Oceanic and Atmospheric Administration. (2024). National Climate Program.

Reyes, A., Ulises, F., & Carvajal, Y. (2010). Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas. Universidad del Valle.

Vélez, J. I. (2001). Modelación hidrológica distribuida aplicada a cuencas mediterráneas. España: Universidad Politécnica de Valencia.

12. COMPONENTE SOCIAL

A la fecha de esta segunda entrega de informe, se avanza en la realización del taller 2, en el cual luego de la identificación en el censo de usuarios de las personas objeto de la reglamentación, se informó del taller para la socialización de los avances obtenidos durante el proceso de reglamentación.

El objetivo es socializar con actores comunitarios, institucionales y territoriales los resultados del diagnóstico técnico elaborado en el marco del proceso de reglamentación de las aguas del Caño Sardinata, promoviendo la participación amplia, diversa y representativa de la población del municipio de Lejanías, Meta. Donde el propósito sea recoger insumos, percepciones y aportes de las comunidades locales para fortalecer la gestión integral del recurso hídrico en la cuenca media y baja del río Ariari, integrando las dimensiones técnica, ambiental y social del proceso.

En el informe 1 ya radicado se envió el reporte e informe del taller 1 realizado con la comunidad, donde se especifica el trabajo realizado. Para el informe 3 se radica los 2 talleres restantes que unifican la documentación final relacionada al capítulo de componente social.

13. COMPONENTE ADMINISTRATIVO

ACTIVIDADES EJECUTADAS EN EL PERIODO:	Durante el segundo periodo de ejecución, se desarrollaron dos actividades principales en cumplimiento de lo establecido en el contrato Durante este periodo se llevaron a cabo las siguientes actividades técnicas: 1. Información Técnica. **Tratamiento de datos hidroclimáticos:** ✓ Compilación, depuración y análisis de series históricas de precipitación, temperatura, evaporación, humedad relativa, radiación solar, brillo solar y viento. ✓ Evaluación de la calidad y representatividad de los registros, conforme a los lineamientos de la **Guía de Prácticas Hidrológicas de la OMM (No. 168, 2008)** y la densidad mínima de estaciones sugerida por el **IDEAM** para la escala de trabajo. **Análisis de variabilidad climática:** ✓ Identificación de la variabilidad intra e interanual de las principales variables hidroclimáticas. ✓ Determinación de años hidrológicos representativos (secos, normales y húmedos) y caracterización espacio–temporal de la precipitación y temperatura en la cuenca. **Balance hidroclimático y modelación lluvia–escorrentía:** ✓ Estimación del balance hidroclimático de largo plazo y validación con registros de caudales observados. ✓ Implementación del modelo lluvia–escorrentía, definición de parámetros, calibración y validación bajo criterios de aceptabilidad hidrológica. **Determinación de oferta hídrica:**

	✓ Generación de series de caudales medios diarios y estimación de la oferta hídrica a nivel de cuenca, subcuencas y puntos de monitoreo, para condiciones de año normal y seco. **Estimación de índices e indicadores hídricos:** ✓ Cálculo de los **índices de aridez (IA)** y de **retención y regulación hídrica (IRH)**, de acuerdo con la metodología propuesta por el IDEAM, con el fin de evaluar la capacidad de regulación natural del sistema hídrico. **Estimación del caudal ambiental:** ✓ Cálculo del caudal ambiental a nivel de cuenca y subcuencas, aplicando metodologías complementarias como el caudal ecológico, el caudal asociado al IRH y los índices **7Q10** y **Q95**, garantizando la conservación de los ecosistemas acuáticos. La segunda actividad correspondió al componente social, en el cual se avanzó en la realización del Taller 2. Posterior a la identificación de los usuarios objeto de reglamentación mediante el censo, se informó que el taller de socialización de los avances obtenidos en el proceso de reglamentación se llevaría a cabo el 21 de octubre de 2025. Por tal motivo, durante el segundo periodo de ejecución del contrato se efectuó la convocatoria a los actores involucrados.
COMPONENTE LOGÍSTICO DEL CONTRATISTA:	Para el desarrollo del proyecto, el contratista cuenta con un equipo de trabajo interdisciplinario conformado por profesionales responsables de la ejecución de las diferentes actividades técnicas, legales, sociales y administrativas del contrato. Durante el segundo periodo de ejecución, participaron los siguientes integrantes, quienes aportaron su experiencia y conocimientos en el cumplimiento de los objetivos establecidos, según se relaciona en la siguiente tabla:

	Cargo	**Profesión**	**Nombre**
	Coordinador	Ingeniero Químico	Carlos Augusto Sierra Ríos
	Apoyo legal	Abogado	Marco Osmar Leon Mendez
	Especialista SIG	Ingeniero Ambiental y Sanitario	Carlos Jamie Orozco Gutierrez
	Especialista en trabajo Comunitario	Psicólogo	Libardo Antonio Trujillo Buelvas
	Técnico 1	Ingeniera Ambiental	María Alexandra Prado Álvarez
	Técnico 2	Ingeniero Agroecológico	Kenny Andrey Zapata Ramírez
SEGURIDAD SOCIAL:	Se anexa como soporte el documento de acreditación del pago de seguridad social correspondiente al mes de septiembre de 2025, efectuado por el contratista al equipo de trabajo vinculado al desarrollo de las actividades del contrato, en cumplimiento de las obligaciones legales y contractuales establecidas para garantizar la afiliación y pago oportuno al sistema de seguridad social integral. Dicho pago se encuentra registrado en la planilla No. 9493509978, correspondiente al periodo indicado.		

EQUIPO PROFESIONAL PARTICIPANTE

Con el fin de garantizar la trazabilidad, transparencia y rigor técnico en la elaboración del presente informe de reglamentación del uso de las aguas del Caño Sardinata, a continuación, se presenta la relación del equipo profesional que intervino en su preparación, análisis y desarrollo metodológico. El listado incluye al personal responsable de los componentes técnicos.

Equipo técnico responsable

Carlos Augusto Sierra Ríos – Coordinador del estudio. Ingeniero Químico.

Carlos Jamie Orozco Gutiérrez – Especialista SIG. Ingeniero Ambiental y Sanitario.

Héctor Hugo Herrera Torres – Especialista en Hidrología. Ingeniero Civil.

Marco Osmar Leon Mendez - Apoyo Legal

Sin otro particular,

ING. CARLOS AUGUSTO SIERRA RÍOS
COORDINADOR DEL PROYECTO
Tarjeta Profesional: 3849 CPIQ
C.C. 79580474 de Bogotá
Contacto: 3115214031

CONSORCIO
SARDINATA
2025

Villavicencio, 13 de octubre de 2025.

Señores
CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL ÁREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA "CORMACARENA".
Villavicencio – Meta

Referencia: Contrato PS-GCT.2.7.25-1163 cuyo objeto es REGLAMENTACIÓN DEL USO DE LAS AGUAS DE CAÑO SARDINATA EN JURISDICCIÓN DEL MUNICIPIO DE LEJANÍAS Y GRANADA EN EL DEPARTAMENTO DEL META, JURISDICCIÓN DE CORMACARENA

Cordial Saludo,

Yo, **CARLOS AUGUSTO SIERRA RÍOS**, identificado con numero de cedula de ciudadanía No. 79.580.474 de Bogotá D.C., con Tarjeta Profesional 3849, actuando en calidad de **COORDINADOR DE PROYECTOS**, dejo constancia y doy fe que participé y ejecuté actividades técnicas y/o administrativas, en el marco del contrato PS-GCT.2.7.25-1163, durante el periodo comprendido entre el 14 de septiembre de 2025 al 13 octubre de 2025, cumpliendo las funciones asignadas de manera responsable, oportuna y conforme a los lineamientos contractuales exigidos por CORMACARENA.

Cordialmente,

CARLOS AUGUSTO SIERRA RÍOS
C.C. 79.580.474 de Bogotá D.C.

