

DOCUMENTO TÉCNICO DE SOPORTE

TABLA DE CONTENIDO

1	Consideraciones	7
1.1	Ámbito espacial	8
1.2	Población.....	9
2	Condiciones de la variabilidad climática en el departamento de La Guajira	10
3	Análisis recurso hídrico superficial.....	17
3.1	Información disponible	17
3.1.1	Planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas – POMCA.....	17
3.1.2	Red hidrometeorológica del IDEAM en el Departamento de La Guajira	17
3.1.3	Concesiones	22
3.2	Estimación de la oferta hídrica disponible y caudales ambientales.....	24
3.2.1	Definiciones	25
3.2.2	Soporte técnico estimación – base metodológica.....	26
3.2.3	Consideraciones	27
3.3	Análisis del Río Ranchería	28
3.3.1	Instrumentos de planificación existentes – POMCA río ranchería	28
3.3.2	Régimen ambiental de caudales sugerido	31
3.3.3	Estimación Oferta Hídrica Total, Oferta Hídrica Disponible y Caudal Ambiental	31
3.3.4	Estimación de la Demanda Potencial	42
3.4	Análisis del Cuenca del río Tapias	49
3.5	Análisis del Cuenca del río Ancho.....	51
3.6	Análisis del Cuenca del río Alto Cesar	52
3.7	Análisis del Cuenca del río Cañas.....	53
3.8	Análisis del Cuenca río Carraipia	53

3.9	Análisis del Cuenca río Camarones	55
3.10	Análisis del Cuenca río Jerez	56
3.11	Posibilidades de abastecimiento basado en la oferta del río Ranchería para el abastecimiento.	57
3.12	Conclusiones asociadas al ejercicio de oferta hídrica superficial total, disponible y caudal ambiental.	59
4	Conocimiento y Gestión de las Aguas subterráneas	64
4.1	Planes de manejo ambiental de Acuíferos – PMAA.....	64
4.2	Modelo hidrogeológico del departamento de la Guajira	67
4.2.1	Geología	67
4.2.2	Inventario de Puntos de Agua	68
4.2.3	Geofísica	70
4.2.4	Hidrología	71
4.2.5	Hidráulica.....	72
4.2.6	Hidrogeología	74
4.3	Fuentes de información sobre el uso de las aguas subterráneas	77
4.4	Monitoreo del agua subterránea.....	80
4.5	Conclusiones sobre la incertidumbre de la información sobre puntos de agua subterránea en La Guajira	82
4.6	Consideraciones para formular un plan de monitoreo de agua subterránea en La Guajira	82
4.6.1	Limitaciones actuales para el monitoreo de aguas subterráneas	84
4.6.2	Aspectos relacionados con la formulación de un plan de monitoreo de aguas subterráneas.	85
4.6.3	Fortalecimiento institucional para el monitoreo de aguas subterráneas	85
4.7	Recomendaciones generales para fortalecer el conocimiento y la gestión de las aguas subterráneas	86
4.7.1	Con respecto al Permiso de prospección y exploración de aguas subterráneas de emergencia.	87
4.7.2	Regularización del uso y aprovechamiento mínimo de agua subterránea en pozos existentes..	87
5	Referencias Bibliográficas.....	89

Listado de tablas

Tabla 1. Sectorización Alta – Media – Baja Guajira.....	9
Tabla 2. Distribución de población.....	9
Tabla 3. Planes de Ordenación y manejo de Cuencas.....	17
Tabla 4. Cantidad de Observadores por municipio y pertenecientes a la comunidad Wayuu en el departamento de La Guajira.	20
Tabla 5.Registro de caudal concesionado - CORPOGUAJIRA.....	22
Tabla 6. Cuencas NSS con instrumentación.	24
Tabla 7.Estaciones de monitoreo hidrológico Ríos Ranchería, Ancho, Tapias y Alto Cesar (ANLA, 2023)	31
Tabla 8. Subcuencas modelación automática Río Ranchería (ANLA, 2023).....	35
Tabla 9. Escorrentía entre tramo de interés, derivada de simulación modelo SWAT – ANLA.....	39
Tabla 10.Caudal ambiental por tramos río Ranchería.	42
Tabla 11. Estimación demanda futura consumo doméstico Departamento de la Guajira.	57
Tabla 12. Comparación Oferta hídrica disponible, demanda futura consumo doméstico.....	58
Tabla 13. Planes de manejo ambiental de Acuíferos – PMAA.	64
Tabla 14. Volumen de caudal explotable por año para las unidades hidrogeológicas de interés, según el año hidrológico.	65
Tabla 15.Número de captaciones inventariadas en los 15 municipios de La Guajira discriminadas por el tipo de punto.....	69
Tabla 16. Parámetros hidráulicos de los pozos exploratorios perforados por el SGC.....	73
Tabla 17. Clasificación hidrogeológicamente de sedimentos y rocas con flujo esencialmente intergranular.	75
Tabla 18.Clasificación hidrogeológicamente de rocas con flujo esencialmente a través de fracturas o carstificadas.....	75
Tabla 19. Clasificación hidrogeológicamente de sedimentos y rocas con limitados recursos de agua subterránea.	76
Tabla 20. Número total de puntos de aguas subterránea: SGC, MINVIVIENDA, CORPOGUAJIRA Y ANLA	80

Listado de figuras

Figura 1. Sectores de La Guajira.....	8
Figura 2. Hidrografía departamento de La Guajira.	11
Figura 3. Mapa escorrentía media anual multianual.....	12
Figura 4. Mapa de escorrentía anual para año típico seco.....	13
Figura 5. Municipios Susceptibles al Desabastecimiento.	14
Figura 6. Evaluación Integrada del Agua.....	15
Figura 7. Red Hidrometeorológica IDEAM distribución por subzonas hidrográficas.....	18
Figura 8. Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas incluyendo las estaciones automáticas de la red de IDEAM.	19
Figura 9. Estaciones hidrológicas que reportan al sistema de alertas en el departamento de La Guajira.....	20
Figura 10. Captaciones Río Ranchería y Tapias. Fuente: Visor geográfico DGIRH, 2023 a partir de datos suministrados por CORPOGUAJIRA.....	23
Figura 11. Cuencas hidrográficas SZH y NSS.....	24
Figura 12. Escenarios de modelación considerados en el POMCA del río Ranchería, para la consideración de régimen de caudales aguas abajo del proyecto.....	29

Figura 13. Estimación de alteración hidrológica, donde se ilustra ponderación de escenarios de modelación considerados en el POMCA del río Ranchería. (Corpoguajira, 2023).	30
Figura 14. Curva de Duración de Caudales estimada, con y sin puesta en marcha del embalse. (CORPOGUAJIRA, 2023).	30
Figura 15. Ubicación principales estaciones de análisis para el desarrollo de la modelación y comparación con usuarios detectados (Puntos azul oscuro captaciones superficiales, color morado captaciones subterráneas).	32
Figura 16. Estaciones para el desarrollo de la modelación (ANLA, 2023).	33
Figura 17. Coberturas cuenca (ANLA, 2023).	34
Figura 18. Clasificación de suelos según la FAO (ANLA, 2023).	34
Figura 19. Pendientes cuenca (ANLA, 2023).	35
Figura 20. Número de curva calibrado (ANLA, 2023).	35
Figura 21. Subcuencas modeladas (ANLA, 2023).	37
Figura 22. Calibración modelo hidrológico (ANLA, 2023).	37
Figura 23. Oferta hídrica Total, Oferta hídrica Disponible y Caudal Ambiental –Embalse Cercado (AOM Proyecto Ranchería, 2023).	39
Figura 24. Oferta hídrica Total, Oferta hídrica Disponible y Caudal Ambiental – Tramo Embalse Cercado – Estación Pte Guajiro.	40
Figura 25. Oferta hídrica Total, Oferta hídrica Disponible y Caudal Ambiental – Tramo Estación Pte Guajiro – Estación San Francisco.	41
Figura 26. Oferta hídrica Total, Oferta hídrica Disponible y Caudal Ambiental – Tramo Estación San Francisco Guajiro – Estación Cuestecitas.	41
Figura 27. Caudales promedios medidos en Estación El Silencio (cercana a pie de presa del Embalse El cercado). (IDEAM, 2023).	43
Figura 28. Caudales promedios medidos en Estación El Puente Guajiro. (IDEAM, 2023).	43
Figura 29. Oferta Hídrica Disponible versus Demanda Potencial Hídrica en tramo El Puente Guajiro – Tramo Embalse Cercado – Estación Pte Guajiro.	44
Figura 30. Comparación caudal remanente (observado por IDEAM) versus caudal ambiental – Tramo Embalse Cercado – Estación Pte Guajiro.	44
Figura 31. Caudales promedios medidos en Estación San Francisco. (IDEAM, 2023).	45
Figura 32. Caudales promedios medidos en Estación El Puente Cuestecitas. (IDEAM, 2023).	46
Figura 33. Comparación oferta hídrica disponible versus demanda potencial Tramo entre Estación Pte Guajiro y Estación San Francisco.	46
Figura 34. Comparación caudal remanente (observado por IDEAM) versus caudal ambiental – Tramo Estación Pte Guajiro – Estación San Francisco.	47
Figura 35. Comparación oferta hídrica disponible versus demanda potencial Tramo entre Estación San Francisco. – Estación Cuestecitas.	48
Figura 36. Comparación caudal remanente (observado por IDEAM) versus caudal ambiental – Tramo Estación San Francisco – Estación Cuestecitas.	49
Figura 37. Estimación caudales medios (observado por IDEAM) Estación Puente Bomba – Río Tapias. (IDEAM, 2023).	50
Figura 38. Estimación Oferta Hídrica total, oferta hídrica disponible y caudal ambiental a partir de datos observados en Estación Puente Bomba – Río Tapias.	51
Figura 39. Estimación caudales medios (observado por IDEAM) Estación Ancho – Río Ancho. (IDEAM, 2023).	51
Figura 40. Estimación Oferta Hídrica total, oferta hídrica disponible y caudal ambiental a partir de datos observados en Estación Ancho.	51
Figura 41. Estimación caudales medios (observado por IDEAM) Estación Corral de Piedra. (IDEAM, 2023).	52

Figura 42. Estimación Oferta Hídrica total, oferta hídrica disponible y caudal ambiental a partir de datos observados en Estación Corral de Piedra.....	52
Figura 43. Estimación caudales medios (observado por IDEAM) Estación Mingueo. (IDEAM, 2023).....	53
Figura 44. Estimación Oferta Hídrica total, oferta hídrica disponible y caudal ambiental a partir de datos observados en Estación Mingueo.	53
Figura 45. Estimación caudales medios (observado por IDEAM) Estación Carraipia. (IDEAM, 2023).....	54
Figura 46. Estimación Oferta Hídrica total, oferta hídrica disponible y caudal ambiental a partir de datos observados en Estación Carraipia.	54
Figura 47. Estimación caudales medios Río Camarones. (IDEAM, 2023).....	55
Figura 48. Estimación Oferta Hídrica total, oferta hídrica disponible y caudal ambiental Río Camarones. (IDEAM, 2023).....	55
Figura 49. Estimaciones caudales medios Río Jerez. (IDEAM, 2023).....	56
Figura 50. Estimación Oferta Hídrica total, oferta hídrica disponible y caudal ambiental Río Jerez. (IDEAM, 2023).....	56
Figura 51. Comparación oferta hídrica disponible versus demanda proyectada 2048 para consumo doméstico. (IDEAM, 2023).	58
Figura 52. Mapa hidrogeológico de la cuenca del río Ranchería.....	65
Figura 53. Modelo Hidrogeológico del Acuífero de Maicao.	67
Figura 54. Cubrimiento de estaciones de control geológico en campo en la zona de estudio.	68
Figura 55. Mapa geológico con la distribución espacial de los 1791 puntos de agua inventariados en el departamento de La Guajira.	70
Figura 56. Mapa geológico con la distribución espacial de los 14 cortes geoelectricos en la media Guajira.	71
Figura 57. Mapa de recarga potencial estimada total anual para el departamento de La Guajira.....	72
Figura 58. Mapa geológico con la distribución espacial de los 8 pozos exploratorios perforados por el SGC.	73
Figura 59. Mapa hidrogeológico del departamento de La Guajira	74

1 Consideraciones

Sobre el departamento de la Guajira confluyen actualmente varias condiciones y fenómenos, a saber: (i) temporada de ciclones y paso de las ondas del este, (ii) ciclo estacional de temporada seca con un déficit de precipitación acumulado del primer semestre y déficit proyectado, (iii) el aumento de temperatura media del aire con respecto a los promedios históricos entre 0.5°C y 2.5°C, (iv) Fenómeno de El Niño y (v) el Calentamiento Global, con la probabilidad indicada por la Organización Meteorológica Mundial -OMM, de que se presentaran eventos de escala climática general o de eventos del tiempo que superen las previsiones actuales, y que ha señalado de extremos sin precedentes.

Considerando que la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica -NOAA en mayo indica que ya se presentan Anomalías de la Temperatura Superficial del Mar, es decir, que las condiciones para catalogar un fenómeno de El Niño ya están presentes, con un aumento del 60% a un 84 % de probabilidades de que sea de intensidad moderada, e identifica un 56 % de que evolucione de moderado a fuerte entre noviembre del 2023 y enero del 2024.

Teniendo en cuenta que se informó que las condiciones asociadas a el fenómeno de El Niño están presentes, y que adicionalmente se espera que el mismo se fortalezca gradualmente, prolongándose incluso hasta el primer trimestre del año 2024 y considerando que el Consejo Nacional del Agua -CNA, generó el Boletín No.1. "Preparación para la alta probabilidad de ocurrencia del fenómeno de El Niño 2023", informa que las probabilidades de desarrollo del fenómeno de El Niño hasta julio de 2023 están cercanas al 82%, siendo mayores al 90% las probabilidades de que este fenómeno persista al menos hasta el período de diciembre 2023 a febrero 2024.

Adicionalmente las Cabeceras Municipales del departamento de La Guajira son susceptibles al desabastecimiento de agua en temporada seca, y que por tanto bajo estas condiciones la presión por demanda del recurso hídrico se incrementa en las fuentes hídricas superficiales, generando que esta presión sobre el recurso se incremente hacia aguas debajo del cauce.

Considerando el anterior panorama y la necesidad de establecer medidas hacia la mitigación de los impactos que puede tener este fenómeno en el departamento de La Guajira dada su vulnerabilidad, a continuación, se presenta un ejercicio de estimación de la oferta hídrica de agua superficial en (8) cuencas del departamento de La Guajira; haciendo claridad que corresponde al resultado del análisis puntual basado en la información disponible aportada por oficial y susceptible de análisis según las bases metodológicas empleadas. Dicho análisis y sus resultados se dejan a consideración como referencia para su incorporación o ajuste de los instrumentos como herramienta para la priorización de acciones por parte de la Autoridad Ambiental.

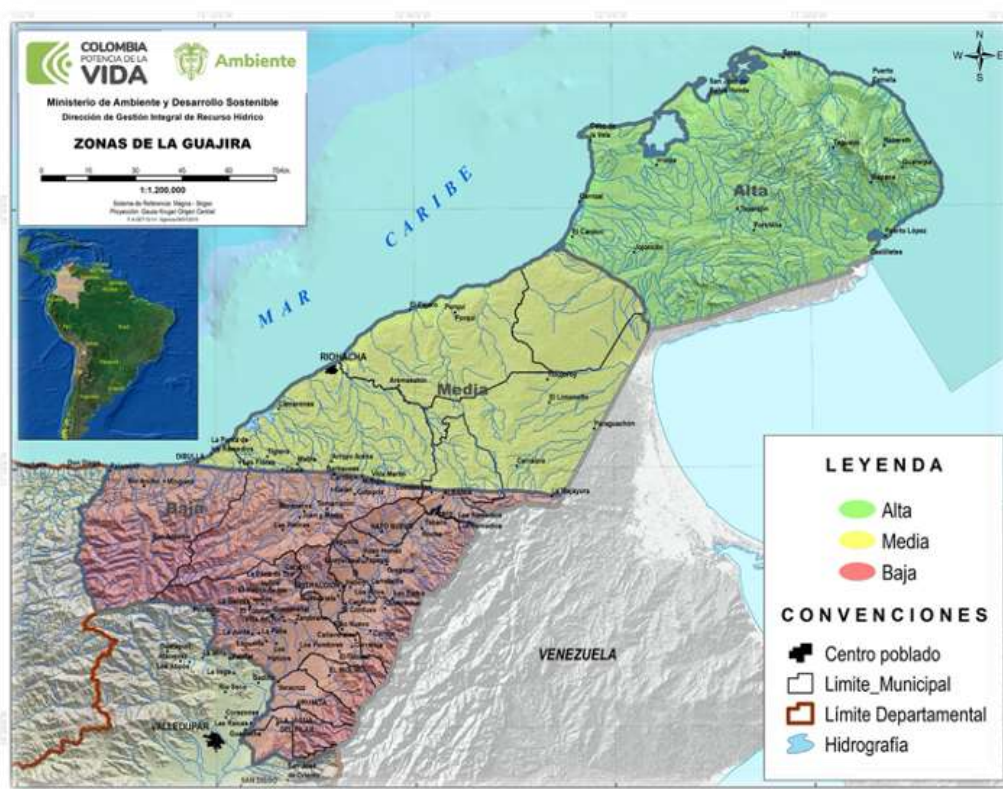
Respecto al agua subterránea, se presenta una revisión del estado de la información y el conocimiento del recurso como base para el análisis de las medidas a priorizar.

1.1 Ámbito espacial

El departamento de La Guajira tiene una extensión de 20.848 km², está conformada por 15 municipios: Riohacha, Albania, Barrancas, Dibulla, Distracción, El Molino, Fonseca, Hato Nuevo, La Jagua del Pilar, Maicao, Manaure, San Juan del Cesar, Uribía, Urumita y Villanueva; 44 corregimientos, 69 inspecciones de policía, así como, numerosas rancherías.

La Península de La Guajira, enmarcada al suroccidente por la Sierra Nevada de Santa Marta y al suroriente por la serranía del Perijá, ha sido tradicionalmente dividida en Alta, Media y Baja Guajira, en razón a los accidentes geográficos, vegetación predominante o hidrología característica.¹

Figura 1. Sectores de La Guajira.



Los municipios que se encuentran en cada uno de estos sectores se muestran en la siguiente tabla:

¹ Corpoguajira e Invermar. 2012. Atlas marino costero de La Guajira. Serie de Publicaciones Especiales de Invermar No. 27. Santa Marta, Colombia. 188p.

Tabla 1. Sectorización Alta – Media – Baja Guajira.

SECTORES	MUNICIPIO	ÁREA Ha.
Alta 676.569 Ha.	URIBIA	676.569
Media 654.640 Ha.	ALBANIA	36.757
	DIBULLA	8.363
	MAICAO	165.513
	MANAURE	162.095
	RIOHACHA	170.130
	URIBIA	111.782
Baja 730.488 Ha.	ALBANIA	17.661
	BARRANCAS	80.063
	DIBULLA	166.773
	DISTRACCIÓN	23.295
	EL MOLINO	24.246
	FONSECA	47.263
	HATO NUEVO	21.517
	LA JAGUA DEL PILAR	17.864
	MAICAO	11.390
	RIOHACHA	138.399
	SAN JUAN DEL CESAR	131.306
	URUMITA	24.658
	VILLANUEVA	26.051

1.2 Población

Con base en el reporte DANE (2018) para el departamento se tiene una población distribuida de la siguiente manera:

Tabla 2. Distribución de población.

MUNICIPIO	POBLACIÓN 2018	POBLACIÓN 2023
Riohacha	188.014	212.314
Maicao	170.582	194.675
Uribia	163.462	199.987
Manaure	83.072	98.299
San Juan del Cesar	46.953	52.157
Fonseca	42.772	46.855
Dibulla	37.740	44.251
Barrancas	35.743	40.338
Albania	29.148	33.946
Villanueva	28.346	30.753
Hatonuevo	20.044	23.181
Distracción	13.016	14.987
Urumita	10.985	11.845
El Molino	7.185	8.288

MUNICIPIO	POBLACIÓN 2018	POBLACIÓN 2023
La Jagua del Pilar	3.498	4.033
TOTAL	880.560	1.015.909

Fuente: DANE (2018)

2 Condiciones de la variabilidad climática en el departamento de La Guajira

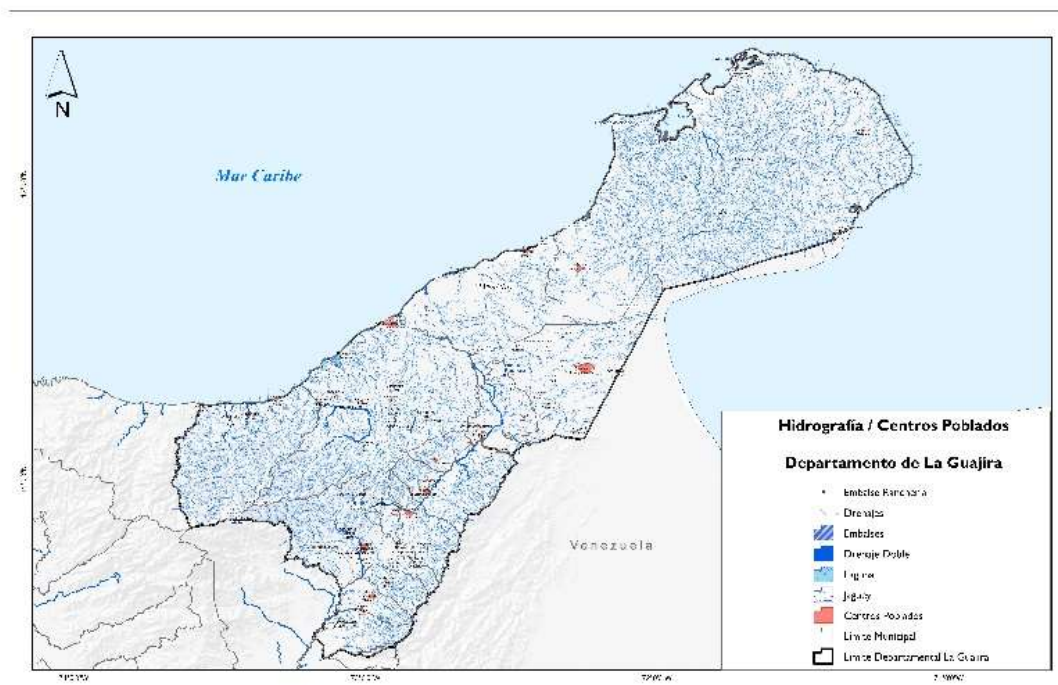
En el Informe Climático Especial -La Guajira- del 22 de junio de 2023, El IDEAM realiza en el numeral 1. la caracterización hidrometeorológica, del cual se extraen los siguientes apartes a considerar:

...”El clima de La Guajira se encuentra influenciado, durante gran parte del año, por las altas presiones generadas por el cinturón de anticiclones subtropicales que habitualmente predomina en estas latitudes. Las lluvias anuales, generalmente, oscilan entre 300 y 1.100 milímetros (mm) al año, constituyéndose en la región con las menores precipitaciones promedio del país.

Además, se caracteriza por tener dos periodos de bajas precipitaciones: enero-marzo, con valores entre 4 mm/mes a 35 mm/mes, y junio-julio, con lluvias entre 8 y los 124 mm/mes. Los periodos lluviosos corresponden a abril-mayo, con precipitaciones mensuales entre 7 a 173 mm/mes, y agosto-diciembre, donde se presentan las lluvias más abundantes, entre 18 a 236 mm/mes. Las zonas del norte son las más secas; en contraste, las zonas con más lluvias se ubican hacia el suroccidente del departamento, en las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta...”

...”Así mismo, La Guajira tiene como su curso de agua más importante el río Ranchería, que nace en la Sierra Nevada de Santa Marta y desemboca en el mar Caribe; en el departamento, se encuentran también los ríos Ancho, Camarones, Cañas, Garavito, y la parte alta de la cuenca del río Cesar, entre otros, algunos de los cuales tienen un curso temporal (caudal intermitente a lo largo del año). Las subzonas hidrográficas que se encuentran en el departamento (total o parcialmente) corresponden a: Río Ancho y Otros Directos al Caribe, Río Tapias, Río Camarones y Otros Directos al Caribe, Río Ranchería, Directos al Caribe y Arroyo Sharimahana Alta Guajira, Río Carraipía-Paraguachón, Directos Golfo de Maracaibo y la parte alta de la subzona del Alto Cesar”...

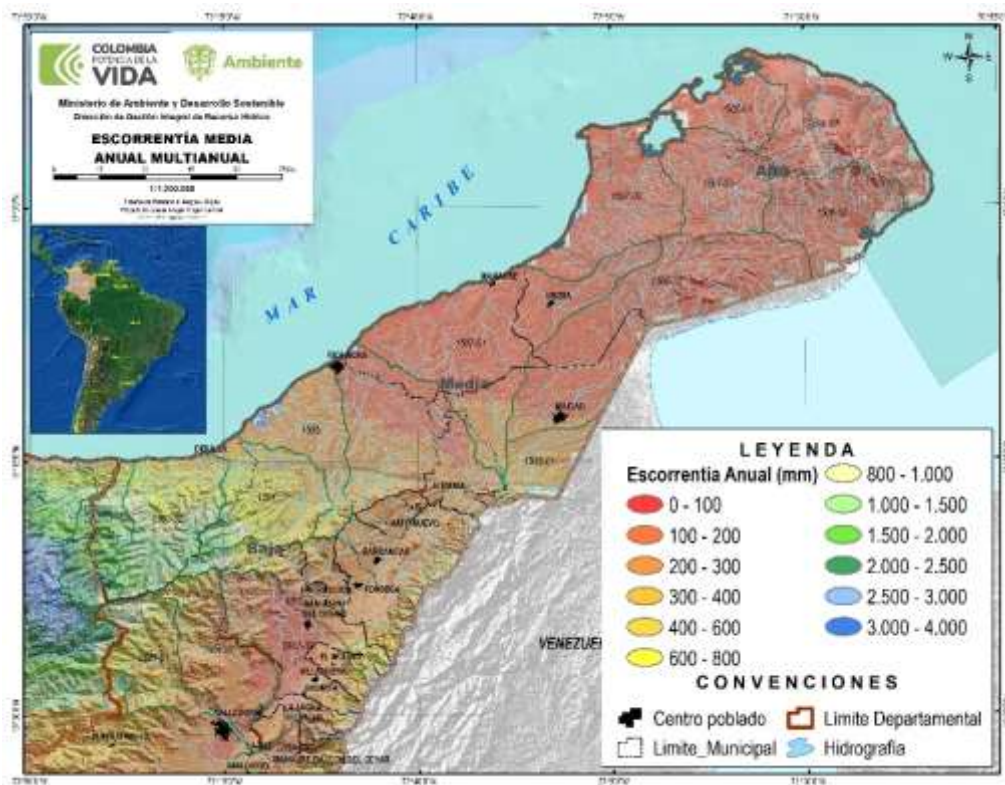
Figura 2. Hidrografía departamento de La Guajira.



...”La Guajira hace parte de las zonas más deficitarias del país en términos hídricos, según el Índice de Aridez (Ideam, 2023), y con una muy baja regulación hídrica (es decir, baja capacidad para mantener y regular un régimen de caudales).

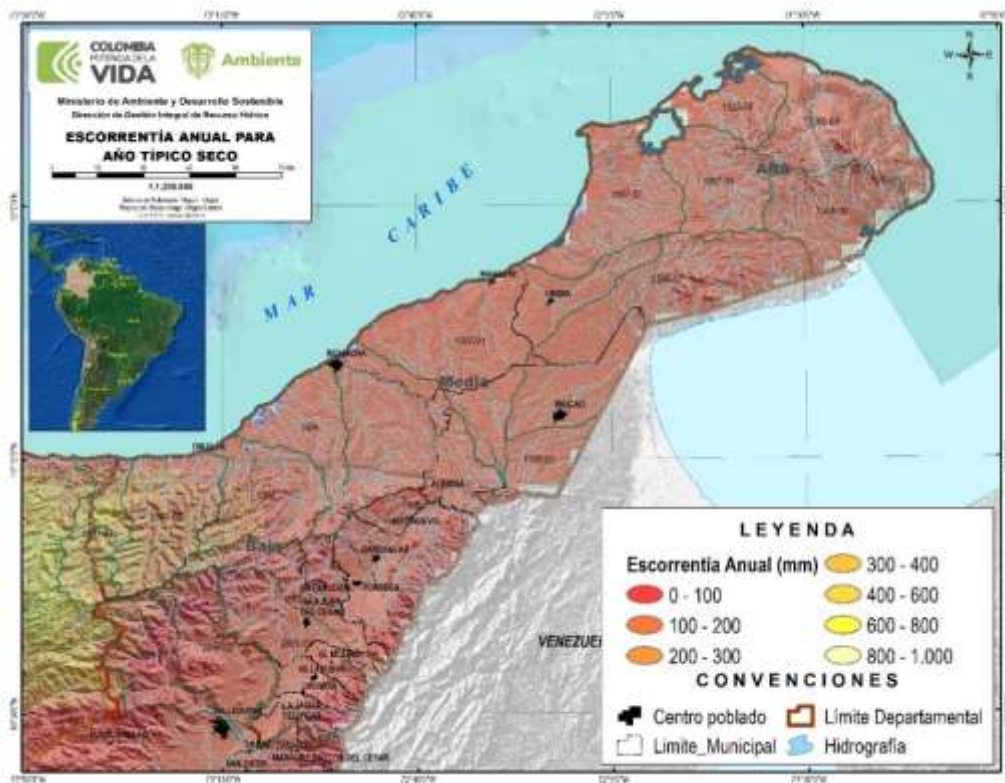
Las subzonas asociadas al departamento de La Guajira presentan, en términos relativos, una baja disponibilidad hídrica (escorrentía menor a 500 mm al año). Los periodos de caudales altos y bajos se corresponden con los periodos de lluvia y secos descritos anteriormente”

Figura 3. Mapa escorrentía media anual multianual.



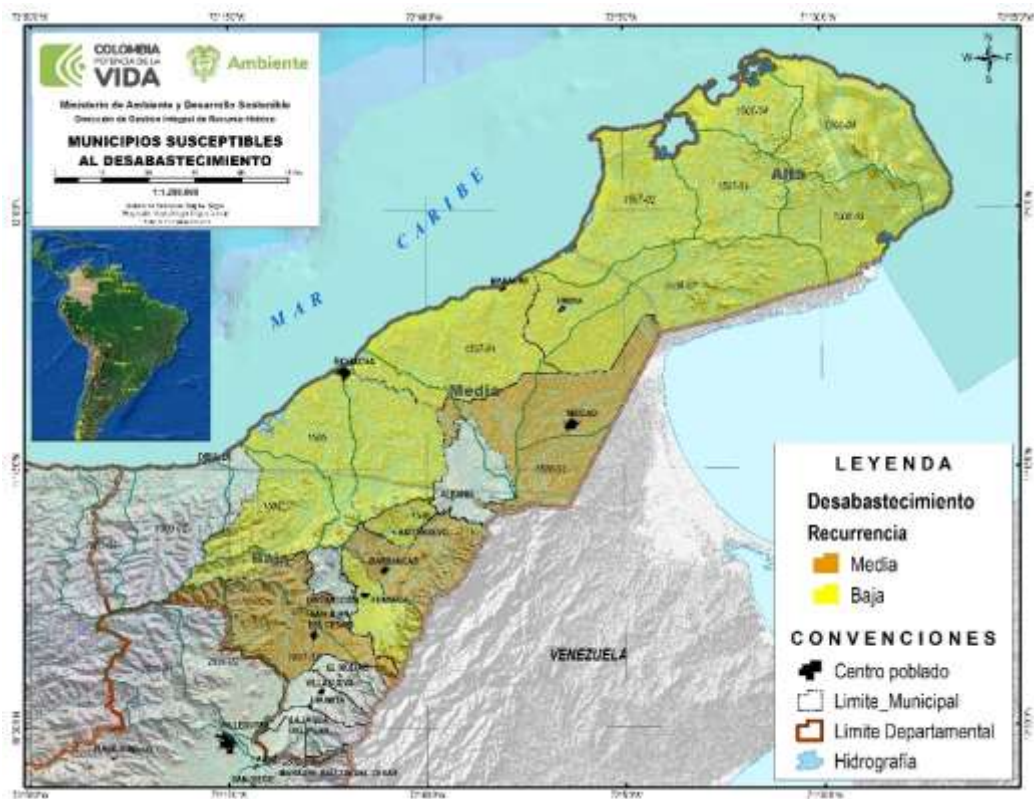
...La zona hidrográfica Caribe-Guajira es una de las que presenta el mayor número de eventos de sequía en el país (IDEAM, 2023), acentuados en el primer trimestre del año. De forma alterna a la susceptibilidad de desabastecimiento, algunos municipios (Fonseca, Maicao, Manaure, Riohacha, Uribia) tienen también registros de inundaciones recientes (periodo 2020-2022) a causa del reciente fenómeno de La Niña...