República de Colombia
Ministerio de Desarrollo Económico
Consejo Profesional de
Ingeniería Química de Colombia

TARJETA PROFESIONAL No. **3849**

CARLOS AUGUSTO
SIERRA RIOS
C.C. # 79.580.474



FRANCISCO VARELA ANJEL
PRESIDENTE

Resolución No. 3906 de 27-10-95

C.P.I.Q. Calle 40 No. 21-71 Of.402 Teléfono: 24513 84

El uso de esta tarjeta profesional es personal e intransferible.
En caso de encontrar esta tarjeta favor devolverla a la dirección arriba indicada.
El uso indebido de esta tarjeta se rige por las normas legales vigentes.

printer card

CONSORCIO
SARDINATA
2025

Villavicencio, 13 de octubre de 2025.

Señores
CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL ÁREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA "CORMACARENA".
Villavicencio – Meta

Referencia: Contrato PS-GCT.2.7.25-1163 cuyo objeto es REGLAMENTACIÓN DEL USO DE LAS AGUAS DE CAÑO SARDINATA EN JURISDICCIÓN DEL MUNICIPIO DE LEJANÍAS Y GRANADA EN EL DEPARTAMENTO DEL META, JURISDICCIÓN DE CORMACARENA

Cordial Saludo,

Yo, **CARLOS JAIME OROZCO GUTIÉRREZ**, identificado con numero de cedula de ciudadanía No. 77.092.915 de Valledupar, con Matricula Profesional 20260-151345, actuando en calidad de **ESPECIALISTA SIG**, dejo constancia y doy fe que participé y ejecuté actividades técnicas y/o administrativas, en el marco del contrato PS-GCT.2.7.25-1163, durante el periodo comprendido entre el 14 de septiembre de 2025 al 13 octubre de 2025, cumpliendo las funciones asignadas de manera responsable, oportuna y conforme a los lineamientos contractuales exigidos por CORMACARENA.

Cordialmente,

CARLOS JAIME OROZCO GUTIÉRREZ
C.C. 77.092.915 de Valledupar

REPUBLICA DE COLOMBIA

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA

COPNIA



MATRICULA PROFESIONAL No.

20260151345CES

INGENIERO AMBIENTAL Y SANITARIO

DE FECHA **21/02/2008**

CARLOS JAIME OROZCO GUTIERREZ

C.C. 77092915

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

PRESIDENTE DEL CONSEJO

CONSORCIO
SARDINATA
2025

Villavicencio, 13 de octubre de 2025.

Señores
CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL ÁREA DE MANEJO ESPECIAL LA MACARENA "CORMACARENA".
Villavicencio – Meta

Referencia: Contrato PS-GCT.2.7.25-1163 cuyo objeto es REGLAMENTACIÓN DEL USO DE LAS AGUAS DE CAÑO SARDINATA EN JURISDICCIÓN DEL MUNICIPIO DE LEJANÍAS Y GRANADA EN EL DEPARTAMENTO DEL META, JURISDICCIÓN DE CORMACARENA

Cordial Saludo,

Yo, **HÉCTOR HUGO HERRERA TORRES**, identificado con numero de cedula de ciudadanía No. 79.865.133 de Bogotá D.C., con Matricula Profesional 25202-198443, actuando en calidad de **ESPECIALISTA HIDROLOGÍA**, dejo constancia y doy fe que participé y ejecuté actividades técnicas y/o administrativas, en el marco del contrato PS-GCT.2.7.25-1163, durante el periodo comprendido entre el 14 de septiembre de 2025 al 13 octubre de 2025, cumpliendo las funciones asignadas de manera responsable, oportuna y conforme a los lineamientos contractuales exigidos por CORMACARENA.

Cordialmente,

HÉCTOR HUGO HERRERA TORRES
C.C. 79.865.133 de Bogotá D.C.

REPUBLICA DE COLOMBIA

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA

COPNIA



MATRICULA PROFESIONAL No.
2520219843CND
INGENIERO CIVIL

DE FECHA 20/01/2011
HECTOR HUGO
HERRERA TORRES
C.C. 79865133
UNIVERSIDAD COOPERATIVA
DE COLOMBIA

PRESIDENTE DEL CONSEJO

ANEXO

CD

aportes en línea

Planilla Resumen

DATOS GENERALES DEL APORTANTE

Identificación	dv	Razon Social	Clase Aportante	Sucursal Principal	Direccion	Ciudad-Departamento	Teléfono	Exonerado SENA e ICBF
NIT 901977225	1	CONSORCIO SARDINATA 2025	8 - MENOS DE 200 COTIZANTES	CONSORCIO SARDINATA	CL 27 nO 44C-274 364 LC 4	VILLAVICENCIO-META	3163704127	Si

DATOS GENERALES DE LA LIQUIDACION

Periodo		Clave		Tipo	Fecha		Pago		
Pensión	Salud	Pago	Planilla	Planilla	Limite	Pago	Banco	Dias Mora	Valor
2025-09	2025-09	1866843720	9493509978	Y	2025/10/07	2025/10/21	BANCO DAVIVIENDA	14	$5,043,800

LIQUIDACION DETALLADA DE APORTES

EMPLEADO				NOVEDADES																PENSION				SALUD				CCF				RIESGOS				PARAFISCALES				
No.	Identificación		Nombre	ing	ret	tde	tae	tdp	tap	vsp	cor	vst	sln	ige	lma	vac	avp	vct	irl	vip	Codigo	Dias	IBC	Aporte	Codigo	Dias	IBC	Aporte	Codigo	Dias	IBC	Aporte	Codigo	Dias	IBC	Aporte	Dias	IBC	Aporte	Exonerado SENA e ICBF	Total Aportes
1	CC	86076792	AGUDELO VARELA MATEO																		25-14	30	$1,568,965	$251,100	EPS005	30	$1,568,965	$196,200		0	$0	$0	14-11	30	$1,568,965	$16,400	0	$0	$0	No	$463,700
2	CC	79865133	HERRERA TORRES HECTOR HUGO																		230201	30	$2,075,765	$332,200	EPS005	30	$2,075,765	$259,500		0	$0	$0	14-11	30	$2,075,765	$21,700	0	$0	$0	No	$613,400
3	CC	79797410	LEON MENDEZ MARCO OSMAR																		230201	30	$2,218,726	$355,000	EPS005	30	$2,218,726	$277,400		0	$0	$0	14-11	30	$2,218,726	$23,200	0	$0	$0	No	$655,600
4	CC	77092915	OROZCO GUTIERREZ CARLOS JAIME																		25-14	30	$1,779,227	$284,700	EPS008	30	$1,779,227	$222,500		0	$0	$0	14-11	30	$1,779,227	$18,600	0	$0	$0	No	$525,800
5	CC	1121904129	PARDO ALVAREZ MARIA ALEXANDRA																		230301	30	$1,423,500	$227,800	EPS005	30	$1,423,500	$178,000		0	$0	$0	14-11	30	$1,423,500	$14,900	0	$0	$0	No	$420,700
6	CC	79580474	SIERRA RIOS CARLOS AUGUSTO																		25-14	30	$4,197,437	$671,600	EPS008	30	$4,197,437	$524,700		0	$0	$0	14-11	30	$4,197,437	$43,900	0	$0	$0	No	$1,240,200
7	CC	18775775	TRUJILLO BUELVAS LIBARDO ANTONIO																		25-14	30	$2,235,494	$357,700	EPS005	30	$2,235,494	$279,500		0	$0	$0	14-11	30	$2,235,494	$23,400	0	$0	$0	No	$660,600
8	CC	1192918955	ZAPATA RAMIREZ KENNY ANDREY																		230201	30	$1,423,500	$227,800	EPS005	30	$1,423,500	$178,000		0	$0	$0	14-11	30	$1,423,500	$14,900	0	$0	$0	No	$420,700
Total	Afiliados(8)																						$16,922,614	$2,707,900			$16,922,614	$2,115,800			$0	$0			$16,922,614	$177,000		$0	$0		$5,000,700