Figura 4. Mapa de escorrentía anual para año típico seco.



...”La totalidad de los municipios del departamento ha presentado un grado de susceptibilidad al desabastecimiento hídrico en el periodo 1998-2021 –es decir, al menos un reporte asociado a esta situación– (Ideam, 2023), mientras que, en el periodo 2017-2022, ocho de los quince municipios del departamento (aproximadamente el 50 %) presentaron condiciones susceptibles al desabastecimiento en temporada seca (Barrancas, Fonseca, Hatonuevo, Maicao, Manaure, Riohacha, San Juan del Cesar y Uribia). Adicionalmente, cuatro de ellos han presentado una categoría del indicador multivariado de sequía entre categoría severa y extrema, y tienen una potencialidad al uso conjunto de aguas. Informe Climático Especial La Guajira superficiales y subterráneas (Ideam, 2023)...”

Figura 5. Municipios Susceptibles al Desabastecimiento.



De otro lado, es importante mencionar que el Análisis Integrado del Agua para el departamento de La Guajira (establece relaciones entre los diferentes indicadores para evaluar el estado, la dinámica del agua, así como las presiones por uso y afectaciones), presentado en el Estudio Nacional del Agua 2022, permitió determinar que el departamento de La Guajira en condiciones hidrológicas extremas se ha categorizado de año seco como muy alta en la zona hidrográfica Caribe -Guajira en las subzonas Río Camarones y otros directos Caribe y el Río Ranchería.

Figura 6. Evaluación Integrada del Agua



En el Informe Climático Especial -La Guajira- del 22 de junio de 2023 el IDEAM presenta en los numerales 2 y 4, en los siguientes apartes consideraciones y análisis del comportamiento del sistema climático en La Guajira relacionado con el fenómeno de El Niño:

...”De acuerdo con el “Boletín sobre el clima mundial anual a decadal”, emitido por la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2023), durante los próximos cinco años, nos enfrentaremos a un ambiente favorable para el desarrollo de eventos extremos sin precedentes en la escala climática y de tiempo atmosférico, toda vez que el promedio anual de la temperatura superficial global podría alcanzar valores récord (mayores a 1,5 °C) al menos una vez en los próximos cinco años (ya sea en el primero o último de los años de ese periodo).”...

...”Atendiendo a lo expuesto por el IDEAM en el Comunicado Especial n.º 31, del jueves 8 de junio del 2023, es importante destacar que las condiciones de El Niño están presentes y se espera que el fenómeno se fortalezca gradualmente, prolongándose incluso hasta el primer trimestre del año 2024.”...

...”Los reportes de la última semana de la NOAA indican que todas las regiones de seguimiento de El Niño en el océano Pacífico (componente oceánico) presentan Anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (ATSM) mayores a 0,5 °C (umbral mínimo de El Niño), destacándose el mayor calentamiento cerca de la costa suramericana.”...

...”Por lo tanto, el sistema oceánico-atmosférico refleja condiciones asociadas a este fenómeno. Hay un 84 % de probabilidades de que este se presente con una intensidad moderada ($\text{Niño-3.4} \geq 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$) y del 56 % de que evolucione hacia un evento fuerte ($\text{Niño-3.4} \geq 1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$) entre noviembre del 2023 y enero del 2024.

En términos generales, El Niño disminuye el promedio de las precipitaciones sobre el territorio nacional y, previendo el fortalecimiento del fenómeno durante la misma época en la que se presenta la temporada seca en el norte del país (enero-febrero-marzo), es probable que el departamento de la Guajira presente déficit de precipitaciones muy por debajo de lo normal (se espera entre el 0 % y el 40 % del total de precipitaciones para la época)”...

...”El escenario climático más cálido (Ideam, 2015) previsto para los próximos cinco años, aunado con la evolución del El Niño –especialmente a finales del 2023 e inicios del 2024– y el déficit de precipitaciones acumulado descrito anteriormente, puede exacerbar transitoriamente condiciones cálidas intensas y persistentes, que podrían incidir en la detonación de diferentes fenómenos atmosféricos o en el favorecimiento de condiciones adversas sobre algunos ecosistemas que sustentan el desarrollo del ser humano y las actividades productivas.”...

3 Análisis recurso hídrico superficial

3.1 Información disponible

Con objeto de analizar el estado del recurso hídrico superficial en el departamento, en términos de oferta y demanda, se consolida la información revisa la red de estaciones de monitoreo instaladas por el IDEAM, así como la información reportada por CORPOGUAJIRA asociada a las concesiones del recurso hídrico (superficial), así como lo contenido en los instrumentos de planificación disponibles POMCA.

3.1.1 Planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas – POMCA.

A continuación, se relacionan los POMCA formulados o en proceso de formulación en el departamento de La Guajira:

Tabla 3. Planes de Ordenación y manejo de Cuencas.

Cod. POMCA	POMCA	AREA (Ha)	Municipios en la Guajira	ESTADO /FASE
1504	Río Tapias - SZH	107.893	Dibulla y Riohacha	Aprobado
2802-03	Río Chiriamo y río Manaure - NSS	51.968	La Jagua del Pilar	Aprobado
1503-02	Río Ancho, Río Negro, Río Maluisa y otros directos - NSS	117.522	Dibulla	Formulación
1505	Río Camarones y otros directos Caribe - SZH	89.392	Riohacha	Formulación
1506	Río Ranchería - SZH	428.481	San Juan del Cesar, Fonseca, Distracción, Barrancas, Hato nuevo, Albania, Riohacha, Manaure y Maicao.	Diagnóstico
1508-01	Río Carraipia - NSS	51.609,20	Maicao	Aprobado (2009)

Fuente: CORPOGUAJIRA 2023.

3.1.2 Red hidrometeorológica del IDEAM en el Departamento de La Guajira

Actualmente, el IDEAM opera noventa y siete (97) estaciones hidrometeorológicas en el Departamento de La Guajira que se encuentran distribuidas en siete subzonas hidrográficas que cubren al departamento: Alto Cesar (7 estaciones), Directos Caribe-Arroyo Sharimahana Alta Guajira (11 estaciones), Río Ancho (4 estaciones), Río Camarones (2 estaciones), Río Ranchería (56 estaciones), Río Carraipia Paraguachón y Directos al Golfo de Maracaibo (15 estaciones), y Río Tapias (2 estaciones), como se puede ver en la figura 1.

La red hidrometeorológica del departamento de La Guajira tiene dos propósitos principales:

1. La red de referencia que permite consolidar las series históricas de las variables (datos históricos), y
2. El componente que transmite a la red de alertas hidrometeorológicas del IDEAM (datos recientes).

La alta concentración de estaciones en la subzona del Río Ranchería está asociada a la importancia de esta fuente hídrica en la región y a que en las condiciones climáticas de la Alta Guajira no permite el desarrollo de fuentes hídricas permanentes o con caudales permanentes.

Figura 7. Red Hidrometeorológica IDEAM distribución por subzonas hidrográficas.



Elaboración: IDEAM (2023)

La operación de la red hidrometeorológica de La Guajira se ha visto afectada por problemas asociados a la pérdida de instrumentos de medición, la dificultad en el acceso de funcionarios en las visitas de mantenimiento y a la dificultad de la permanencia (continuidad) de los observadores voluntarios por razones de seguridad y vandalismo. Como ejemplo de las dificultades presentadas se encuentran: la estación de Manaure fue suspendida por vandalismo frecuente y retirada por solicitud del dueño del predio y la estación de Toromana la cual no ha podido reestablecer su operación debido al asesinato del observador asignado. Otras estaciones importantes que han sido vandalizadas son: San Francisco, Caracolí, Aremasahi, Cuestecitas y Puente Guajiro.

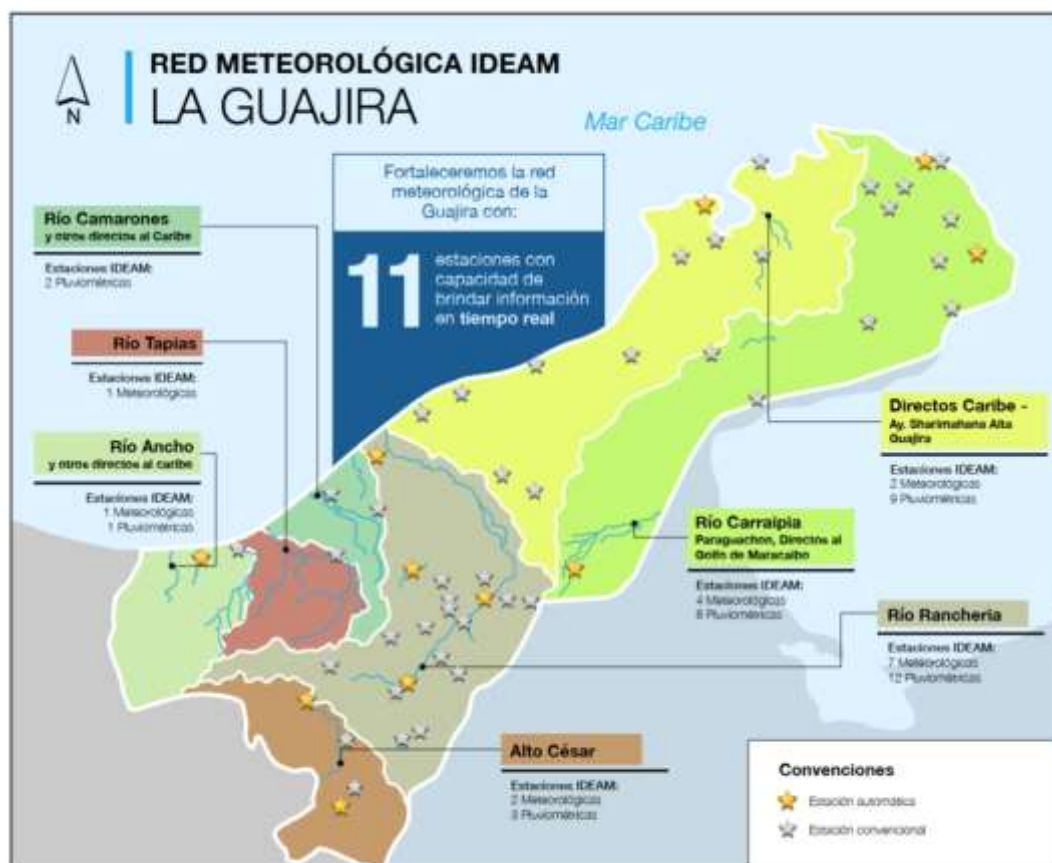
3.1.2.1 Red hidrológica

De las 44 estaciones hidrológicas de la red básica del departamento de La Guajira, 4 de ellas actualmente dan información diariamente sobre los niveles y/o caudales de los ríos a la red de alertas. Por otra parte, en el programa de aforos y batimetrías que realizan los funcionarios del área operativa 05 para estimar caudales, se encuentran 16 estaciones tienen datos recientes de aforos y solo 4 cuentan con datos de curva de gasto vigente, actualmente 2 estaciones hidrológicas automáticas están fuera de funcionamiento por siniestro.

3.1.2.2 Red Meteorológica

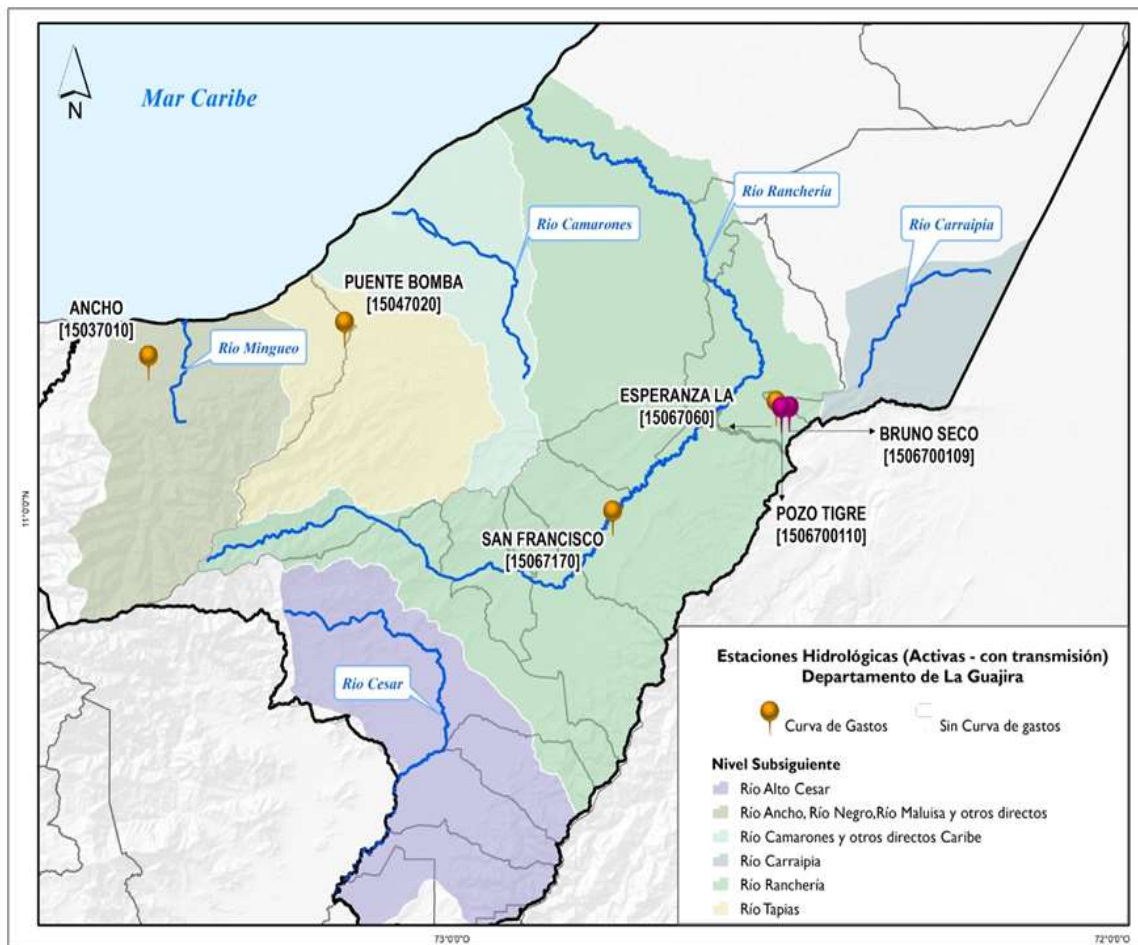
De las 53 estaciones de la red meteorológica en el departamento de la Guajira 11 son estaciones automáticas, y 4 de ellas están transmitiendo actualmente en tiempo real, se cuenta con 14 estaciones convencionales que reportan datos a la red de alertas tempranas.

Figura 8. Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas incluyendo las estaciones automáticas de la red de IDEAM.



Elaboración: IDEAM (2023)

Figura 9. Estaciones hidrológicas que reportan al sistema de alertas en el departamento de La Guajira.



Elaboración: IDEAM (2023)

3.1.2.3 Participación de la comunidad como observadores voluntarios

El IDEAM para la operación de la red de estaciones hidrometeorológica convencional, idéntica habitantes de la región que pueden tomar los datos diarios de acuerdo con los estándares definidos para este tipo de estaciones, para la red de La Guajira se cuenta con la participación de 60 observadores, 27 de los cuales pertenecen a la comunidad Wayuu. En la tabla 4, se presenta la cantidad de observadores por departamento.

Tabla 4. Cantidad de Observadores por municipio y pertenecientes a la comunidad Wayuu en el departamento de La Guajira.

Municipio	Observadores de la comunidad Wayuu	Total observadores
-----------	------------------------------------	--------------------

Albania	5	10
Barrancas		7
Dibulla		3
Distracción		1
Fonseca		4
Hato Nuevo	2	4
Maicao	1	2
Manaure	2	3
Riohacha	2	6
San Juan Del Cesar		3
Uribia	15	15
Urumita		1
Villanueva		1
Total	27	60
Nota: Un observador puede atender en algunos casos más de 1 estación		

3.1.2.4 Necesidad de fortalecimiento de monitoreo Hidrometeorológico

La red hidrometeorológica actual en el departamento de la Guajira obedece a dos finalidades esencialmente, la red básica y la red de alertas hidrometeorológicas, siendo en este caso particular representativos los datos de precipitación, temperatura, niveles y en los casos que se cuente con programa de aforos activo, la estimación derivada de caudal a nivel diario (en este momento para 4 estaciones). En el marco de la emergencia se requiere articular el rol de proveer información histórica de la red hidrometeorológica con la necesidad de disponer información en “tiempo real” para un número mayor de estaciones. Lo anterior pretende facilitar la toma de decisiones y fortalecer la prevención de desastres y las acciones necesarias para optimizar el uso del agua en condiciones de baja disponibilidad, soportar la evolución de las condiciones climáticas, contar con información para activar los criterios de control y seguimiento de las concesiones.

Para el seguimiento de la oferta hídrica dada la confluencia de las condiciones secas esperadas, la consecuente reducción de caudales esperada en las fuentes hídricas, y la necesidad permanente de uso de agua representada por la información de concesiones suministrada por CORPOGUAJIRA, se ha evidenciado la necesidad de contar con datos estimados de caudal de las estaciones hidrológicas. Para ello se requiere implementar un programa de aforos para pasar de 4 estaciones con datos de caudal disponible a 21 estaciones. Esta estrategia requiere: a) Garantizar el reporte diario del nivel de lámina de agua de las corrientes, b) Establecer un Programa de aforos y batimetrías mensuales para actualizar la curva de gastos, c) Seguimiento al comportamiento de caudales en los ríos priorizados. En el caso de las estaciones hidrológicas se proponen inicialmente dos puntos de monitoreo adicionales en ríos que actualmente no cuentan con estación hidrológica. De las 4 estaciones hidrológicas automáticas con que cuenta el IDEAM, 2 se encuentran bajo condición de siniestro y se espera que se restablezca su operación bajo la respuesta del seguro correspondiente, de momento no se considera la instalación de nuevas estaciones hidrológicas automáticas, la disponibilidad de información se considera a partir de la comunicación de los observadores de las 21 estaciones a la red de alertas tempranas.

En cuanto a la red meteorológica se pretende la activación de estaciones por daños en sensores y siniestralidad para completar 21 estaciones automáticas con transmisión en tiempo real, y de forma adicional se pretende instalar 3 estaciones meteorológicas nuevas.

3.1.3 Concesiones

El reporte de concesiones corresponde al registro aportado por CORPOGUAJIRA, los cuales fueron consolidados por cuencas e integrados al análisis.

El 26 de junio de 2023 se recibió por parte de CORPOGUAJIRA un enlace de google drive que relacionaba la información de usuarios del recurso hídrico, concesiones superficiales y subterráneas, captaciones y el respectivo caudal concesionado por subzona hidrográfica y nivel subsiguiente.

Tabla 5.Registro de caudal concesionado - CORPOGUAJIRA

CODIGO	SUBZONA HIDROGRAFICA Y/O NIVEL SUBSIGUIENTE	USUARIOS RH	CONCESIONES	CAPTACIONES	CAUDAL (L/s)
1506	Rio Ranchería - SZH	798	798	2641	11345,986
1504	Rio Tapias - SZH	316	316	320	4022,221
1503-02	Rio Ancho, Rio Negro,Rio Maluisa y otros directos - NSS	225	225	210	1358,8243
2801-03	Rio Alto Cesar - NSS	191	191	989	663,057
1508-01	Rio Carraipia - NSS	15	17	20	480,5
1507-01	Arroyos Parajiramarahu y Jorotuy Alta Guajira - NSS	7	10	30	91,6
1505	Rio Camarones y otros directos Caribe - SZH	21	22	22	183,646
1503-01	Rio Palomino - NSS	3	3	3	11,5
1508-04	Arroyos Jorrotuy y otros directos Alta Guajira - NSS	0	0	0	0
1507-03	Ays. Mouasiro y Juluapua - Alta Guajira - NSS	0	0	0	0
1508-02	Directos al Golfo Maracaibo - NSS	0	0	0	0
1508-03	Rio Paraguachon - NSS	0	0	0	0
1507-02	Ays. Uareteha y otros directos Caribe - NSS	0	0	0	0
1507-04	Ay. Taray - Alta Guajira - NSS	0	0	0	0
2801-02	Rio Badillo y otros directos rio Cesar (md) - NSS	0	0	0	0
2802-03	Rio Chiriamo y rio Manaure - NSS	0	0	0	0
TOTAL		1576	1582	4235	18157,334

Consolidado de concesiones CORPOGUAJIRA, Fuente: CORPOGUAJIRA, 2023

(https://drive.google.com/drive/folders/1_7nZuvO_GTOxIBCA4Tt6jqlqOn2HP-b_)

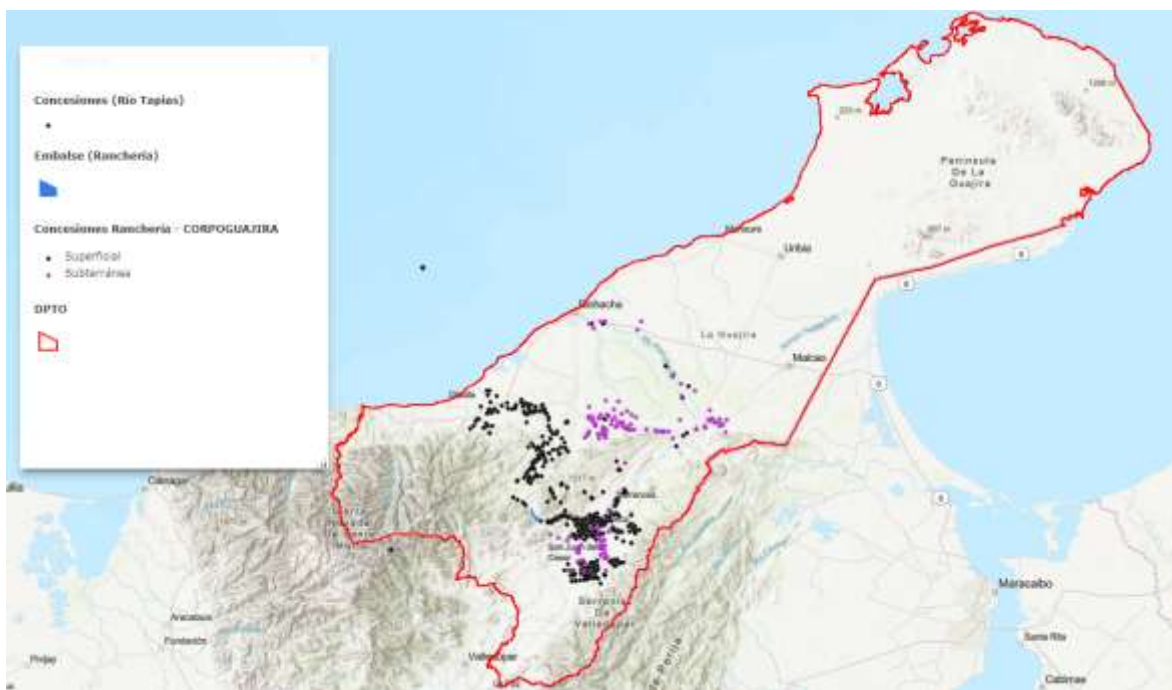
Dadas la necesidad de identificar el contexto geográfico de las captaciones, con el propósito de evaluar la demanda del recurso hídrico, se adelantó un ejercicio de identificación espacial, no obstante, no fue posible para la totalidad de estas dada la ausencia e inconsistencias de las coordenadas, el resultado de esta consolidación se respaldó en el repositorio establecido por la Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico².

² (https://ticminambiente-my.sharepoint.com/:x:/r/personal/otosse_minambiente_gov_co/Documents/4.%20GRUPO%20PLANIFICACI%C3%93N%20CUENCAS%20Y%20ACU%C3%8D%20FERO/AGUAS%20SUBTERRANEAS/VISITA%20PRESIDENTE%20GUAJIRA%20JUNIO%202023/PRESENTACION%20-AYUDA%20DE%20MEMORIA-GUAJIRA/CONCESIONES%20CORPOGUAJIRA/Consolidado_DGIRH_CORPOGUAJIRA.xls?d=w7c3d7e6b92a14e3188dbb433b86d9ddb&csf=1&web=1&e=ubhkgZ)

my.sharepoint.com/:x:/r/personal/otosse_minambiente_gov_co/Documents/4.%20GRUPO%20PLANIFICACI%C3%93N%20CUENCAS%20Y%20ACU%C3%8D%20FERO/AGUAS%20SUBTERRANEAS/VISITA%20PRESIDENTE%20GUAJIRA%20JUNIO%202023/PRESENTACION%20-AYUDA%20DE%20MEMORIA-GUAJIRA/CONCESIONES%20CORPOGUAJIRA/Consolidado_DGIRH_CORPOGUAJIRA.xls?d=w7c3d7e6b92a14e3188dbb433b86d9ddb&csf=1&web=1&e=ubhkgZ

En la siguiente figura, se presenta la ubicación de las concesiones superficiales y subterráneas para los ríos Ranchería y Tapias.

Figura 10. Captaciones Río Ranchería y Tapias. Fuente: Visor geográfico DGIRH, 2023 a partir de datos suministrados por CORPOGUAJIRA



3.2 Estimación de la oferta hídrica disponible y caudales ambientales.

Para el análisis de la oferta hídrica superficial se efectuó una estimación usando la mejor información disponible en cada una de las áreas hidrográficas, con el objeto de perfilar escenarios de condición crítica de las cuencas ante el fenómeno de El Niño y priorizar las medidas en los territorios más vulnerables.

Al respecto es importante señalar que se identifican (8) cuencas principales que se abastecen de recurso hídrico superficial las cuales tienen cierta instrumentación y cuentan con información mínima para el análisis de oferta hídrica total, caudal ambiental y oferta hídrica disponible.

Figura 11. Cuencas hidrográficas SZH y NSS.



Tabla 6. Cuencas NSS con instrumentación.

SZH	Nombre Subzona Hidrográfica -NOMSZH-	Estación Hidrológica
1503	Río Ancho y Otros Directos al Caribe	15037010-Ancho
	Río Cañas	1503703 -Estación Mingueo
	Río Jerez	-
1504	Río Tapias	15047020 –Puente Bomba
1505	Río Camarones y otros directos Caribe	-

1506	Rio Ranchería	15067020 – El Cercado 15067200 – El Silencio 15067170 –Puente Guajiro 15067170 –San Francisco 15067050 –Cuestecitas 15067180 -Aremasahin
1508	Rio Carraipia - Paraguachon, Directos al Golfo Maracaibo	15087010 -Estación Carraipia
2801	Alto Cesar	28017140 –Corral de Piedra

El ejercicio de consolidación e integración de la información hacia el análisis del estado del recurso en términos de oferta hídrica del departamento de La Guajira debe leerse a la luz de información disponible por lo que en la medida que exista mejor información del estado y uso del recurso hídrico, los modelos y análisis que se presentan a continuación podrán ajustarse.

Así mismo, actualmente no se tiene la instrumentación que permita cobertura de la información del 100% del territorio del departamento, no obstante, con el apoyo del IDEAM y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA se adelantó el siguiente ejercicio de modelación y estimación de la oferta hídrica superficial para las cuencas superficiales con mayor demanda del recurso.

3.2.1 Definiciones

- Caudal ambiental

La definición actual del caudal ambiental está establecida por el Decreto 050 de 2018 el cual corresponde al “Volumen de agua por unidad de tiempo, en términos de régimen y calidad, requerido para mantener el funcionamiento y resiliencia de los ecosistemas acuáticos y su provisión de servicios ecosistémicos”

Dado lo anterior, el objetivo ambiental o condición ecológica del cuerpo de agua estará asociado a la prestación de algún (o algunos) servicio (s) ecosistémico (s) en particular. En el caso de servicios ecosistémicos de soporte o regulación, éstos se relacionan con estrategias ambientales para el logro de la preservación o restauración del régimen natural de flujo. En el caso de servicios ecosistémicos de aprovisionamiento o culturales, éstos se relacionan con los principales usos para el abastecimiento de las demandas de los diferentes sectores y usuarios.

Los servicios ecosistémicos se relacionan con los objetivos ambientales del cuerpo de agua definidos por la Autoridad Ambiental en el marco de los instrumentos de planificación y de administración del recurso hídrico existentes, que tienen una intrínseca relación con los usos actuales y potenciales del agua, los cuales pueden ser la preservación de flora y fauna (preservando o restaurando los ciclos biológicos de las especies acuáticas o de la ribera), agua para consumo humano y doméstico, agrícola, pecuario, recreativo, industrial, estético y demás usos percibidos por los humanos (al respecto ver artículos 2.2.3.2.7.1., 2.2.3.2.7.6. y 2.2.3.3.2.1. del Decreto 1076 de 2015).

Para el establecimiento del caudal ambiental en el cuerpo de agua se deberán tener en cuenta los objetivos contenidos en instrumentos de planificación y administración del recurso hídrico en los que se contemplen escenarios futuros para el cuerpo de agua.

En otras palabras, la priorización de un servicio ecosistémico implica que el objetivo ambiental corresponde al mantenimiento del régimen de caudales requerido para la prestación del mismo, permitiendo la prestación de

servicios ecosistémicos diferentes al priorizado en el tramo, siempre que dicha prestación no genere alteración en los atributos del régimen requeridos para el cumplimiento del objetivo definido.

- Oferta hídrica superficial disponible

La oferta hídrica disponible, se considera como aquella que puede ser empleada para el consumo y desarrollo de las actividades productivas de una región, sin involucrar el volumen de agua necesario para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos, este concepto fue plantado inicialmente en la Resolución No. 865 de 2004, considerando un descuento por caudal ambiental, entendiéndose como la cantidad de agua que no puede ser aprovechada, así mismo este concepto ha sido apropiado en la actualización de los indicadores ambientales relacionados con el recurso hídrico del IDEAM. Se calcula a partir de la siguiente expresión teniendo en cuenta el escenario en condiciones normales y condiciones de escasez.

$$Oh_{Disp.} = Oh_{Total} - Q_{Amb}$$

Donde,

$Oh_{Disp.}$: Oferta hídrica disponible

Oh_{Total} : Oferta hídrica total en condiciones medias.

Q_{Amb} : Caudal ambiental

3.2.2 Soporte técnico estimación – base metodológica.

Actualmente, no se cuenta con una metodología reglamentada a nivel nacional para el cálculo del caudal ambiental, salvo para el caso particular del río Bogotá y algunas aplicaciones específicas asociadas para el desarrollo de proyectos. Así mismo, existe como referencia el método indicado en el Estudio Nacional del Agua (ENA) 2010 y subsecuentes, en el que se considera la curva de duración de caudales, se estima el Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) y cuando el IRH es superior a 0.7 el caudal ambiental a adoptar es el Q_{85} , si el IRH está por debajo de 0.7 el caudal a adoptar es Q_{75} .

Por su parte, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA - cuenta con un ejercicio de modelación hidrológica sobre el río Ranchería, donde se aplicó el Modelo Hidrológico SWAT (sigla en inglés, Soil and Water Assessment Tool) para la cuenca de forma que, al calibrar y verificar la serie de caudales modeladas con la serie de caudales observadas en la estación hidrológica de Cuestecitas del IDEAM, permite establecer la escurrimiento para la cuenca de una forma asertiva.

La estimación de caudales ambientales se refleja en las cuencas que están instrumentadas, tales como las cuencas de los Ríos: 1) Ranchería, 2) Río Tapias, 3) Río Ancho, 4) Río Camarones, 5) Río Carraipia, 6) Río Jerez, 7) Río Cañas 8) alto Río Cesar. Para lo anterior el IDEAM ha suministrado las series diarias de caudal de las estaciones en la que cuenta con históricos de caudales representativos. Asimismo, se aclara que los resultados de la estimación de escurrimiento superficial son abstraídos del ejercicio de modelación hidrológica realizada por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA.