2025/10/20 10:35 PM

aportes en línea

Planilla Resumen

DATOS GENERALES DEL APORTANTE

Identificación	dv	Razon Social	Clase Aportante	Sucursal Principal	Direccion	Ciudad-Departamento	Teléfono	Exonerado SENA e ICBF
NIT 901977225	1	CONSORCIO SARDINATA 2025	B - MENOS DE 200 COTIZANTES	CONSORCIO SARDINATA	CL 27 nO 44C-274 364 LC 4	VILLAVICENCIO-META	3163704127	SI

DATOS GENERALES DE LA LIQUIDACION

Periodo		Clave		Tipo	Fecha		Pago		
Pensión	Salud	Pago	Planilla	Planilla	Limite	Pago	Banco	Dias Mora	Valor
2025-09	2025-09	1866843720	9493509978	Y	2025/10/07	2025/10/21	BANCO DAVIVIENDA	14	$5,043,800

RESUMEN DE PAGO

RIESGO	CODIGO	NIT	DV	AFILIADOS	VALOR LIQUIDADO	INTERESES MORA	SALDOS E INCAPACIDADES	VALOR A PAGAR
AFP (ADMINISTRADORAS: 3)				8	$2,707,900	$23,300	$0	$2,731,200
COLPENSIONES	25-14	900,336,004	7	4	$1,565,100	$13,400	$0	$1,578,500
PORVENIR	230301	800,224,808	8	1	$227,800	$2,000	$0	$229,800
PROTECCION	230201	800,229,739	0	3	$915,000	$7,900	$0	$922,900
ARL (ADMINISTRADORAS: 1)				8	$177,000	$1,600	$0	$178,600
ARL SURA	14-11	890,903,790	5	8	$177,000	$1,600	$0	$178,600
EPS (ADMINISTRADORAS: 2)				8	$2,115,800	$18,200	$0	$2,134,000
COMPENSAR	EPS008	860,066,942	7	2	$747,200	$6,400	$0	$753,600
SANITAS	EPS005	800,251,440	6	6	$1,368,600	$11,800	$0	$1,380,400
TOTAL				8	$5,000,700	$43,100	$0	$5,043,800

V80. INGRID SUAREZ SUPERVISORA

CONSORCIO
SARDINATA
2025

PAGOS DE SEGURIDAD SOCIAL Y APORTES LEGALES

ARTÍCULO 50 LEY 789 DE 2002

ERICA JANITZA SANCHEZ RUIZ identificada con cedula de ciudadanía No. 1.121.894.693 en calidad de representante legal de **CONSORCIO SARDINATA 2025** identificada con el NIT 901.977.225-1, bajo la gravedad de juramento, certifico el pago de los aportes de salud, riesgos laborales, pensiones y aportes a las Cajas de Compensación Familiar, al Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, al Servicio Nacional de Aprendizaje y al Fondo Nacional de Formación Profesional para la Industria de Construcción (artículo 65 de la Ley 1819 de 2016 y el artículo 3 del Decreto 1047 de 1983), pagados por la compañía durante los últimos seis (6) meses contados a partir de la fecha de cierre del presente Proceso de Contratación Lo anterior, en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 50 de la Ley 789 de 2002.

Conforme con el artículo 65 de la Ley 1819 de 2016, bajo la gravedad de juramento manifiesto que me encuentro exonerado del pago de los aportes parafiscales a favor del Servicio Nacional del Aprendizaje (SENA), del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) y las cotizaciones al Régimen Contributivo de Salud, las sociedades y personas jurídicas y asimiladas contribuyentes declarantes del impuesto sobre la renta y complementarios, correspondientes a los trabajadores que devenguen, individualmente considerados, menos de diez (10) salarios mínimos mensuales legales vigentes.

En constancia, se firma en Villavicencio, a los 27 días del mes de octubre de 2025.