En este contexto, se procede a calcular los caudales ambientales empleando la metodología establecida por ANLA, donde se comparan las metodologías de 7Q10 (caudal de media móvil semanal con un periodo de retorno de 10

años) y el Q95, para las estaciones de la cuenca del río Ranchería, que hacen parte de la red básica hidrométrica operada por el IDEAM y se aplicará en los principales ríos de las cuencas priorizadas en el departamento de La Guajira. Esta evaluación de caudal ambiental corresponde con un enfoque de base hidrológica y se fundamenta en una aproximación que considera el análisis de la serie de caudales a escala diaria en la cual se soporta la elaboración de la curva de duración de caudales y la estimación de valores mínimos de caudal³. Los resultados se dejan a consideración para su incorporación o ajuste.

El caudal 7Q₁₀, propuesto por Chiang y Johnson (1976), se realiza a partir de caudales medios mínimos diarios. Sin embargo, y considerando que estos registros normalmente no se encuentran disponibles, se propone realizar su estimación a partir de los datos de caudales medios diarios. Para ello se debe considerar la totalidad del registro diario homogéneo, consistente y casi completo en la estación de interés a seleccionar, aplicar un promedio móvil de ventana 7 días para estimar el caudal promedio semanal, y luego construir la serie anual de excedencias con los registros mínimos semanales de cada año. Seguidamente, realizar el análisis de frecuencias de eventos mínimos extremos para la serie anual antes construida, para la distribución de probabilidad de mejor ajuste y seleccionar el caudal correspondiente al período de retorno de 10 años, que resulta ser el 7Q₁₀ (ANLA, 2013).

Asimismo, el cálculo del Q95% usualmente se ha propuesto en la literatura realizarlo a partir de la totalidad del registro histórico diario (caso de la mayoría de las metodologías que adoptan este índice), o calcularlo mes a mes, como lo propone el método del Northern Great Plains Resource Program (NGPRP, 1974) (ANLA, 2013).

3.2.3 Consideraciones

- El 7Q₁₀ y Q95 se calculan utilizando la serie diaria de caudales disponible; al estimar dicha serie, se compilan los cálculos presentando el promedio a nivel mensual.
- En principio, se verificó que los registros de caudal a escala diaria representen al menos diez años que la serie no presente más de 10% de datos faltantes. Una vez se cumplan estos criterios se aplican análisis de homogeneidad, consistencia y detección de datos anómalos.
- A su vez, es importante recalcar que, para el caso particular de la Cuenca del río Ranchería, este cuerpo de agua está sujeto a regulación hídrica, dado que en la parte alta de la cuenca en mención se encuentra el embalse el Cercado. Por tal razón, la estimación del caudal ambiental y la oferta hídrica disponible para este cuerpo de agua se realizará mediante una articulación entre ejercicios de modelación existentes y complementados con datos históricos observados aguas abajo del embalse, dado que la variación de los caudales en las diferentes fuentes estará condicionada a las precipitaciones, características propias de la cuenca, regulación del embalse y la dinámica de los usuarios en la cuenca.
- Es fundamental tener en cuenta las siguientes limitantes técnicas: i) La estimación disponible de caudal ambiental para las estaciones descritas en el Anexo Técnico requiere ser comparada con información de monitoreo disponible para establecer la evolución de las condiciones de reducción de la oferta, esto se realizará sobre las estaciones que defina el IDEAM. ii) Solo está disponible ejercicio de modelación numérica sobre la cuenca del río Ranchería; para las demás cuencas únicamente se efectúa análisis a partir de las estaciones indicadas por IDEAM iii) El seguimiento necesario a las condiciones hidrológicas estará asociado a las estimaciones de caudal que el IDEAM realice sobre las estaciones existentes, donde el monitoreo se realizará gradualmente y los datos que proveerá el IDEAM estarán basados en la

³ Rojo, Julian et. al, IDEAM 2022

mejor información disponible. Por tanto, se requiere establecer un monitoreo periódico que será puesto a disposición por el IDEAM y se basará en los datos puntuales de aforos o en las estimaciones basadas en las curvas de gasto vigentes o aceptables, iv) El IDEAM indicará los casos particulares en los que por siniestro, impedimentos técnicos, variaciones en la sección, imposibilidad de realizar aforos, ausencia del observador o falla de la estación, el valor reportado tenga mayor incertidumbre y corresponda a una aproximación basada en la información existente, o no se reporte dato.

3.3 Análisis del Río Ranchería

3.3.1 Instrumentos de planificación existentes – POMCA río ranchería

El embalse el Cercado representa el principal elemento de regulación antrópica sobre el régimen de flujo del río Ranchería, y que uno de los objetivos para los cuales fue diseñado es garantizar el abastecimiento de agua para los distritos de riego Ranchería y San Juan, los cuales demandarían entre 191 a 198 millones de metros cúbicos del recurso hídrico al año (Corporación Colombia Internacional, 2008), cifras que como caudal promedio anual representan 6.1 y 6.3 m³/s, las cuales a su vez corresponden al 73 y 75% del caudal multianual registrado en la estación hidrológica más cercana al sitio de presa (el Cercado) (Corpoguajira, 2011).

El POMCA del río Ranchería consideró de vital importancia tener una mejor aproximación de cuáles serían las alteraciones sobre el régimen de flujo bajo diferentes escenarios de caudales mínimos diarios y diferentes demandas concedidas al distrito de riego. Dado lo anterior, se consideró de relevante importancia realizar una simulación en la que se incorporaron variables fundamentales del modelo como las características del embalse y las demandas presupuestadas para el distrito de riego (CORPOGUAJIRA, 2011).

Esto se debe a que en los momentos en los cuales el embalse se encuentre a su máxima capacidad, el caudal que llegaría al río aguas abajo de la presa correspondería a los mismos valores de las afluencias al embalse, es decir, el caudal mínimo para dicho día más la cantidad de agua que no se logre almacenar en el embalse. De otro lado, en los casos en los cuales el embalse tan sólo cuente con el volumen muerto, y las afluencias al embalse representarían valores inferiores a los propuestos como caudales mínimos, los vertimientos aguas abajo de la presa corresponderían a valores inferiores a los establecidos. Por tal razón, con el fin de realizar dicha simulación se construyó un modelo a partir de la ecuación de conservación de masa, tomando como volumen de control el embalse (CORPOGUAJIRA, 2011).

En la revisión documental efectuada, en el POMCA del Río Ranchería, se observa la modelación mencionada considerando el servicio ecosistémico de aprovisionamiento, detallando la simulación de niveles y caudales en función de la hidrología y de la demanda agrícola que se esperaba en el 2008; dichos escenarios de simulación tuvieron en cuenta registros históricos hasta 2008 (bajo un régimen natural de caudales) y el futuro efecto en la hidrología dada la regulación de crecientes que efectúa el embalse.

A continuación, se puede apreciar los caudales simulados desde 1988 hasta 2008, reflejando escenarios sin intervención, caudales propuestos, caudales, vertidos almacenamiento útil del embalse, caudales demandados, caudales efectivamente entregados, variación del almacenamiento del embalse, probabilidad de ocurrencia de falla y escenario de la entrega caudales presupuestados. Es fundamental tener en cuenta que los escenarios ilustrados a continuación tuvieron en cuenta condiciones de volumen inicial del balsea a 100% de capacidad y con una variación respecto a la asignación del caudal para los distritos de vehículos respecto a la cantidad presupuestada del 50% y 100%.

SIMULACIÓN DEL EMBALSE EL CERCADO (Q_{max} = 280, Volumen inicial del embalse = 100% de la capacidad, asignación de caudal para el distrito de riego respecto a la cantidad presupuestada = 100%)

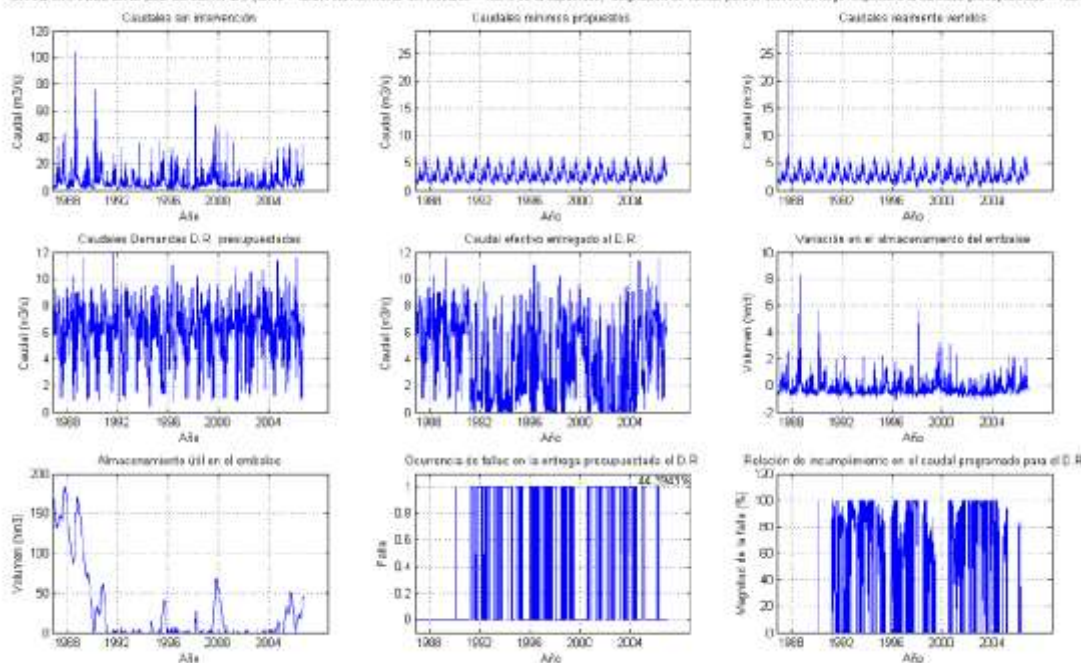
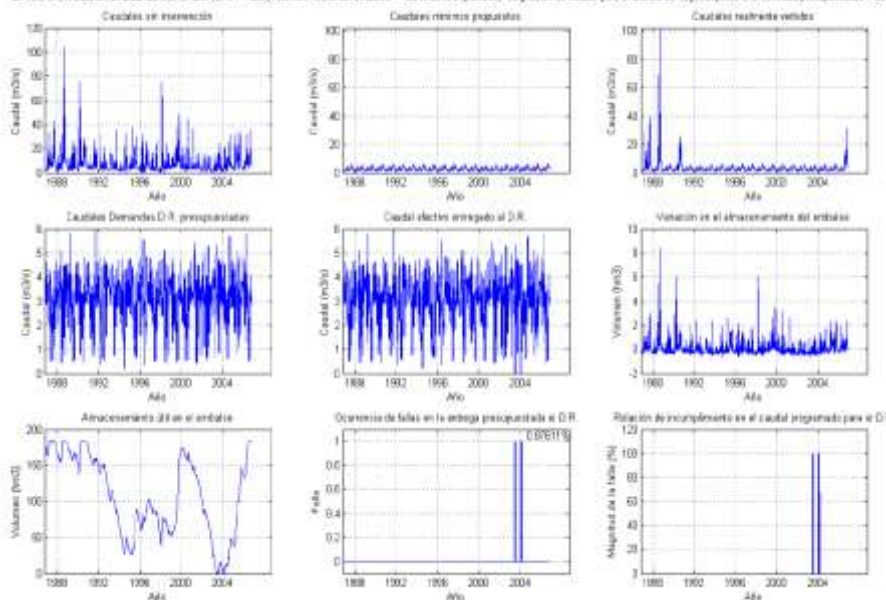


Figura 12. Escenarios de modelación considerados en el POMCA del río Ranchería, para la consideración de régimen de caudales aguas abajo del proyecto.

SIMULACIÓN DEL EMBALSE EL CERCADO (Q_{max} = 280, Volumen inicial del embalse = 100% de la capacidad, asignación de caudal para el distrito de riego respecto a la cantidad presupuestada = 50%)



Resultado de las simulaciones efectuadas, se presenta a continuación el cálculo del índice de alteración hidrológica, indicador que ponderó caudales medios a lo largo del período analizado, caudales promedio mínimos (asociados a un período de 7, 30 y 90 días), flujo base y duración de los pulsos de caudal a la salida del embalse.

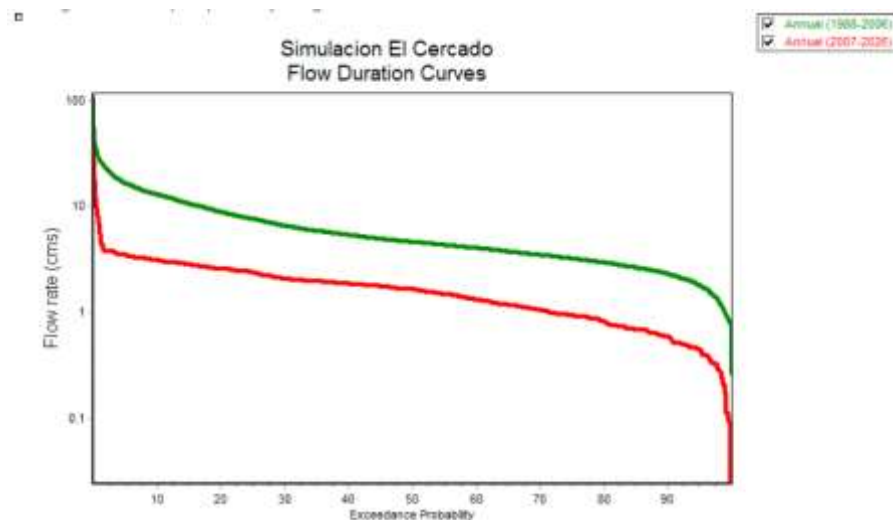
Simulacion El Cercado Hydrologic Alteration

Hydrologic Alteration Values

Legend: High RVA Category (Red), Middle RVA Category (Green), Low RVA Category (Yellow)

Metric	High RVA Category	Middle RVA Category	Low RVA Category
Number of reversals	2.2	0.1	0.1
Fall rise	1.8	0.1	0.1
Peak rise	2.2	0.1	0.1
High pulse duration	0.1	0.1	0.1
High pulse count	2.2	0.1	0.1
Composite duration	0.1	0.1	0.1
Composite count	1.5	0.1	0.1
Date of maximum flow	2.2	0.1	0.1
Date of minimum flow	2.2	0.1	0.1
Number of zero days	0.1	0.1	0.1
Basin Flowindex	1.5	0.1	0.1
90-day maximum flow	2.0	0.1	0.1
30-day maximum flow	1.8	0.1	0.1
7-day maximum flow	1.8	0.1	0.1
3-day maximum flow	1.8	0.1	0.1
1-day maximum flow	1.8	0.1	0.1
30-day minimum flow	2.2	0.1	0.1
30-day minimum flow	2.2	0.1	0.1
7-day minimum flow	2.2	0.1	0.1
3-day minimum flow	2.2	0.1	0.1
1-day minimum flow	2.2	0.1	0.1
December Median Flow	2.2	0.1	0.1
November Median Flow	1.8	0.1	0.1
October Median Flow	2.2	0.1	0.1
September Median Flow	2.2	0.1	0.1
August Median Flow	2.2	0.1	0.1
July Median Flow	2.2	0.1	0.1
June Median Flow	2.2	0.1	0.1
May Median Flow	2.2	0.1	0.1
April Median Flow	2.2	0.1	0.1
March Median Flow	2.2	0.1	0.1
February Median Flow	2.2	0.1	0.1
January Median Flow	2.2	0.1	0.1

Figura 14. Curva de Duración de Caudales estimada, con y sin puesta en marcha del embalse. (CORPOGUAJIRA, 2023).



3.3.2 Régimen ambiental de caudales sugerido

Después de analizar los resultados de todo el abanico de simulaciones realizados con las distintas combinaciones de porcentaje de cubrimiento de la demanda de los distritos de riego y distintos regímenes de caudales, el resultado de la modelación del Embalse el Cercado propone las siguientes consideraciones técnicas:

Opción 1: Preservan cómo régimen de caudales mínimos el iso-percentil Q75% o Q90%.

Opción 2: Régimen de caudales mínimos combinado los iso-percentiles mencionados de modo que para los meses de enero, febrero, marzo, abril y julio se conserve la serie del iso-percentil Q75%, mientras que para los meses restantes se preserve el del iso-percentil Q90%. Esto debido a que en los meses de enero, febrero, marzo, abril y julio es cuando el análisis de distribución espacial de caudales demuestra que en el cauce del Río Ranchería el caudal disminuye en la medida en que se desciende hacia la desembocadura (Corpoguajira, 2011).

Considerando las opciones ilustradas en el POMCA, se opta por tomar la construcción de un régimen de caudales con diferentes Iso percentiles a lo largo de tiempo, donde se concentra el percentil 75 para los meses de enero, febrero, marzo, abril y julio, mientras que los meses adicionales se utilizará el percentil 90.

Lo anterior, dado que esta alternativa recrea precisamente la fluctuación en el campo de precipitaciones y, por tanto, variación de caudales aguas arriba del proyecto; a su vez, es importante resaltar que el Q75 de la curva de duración de caudales es típicamente utilizado en el Estudio Nacional del Agua 2022 para cuencas con baja retención hídrica. Teniendo en cuenta esta premisa, se presenta a continuación las diferentes estaciones de monitoreo hidrológico, con mayor representatividad de datos y sobre las cuales el IDEAM realizará aforos (mejorando el monitoreo en la región):

Tabla 7. Estaciones de monitoreo hidrológico Ríos Ranchería, Ancho, Tapias y Alto Cesar (ANLA, 2023)

CODIGO	nombre	CORRIENTE
15067020	CERCADO EL-AUTOMAT [15067020]	Rio Ranchería
15067200	EL SILENCIO - AUT [15067200]	Rio Rancheria
15067150	PUENTE GUAJIRO - AUT [15067150]	Rio Rancheria
15067170	SAN FRANCISCO [15067170]	Rio Rancheria
15067050	CUESTECITAS - AUT [15067050]	Rio Rancheria
15067180	AREMASAHIN - AUT [15067180]	Rio Rancheria
15037010	ANCHO [15037010]	Rio Ancho
15047020	PUENTE BOMBA [15047020]	Rio Tapias
28017140	Corral De piedra	Rio Cesar

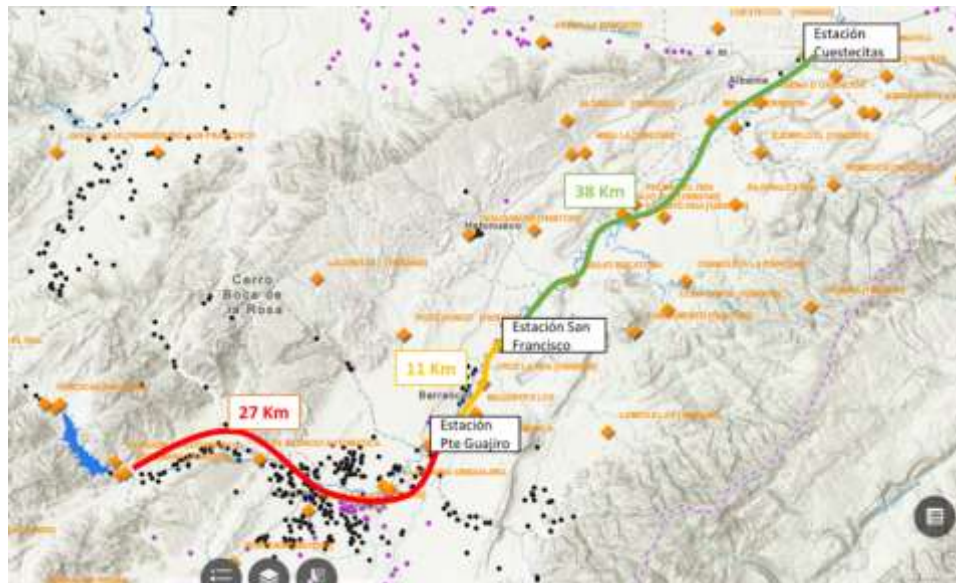
3.3.3 Estimación Oferta Hídrica Total, Oferta Hídrica Disponible y Caudal Ambiental

A continuación, se recrea la estimación de la oferta hídrica total, la oferta hídrica disponible y los caudales ambientales para la cuenca del río Ranchería, considerando que los resultados son presentados bajo la siguiente esquematización:

- i) Tramo 1: Comprende desde el embalse El Cercado hasta estación Ideam Puente Guajiro
- ii) Tramo 2: Comprende desde estación Ideam Puente Guajiro hasta la Estación Ideam San Francisco.

- iii) Tramo 3: Comprende desde la Estación Ideam San Francisco hasta la Estación Ideam Cuestecitas.

Figura 15. Ubicación principales estaciones de análisis para el desarrollo de la modelación y comparación con usuarios detectados (Puntos azul oscuro captaciones superficiales, color morado captaciones subterráneas).



3.3.3.1 Modelación río Ranchería - ANLA

Para realizar la modelación hidrológica automática del río Ranchería se configuró el modelo SWAT (Soil & Water Assessment Tool) de uso libre. Para la configuración del modelo inicialmente se delimita la cuenca a partir del modelo de elevación de Colombia con resolución 30 x 30 descargado directamente del Geoportal del IGAC. Una vez se delimita la cuenca hidrográfica se localizan las estaciones pluviométricas, climatológicas e hidrológicas dentro de la cuenca del río Ranchería, información requerida para el desarrollo del balance hídrico como se aprecia en la Figura 13.

ANLA
AUTORIDAD NACIONAL
DE LICENCIAS AMBIENTALES

Mapa de la zona de estudio en el Estado de Veracruz, México, mostrando la ubicación de las estaciones de monitoreo. El mapa incluye la frontera con el Océano Pacífico al norte y el Estado de Oaxaca al sur. Se muestran las coordenadas geográficas (latitud y longitud) y el nombre de cada estación. Las estaciones están distribuidas en la zona de estudio, con algunas en la zona costera y otras en la zona interior. El mapa también incluye una escala en kilómetros (0 a 20 km) y una leyenda que indica el tipo de estación: Climatológica (triángulo verde), Hidrológica (estrella azul), Precipitación (círculo rosa) y Cuenca (línea negra).

CONVENCIONES

- ▲ Climatológica
- ★ Hidrológica
- Precipitación
- Cuenca



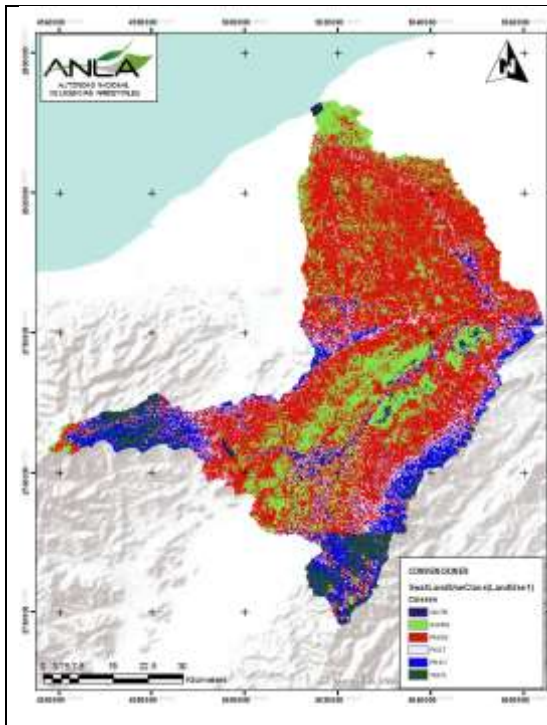


Figura 17. Coberturas cuenca (ANLA, 2023)

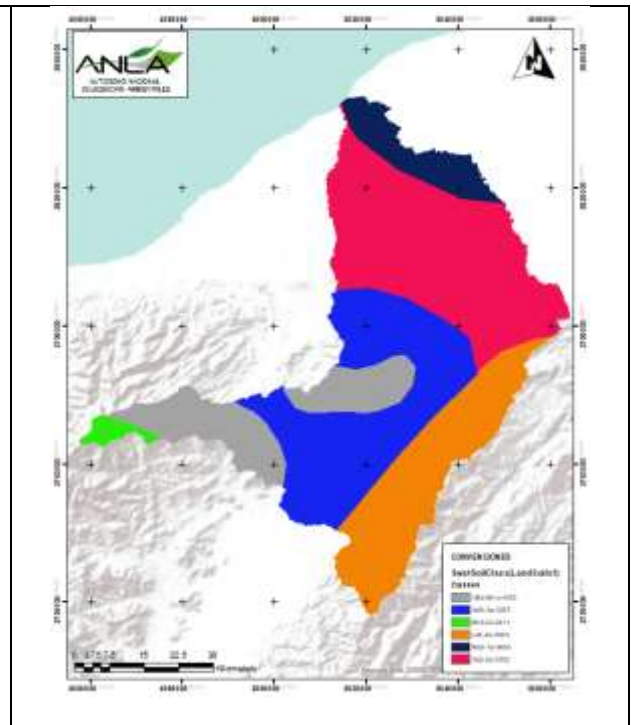


Figura 18. Clasificación de suelos según la FAO (ANLA, 2023)

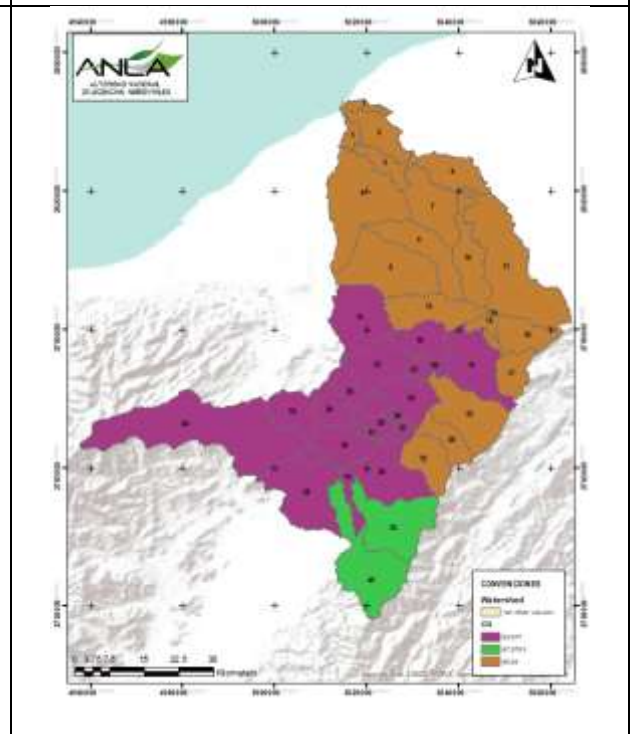
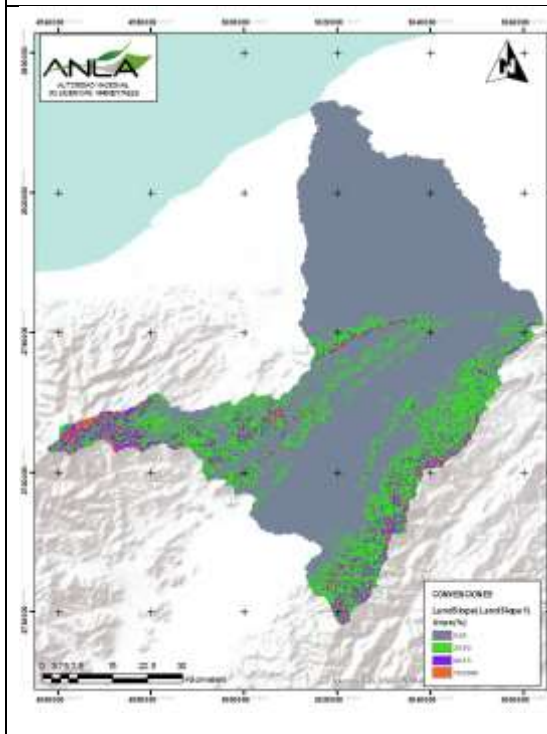


Figura 19. Pendientes cuenca (ANLA, 2023)

Figura 20. Número de curva calibrado (ANLA, 2023)

Finalmente, una vez se definen los parámetros de entrada, se realiza la simulación hidrológica correspondiente, donde se estima la serie de caudales medios diarios para cada una de las 40 subcuencas hidrográficas que se relacionan la Figura 21 y en la Tabla 8, siendo la subcuenca objeto de calibración la número 15 que coincide con la estación Cuestecitas del IDEAM. Para el ejercicio de calibración y validación se ajustan los diferentes parámetros del modelo hidrológico SWAT y de esa forma se consigue un coeficiente de correlación de 0.76 para calibración, que corresponde al período de simulación comprendido entre el año 1992 al año 2011, con dos años de calentamiento del modelo y período que coincide con 2/3 de los registros diarios (ver Figura 22), dado que con 1/3 de la información restante corresponde al ejercicio de validación, el cual se desarrolla entre el años 2012 hasta el año 2022, arrojando un coeficiente de correlación de 0.66 que según (Molnar, 2011) sería una prueba de bondad de ajuste buena (ANLA, 2023).

Tabla 8. Subcuencas modelación automática Río Ranchería (ANLA, 2023)

Subcuenca	Nombre de la corriente o subcuenca	Latitud	Longitud
1	Río Ranchería	11.5986486	-72.8666914
2	Arroyo Totopahana (Arroyo Piulacad)	11.5785895	-72.8575831
3	Río Ranchería (Quebrada de Moreno - Arroyo Totopahana)	11.5785893	-72.8572324
4	Quebrada de Moreno (Cuenca Baja)	11.5011315	-72.8481562
5	Río Ranchería (Arroyo Mulaqui - Quebrada de Moreno)	11.5007859	-72.848507
6	Arroyo Keviraimana (Ay. Ayiruaka o Ay. Iruaka)	11.467168	-72.738453
7	Arroyo Mulaqui (Arroyo Muraqui)	11.4668222	-72.7384533
8	Quebrada de Moreno (Cuenca Media)	11.4293559	-72.6252769
9	Arroyo Quiebra Palo	11.4293554	-72.6249264
10	Arroyo El Juncal	11.3479421	-72.8286152
11	Brazo Jotómahana	11.3475963	-72.8286154
12	Quebrada de Moreno (Cuenca Alta)	11.210638	-72.7828157
13	Arroyo El Salado	11.2106377	-72.7824655
14	Río Ranchería (Arroyo Bruno - Estación Cuestecitas)	11.1768509	-72.5587188
15	Río Ranchería (Arroyo Tabaco - Arroyo Bruno)	11.1768503	-72.5583686
16	Arroyo Tirajoncito (Arroyo Bruno)	11.1526833	-72.5843169
17	Arroyo Tabaco	11.1526828	-72.5839667
18	Arroyo Aguas Blancas	11.0863848	-72.6561774
19	Río Ranchería (Arroyo El Cequión - Arroyo Tabaco)	11.086039	-72.6561778
20	Río Ranchería (Río Cerrejón - Arroyo Aguas Blancas)	11.0656679	-72.6835061
21	Arroyo Tinaja	11.0653218	-72.6831564
22	Arroyo Grande (Arroyo Paladines)	11.0480509	-72.7010269
23	Río Cerrejón	11.0477051	-72.7010273
24	Río Ranchería (Río Palomino - Arroyo Grande)	10.9903577	-72.7602303
25	Arroyo Pozo Hondo	10.9900117	-72.7598806
26	Río Ranchería (Río Palomino - Arroyo El Pasito)	10.9734224	-72.7707425
27	Río Palomino (Cuenca baja)	10.9734221	-72.7703925
28	Río Mapurito	10.9422639	-72.7249276

Subcuenca	Nombre de la corriente o subcuenca	Latitud	Longitud
29	Río Ranchería (Arroyo La Quebrada - Río Palomino)	10.9419181	-72.7249279
30	Arroyo Mamón	10.9360989	-72.8012132
31	Río Ranchería (Arroyo Mamón - Arroyo La Quebrada)	10.9357531	-72.8012135
32	Río Palomino (Cuenca alta)	10.9347051	-72.7854684
33	Arroyo Las Cortadas ó Los Gorros	10.9347049	-72.7851185
34	Río Ranchería (Cuenca alta)	10.9195572	-72.9278846
35	Río Ranchería (Arroyo La Montaña - Arroyo Mamón)	10.9192115	-72.9282346
36	Arroyo La Quebrada	10.8607387	-72.8376447
37	Arroyo La Quebrada (Arroyo Saladillo - Arroyo Conejo)	10.8607385	-72.8372948
38	Arroyo La Quebrada (Cuenca Alta)	10.85522	-72.8666823
39	Arroyo Conejo (Arroyo Masteban)	10.8548742	-72.8666825
40	Arroyo Saladillo	11.1810307	-72.5537714

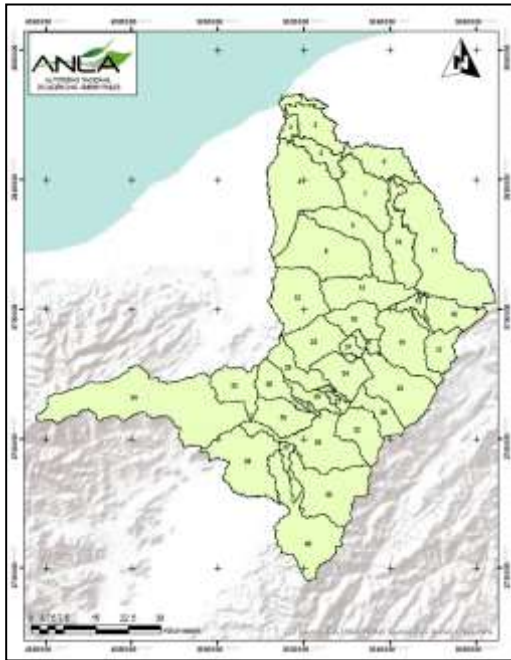


Figura 21. Subcuencas modeladas (ANLA, 2023)

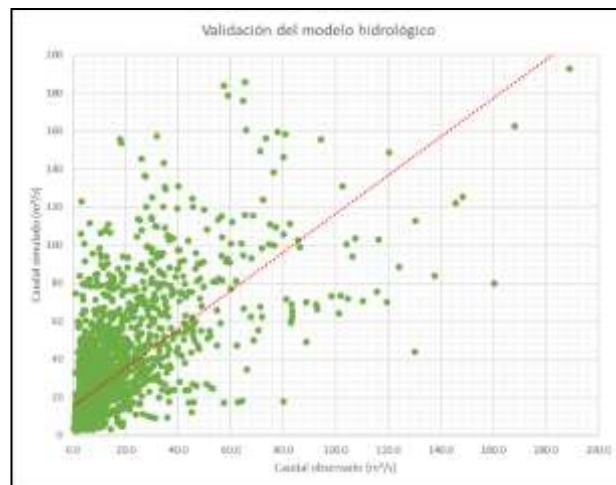
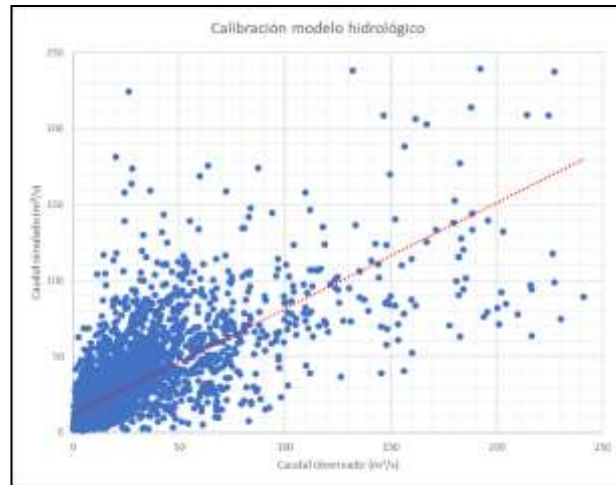


Figura 22. Calibración modelo hidrológico (ANLA, 2023)

Uno aspecto clave a tener en cuenta es el alcance de la modelación; al realizar la revisión de la información suministrada por ANLA, se puede detallar que el modelo SWAT implementado no tiene incorporado el embalse El Cercado, (en términos de implementación de las curvas de capacidad de almacenamiento área vs volumen o curvas área vs Nivel). Por otra parte, el ejercicio de modelamiento se encuentra calibrado representando la serie de caudales diarios históricos en la estación Cuestecitas, implicando que, en términos de estimación de escorrentía, la modelación considera adecuadamente el campo espacial de precipitaciones, y por lo tanto, refleja de una forma adecuada la generación de lluvia escorrentía para todas las cuencas asociadas a la Cuenca del río Ranchería, excepto los interfluvios, los cuales van a tener el efecto de regulación del embalse.

- Articulación modelación hidrológica ANLA con datos registrados aguas abajo del Embalse El Cercado:

Teniendo en cuenta que el modelo generado por ANLA está en capacidad de reproducir adecuadamente la escorrentía en la cuenca del río Ranchería, se propone complementar la serie de caudales, utilizando los caudales históricos medidos a pie del embalse, donde es pertinente aclarar que: i) la resolución de los datos es mensual, y ii) se cuenta con la incertidumbre de la conexión entre el embalse y la captación para uso doméstico (la cantidad de agua captada para el aprovisionamiento del uso doméstico está enmarcada dentro del embalse o en su defecto la captación se efectúa directamente sobre el río Ranchería). Con este esquema propuesto, se puede calcular la oferta hídrica de la siguiente forma:

$$Oferta\ hídrica\ total_{Embalse} = Q_{embalse}$$

$$Oferta\ hídrica\ total_{Tramo\ Embalse / Est\ Pte\ Guajiro} = Q_{embalse} + ESC_{Tramo\ Embalse / Est\ Pte\ Guajiro}$$

$$Oferta\ hídrica\ total_{Tramo\ Est\ Pte\ Guajiro / Est\ San\ Francisco} = Q_{embalse} + ESC_{Tramo\ Embalse / Est\ Pte\ Guajiro} + ESC_{Tramo\ Est\ Pte\ Guajiro / Est\ San\ Francisco}$$

$$Oferta\ hídrica\ total_{Tramo\ Est\ San\ Francisco / Est\ Cuestecitas} = Q_{embalse} + ESC_{Tramo\ Embalse / Est\ Pte\ Guajiro} + ESC_{Tramo\ Est\ Pte\ Guajiro / Est\ San\ Francisco} + ESC_{Tramo\ Est\ San\ Francisco / Est\ Cuestecitas}$$

Donde,

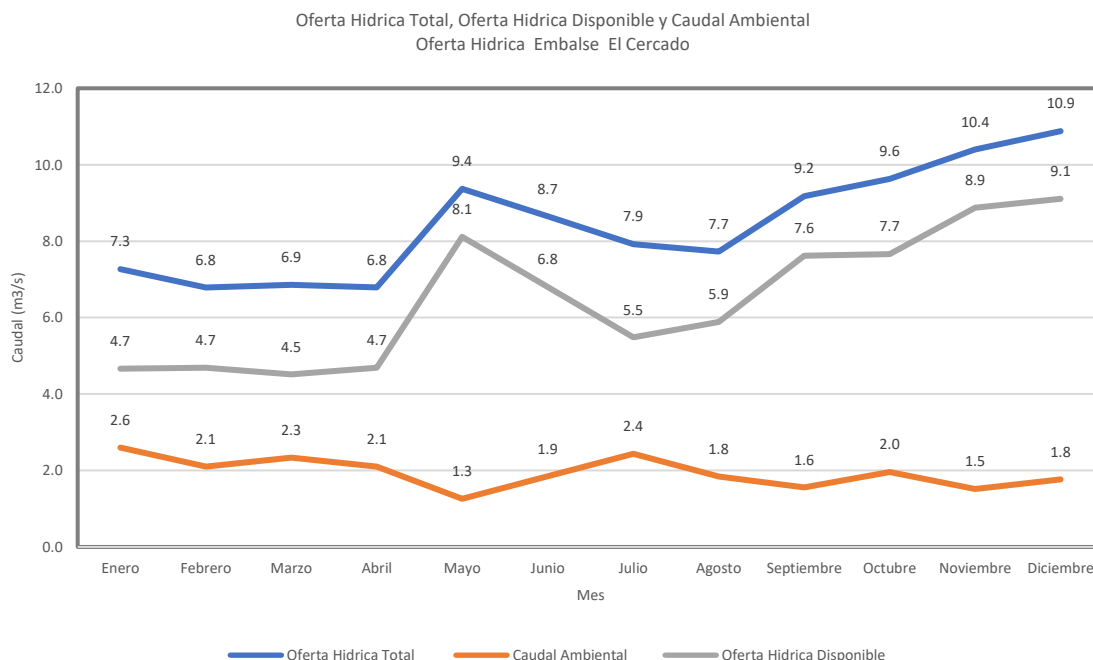
Oferta hídrica total: Oferta hídrica total entre tramo de análisis, expresada en caudales medios diarios.

$Q_{embalse}$: Oferta hídrica total en condiciones medias, expresado en caudal medio proveniente de registros históricos a pie del embalse.

$ESC_{Tramo\ Est\ San\ Francisco / Est\ Cuestecitas}$: Diferencia de caudales promedio diarios modelados en los interfluvios del modelo SWAT – ANLA entre cada tramo de interés.

Se presenta a continuación la oferta hídrica total, disponible y caudales ambientales a pie del Embalse El Cercado, los cuales parten de datos históricos, provenientes del proyecto - AOM proyecto Ranchería.

Figura 23. Oferta hídrica Total, Oferta hídrica Disponible y Caudal Ambiental –Embalse Cercado (AOM Proyecto Ranchería, 2023).



Se presenta a continuación la escorrentía estimada a partir de los resultados del modelo SWAT – ANLA para el río Ranchería, los cuales reflejan únicamente la escorrentía tributaria entre los tramos de interés, es decir i) Tramo 1 comprende desde El embalse El Cercado hasta estación Puente Guajiro, ii) Tramo 2 comprende desde estación Puente Guajiro hasta la Estación San Francisco y i) Tramo 3 desde la Estación San Francisco hasta la Estación Cuestecitas.

Tabla 9. Escorrentía entre tramo de interés, derivada de simulación modelo SWAT – ANLA.

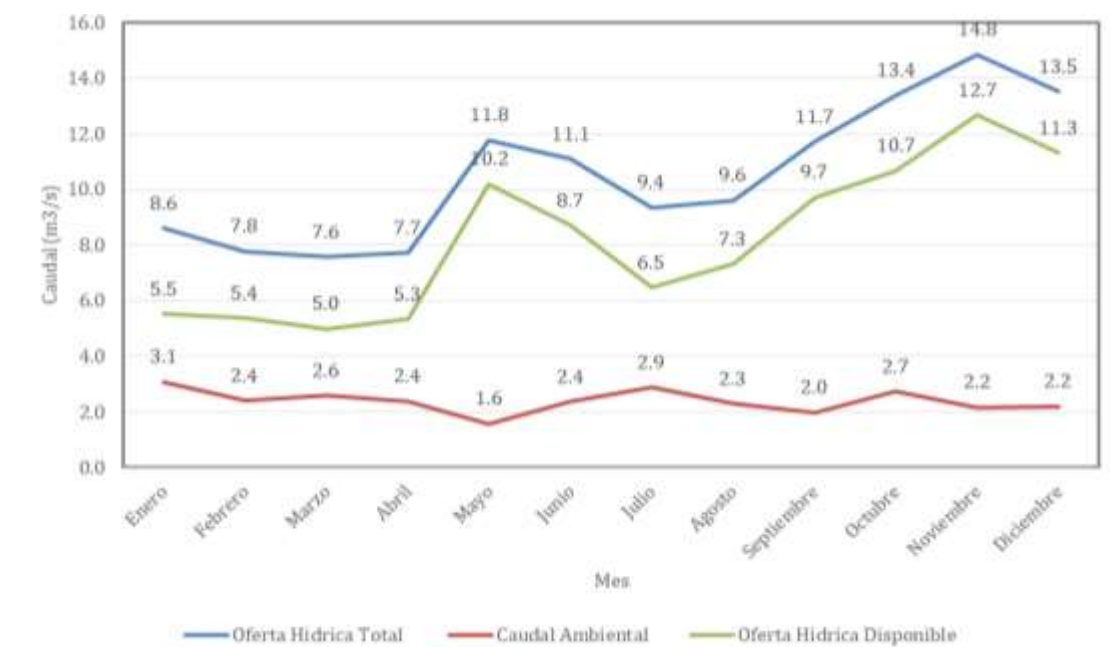
Tramo de Estudio	Cercado-Pte Guajiro (m³/s)	Pte Guajiro - San Francisco (m³/s)	San Francisco – Cuestecitas (m³/s)
ENE	1.34	7.805	4.447
FEB	0.991	5.66	3.052
MAR	0.724	4.173	2.14
ABR	0.923	4.597	1.126
MAY	2.407	8.444	2.713
JUN	2.437	9.425	4.161
JUL	1.429	7.446	2.878
AGO	1.874	8.755	3.104
SEP	2.543	13.709	7.074
OCT	3.763	20.706	8.352
NOV	4.451	22.417	12.265

Tramo de Estudio	Cercado-Pte Guajiro (m³/s)	Pte Guajiro - San Francisco (m³/s)	San Francisco – Cuestecitas (m³/s)
DIC	2.634	14.291	9.377

En función del análisis de estaciones y métricas, acogiendo las recomendaciones técnicas del POMCA y en contraste con las metodologías actuales, se presenta el régimen de caudales ambientales, donde se opta por definir para los meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril y Julio el Q75 como caudal ambiental, donde los percentiles seleccionados tienen la ponderación asociada a contemplar los múltiples servicios ecosistémicos que se presupuestaron para el embalse.

Para el tramo desde El Embalse el Cercado hasta la Estación Puente Guajiro:

Figura 24. Oferta hídrica Total, Oferta hídrica Disponible y Caudal Ambiental – Tramo Embalse Cercado – Estación Pte Guajiro.



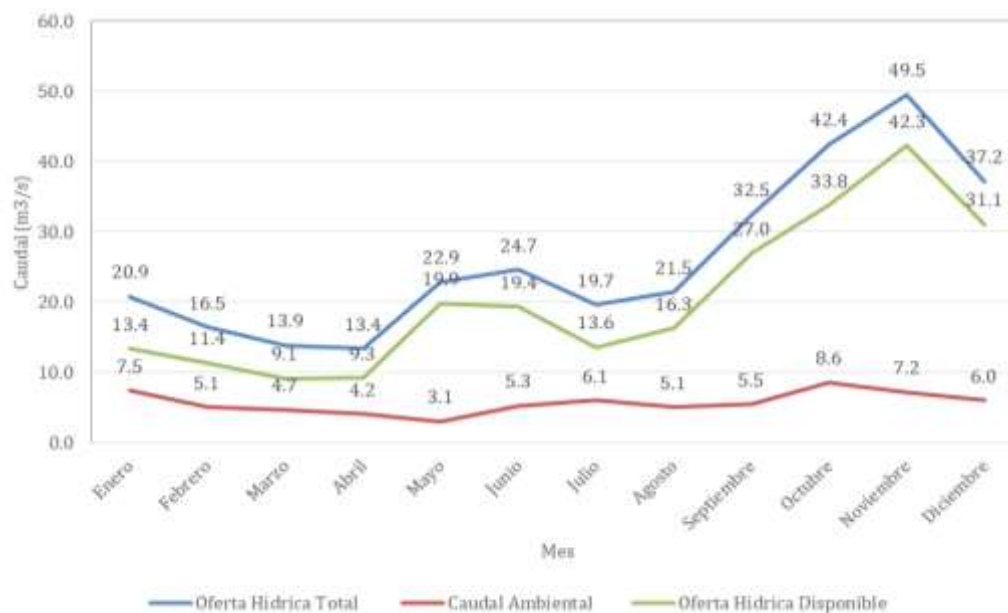
Para el tramo desde Estación Puente Guajiro hasta la Estación San Francisco:

Figura 25. Oferta hídrica Total, Oferta hídrica Disponible y Caudal Ambiental – Tramo Estación Pte Guajiro – Estación San Francisco.



Para el tramo desde Estación San Francisco hasta la Estación Cuestecitas

Figura 26. Oferta hídrica Total, Oferta hídrica Disponible y Caudal Ambiental – Tramo Estación San Francisco Guajiro – Estación Cuestecitas.



El caudal ambiental por cada tramo se presenta a continuación:

Tabla 10. Caudal ambiental por tramos río Ranchería.

NOMBRE	Embalse El Cercado - Puente Guajiro	Puente Guajiro - Aut San Francisco	San Francisco [- Cuestecitas - Aut
CORRIENTE	Ranchería	Ranchería	Ranchería
Enero (m³/s)	3.1	5.9	7.5
Febrero (m³/s)	2.4	4.2	5.1
Marzo (m³/s)	2.6	4.0	4.7
Abril (m³/s)	2.4	3.8	4.2
Mayo (m³/s)	1.6	2.7	3.1
Junio (m³/s)	2.4	4.4	5.3
Julio (m³/s)	2.9	5.2	6.1
Agosto (m³/s)	2.3	4.4	5.1
Septiembre (m³/s)	2.0	4.3	5.5
Octubre (m³/s)	2.7	6.9	8.6
Noviembre (m³/s)	2.2	5.4	7.2
Diciembre (m³/s)	2.2	4.5	6.0

Nota: Considerando que la estación del IDEAM más cercana al pie del embalse se llama “EL Cercado – AUT”, pero la cantidad de información proveniente de dicha estación es insuficiente en el intervalo de 2008 al 2023, se estima los caudales ambientales a partir de la estación El Silencio, la cual es la más cercada al embalse y que cuenta con suficientes caudales medios diarios medidos.

3.3.4 Estimación de la Demanda Potencial

Para la estimación de la demanda hídrica, se plantea el cálculo de forma global y potencial, es decir, la diferencia entre la oferta total (proveniente mediante el acople de la modelación hidrológica en SWAT y los datos de salida del embalse) y los caudales medios registrados por el IDEAM, los cuales reflejarán el caudal remanente que ha quedado (en promedio) sobre el río después del uso de usuarios del recurso hídrico (ya sean formales o informales).

$$Demanda\ Potencial = Oh_{Total} - Q_{remanente}$$

Donde,

Demanda Potencia: Demanda hídrica potencial, total entre tramo de análisis, donde se compila el posible uso del agua de usuarios formales e informales.

Oh_{Total} : Oferta hídrica total en condiciones medias, expresado en caudal medio diario.

$Q_{remanente}$: Caudal promedio diario en cada estación de análisis, monitoreado por IDEAM.

Para el tramo desde El Embalse el Cercado hasta la Estación Puente Guajiro:

Se ilustra a continuación los caudales monitoreados por el IDEAM en las estaciones de interés:

Figura 27. Caudales promedios medidos en Estación El Silencio (cercana a pie de presa del Embalse El cercado). (IDEAM, 2023).

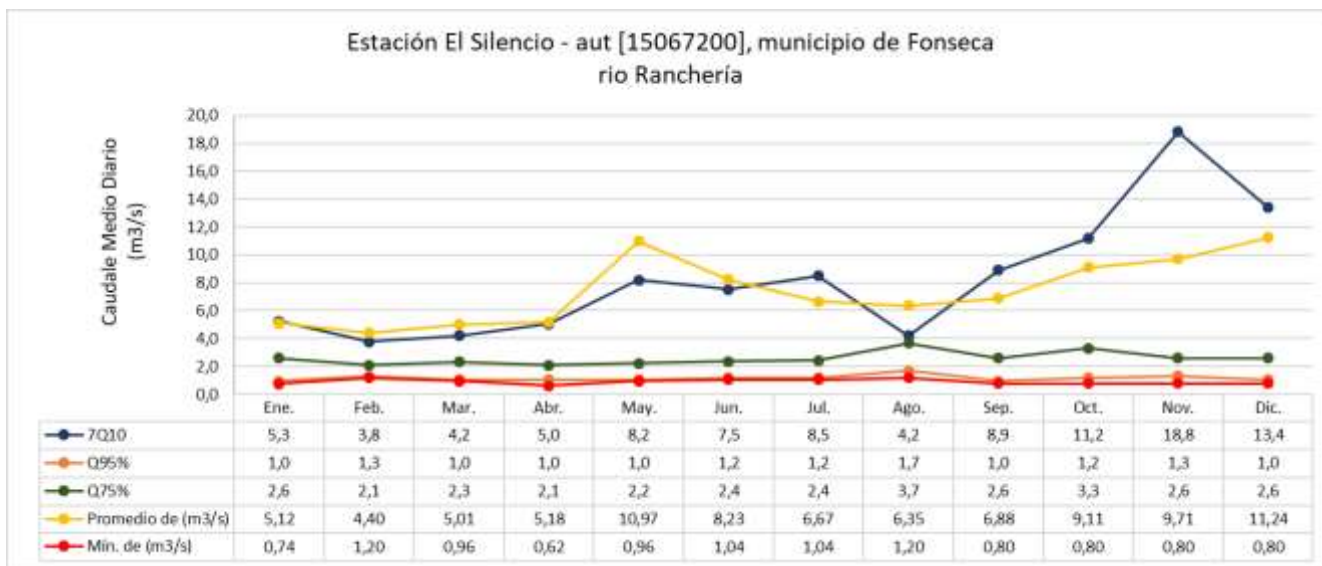


Figura 28. Caudales promedios medidos en Estación El Puente Guajiro. (IDEAM, 2023)

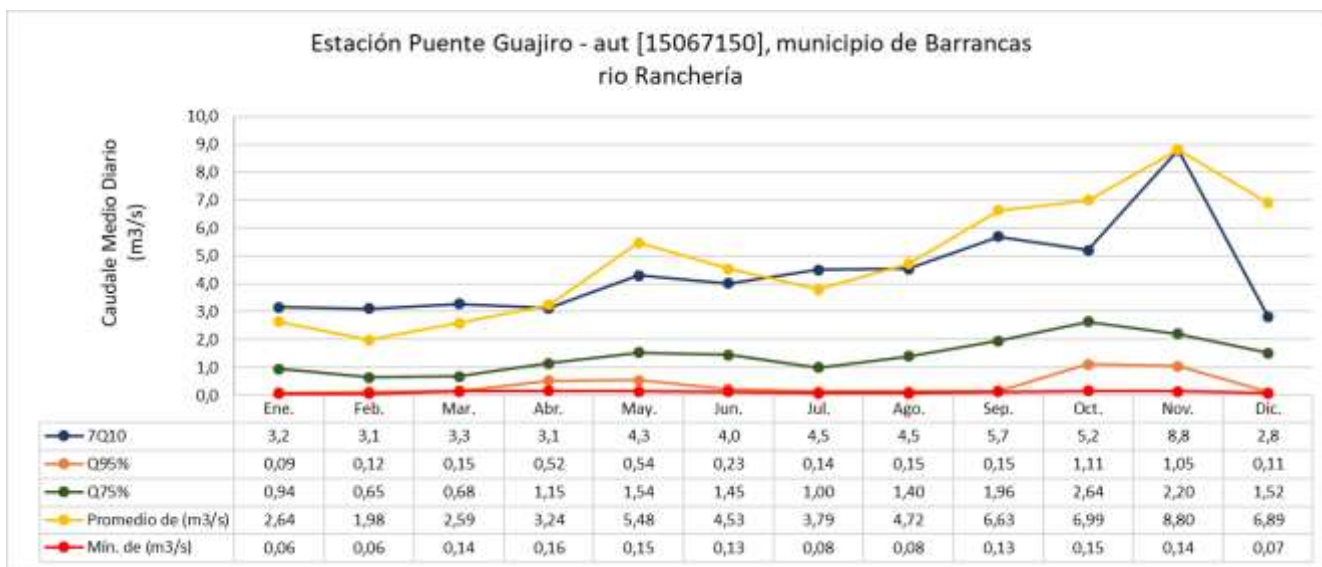


Figura 29. Oferta Hídrica Disponible versus Demanda Potencial Hídrica en tramo El Puente Guajiro – Tramo Embalse Cercado – Estación Pte Guajiro.

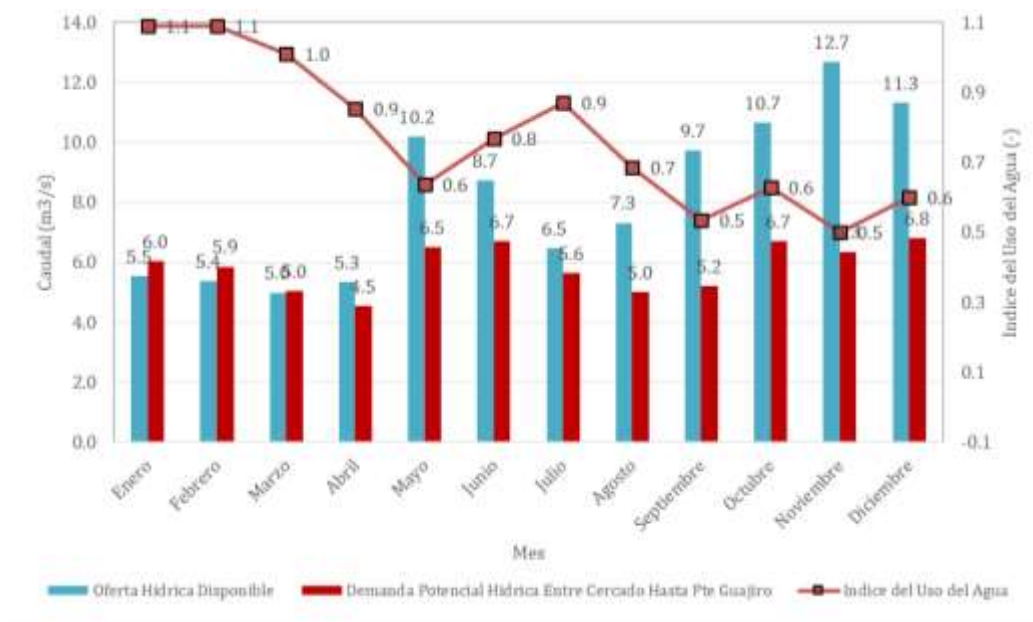
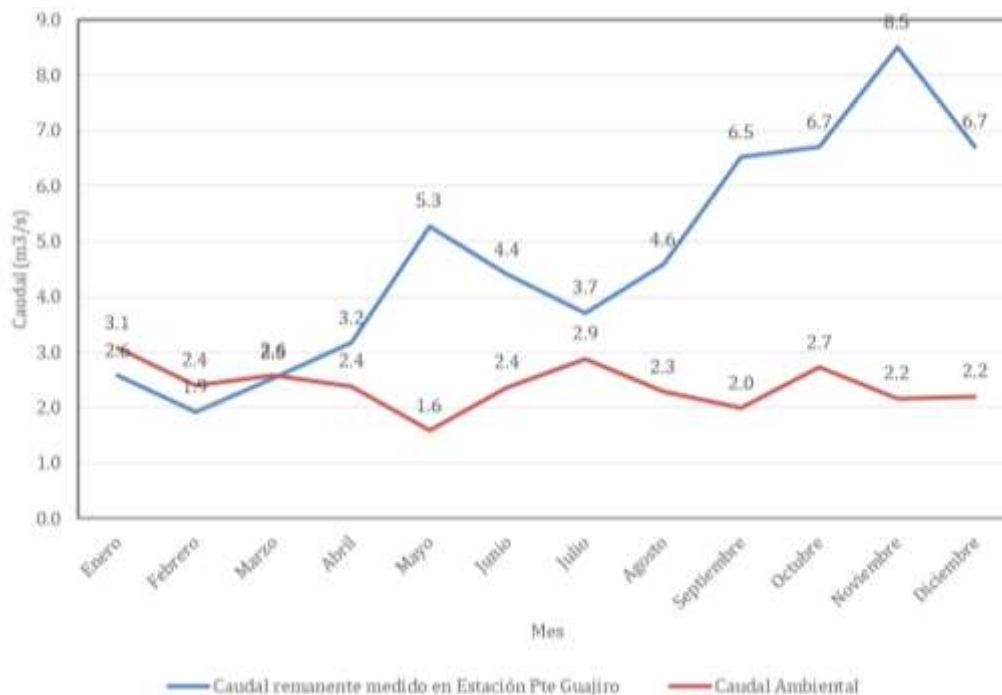


Figura 30. Comparación caudal remanente (observado por IDEAM) versus caudal ambiental – Tramo Embalse Cercado – Estación Pte Guajiro.



De las gráficas anteriores se puede apreciar varios aspectos: inicialmente, en los meses de enero y febrero el caudal remanente, es decir, el caudal medido por las estaciones del IDEAM en el tramo compuesto por la estación Puente Guajiro y San Francisco es menor si se compara con los caudales ambientales, los cuales están ligados a los percentiles recomendados por el instrumento de planificación de la Autoridad Ambiental. A su vez, respecto al Tramo 1 se observa que esta aproximación es congruente con el análisis espacial, dado que se aprecia una importante concentración de captaciones de agua superficial del recurso hídrico; la demanda potencial se establece con un caudal promedio anual de 5,9 m3/s.

Por otra parte, al estimar el índice del Uso del Agua -IUA- (el cual es la división entre la demanda hídrica potencial y la oferta hídrica disponible) se detalla que, para los meses de enero, febrero, marzo, abril, junio y julio en el tramo 1 hay tiene un índice superior a 0.80, implicando una alta presión sobre el recurso hídrico en dicha zona; considerando el marco de la emergencia, se recomienda la revisión de concesiones y usuarios del recurso hídrico en dicho tramo dado que la elevada presión antrópica sobre el cuerpo de agua en el tramo en mención.

Para el tramo desde Estación Puente Guajiro hasta la Estación San Francisco:

Figura 31. Caudales promedios medidos en Estación San Francisco. (IDEAM, 2023).

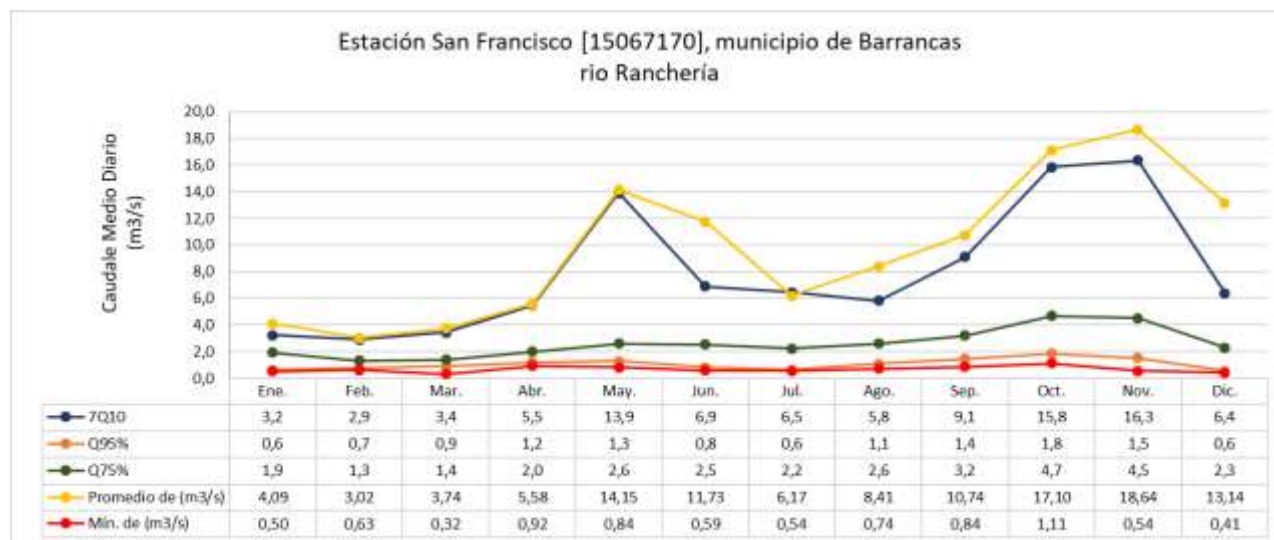


Figura 32. Caudales promedios medidos en Estación El Puente Cuestecitas. (IDEAM, 2023).