Cordialmente,

ERICA JANITZA SANCHEZ RUIZ
C.C. 1.121.894.693 de Villavicencio
Representante Legal
CONSORCIO SARDINATA 2025
NIT: 901.977.225-1

INGENIERIA DE DESARROLLO LIMPIO LUIS F CASTRO S.A.S.NIT 900.602.285 - 0

PAGOS DE SEGURIDAD SOCIAL Y APORTES LEGALES

ARTÍCULO 50 LEY 789 DE 2002

LUIS FERNANDO CASTRO HERNANDEZ identificado con cedula de ciudadanía No. 3.348.806 en calidad de representante legal de **INGENIERIA DE DESARROLLO LIMPIO LUIS F CASTRO S.A.S** identificada con el NIT 900.602.285-0, bajo la gravedad de juramento, certifico el pago de los aportes de salud, riesgos laborales, pensiones y aportes a las Cajas de Compensación Familiar, al Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, al Servicio Nacional de Aprendizaje y al Fondo Nacional de Formación Profesional para la Industria de Construcción (artículo 65 de la Ley 1819 de 2016 y el artículo 3 del Decreto 1047 de 1983), pagados por la compañía durante los últimos seis (6) meses contados a partir de la fecha de cierre del presente Proceso de Contratación Lo anterior, en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 50 de la Ley 789 de 2002.

Conforme con el artículo 65 de la Ley 1819 de 2016, bajo la gravedad de juramento manifiesto que me encuentro exonerado del pago de los aportes parafiscales a favor del Servicio Nacional del Aprendizaje (SENA), del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) y las cotizaciones al Régimen Contributivo de Salud, las sociedades y personas jurídicas y asimiladas contribuyentes declarantes del impuesto sobre la renta y complementarios, correspondientes a los trabajadores que devenguen, individualmente considerados, menos de diez (10) salarios mínimos mensuales legales vigentes.

En constancia, se firma en Villavicencio, a los 27 días del mes de octubre de 2025.

Cordialmente,

LUIS FERNANDO CASTRO HERNANDEZ
C.C. 3.348.806 de Medellín
Representante Legal
NIT: 900.602.285-0

DURINCO S.A.S
Diseño - Urbanismo - Ingeniería - Construcción
Nit. 901.565.685-8

PAGOS DE SEGURIDAD SOCIAL Y APORTES LEGALES

ARTÍCULO 50 LEY 789 DE 2002

HEBER SANTIAGO MALVA CARRILLO identificado con cedula de ciudadanía No. 1.121.831.869 en calidad de representante legal de **DISEÑO URBANISMO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.S** identificado con el NIT 901.565.685-8, bajo la gravedad de juramento, certifico el pago de los aportes de salud, riesgos laborales, pensiones y aportes a las Cajas de Compensación Familiar, al Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, al Servicio Nacional de Aprendizaje y al Fondo Nacional de Formación Profesional para la Industria de Construcción (artículo 65 de la Ley 1819 de 2016 y el artículo 3 del Decreto 1047 de 1983), pagados por la compañía durante los últimos seis (6) meses contados a partir de la fecha de cierre del presente Proceso de Contratación Lo anterior, en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 50 de la Ley 789 de 2002.

Conforme con el artículo 65 de la Ley 1819 de 2016, bajo la gravedad de juramento manifiesto que me encuentro exonerado del pago de los aportes parafiscales a favor del Servicio Nacional del Aprendizaje (SENA), del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) y las cotizaciones al Régimen Contributivo de Salud, las sociedades y personas jurídicas y asimiladas contribuyentes declarantes del impuesto sobre la renta y complementarios, correspondientes a los trabajadores que devenguen, individualmente considerados, menos de diez (10) salarios mínimos mensuales legales vigentes.

En constancia, se firma en Villavicencio, a los 27 días del mes de octubre de 2025.

Cordialmente,

HEBER SANTIAGO MALVA CARRILLO
C.c. 1.121.831.869 de Villavicencio
Representante Legal
DISEÑO URBANISMO INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.S
NIT: 901.565.685-8