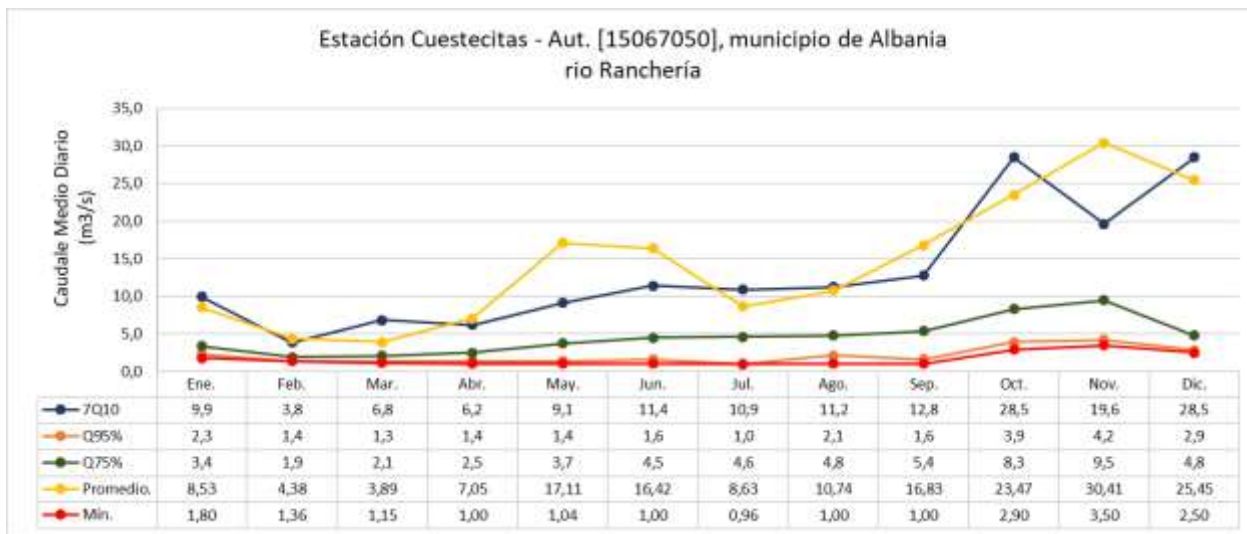


Figura 33. Comparación oferta hídrica disponible versus demanda potencial Tramo entre Estación Pte Guajiro y Estación San Francisco.

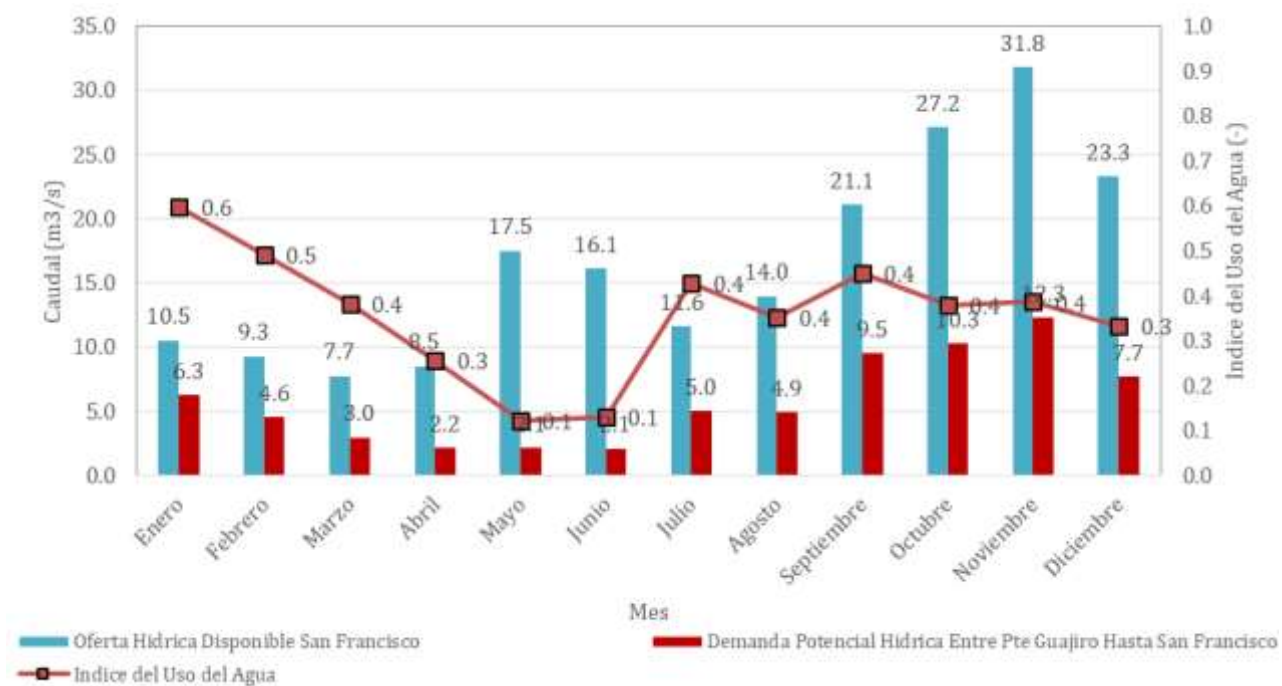
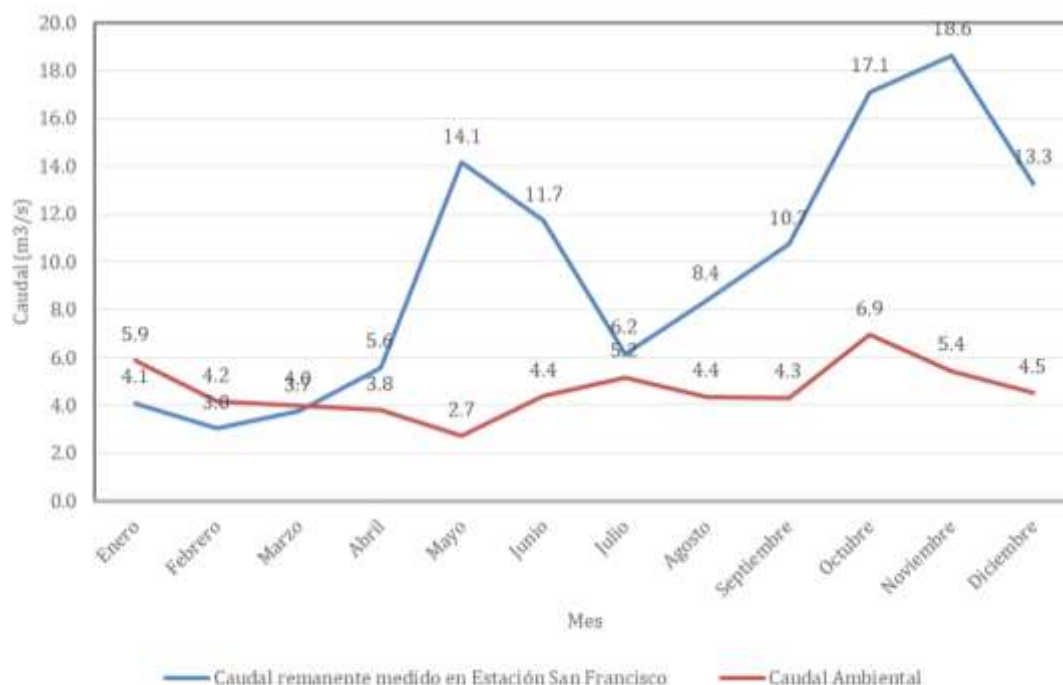


Figura 34. Comparación caudal remanente (observado por IDEAM) versus caudal ambiental – Tramo Estación Pte Guajiro – Estación San Francisco.



Respecto al tramo 2 de Análisis, si bien la estimación de la demanda hídrica potencial es una magnitud global a nivel de tramo, se cuantifica una demanda promedio anual de 5,8 m³/s; teniendo en cuenta que no se evidencia una amplia concentración de usuarios visualizados espacialmente (captaciones identificadas previamente por la Autoridad Ambiental), se puede concluir un sub registro en la identificación de usuarios del recurso hídrico, implicando necesaria la revisión de las concesiones autorizadas por parte de Corpoguajira en el tramo y la revisión en campo mediante un censo de usuarios actualizado, que permita identificar los usuarios que permitan representar la cantidad de agua demandada.

Para el tramo desde la Estación San Francisco hasta la Estación Cuestecitas:

Figura 35. Comparación oferta hídrica disponible versus demanda potencial Tramo entre Estación San Francisco. – Estación Cuestecitas.

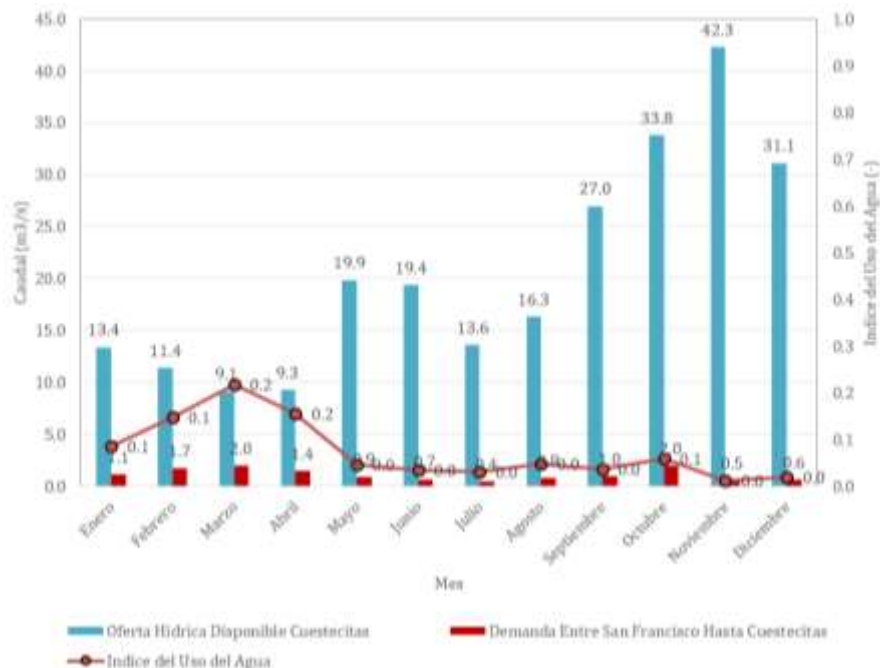
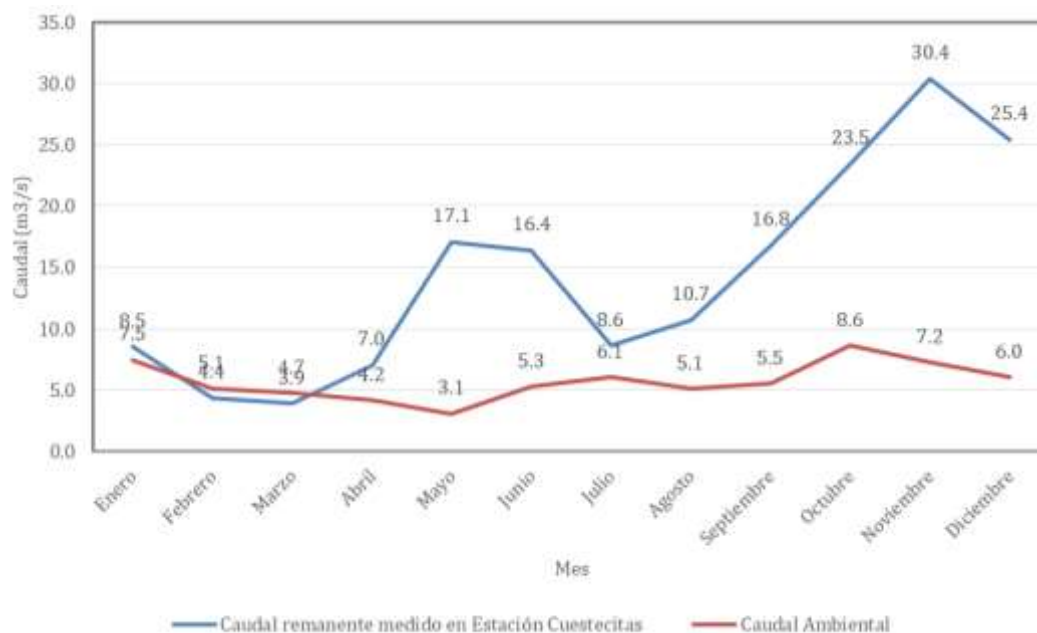


Figura 36. Comparación caudal remanente (observado por IDEAM) versus caudal ambiental – Tramo Estación San Francisco – Estación Cuestecitas.



Finalmente, para el tercer tramo de interés, (compuesto entre las estaciones San Francisco y Cuestecitas), se cuantifica una demanda hídrica potencial de 1,1 m³/s, asimismo, la oferta hídrica disponibles mayor dada la confluencia de tributarios como el arroyo Bruno y el río Cerrejón (acorde a nomenclatura IGAC).

A continuación, se presenta el análisis de oferta total, oferta hídrica disponible y caudales ambientales para las demás cuencas relevantes del departamento de la Guajira; es importante señalar, que dichas cuencas no cuentan con ejercicios de modelación (como el recreado por ANLA para el río Ranchería) y no cuentan con la misma cantidad de densidad de estaciones hidrológicas, por lo tanto, se establece el cálculo del caudal ambiental mediante el Q95 de las curvas de duración mensuales analizadas de las estaciones hidrológicas.

3.4 Análisis del Cuenca del río Tapias

– Estación Puente Bomba

Figura 37. Estimación caudales medios (observado por IDEAM) Estación Puente Bomba – Río Tapias. (IDEAM, 2023).

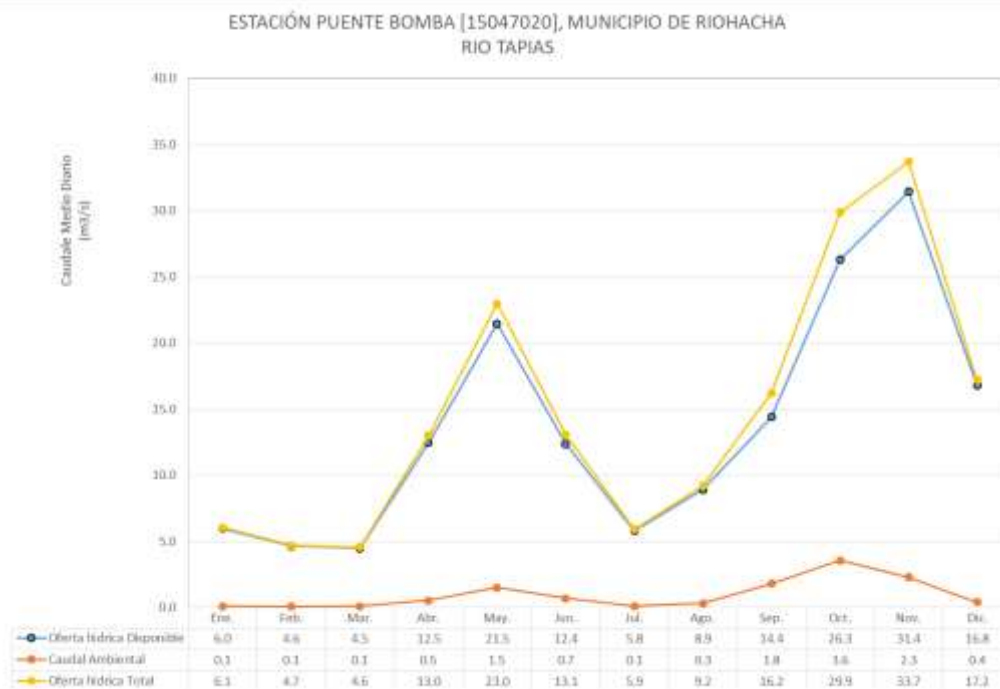
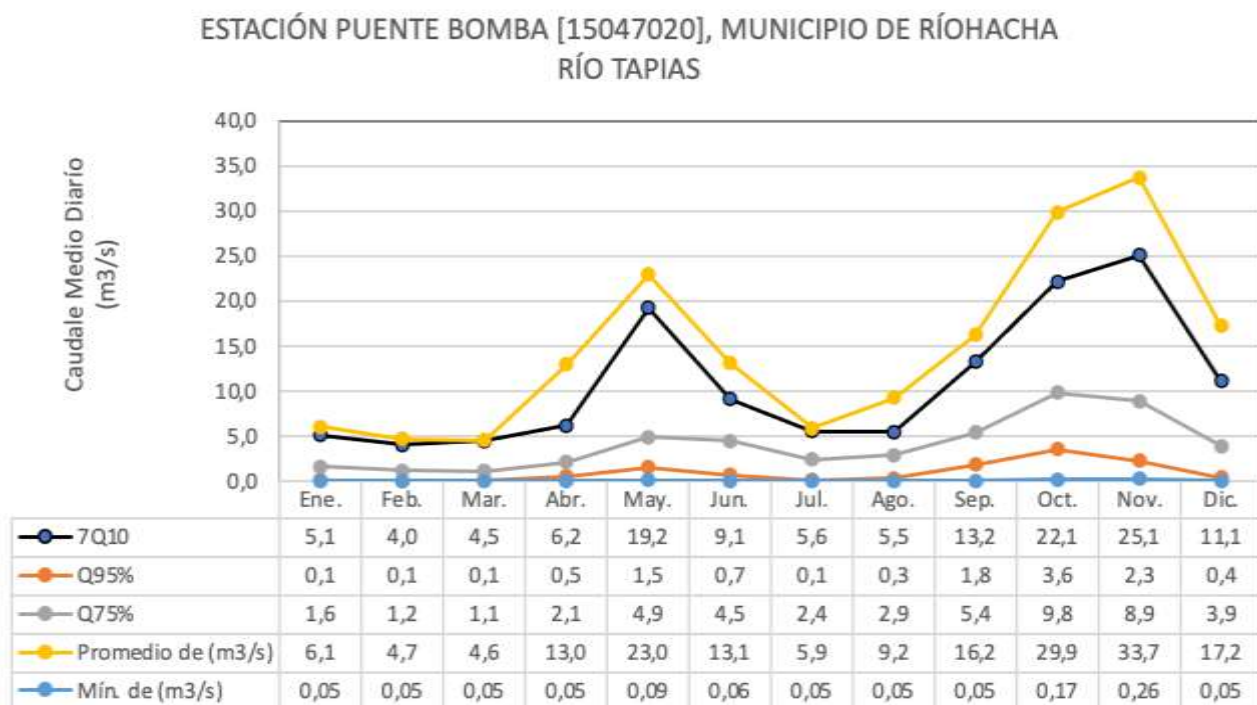


Figura 38. Estimación Oferta Hídrica total, oferta hídrica disponible y caudal ambiental a partir de datos observados en Estación Puente Bomba – Río Tapias.

3.5 Análisis del Cuenca del río Ancho

– Estación Ancho:

Figura 39. Estimación caudales medios (observado por IDEAM) Estación Ancho – Río Ancho. (IDEAM, 2023).

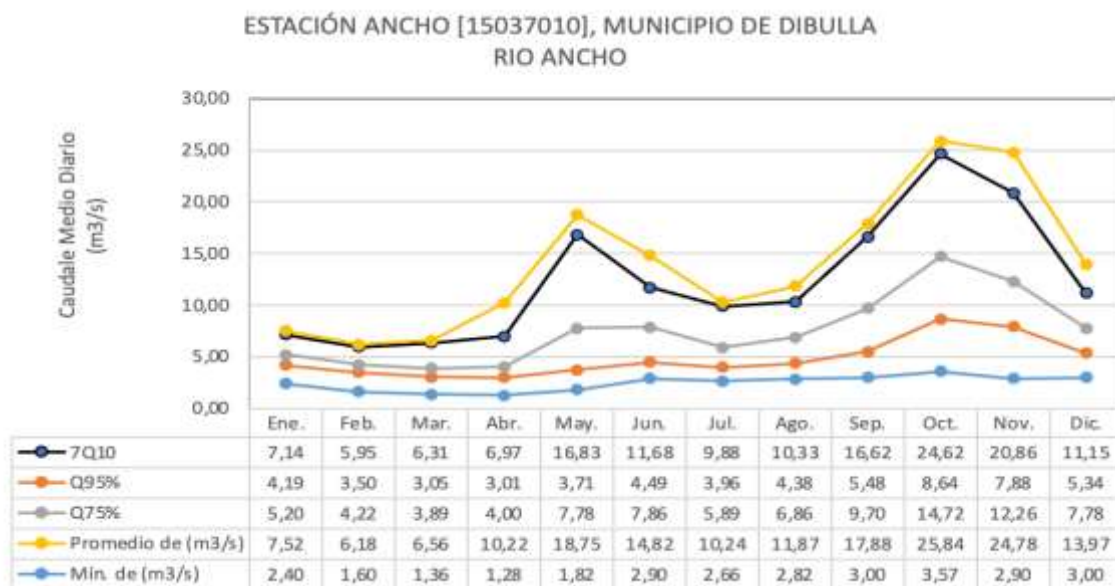
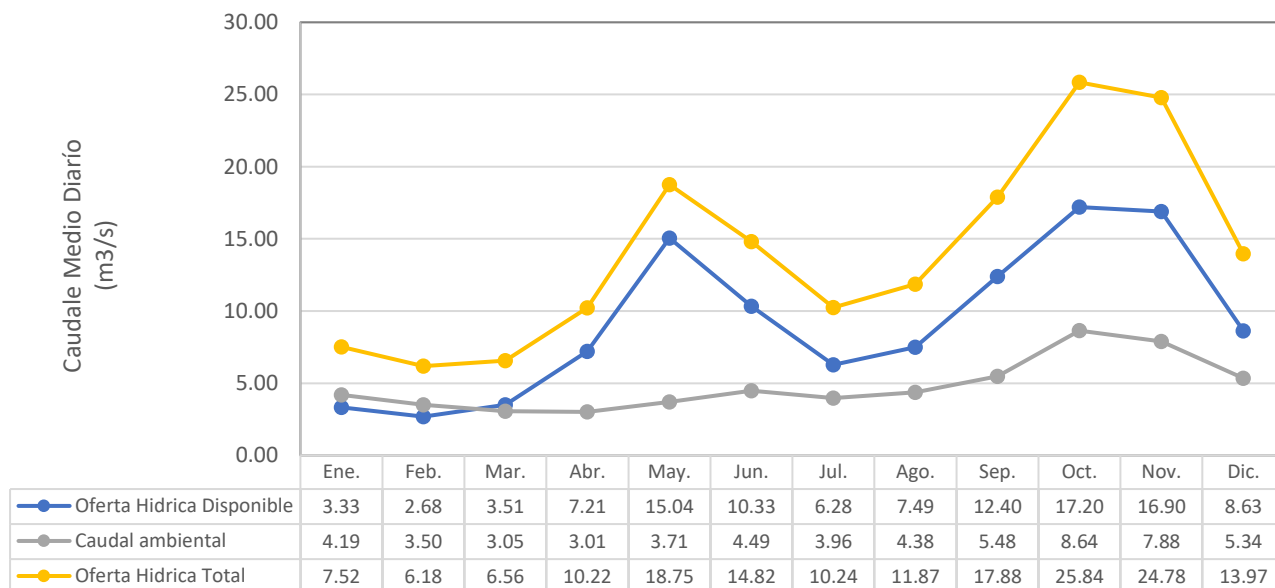


Figura 40. Estimación Oferta Hídrica total, oferta hídrica disponible y caudal ambiental a partir de datos observados en Estación Ancho.



3.6 Análisis del Cuenca del río Alto Cesar

– Estación Corral de Piedra

Figura 41. Estimación caudales medios (observado por IDEAM) Estación Corral de Piedra. (IDEAM, 2023).

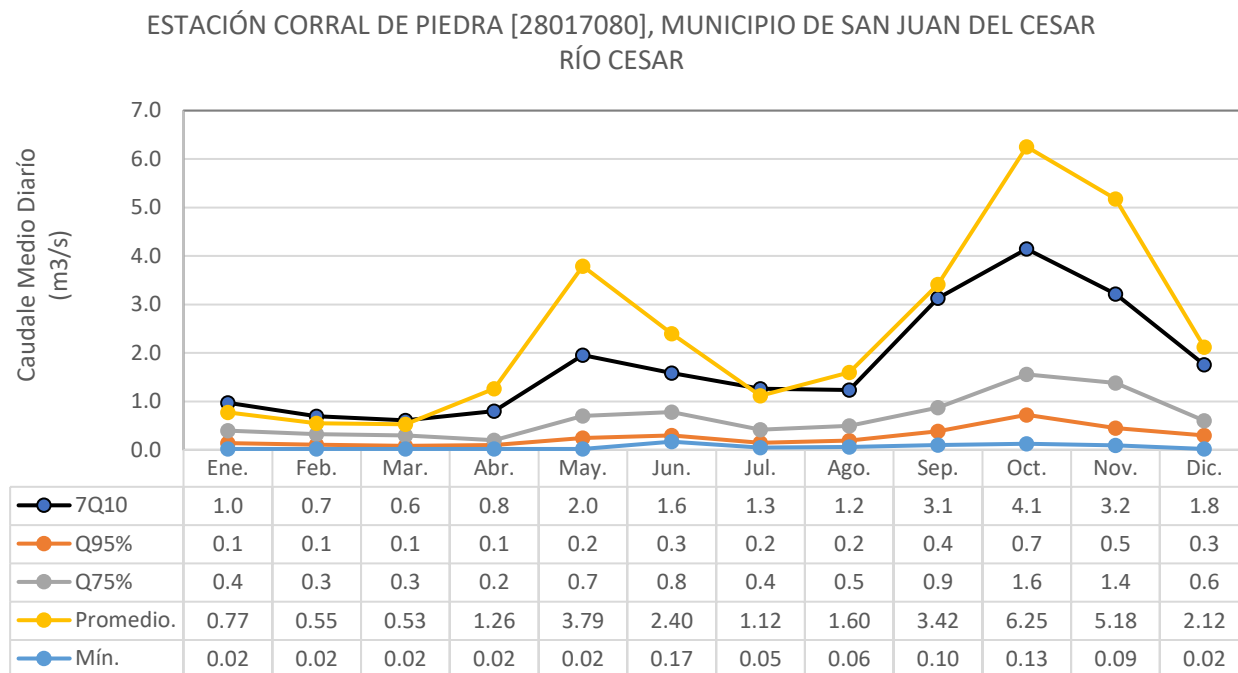
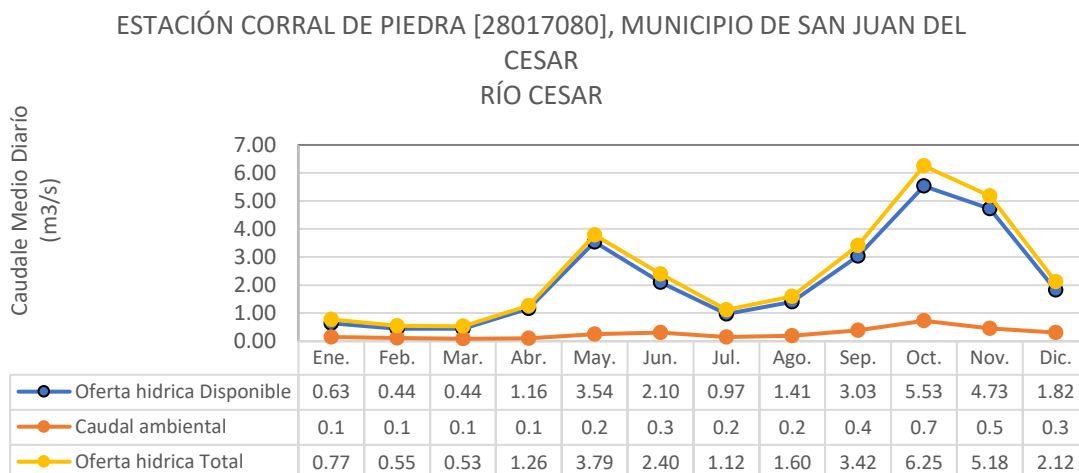


Figura 42. Estimación Oferta Hídrica total, oferta hídrica disponible y caudal ambiental a partir de datos observados en Estación Corral de Piedra.



3.7 Análisis del Cuenca del río Cañas

– Estación Mingueo

Figura 43. Estimación caudales medios (observado por IDEAM) Estación Mingueo. (IDEAM, 2023).

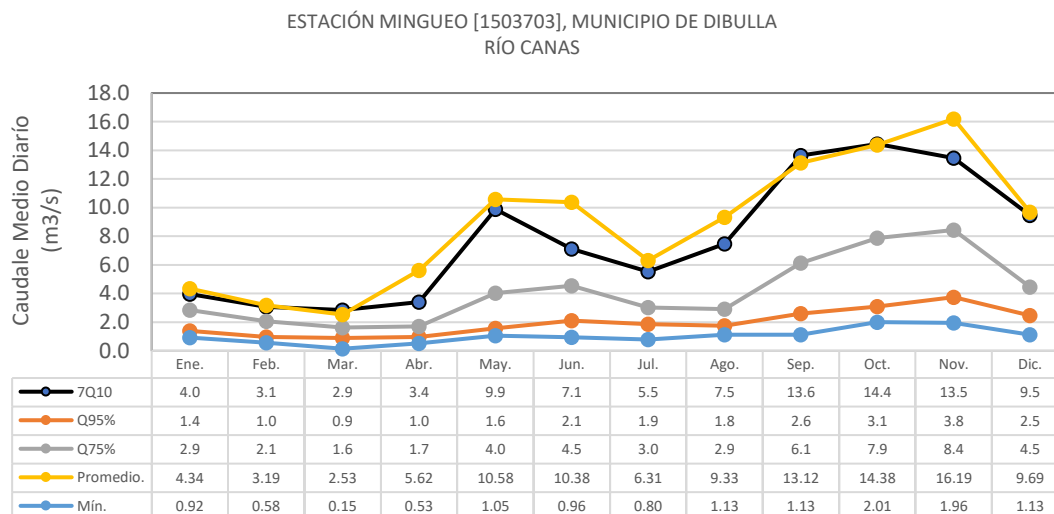
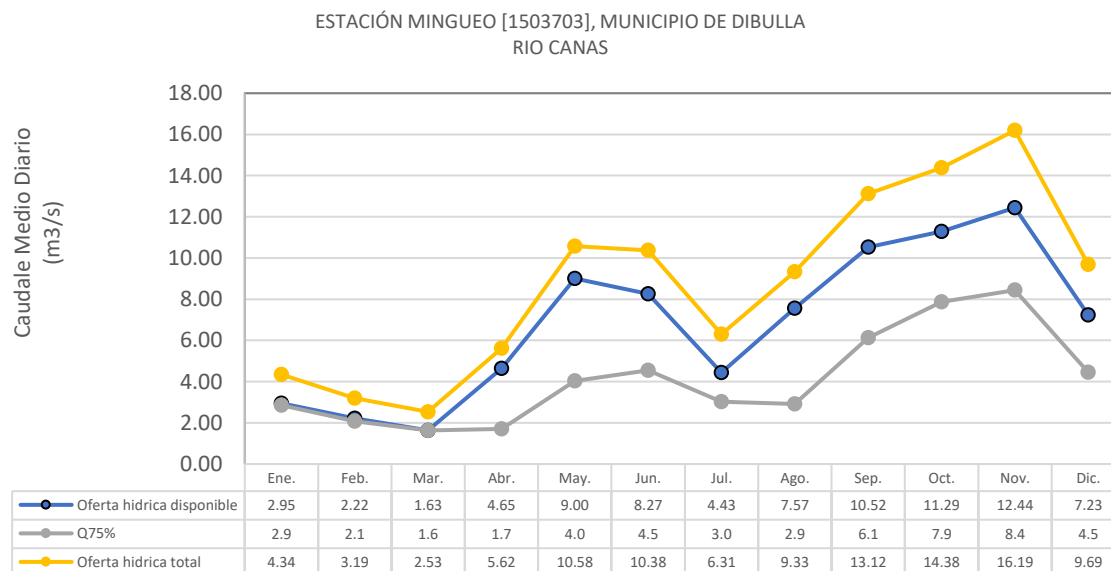


Figura 44. Estimación Oferta Hídrica total, oferta hídrica disponible y caudal ambiental a partir de datos observados en Estación Mingueo.



3.8 Análisis del Cuenca río Carraipia

– Estación Carraipia

Figura 45. Estimación caudales medios (observado por IDEAM) Estación Carraipia. (IDEAM, 2023).

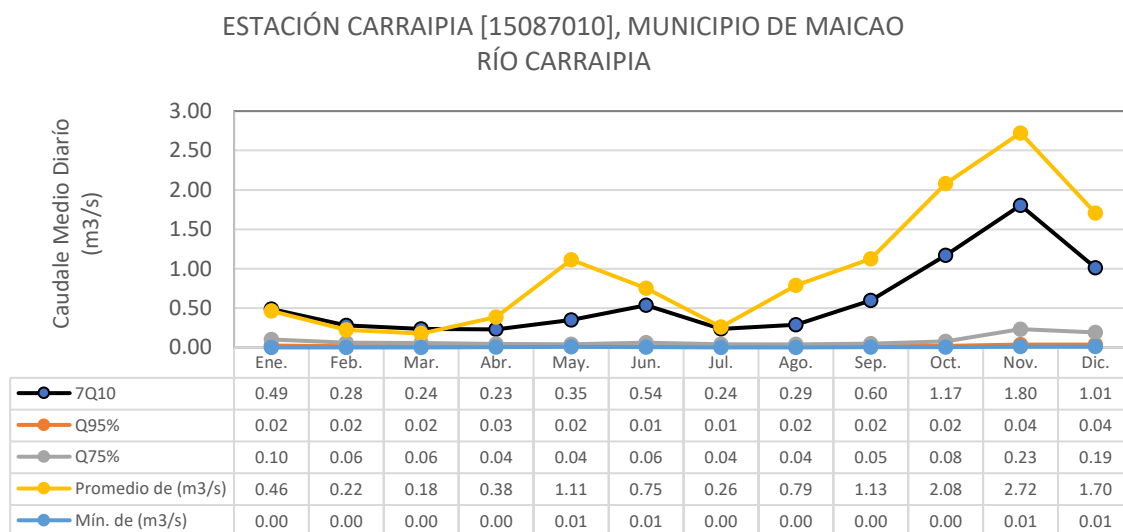
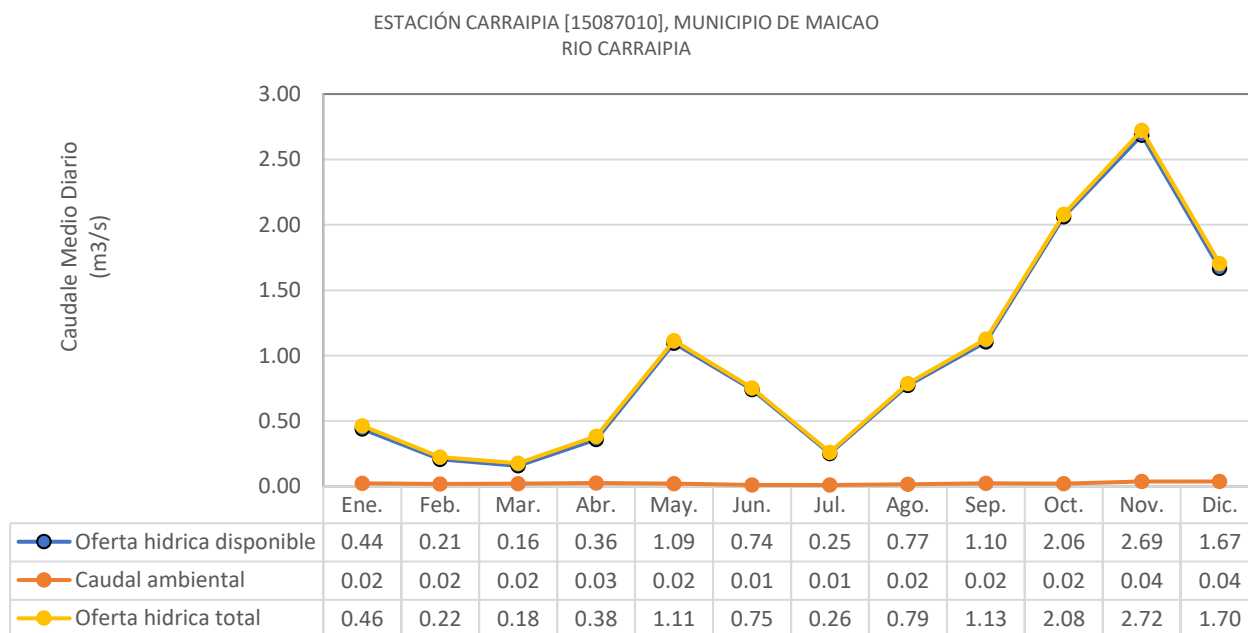


Figura 46. Estimación Oferta Hídrica total, oferta hídrica disponible y caudal ambiental a partir de datos observados en Estación Carraipia.



3.9 Análisis del Cuenca río Camarones

Figura 47. Estimación caudales medios Río Camarones. (IDEAM, 2023).

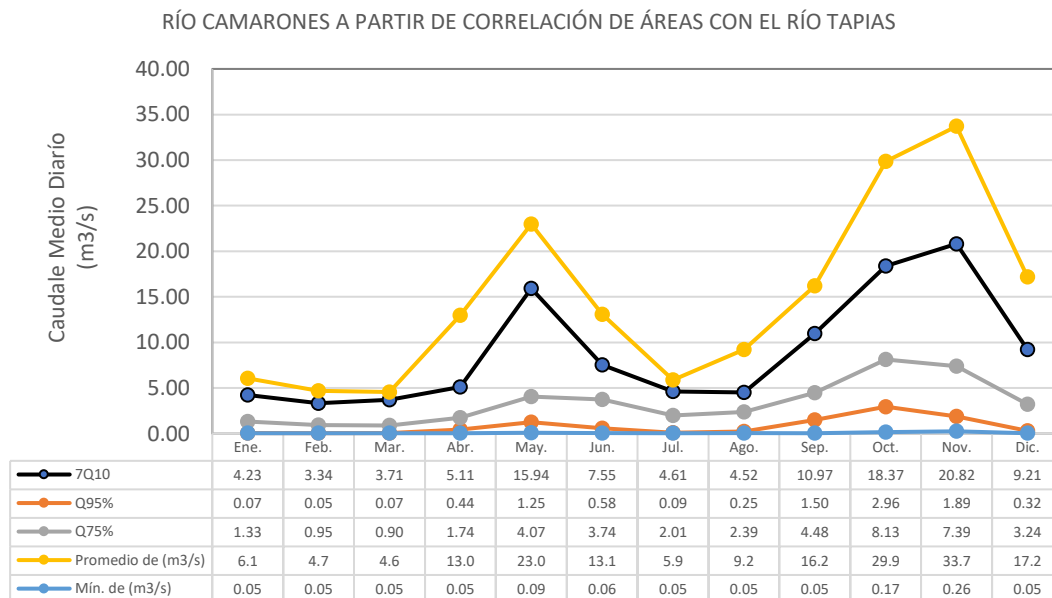
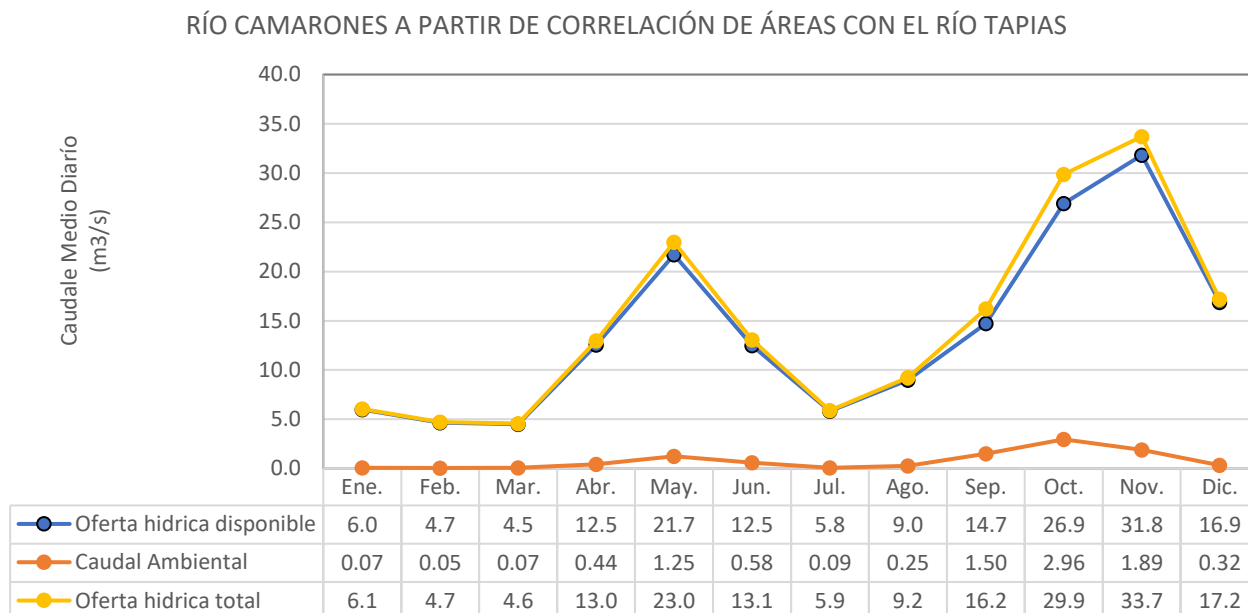


Figura 48. Estimación Oferta Hídrica total, oferta hídrica disponible y caudal ambiental Río Camarones. (IDEAM, 2023).



3.10 Análisis del Cuenca río Jerez

Figura 49. Estimaciones caudales medios Río Jerez. (IDEAM, 2023).

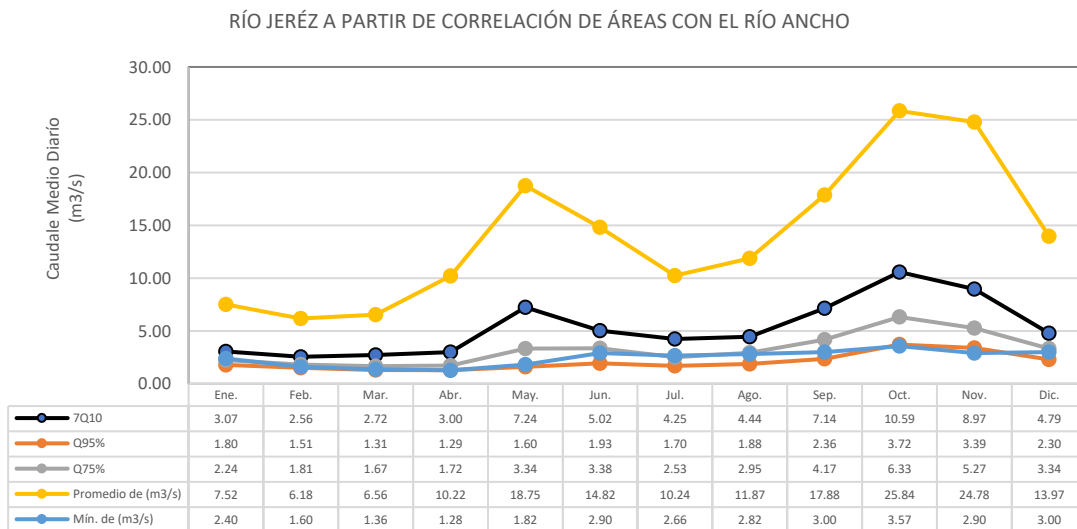
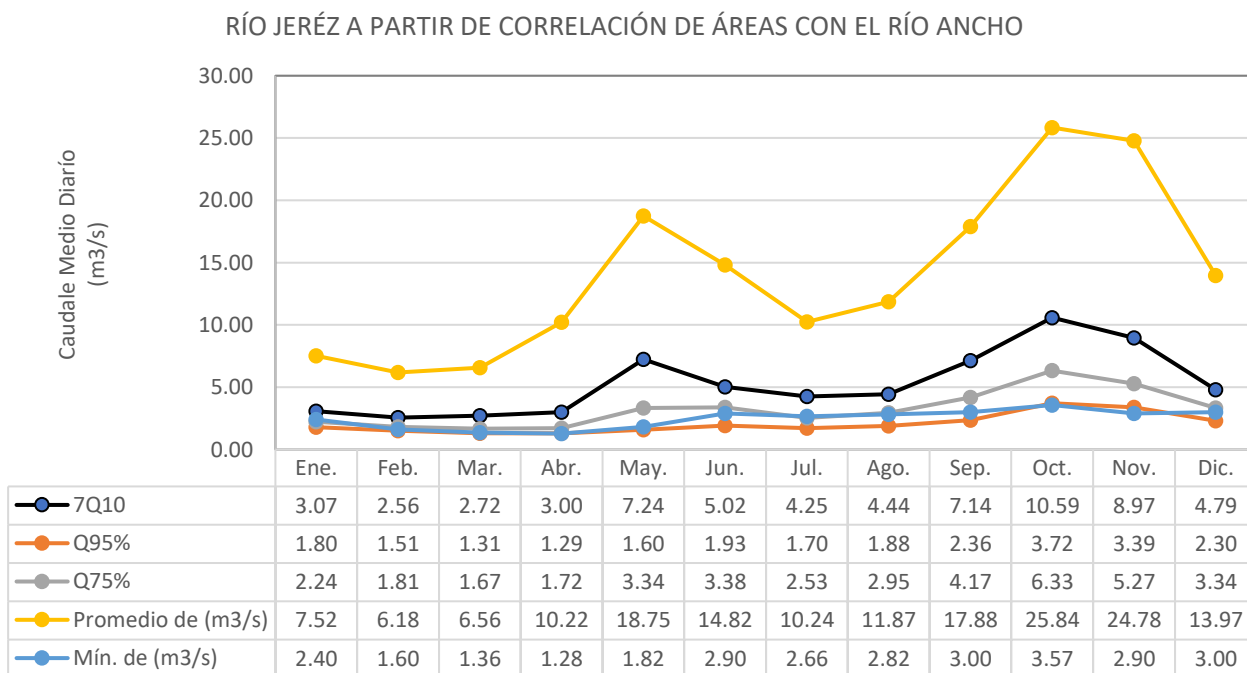
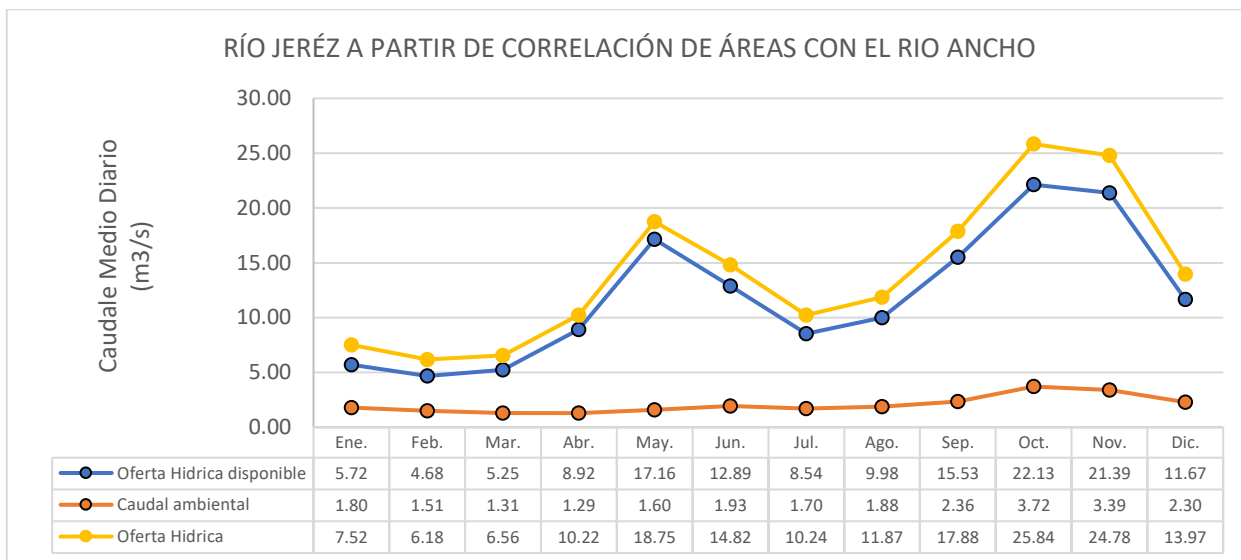


Figura 50. Estimación Oferta Hídrica total, oferta hídrica disponible y caudal ambiental Río Jerez. (IDEAM, 2023).





3.11 Posibilidades de abastecimiento basado en la oferta del río Ranchería para el abastecimiento.

Acorde a las estimaciones de Demanda Futura de Acueductos efectuadas por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio – MVCT-, se estima la demanda proyectada para el año 2048 para acueductos, con un orden de magnitud de 1.177 m³/s, distribuidos en los siguientes municipios:

Tabla 11. Estimación demanda futura consumo doméstico Departamento de la Guajira.

Municipio	Caudal (L/s)
Albania	57,8
Barrancas	114,2
Distracción	36,4
Fonseca	120,1
Hatonuevo	63,9
Maicao	569,8
Manaure	45,9
San Juan	114,0
Uribe	54,7
Total	1.177

Fuente: MVCT, 2023.

Donde los municipios cuantificados están en la parte baja, media y alta del Departamento de la Guajira. Es menester considerar que, según estimaciones de MVCT actualmente las fuentes actuales proveen 0.722 m³/s para abastecimiento doméstico, y se requeriría un caudal complementario estimado en 0.455 m³/s. Considerando que

el análisis de oferta hídrica disponible parte de descontar los caudales medidos a la salida del embalse (oferta hídrica total) y el caudal ambiental, de forma conservadora se compara la oferta hídrica disponible con el caudal requerido para provisionamiento domestico total de los municipios en mención:

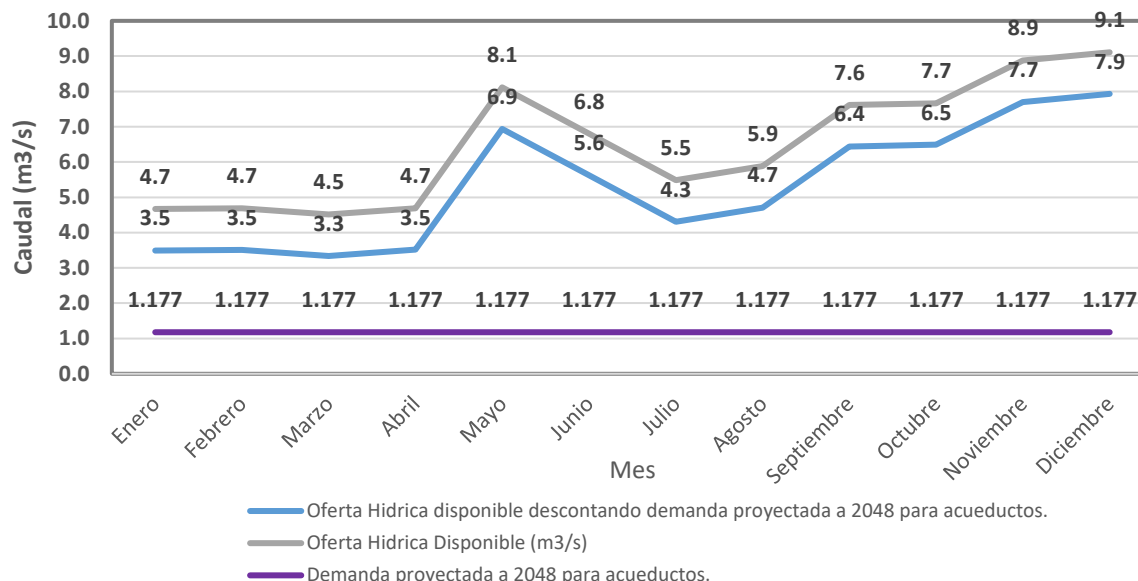


Figura 51. Comparación oferta hídrica disponible versus demanda proyectada 2048 para consumo doméstico. (IDEAM, 2023).

La grafica anterior ilustra que la oferta hídrica disponible a pie del embalse el Cercado permitiría satisfacer la demanda doméstica para los municipios referidos en la parte baja, media y alta del departamento de la Guajira y quedaría un caudal disponible para diferentes usuarios del recurso hídrico, el cual la Autoridad Ambiental deberá gestionar de forma eficiente acorde a las prioridades de uso. Se presenta de forma tabular la información presentada:

Tabla 12. Comparación Oferta hídrica disponible, demanda futura consumo doméstico.

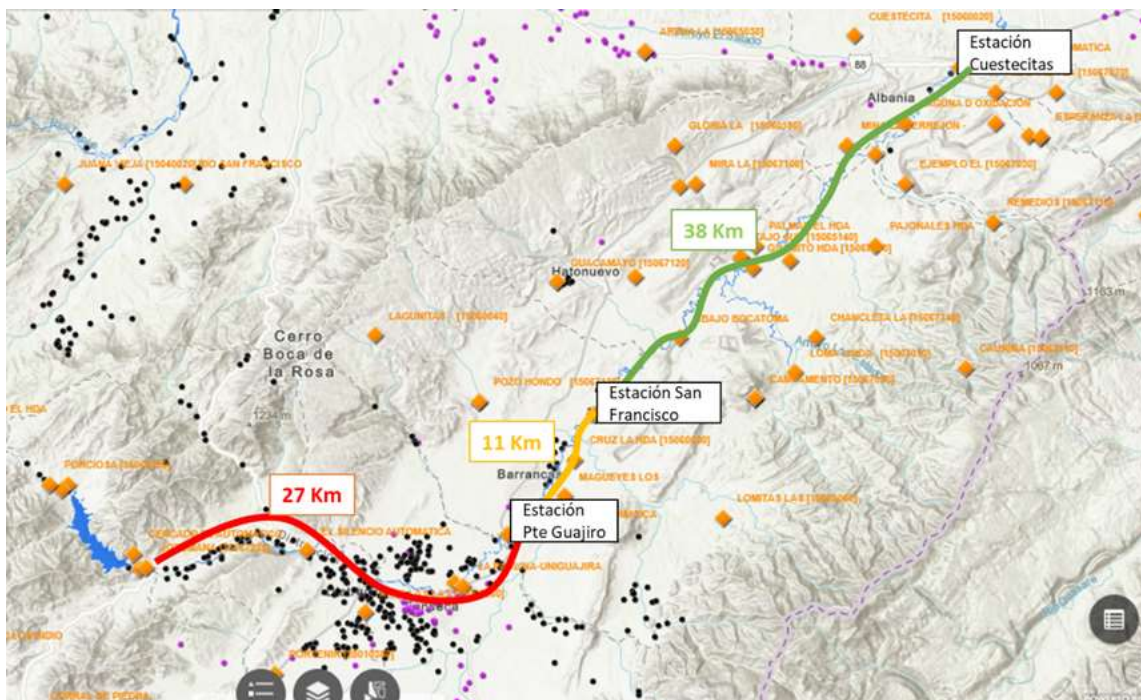
Mes	Oferta Hídrica Disponible (m³/s)	Demanda proyectada a 2048 para acueductos (m³/s)	Oferta Hídrica disponible descontando demanda proyectada a 2048 para acueductos. (m³/s)
Enero	4.7	1.177	3.5
Febrero	4.7	1.177	3.5
Marzo	4.5	1.177	3.3
Abril	4.7	1.177	3.5
Mayo	8.1	1.177	6.9
Junio	6.8	1.177	5.6
Julio	5.5	1.177	4.3
Agosto	5.9	1.177	4.7

Mes	Oferta Hídrica Disponible (m³/s)	Demanda proyectada a 2048 para acueductos (m³/s)	Oferta Hídrica disponible descontando demanda proyectada a 2048 para acueductos. (m³/s)
Septiembre	7.6	1.177	6.4
Octubre	7.7	1.177	6.5
Noviembre	8.9	1.177	7.7
Diciembre	9.1	1.177	7.9

3.12 Conclusiones asociadas al ejercicio de oferta hídrica superficial total, disponible y caudal ambiental.

Del ejercicio de análisis, modelación hidrológica realizada hay que considerar los siguientes aspectos:

1. Los caudales estimados para los diferentes tramos de estudio utilizan del percentil sugerido por la modelación hidrológica del embalse El Cercado, compilada dentro del POMCA del río Ranchería; dicha simulación fue utilizando la consideración de servicio ecosistémico de aprovisionamiento.
2. Para el análisis del río Ranchería, se utilizó una articulación entre modelación hidrológica y análisis de datos históricos a pie del embalse, donde la escorrentía utilizada desde el embalse El Cercado hasta la estación Cuestecitas fue abstraída de la modelación hidrológica - SWAT recreada por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA; dicha escorrentía fue sumada a los caudales medios históricos descargados del embalse, con la finalidad de recrear la oferta total en el cuerpo de agua.
3. Para el río Ranchería se estimó la oferta hídrica total, oferta hídrica disponible, caudal ambiental y demanda hídrica potencial expresada en tramos, donde i) Tramo 1 comprende desde El embalse El Cercado hasta estación Puente Guajiro, ii) Tramo 2 comprende desde estación Puente Guajiro hasta la Estación San Francisco y iii) Tramo 3 desde la Estación San Francisco hasta la Estación Cuestecitas.



4. En los meses de enero y febrero el caudal remanente, es decir, el caudal medido promedio mensual por las estaciones del Ideam en el tramo compuesto por la estación Pte Guajiro y San Francisco es menor si se compara con los caudales ambientales, los cuales están ligados a los percentiles recomendados por el instrumento de planificación de la Autoridad Ambiental.
5. La estimación de la demanda hídrica potencial se recreó mediante la diferencia entre la oferta total y el caudal medio mensual monitoreado por el Ideam en cada estación de análisis, es decir con los datos medidos en las estaciones Pte Guajiro, San Francisco y Cuestecitas; respecto al Tramo 1 se observa que esta aproximación es congruente con el análisis espacial, dado que se aprecia una importante concentración de captaciones de agua superficial del recurso hídrico; la demanda potencial se establece con un caudal promedio anual de 5,9 m³/s.
6. Al estimar el índice del Uso del Agua -IUA- (el cual es la división entre la demanda hídrica potencial y la oferta hídrica disponible) se detalla que, para los meses de enero, febrero, marzo, abril, junio y julio en el tramo 1 hay tiene un índice superior a 0.80, implicando una alta presión sobre el recurso hídrico en dicha zona; considerando el marco de la emergencia, se recomienda la revisión de concesiones y usuarios del recurso hídrico en dicho tramo dado que la elevada presión antrópica sobre el cuerpo de agua en el tramo en mención.
7. Si bien la estimación de la demanda hídrica potencial es una magnitud global a nivel de tramo, respecto al tramo 2 (Entre Pte Guajiro y San Francisco) se cuantifica una demanda promedio anual de 5,8 m³/s; teniendo en cuenta que no se evidencia una amplia concentración de usuarios visualizados espacialmente (captaciones identificadas previamente por la Autoridad Ambiental), se puede concluir un sub registro en la identificación de usuarios del recurso hídrico, implicando necesaria la revisión de las concesiones autorizadas

por parte de Corpoguajira en el tramo y la revisión en campo mediante un censo de usuarios actualizado, que permita identificar los usuarios que permitan representar las cantidades de agua demandadas.

8. En el tramo 3 (compuesto entre las estaciones San Francisco y Cuestecitas), se cuantifica una demanda hídrica potencial de 1,1 m³/s.
9. Si se compara la oferta hídrica disponible (diferencia entre la oferta total y el caudal ambiental) con la demanda hídrica potencial, se puede concluir que la menor oferta disponible es la ubicada en el tramo 1 de análisis.
10. Respecto a las demás cuencas de análisis en el departamento de la Guajira, es fundamental recomendar el aumento en el monitoreo de la zona, dado que solo se cuenta con una estación representativa con la suficiente cantidad de datos que permita estimar caudales promedio y caudales ambientales por cuenca; el ejercicio de análisis en el río Ranchería ilustra una comparación por tramos, en donde se puede contrastar demandas potenciales al comparar ejercicios de modelación con varias estaciones hidrológicas, aspecto carente en las demás cuencas de análisis (las cuales solamente se logró estimar los caudales ambientales utilizando únicamente el registro histórico proveniente del IDEAM).

Datos consolidados de Oferta estimada y caudal ambiental

Se presenta a continuación la oferta hídrica disponible para el mes más crítico :

Tabla 13. oferta hídrica disponible para el mes más crítico.

Cuenca	Rio Ranchería			Rio Tapias	Rio Jerez	Rio Carraipia	Rio Cañas	Rio Camarones	Rio Alto Cesar	Rio Ancho
	Ranchería (Tramo Entre Embalse el Cercado - Pte Guajiro)	Ranchería (Tramo Entre Pte Guajiro - San Francisco)	Ranchería (Tramo Entre San Francisco - Cuestecitas)							
Mes con menor Oferta hídrica Disponible	Marzo	Marzo	Marzo	Marzo	Febrero	Marzo	Marzo	Marzo	Febrero	Febrero
La Oferta Hídrica disponible en el mes más crítico es (m ³ /s):	4.99	7.74	9.15	4.48	4.68	0.16	1.63	4.50	0.44	2.68

Asimismo, se presenta la oferta hídrica disponible a nivel mensual:

Tabla 14. Oferta hídrica disponible a nivel mensual.

Cuenca	Mes	Ranchería			Rio Tapias	Rio Jerez	Rio Carraipia	Rio Cañas	Rio Camarones	Rio Alto Cesar	Rio Ancho
		Ranchería (Tramo Entre Embalse el Cercado - Pte Guajiro)	Ranchería (Tramo Entre Pte Guajiro - San Francisco)	Ranchería (Tramo Entre San Francisco - Cuestecitas)							
La Oferta Hídrica disponible es (m3/s):	Enero	5.53	10.54	13.39	5.97	5.72	0.44	2.95	5.98	0.63	3.33
	Feb	5.37	9.28	11.39	4.64	4.68	0.21	2.22	4.65	0.44	2.68
	Mar	4.99	7.74	9.15	4.48	5.25	0.16	1.63	4.50	0.44	3.51
	Abril	5.33	8.50	9.28	12.46	8.92	0.36	4.65	12.55	1.16	7.21
	Mayo	10.20	17.51	19.85	21.46	17.16	1.09	9.00	21.72	3.54	15.04
	Junio	8.72	16.13	19.40	12.38	12.89	0.74	8.27	12.49	2.10	10.33
	Julio	6.47	11.63	13.62	5.80	8.54	0.25	4.43	5.81	0.97	6.28
	Ago	7.31	13.98	16.35	8.92	9.98	0.77	7.57	8.97	1.41	7.49
	Sept	9.73	21.11	26.98	14.41	15.53	1.10	10.52	14.72	3.03	12.40
	Oct	10.66	27.15	33.80	26.30	22.13	2.06	11.29	26.91	5.53	17.20
	Nov	12.68	31.82	42.29	31.43	21.39	2.69	12.44	31.81	4.73	16.90
	Dic	11.31	23.28	31.13	16.82	11.67	1.67	7.23	16.88	1.82	8.63

Para efectos de seguimiento, se debe tener en cuenta que el caudal medido en las estaciones del Ideam no puede ser menor al caudal ambiental; en caso de ser menor, implicaría que la demanda hídrica es mayor que la oferta hídrica disponible para cada tramo de análisis (en el caso del río Ranchería). En este caso, se recomienda que la Autoridad Ambiental efectúe revisión de los usuarios del recurso hídrico en los tramos de análisis (para el caso del río Ranchería) o a nivel de cuenca para los demás ríos del Departamento de Guajira. Se presenta a continuación el caudal ambiental para el mes más crítico en términos de oferta hídrica disponible (menor caudal mensual disponible en promedio):

Tabla 15. Valores de referencia para efectos de seguimiento.

Cuenca	Rio Ranchería			Rio Tapias	Rio Jerez	Rio Carraipia	Rio Cañas	Rio Camarones	Rio Alto Cesar	Rio Ancho
	Ranchería (Tramo Entre Embalse el Cercado - Pte Guajiro)	Ranchería (Tramo Entre Pte Guajiro - San Francisco)	Ranchería (Tramo Entre San Francisco - Cuestecitas)							

Mes con menor Oferta hídrica Disponible	Marzo	Marzo	Marzo	Marzo	Febrero	Marzo	Marzo	Marzo	Febrero	Febrero
Caudal medido en estaciones Ideam (m³/s) no puede ser menor a:	2.59	4.01	4.74	0.09	1.51	0.02	0.90	0.07	0.11	3.50

Asimismo, se presenta a continuación los caudales ambientales mensuales:

Tabla 16. Caudales ambientales mensuales.

Cuenca	Mes	Ranchería			Rio Tapias	Rio Jerez	Rio Carraipia	Rio Cañas	Rio Camarones	Rio Alto Cesar	Rio Ancho
		Ranchería (Tramo Entre Embalse el Cercado - Pte Guajiro)	Ranchería (Tramo Entre Pte Guajiro - San Francisco)	Ranchería (Tramo Entre San Francisco - Cuestecitas)							
Caudal medido en estaciones Ideam (m³/s) no puede ser menor a:	Enero	3.08	5.87	7.46	0.09	1.80	0.02	1.39	0.07	0.14	4.19
	Feb	2.41	4.16	5.10	0.07	1.51	0.02	0.98	0.05	0.11	3.50
	Mar	2.59	4.01	4.74	0.09	1.31	0.02	0.90	0.07	0.08	3.05
	Abril	2.39	3.81	4.15	0.53	1.29	0.03	0.98	0.44	0.10	3.01
	Mayo	1.58	2.72	3.08	1.50	1.60	0.02	1.58	1.25	0.25	3.71
	Junio	2.37	4.39	5.28	0.70	1.93	0.01	2.11	0.58	0.30	4.49
	Julio	2.88	5.17	6.06	0.10	1.70	0.01	1.88	0.09	0.15	3.96
	Ago	2.29	4.37	5.11	0.30	1.88	0.02	1.76	0.25	0.19	4.38
	Sept	1.99	4.32	5.53	1.81	2.36	0.02	2.60	1.50	0.39	5.48
	Oct	2.73	6.94	8.64	3.57	3.72	0.02	3.09	2.96	0.72	8.64
	Nov	2.17	5.45	7.24	2.28	3.39	0.04	3.75	1.89	0.45	7.88
	Dic	2.20	4.52	6.05	0.39	2.30	0.04	2.46	0.32	0.30	5.34

4 Conocimiento y Gestión de las Aguas subterráneas

4.1 Planes de manejo ambiental de Acuíferos – PMAA.

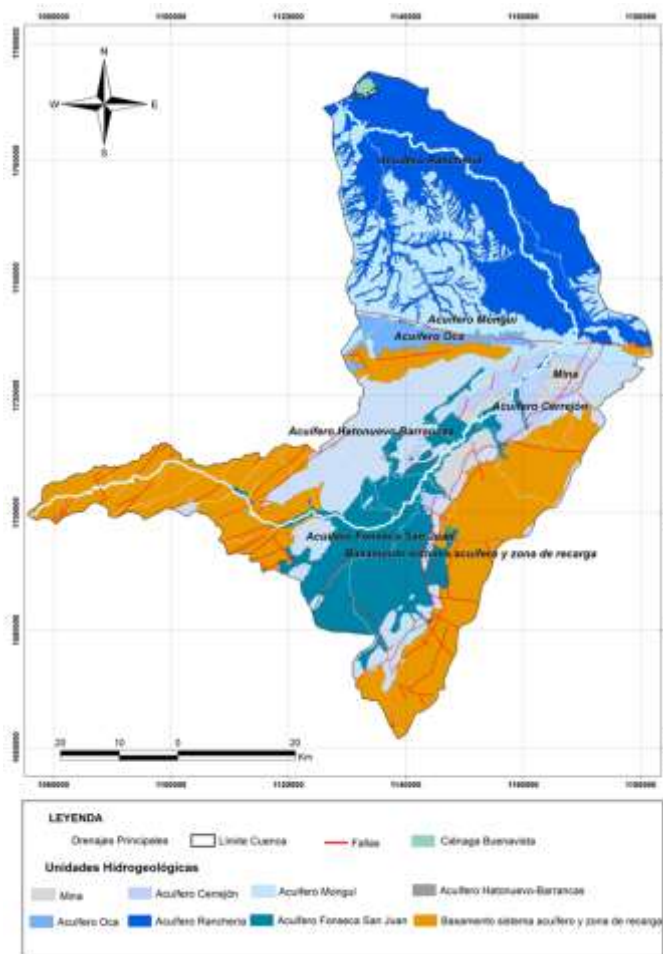
De acuerdo con el registro del Ministerio sobre el avance en la elaboración y ejecución de los Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos por parte de CORPOGUAJIRA, para el departamento de La Guajira se tiene el siguiente reporte:

Tabla 17. Planes de manejo ambiental de Acuíferos – PMAA.

ACUÍFERO	ESTADO	MUNICIPIOS
Sistema Acuífero de Maicao	Adoptado y en Ejecución	Maicao
Sistema de Acuífero Ranchería	Formulado sin acto administrativo	Fonseca, Distracción, Barrancas, Hato Nuevo, San Juan del Cesar, y Albania

En el caso del PMA de los Sistemas Acuíferos de la cuenca del río Ranchería, se cuenta con un modelo hidrogeológico que fue formulado entre 2013 y 2015 mediante convenios interadministrativos suscritos por Minambiente, CORPOGUAJIRA y la Universidad de Antioquia, que permitieron identificar y caracterizar las principales unidades hidrogeológicas de la cuenca, y obtener información relacionada con el caudal explotable de aguas subterráneas por estas unidades, según el año hidrológico seco, medio o húmedo, el caudal de agua subterráneas aprovechada por municipio y por unidad hidrogeológica como se muestra en la siguiente figura y tablas:

Figura 52. Mapa hidrogeológico de la cuenca del río Ranchería.



Fuente: Minambiente, Corpoguajira, Universidad de Antioquia, 2023.

Tabla 18. Volumen de caudal explotable por año para las unidades hidrogeológicas de interés, según el año hidrológico.

ACUÍFERO	ÁREA	RECARGA * (0,3)			VOLUMEN RECARGA		
		AÑO SECO (1991)	AÑO MEDIO (1993)	AÑO HÚMEDO (1988)	AÑO SECO (1991)	AÑO MEDIO (1993)	AÑO HÚMEDO (1988)
Unidad	km²	mm/año	mm/año	mm/año	km³/año	km³/año	km³/año
Ranchería	960,5	71,7	79,2	94,5	0,07	0,08	0,09
Oca	93	71,7	77,4	94,5	0,01	0,01	0,01
Fonseca-San Juan	602,5	37,8	67,8	115,8	0,02	0,04	0,07
Cerrejón	206	34,8	81,3	94,5	0,01	0,02	0,02
Monguí	607,5	71,7	79,2	94,5	0,04	0,05	0,06
Hatonuevo-Barrancas	1.480	71,7	79,2	94,5	0,11	0,12	0,14

Fuente: Plan de Manejo Ambiental de Acuífero cuenca del río Ranchería. Fase I (Minambiente, CORPOGUAJIRA, Universidad de Antioquia, 2013).

Número de captaciones y caudal extraído por municipio.

MUNICIPIO	CAPTACIONES	CAUDAL (m³/año)
Albania	241	1.659.888
Barrancas	81	929.593
Distracción	126	1.589.534
Fonseca	362	4.165.008
Hatonuevo	11	152.993
Maicao	36	187.215
Manaure	205	1.143.180
San Juan	62	1.137.230
Riohacha	515	3.972.295

Número de captaciones y caudal extraído por unidad hidrogeológica.

UNIDAD HG	CAPTACIONES	CAUDAL (m³/año)
Ranchería	577	2'960.580
Oca	177	2'551.617
Fonseca-San Juan	608	8'184.927
Cerrejón	33	81.966
Monguí	184	1'350.061
Hatonuevo-Barrancas	SD	SD

Fuente: (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, CORPOGUAJIRA, 2009)

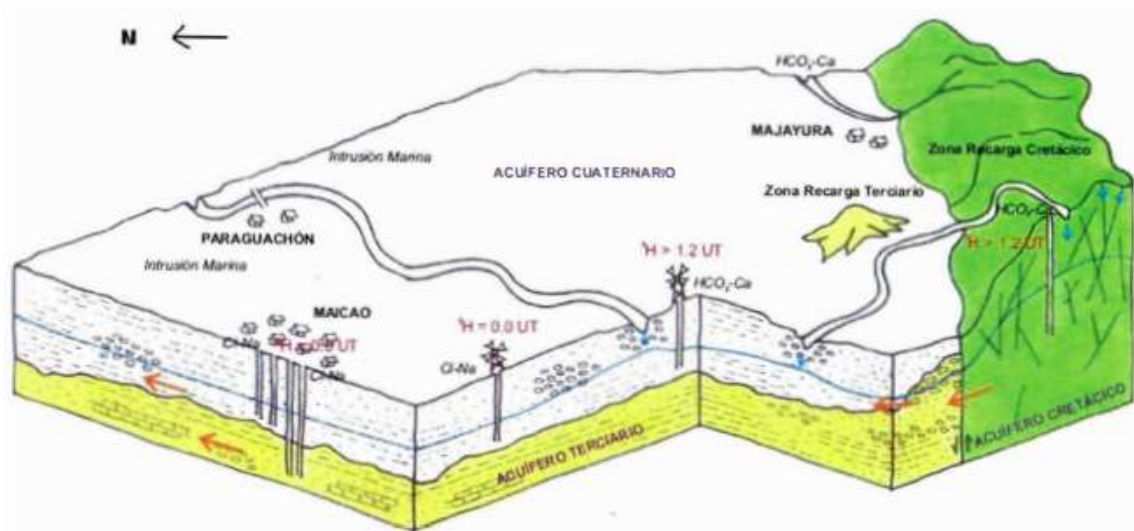
De otro lado, la información técnica de este PMAA ha servido a Corpoguajira para la aplicación de la Tasa por Uso de Agua.

Por otro lado, a través de la implementación del PMA del Acuífero de Maicao⁴, formulado por CORPOGUAJIRA en 2011, se tiene información sobre las unidades hidrogeológicas (Grupo Calcáreo, Formación Monguí y Sedimentos Cuaternarios), análisis de la distribución de la conductividad eléctrica en el acuífero cuaternario, los análisis isotópicos, la construcción del mapa de vulnerabilidad y riesgos de contaminación de las aguas subterráneas, la construcción del modelo geoelectrico del sistema hidrogeológico superficial, desarrollados para profundizar el conocimiento de las aguas subterráneas en el Municipio de Maicao. En la actualidad, de acuerdo con los informes de avance del Plan de Acción de CORPOGUAJIRA,⁵ se tienen actualmente dos (2) instrumentos en ejecución: Equipamientos a comunidades indígenas: Obras de infraestructura para captación y/o almacenamiento de agua en 5 comunidades indígenas en jurisdicción del municipio de Maicao, culminadas, y permiso de exploración de agua subterránea en comunidades indígenas en jurisdicción del municipio de Maicao.

⁴ https://corpoguajira.gov.co/web/attachments_Joom/article/483/PMA%20MAICAO.pdf

⁵ https://drive.google.com/file/d/1SJdeqcG_EAwXZk5r9dtSS8eiuMTkZOba/view

Figura 53. Modelo Hidrogeológico del Acuífero de Maicao.



Fuente: Taupin, J., Toro L., Vargas. M., 2008 BOLETÍN GEOLÓGICO, 42 (1-2), 2008, pp. 67-76

4.2 Modelo hidrogeológico del departamento de la Guajira

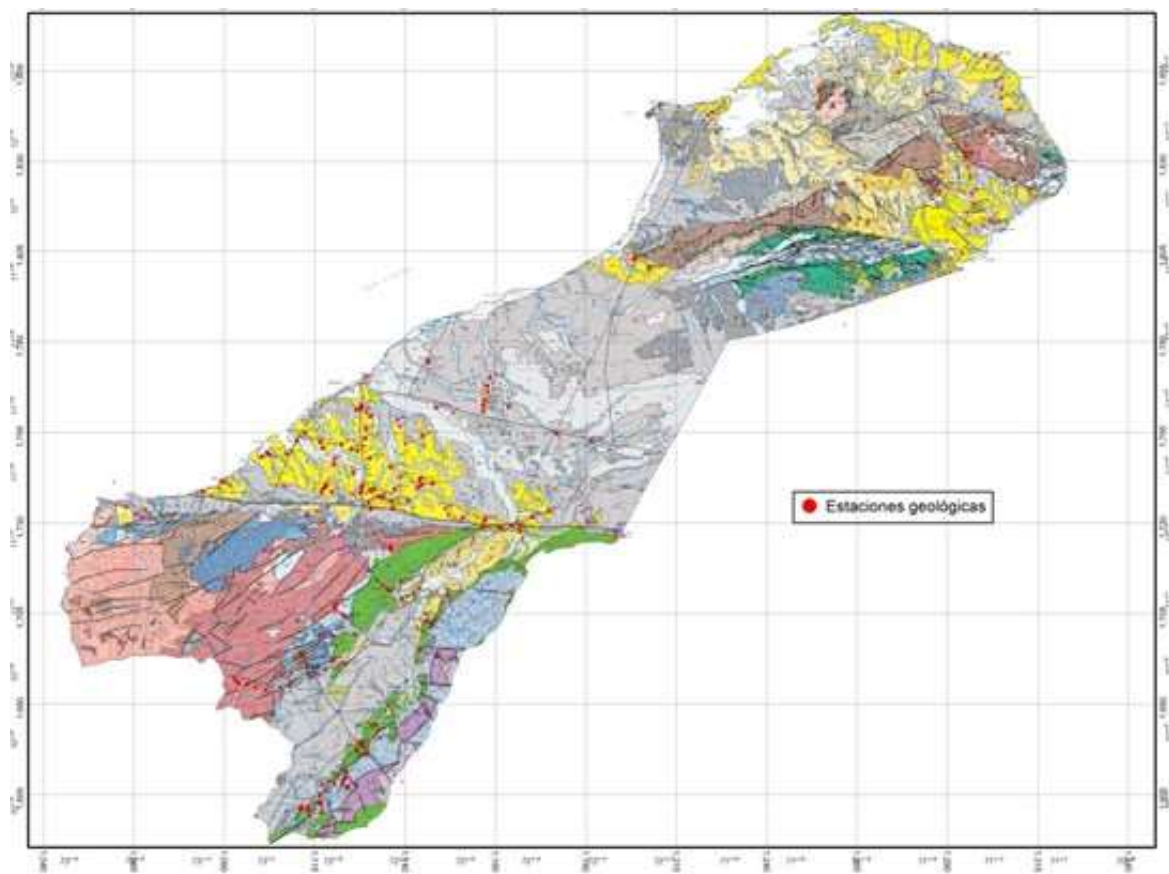
El Modelo hidrogeológico del departamento de La Guajira escala 1:250.000, oficializado por el Servicio Geológico Colombiano en el año 2016, incluyó la realización de la verificación de la cartografía geológica existente, prospección geofísica mediante Sondeos Eléctricos Verticales - SEV's, inventario de puntos de agua subterránea, análisis hidrogeoquímico de algunas muestras de agua, ensayos hidráulicos en pozos exploratorios, y la evaluación hidrológica, entre otras. Con la interpretación de los anteriores componentes, se planteó un modelo hidrogeológico conceptual a escala regional que muestra el potencial acuífero existente en los depósitos cuaternarios y en algunas formaciones geológicas terciarias para el aprovechamiento de agua subterránea.

Sin embargo, es necesario precisar que, dentro de las principales características observadas en las captaciones visitadas, la calidad del agua no es la mejor para ser utilizada sin un tratamiento previo a su aprovechamiento; debido a que la interpretación de los datos, corroborados con análisis de laboratorio de algunos puntos muestreados, indican que los sistemas acuíferos se encuentran saturados con agua salobre a salada.

4.2.1 Geología

A partir de la cartografía existente se realizaron descripciones en afloramientos encontrados en los diferentes recorridos por vías principales, así como de los carreteables, caminos y ríos (figura 54). El proceso consistió en la adquisición de información litológica detallada, estructural, así como de la toma de muestras de roca para descripción y clasificación.

Figura 54. Cubrimiento de estaciones de control geológico en campo en la zona de estudio.



4.2.2 Inventario de Puntos de Agua

En lo que respecta al inventario de puntos de agua, la toma de datos e información hidrogeológica capturada en campo permitió conocer la demanda de aguas subterráneas a través de captaciones como pozos y aljibes; así como, flujos que interceptan la topografía o se originan por la fractura de rocas formando manantiales.

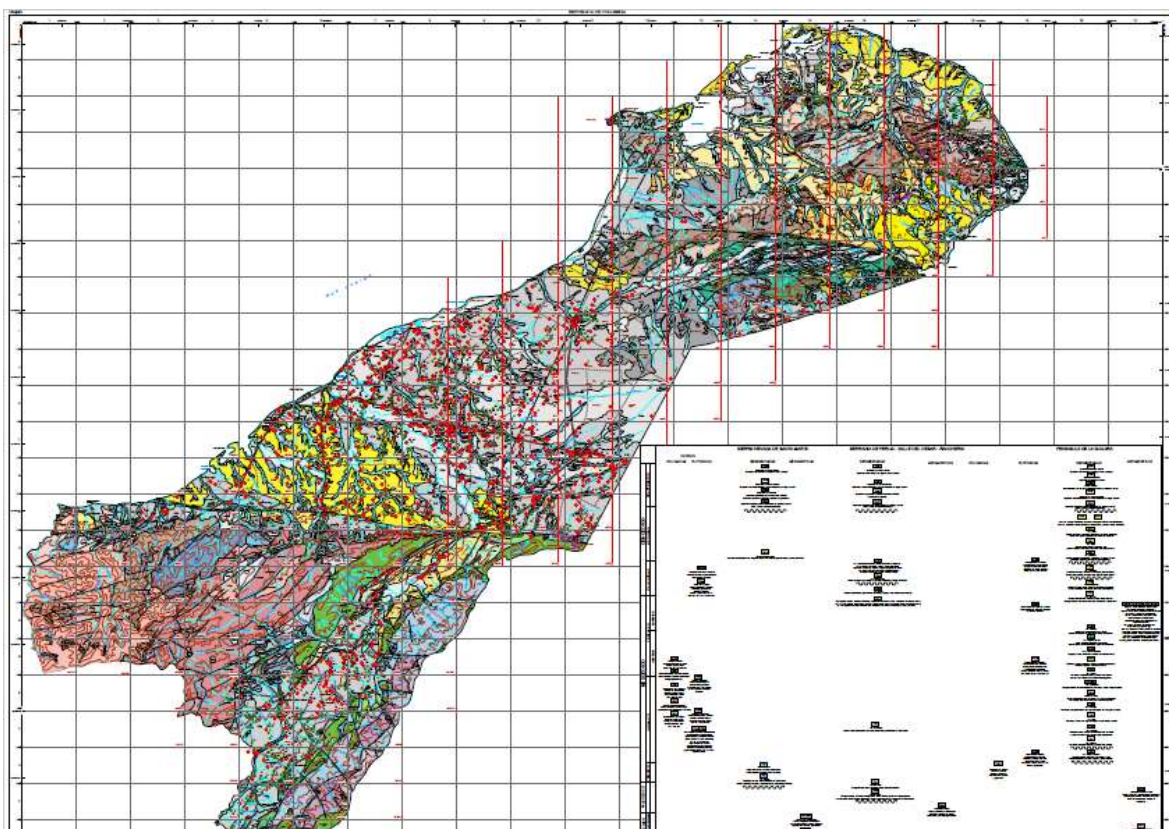
Entre los años 2011 al 2015, el grupo de Exploración de Aguas Subterráneas del SGC adelantó un inventario de puntos de agua subterránea a lo largo del departamento de La Guajira, únicamente en los tres tipos de captaciones subterráneas existentes en la zona (manantiales, aljibes y pozos), con el fin de capturar las principales características presentes directamente en campo, entre las que se destacan: nombre del sitio, posición planimétrica y altimétrica (x,y,z) usando geoposicionamiento satelital (GPS), toma de niveles estáticos utilizando sonda eléctrica, características de la captación y unidad geológica captada, toma de parámetros fisicoquímicos in situ que incluyen temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, salinidad y resistividad, entre otras.

Con la anterior información recopilada en campo, se obtuvo un inventario a diciembre de 2015 de 1791 puntos de agua, correspondientes a 43 manantiales, 838 aljibes y 910 pozos (tabla 19 – figura 54), con los cuales se realizaron las respectivas interpretaciones de los parámetros capturados a través de mapas de isoconcentraciones y de direcciones de flujo.

Tabla 19. Número de captaciones inventariadas en los 15 municipios de La Guajira discriminadas por el tipo de punto.

Municipio	Manantial	Aljibe	Pozo	Total, captaciones
Albania	-	43	58	101
Barrancas	5	12	25	42
Dibulla	-	12	9	21
Distracción	-	3	16	19
El Molino	-	18	6	24
Fonseca	1	43	34	78
Hatonuevo	2	6	8	16
La Jagua del Pilar	-	13	2	15
Maicao	9	78	177	264
Manaure	-	119	263	382
Riohacha	-	123	161	284
San Juan del Cesar	1	63	36	100
Uribia	24	245	104	373
Urumita	1	17	4	22
Villanueva	-	43	7	50
Total	43	838	910	1791

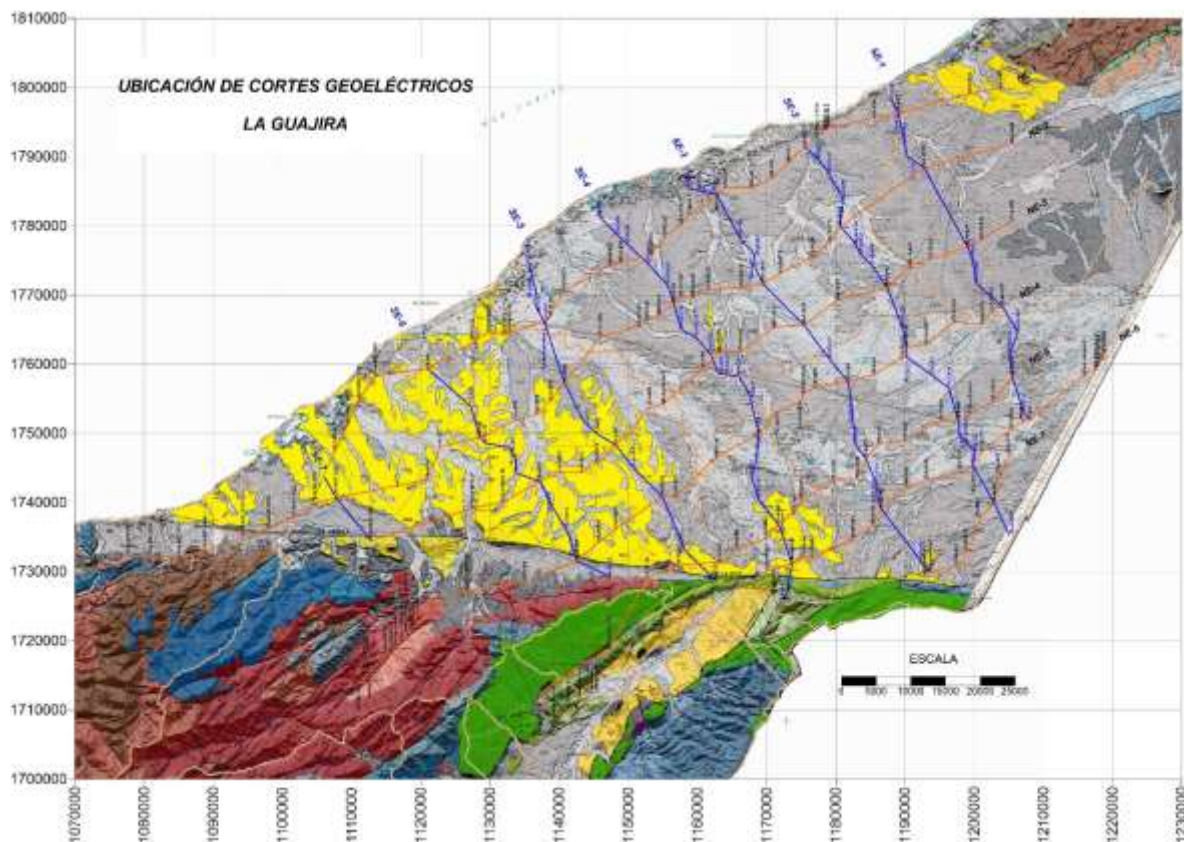
Figura 55. Mapa geológico con la distribución espacial de los 1791 puntos de agua inventariados en el departamento de La Guajira.



4.2.3 Geofísica

Como una contribución al modelo hidrogeológico para la media Guajira, se reinterpretaron 172 de los 354 SEV's realizados en el convenio Colombo-Holandés entre los años 1973 a 1975 y se adelantó la adquisición, procesamiento e interpretación 70 SEV's realizados por el SGC desde el año 2014 al 2016, con el fin de conocer el modelo de capas geoelectricas y definir la geometría de las unidades geológicas en profundidad, sus resistividades y la correlación con la información geológica; permitiendo la elaboración de un modelo geoelectrico a partir de 14 cortes (figura 3) buscando conformar una rejilla aproximadamente ortogonal: siete de ellos paralelos a la dirección de la península (NE) y otros siete perpendiculares a la línea de costa (SE).

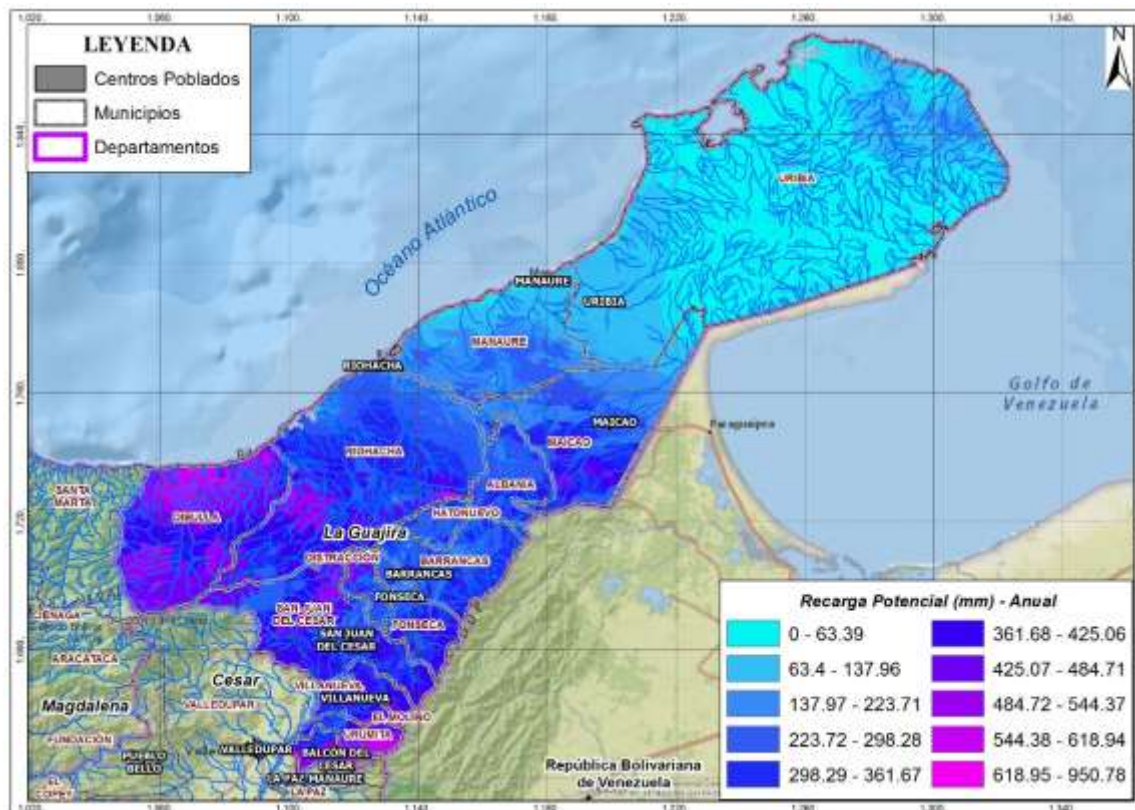
Figura 56. Mapa geológico con la distribución espacial de los 14 cortes geoelectricos en la media Guajira.



4.2.4 Hidrología

El procesamiento, análisis e interpretación de datos hidrológicos y meteorológicos se realizó con base en las series históricas de datos hidroclimatológicos de las estaciones que opera el IDEAM en el área de estudio, así como datos de las características texturales y de contenidos de humedad de los suelos evaluados por el IGAC, permitiendo realizar la evaluación de la recarga potencial en el departamento de La Guajira a partir del comportamiento espacial y temporal de la precipitación, evapotranspiración y escorrentía en cada una de las cuencas y/o subcuencas delimitadas en el área de estudio.

Figura 57. Mapa de recarga potencial estimada total anual para el departamento de La Guajira.



4.2.5 Hidráulica

Para empezar a validar el modelo hidrogeológico conceptual presentado para departamento de La Guajira, se perforaron y construyeron 8 pozos exploratorias localizadas en los municipios de Riohacha, Maicao, Manaure y Uribia (figura 58); en las cuales, se recopilaban datos hidrogeológicos de los principales sistemas acuíferos en la media Guajira, para consolidar el conocimiento del potencial hidrogeológico del subsuelo en los sitios seleccionados, en donde se capta en profundidad capas acuíferas de las formaciones geológicas Monguí (N1m) - Castilletes (N1c) y los depósitos de llanura aluvial (Q2II).

Para estimar los parámetros hidráulicos de los pozos y de los acuíferos captados de las formaciones geológicas Monguí (N1m) - Castilletes (N1c) se realizaron pruebas de bombeo de extensa duración en los ocho pozos exploratorios del SGC (figura 58), las cuales permitieron determinar la Transmisividad (T) y la Conductividad Hidráulica (K) en los acuíferos captados; el Nivel Estático (NE), el Nivel Dinámico (ND), la Capacidad Específica (CE) y el Caudal (Q) (tabla 16).

Figura 58. Mapa geológico con la distribución espacial de los 8 pozos exploratorios perforados por el SGC.

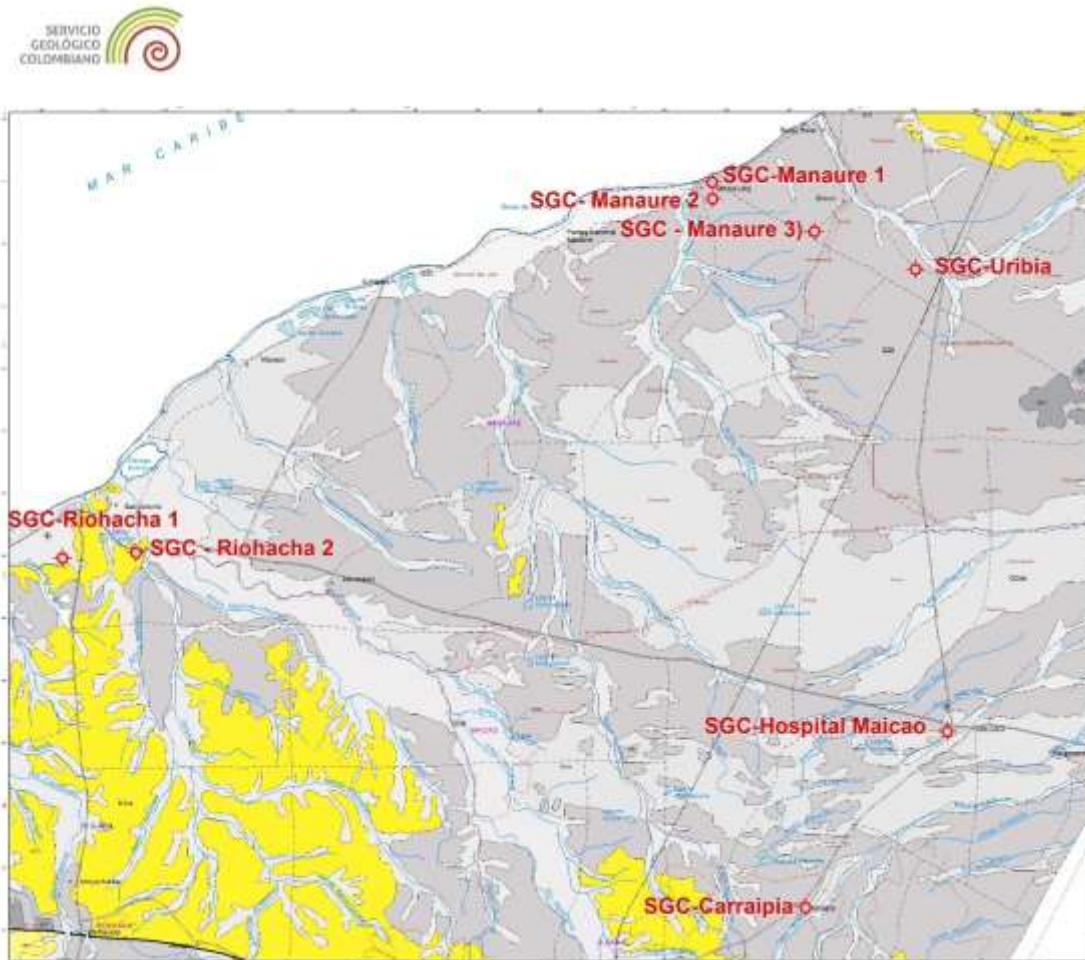


Tabla 20. Parámetros hidráulicos de los pozos exploratorios perforados por el SGC

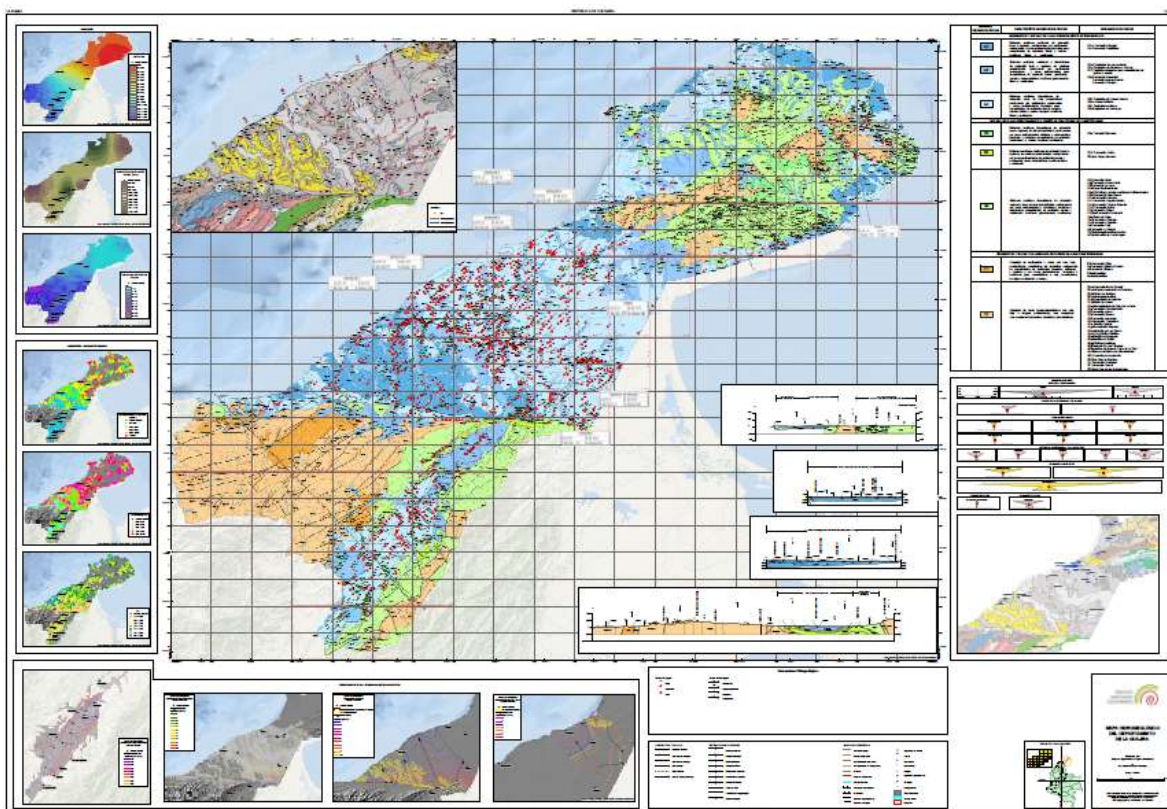
Pozo	Unidad Geológica Captada	Prof. exploratoria (m)	Prof. entubado (m)	NE (m)	ND (m)	AS (m)	Q (L/s)	CE (L/s/m)	CE μ s/cm	pH	T (m ² /d)	K (m/d)
HOSPITAL MAICAO	Formación Monguí	500	470	40,55	74,32	33,77	25	0,74	1800	7,79	47,3	0,31
CARRAIPIA	Formación Monguí	502	500	59,03	66,42	7,39	25	3,38	1029	7,05	174	0,96
LA LUCHITA	Formación Monguí	500	375	16,60	22,71	6,11	47,6	7,79	2045	8,43	1560	10,4
RIOHACHA 2	Formación Monguí	600	310	4,98	19,20	14,22	60	4,20	1753	8,31	700	7,16
URIBIA	Formación Castilletes	500	330	21,76	29,24	7,48	67	8,96	7882	7,31	2030	13,6
MANAURE 1	Formación Castilletes	500	333	6,20	26,67	20,47	28	1,37	51260	7,08	219	1,46
MANAURE 2		250	236,85	7,87	20,63	12,76	9,5	0,74	103500	6,58	255	4,25

Pozo	Unidad Geológica Captada Formación Castilletes	Prof. exploratoria (m)	Prof. entubado (m)	NE (m)	ND (m)	ΔS (m)	Q (L/s)	CE (L/s/m)	CE μs/cm	pH	T (m ² /d)	K (m/d)
MANAURE 3	Formación Castilletes	250	227	24,12	44,39	20,27	40	1,97	9322	8,31	300	5,1

4.2.6 Hidrogeología

La zona de estudio se encuentra conformada principalmente por rocas sedimentarias y depósitos recientes, los cuales constituyen el ambiente físico donde ocurren los procesos hidrogeológicos. En menor proporción se encuentran rocas ígneas y metamórficas con condiciones de medio a bajo interés hidrogeológico. Esta clasificación depende de las características texturales, composicionales y estructurales de las rocas y sedimentos, las cuales permiten determinar en forma general, el comportamiento de la roca o sedimento según la porosidad y posibilidad de flujo (figura 59).

Figura 59. Mapa hidrogeológico del departamento de La Guajira



Se ha realizado la clasificación de las rocas y sedimentos desde el punto de vista geológico en las siguientes aflorantes bajo los estándares de la Guía Metodológica propuesta por la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (tabla 21, tabla 22 y tabla 23).

Tabla 21. Clasificación hidrogeológicamente de sedimentos y rocas con flujo esencialmente intergranular.

SEDIMENTOS Y ROCAS CON FLUJO ESENCIALMENTE INTERGRANULAR		
A2	Sistemas acuíferos continuos de extensión local a regional, conformados por sedimentos cuaternarios y rocas sedimentarias terciarias poco consolidadas de ambiente fluvial y marino. Acuíferos libres y confinados.	N1m: Formación Monguí N1c: Formación Castilletes
A3	Sistemas acuíferos continuos a discontinuos de extensión local a regional, de mediana productividad conformado por sedimentos cuaternarios y rocas sedimentarias poco consolidadas de ambiente fluvial, glaciálfuvial, marino y volcánoclastico. Acuíferos generalmente libres a confinados.	Q2al: Depósitos de cauce aluvial Q2g: Depósitos de Abanicos y Gravas Q1t: Depósitos delgados poco consolidados de gravas y arenas. E2s: Formación Manantial Formación Aguas Nuevas Formación Correjón
A4	Sistemas acuíferos discontinuos de extensión local, de baja productividad conformado por sedimentos cuaternarios y rocas sedimentarias terciarias poco consolidadas de ambiente aluvial lacustre, coluvial, eólico y marino marginal. Acuíferos libres y confinados.	Q2ll: Depósitos de Llanura Aluvial Q2ae: Arenas Eólicas Q2c: Depósitos costeros. Q2m: Depósitos de morrenas

Tabla 22. Clasificación hidrogeológicamente de rocas con flujo esencialmente a través de fracturas o carstificadas.

ROCAS CON FLUJO ESENCIALMENTE A TRAVÉS DE FRACTURAS Y/O CARSTIFICADAS		
B2	Sistemas acuíferos discontinuos de extensión local a regional, de alta productividad, conformados por rocas sedimentarias clásticas y carbonatadas, terciarias y cretácicas consolidadas, de ambiente transicional a marino. Acuíferos confinados.	E3s: Formación Siamana
B3	Sistemas acuíferos continuos de extensión local a regional, de mediana productividad, conformados por rocas sedimentarias de ambiente marino y continental; rocas metamórficas. Acuíferos libres y confinados.	K2cl: Formación Colón PR(s)m: Grupo Macuira
B4	Sistemas acuíferos discontinuos de extensión regional y local, de baja productividad, conformados por rocas sedimentarias y volcánicas, terciarias a paleozoicas consolidadas, de ambiente marino y continental. Acuíferos generalmente confinados.	N1j: Formación Jimol K2g: Formación Guaramalal K2l: Formación La Luna N1s: Rocas Sedimentarias K2s(K2): Calizas y shales cretácicas indiferenciadas K2hn: Formación Hato Nuevo K1ma: Formación Maraca K1c: Formación Cogollo Inferior K1ys: Formación Yuruma Superior K1m: Formación Maina K1p: Formación Palanz K1(s)ps: Formación Poschachi J3sc: Shale de Cuisa J2ch: Formación Chinapa J1ch: Formación Cheterlo J2c: Formación Cajú Jq: Formación La Quinta Pz(s)a: Metasedimentitas de Alas MPgm: Granulita de Los Mangos

Tabla 23. Clasificación hidrogeológicamente de sedimentos y rocas con limitados recursos de agua subterránea.

SEDIMENTOS Y ROCAS CON LIMITADOS RECURSOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS		
C1	Complejo de sedimentos y rocas con muy baja productividad, constituidos por depósitos cuaternarios no consolidados de ambientes lacustres, deltaicos y marinos y por rocas sedimentarias terciarias a cretácicas poco consolidadas a muy consolidadas, de origen continental o marino.	E3uFormación Uitpa JrgFormación Rancho Grande JuFormación Uitpana PsSedimentitas DcsSedimentitas
C2	Complejo de rocas ígneo-metamórficas con muy baja a ninguna productividad, muy compactas y en ocasiones fracturadas, terciarias a precámbricas.	E2cpCuarzodiorita de Parashi E2cpmCuarzomonzonita de Palomino E2pbPlutón de Buritaca EOmsMetasedimentitas K1giGranodiorita de Ipapure K1rgRiolita de Golero K2scvSerpentinitas del Cabo de La Vela K2pFormación Parahuinkreim K2jFormación Jarara K2eFormación Etpana K2iFormación Ipanarahu K2cFormación Carpintero J1bcBatolito Central J1gsGranodiorita Siapana J1icIgmbrita de Los Clavos J1ivr(J1vr)Vitrófilo Riolítico J2baBatolito de Atanques J2bpBatolito de Patillal J3pgPórfidos graníticos J3rtRiodacita de Los Tábanos. JriRiadocitas de Ipapure Cerro de La Teta JvndRocas volcánicas no diferenciadas. MPj Granofels de Jonjoncito PR(§)nb Neis de Buritaca Tg: Formación Guatapuri Tc: Formación Corual PR(§)mn Neis de los Muchachitos

Finalmente es necesario resaltar las principales recomendaciones que se plantearon en el modelo hidrogeológico presentado por el SGC en el año 2016:

- ✓ Es pertinente dejar de perforar pozos sin los respectivos protocolos para la perforación y construcción de los mismos; por lo que se hace necesario, contar con información en relación a la actualización permanente del inventario de puntos de agua, prospección geoelectrica en zonas de interés, registros físicos y pruebas de bombeo en los pozos perforados, caracterización hidrogeoquímica de las aguas explotadas en las diferentes captaciones, así como la determinación espacial y temporal el modelo de flujo en los acuíferos de interés objeto de explotación para la zona de estudio.
- ✓ Existen comunidades Wayuu y otras en general que se ven afectadas por la falta de mantenimiento de los sistemas de extracción de aguas subterráneas instalados en los pozos en todo el departamento de la Guajira, lo que les origina un desabastecimiento para sus diferentes usos por la interrupción del bombeo de estos que, en algunas ocasiones, es permanente.
- ✓ En la mayoría de los pozos perforados en los últimos años por Entidades del estado, las aguas subterráneas de las capas acuíferas captadas presentan valores altos de conductividad indicando contenidos elevados de iones en solución que las clasifican como salobres y saladas por lo cual se hace necesario instalar plantas de potabilización y desalinización para efectos de ser aptas para consumo humano, riego y abrevaderos; acogiendo la norma nacional vigente.
- ✓ Se recomienda perforar las platinas existentes en la boca de los pozos para poder realizar una campaña de medición de niveles y de muestreo de las aguas subterráneas captadas para efectos de generar

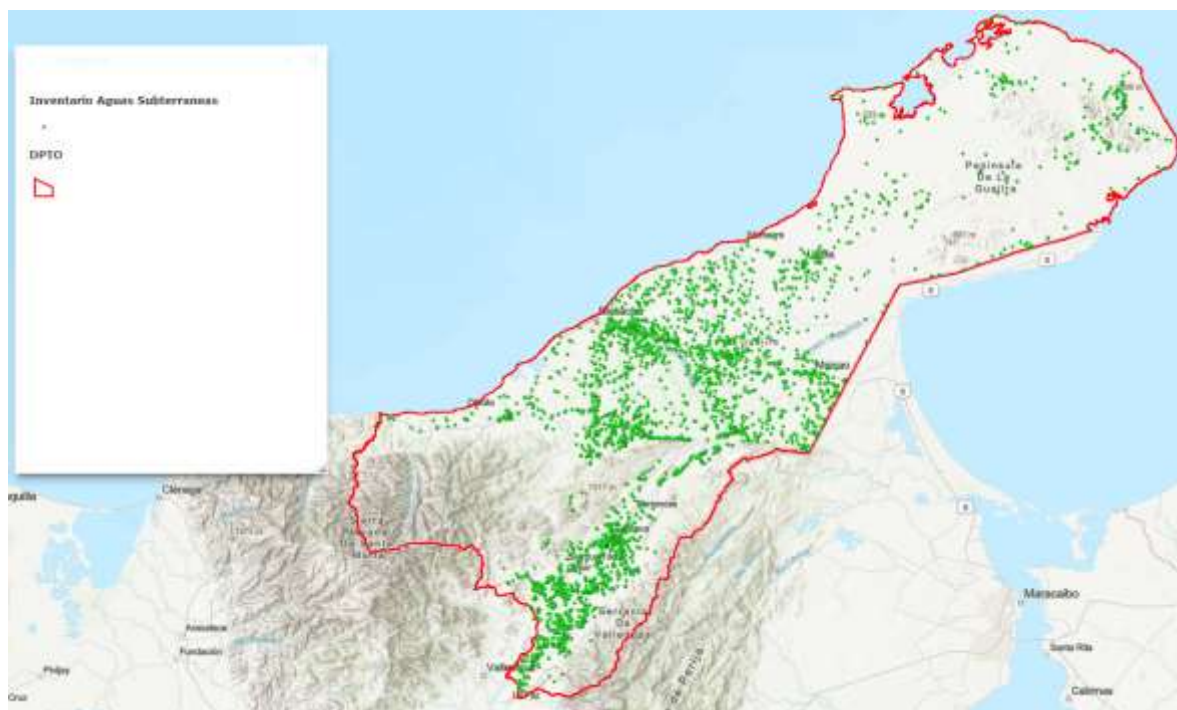
indicadores en calidad y cantidad y alertas tempranas en relación con la disminución de los recursos y reservas de los acuíferos captados.

- ✓ Es necesario realizar un estudio detallado para establecer la relación de agua dulce – agua salada que existe en los niveles acuíferos de la media y alta Guajira, determinando la zona de mezcla de los dos tipos de agua afectada por condiciones de bombeo, dirección de flujo, variación del nivel del mar (efecto de mareas), entre otros, identificando la longitud de penetración de la cuña marina en la zona peninsular.
- ✓ Más del 90% de los pozos inventariados en el departamento de La Guajira no cuentan con soporte e información técnica (diseños, registros eléctricos, pruebas de bombeo, etc), lo cual dificulta una correcta interpretación hidrogeológica y un adecuado uso, manejo y aprovechamiento sostenible.

4.3 Fuentes de información sobre el uso de las aguas subterráneas

Además de los datos sobre puntos de aguas subterráneas existentes en el departamento de La Guajira proporcionados por el SGC, (2016), se cuenta con otras fuentes de información que dan diferentes panoramas sobre la cantidad, distribución y estado de estas captaciones, como se muestra a continuación:

CORPOGUAJIRA, en atención a la solicitud del Viceministerio de Ordenamiento Ambiental del Territorio del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible relacionada con el inventario de fuentes de abastecimiento de recurso hídrico subterráneo y reservorios según solicitud con Radicado 202305263010032771, proporciona un registro de 3680 puntos de agua subterránea y posibles reservorios, de los cuales 1456 no tienen identificación del tipo de captación, 1228 corresponden a aljibes, 964 a pozos y 31 a manantiales, además se cuenta con información sobre el estado, usuario, predio y datos de ubicación. En las siguiente figura y tablas se presenta la ubicación espacial de este inventario, y el resumen de los puntos de agua por municipio y datos sobre el estado de estas captaciones.



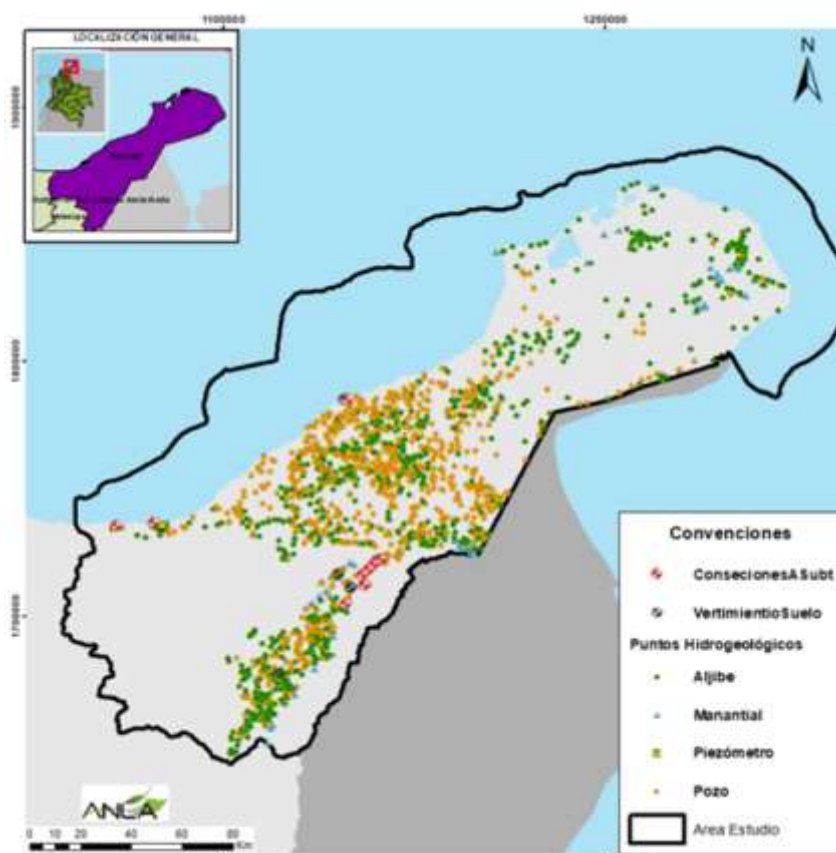
Fuente: Inventario de aguas subterráneas CORPOGUAJIRA. Fuente: Visor geográfico DGIRH, 2023 a partir del inventario de fuentes de abastecimiento de recurso hídrico subterráneo y reservorios según solicitud Rad. 202305263010032771 CORPOGUAJIRA.

Tipo de captación de agua por municipio					
Municipio	Aljibe	Manantial	Pozo	Sin registro	Total general
Albania	82	1	155	57	295
Barrancas	8		3	33	44
Dibulla	24		2	19	45
Distracción	13	8	64	9	94
El Molino	24		2	24	50
Fonseca	114	11	215	55	395
Hatonuevo		1	1	13	15
La Jagua del Pilar	30		1	11	42
Maicao	140		141	192	473
Manaure	135		150	330	615
Riohacha	369	2	112	190	673
San Juan del Cesar	146	3	104	94	347
Uribia				374	374
Urumita	27	4	5	19	55
Villanueva	116	1	9	36	162
Total general	1228	31	964	1456	3679

Estado del tipo de captación					
Estado del Pozo	Aljibe	Manantial	Pozo	(en blanco)	Total general
No reporta	2		2	1430	1434
Abandonado	73		39		112
Activo	75	1	14		90
Bueno	665	21	577		1263
Contaminado	1				1
Inactivo	7		31		38
Mala	1	1			2
Malo	71		48		119
Productivo	120		119		239
Regular	169	8	120		297
Reserva	42		14		56
Seco	2				2

Sellado				2	2
(en blanco)				24	24
Total general	1228	31	964	1456	3679

Igualmente, en la información suministrada por el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar dispuesta en el visor geográfico del ICBF, se tiene el reporte de entidades como el Departamento de Prosperidad Social sobre algunos pozos y de la Agencia de Desarrollo Rural sobre piezómetros construidos en los Distritos de Riego de San Juan y Ranchería, asimismo, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, suministró el informe: Actualización del Reporte de Alertas de Análisis Regional de la Zona Hidrográfica Caribe – Guajira junio 2022), donde se presenta información del SGC, 2016, de CORPOGUAJIRA y de los proyectos Licenciados. Además, en este último informe la ANLA menciona que cuenta con 9 concesiones otorgadas a 5 proyectos con una concesión total de agua subterránea de 359,8 l/s.



Inventario y permisos hidrogeológicos, Fuente: ANLA, 2022

Como se observa, la información sobre los puntos de agua subterránea en el Departamento de La Guajira presenta marcadas diferencias, según la fuente referenciada, así mismo, una vez revisada la información se concluye que

los datos asociados con la ubicación y el estado de operación de estas captaciones puede tener grados de incertidumbre. Lo anterior, en razón a que la información se encuentra dispersa y no ha sido sometida a un proceso de verificación en campo.

Tabla 24. Número total de puntos de aguas subterránea: SGC, MINVIVIENDA, CORPOGUAJIRA Y ANLA

Fuente	Punto de Agua				Total
	Aljibe	Manantial	Pozos	Pilas	
Corpoguajira, 2023	N/R	N/R	N/R	N/R	2736
SGC, 2016	839	47	913		1799
ANLA*, 2022	889	48	1109		2054
MinVivienda Geovisor ICBF, 2023				131	131
Departamento de Prosperidad Social, 2023 ⁶			13		13
Agencia de Desarrollo Rural (Distrito de riego San Juan y Ranchería), ⁷ 2023					111

*ANLA y Modelo hidrogeológico – SGC 2016.

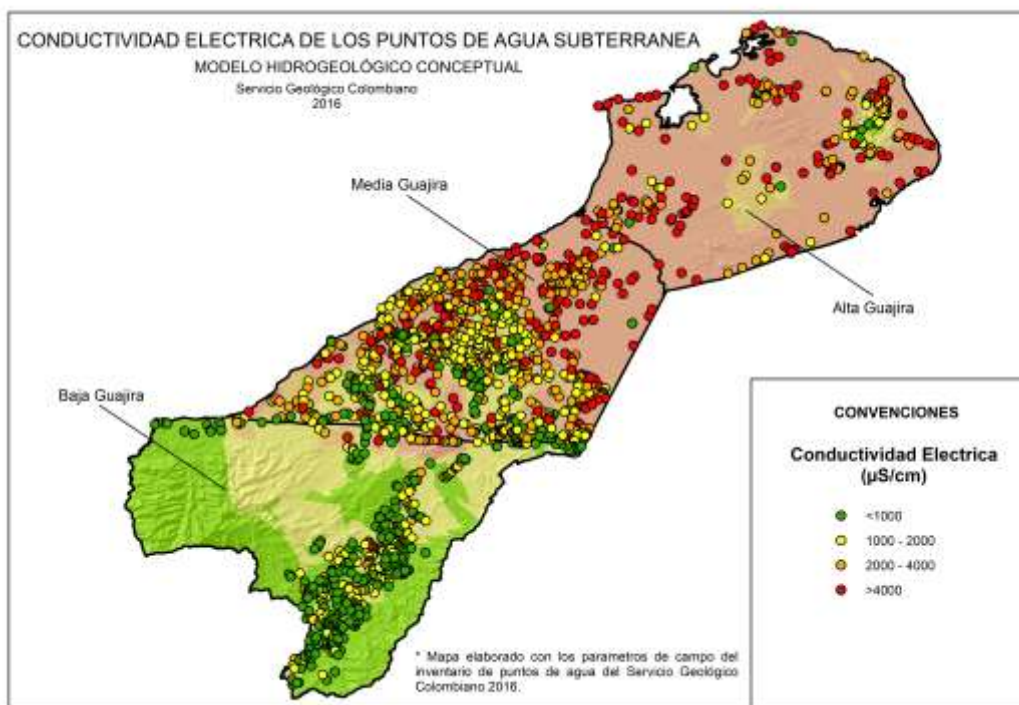
4.4 Monitoreo del agua subterránea

De acuerdo con la información suministrada por CORPOGUAJIRA no se cuenta con una red de monitoreo que le permita hacer un seguimiento control sobre el estado actual y evolución de las aguas subterráneas en el departamento de La Guajira, a pesar de que las aguas subterráneas son la principal fuente de abastecimiento en la alta y la media guajira.

Con la información del SGC 2016, se puede concluir que las aguas subterráneas en general, no tienen una buena calidad natural y deben ser sometidas en su mayoría a tratamiento previo al consumo humano. Lo anterior, considerando que el 69% de los aljibes, el 40% de los manantiales y el 78% de los pozos presentan conductividades eléctricas superiores a 1000 ($\mu\text{S}/\text{cm}$), que es el límite permisible para aguas de consumo humano de acuerdo con la resolución 2115 de 2007. La distribución de estos puntos puede verse en la siguiente figura, en la cual los mayores valores de conductividad eléctrica, parámetro que indica el volumen de iones en solución, se encuentra localizado en la parte media y alta de guajira.

⁶ A partir de la información suministrada por el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar dispuesta en el visor geográfico de la entidad: <https://icbf.maps.arcgis.com/apps/View/index.html?appid=f59fd7d7330447ee8230147a1577f0a6>

⁷ En atención a la solicitud del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Agencia de Desarrollo Rural suministró el 11 de julio de 2023 dos bases de datos geográficas de la represa del Río Ranchería, y los dos Distritos de Riego proyectados Ranchería y San Juan del Cesar, así como el registro de caudales diarios de entrada y salida de la Represa desde su puesta en Operación en 2010.



Fuente: Construido con los datos del SGC, 2016

Zona Guajira	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (µS/cm)						
		<1000	1000 - 2000	2000 - 4000	>4000	Total	% Supera la Norma
	Aljibe	255	217	176	171	819	68.86%
	Manantial	28	8	4	7	47	40.43%
	Pozo	188	297	206	148	839	77.59%
	Total	471	522	386	326	1705	72.38%

Tabla alta guajira

Zona Guajira	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (µS/cm) ALTA GUAJIRA						
		<1000	1000 - 2000	2000 - 4000	>4000	Total	% Supera la Norma
	Aljibe	4	37	58	96	195	97.95%
	Manantial	4	7	4	7	22	81.82%
	Pozo		9	9	11	29	100.00%
	Total general	8	53	71	114	246	96.75%

Tabla media guajira

Zona Guajir	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (µS/cm) MEDIA GUAJIRA						
		<1000	1000 - 2000	2000 - 4000	>4000	Total	% Supera la Norma

	Aljibe	69	122	99	72	362	80.94%
	Manantial	2				2	0.00%
	Pozo	88	247	181	131	647	86.40%
	Total general	159	369	280	203	1011	84.27%

Tabla baja guajira

Zona Guajira	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (μ S/cm) BAJA GUAJIRA						
		<1000	1000 - 2000	2000 - 4000	>4000	Total	% Supera la Norma
	Aljibe	182	58	19	3	262	30.53%
	Manantial	22	1			23	4.35%
	Pozo	100	41	16	6	163	38.65%
	Total general	304	100	35	9	448	32.14%

4.5 Conclusiones sobre la incertidumbre de la información sobre puntos de agua subterránea en La Guajira

- ✓ La información consolidada a partir de diferentes fuentes de información difiere en estructura y ha sido construida o estructurada en función de un propósito particular, por lo que no es posible obtener información suficiente relacionada con la cantidad y calidad del recurso hídrico superficial y subterráneo.
- ✓ La información aportada por CORPOGUAJIRA difiere entre sí, asimismo se evidencia un subregistro en el Sistema de Información del Recurso Hídrico SIRH, lo que sugiere que dicho sistema no se encuentra actualizado conforme los datos reportados por la corporación.
- ✓ La ubicación espacial debe ser complementada y la existente debe ser depurada de tal manera que permita identificar plenamente la posición de las captaciones y en este sentido reducir la incertidumbre en el cálculo de la demanda del recurso hídrico.
- ✓ Resulta necesaria la consolidación de un único inventario de captaciones de agua superficial y subterránea que involucre las variables mínimas que permitan la regularización en el uso de las aguas y el monitoreo del recurso.

4.6 Consideraciones para formular un plan de monitoreo de agua subterránea en La Guajira

Considerando las limitaciones en los inventarios de puntos de aguas subterráneas disponibles descritos anteriormente, y la necesidad de priorización y caracterización del estado actual de los pozos, otras fuentes de agua subterránea y la información técnica para su caracterización, y en particular, la falta de claridad sobre la existencia o continuidad del monitoreo de niveles en los pozos, y si adicional a estudios donde se realice caracterización de aguas subterráneas, se realiza en realidad un monitoreo periódico de calidad de agua, se relacionan a continuación los antecedentes relacionados con el monitoreo de aguas subterráneas y los aspectos necesarios para establecer un plan de monitoreo de aguas subterráneas para el departamento de Guajira.

El monitoreo de aguas subterráneas se incluye en los aspectos relacionados del El Programa Nacional de Monitoreo del Recurso Hídrico – PNMRH^[4], pretende dar respuesta a la necesidad de contar con un monitoreo

sistemático, coherente y apropiado que de soporte a la implementación y seguimiento de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico.

Dentro de los antecedentes se encuentra la formulación del Programa Nacional de Aguas Subterráneas (PNASUB) en el 2013, iniciativa del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), la Subdirección de Hidrología viene adelantando diferentes estrategias que consolidan el tema de aguas subterráneas a nivel nacional, esa iniciativa corresponde principalmente a puntos de monitoreo no convencionales como pozos de abastecimiento activos y en reserva (pozos y aljibes), y pozos convencionales como pozos de observación (piezómetros) construidos y/o adoptados para labores de seguimiento. Para el departamento de La Guajira se habían identificado 20 puntos que podrían ser asociados a esa red, sin embargo, no se logró dar continuidad al seguimiento del estado de estos puntos.

El Ideam en el documento “Principios Básicos para el conocimiento y monitoreo de las aguas subterráneas en Colombia”^[2], el monitoreo del agua subterránea puede ser entendido como un programa diseñado científicamente de continua supervisión que incluye observaciones, mediciones, muestreo y análisis estandarizado metodológica y técnicamente de variables físicas, químicas y biológicas seleccionadas con los siguientes objetivos:

- Colectar, procesar y analizar los datos sobre la cantidad y calidad de las aguas subterráneas como línea base para reconocer el estado y las tendencias a nivel pronóstico debido a procesos naturales e impacto por actividad antrópica en tiempo y espacio.
- Proveer información para el mejoramiento en la planeación y diseño de políticas para la protección y conservación de las aguas subterráneas.

Los objetivos generales del monitoreo de la cantidad de agua pueden ser la adquisición de información acerca de los niveles de agua subterránea (presiones hidráulicas), la dirección y la cantidad de los flujos de agua subterránea, incluyendo áreas recarga y descarga y balances de las aguas subterráneas.

Dentro de los parámetros de cantidad de agua subterránea se encuentra las mediciones de nivel de agua dentro de un pozo de observación.

Dentro de las variables que inciden en las actividades de monitoreo a definir se encuentran:

Tipo de red (nacional, regional, o local), en este contexto por se entendería como una red regional o local que en condiciones normales debería ser monitoreada por la autoridad ambiental.

a) Parámetros de cantidad: nivel de agua

b) Ubicación y profundidad de los puntos de medición, este aspecto rige la densidad de la red, permite establecer la representatividad de los puntos, la tendencia espacial de los niveles de agua o carga de presiones

c) Densidad de la red, depende de las características, la escala espacial, magnitud y frecuencia de las variaciones, frecuencia de las mediciones (de una estación por cada 100 a 10000 km², mientras que para redes regionales la densidad aumenta a un rango de 10 a 100 km² y para redes locales específicas de m² a 1 km²).

La disposición de la información que puede suministrar una red de monitoreo de aguas subterráneas obedece tanto a los registros formales de la concesión asociada, si la tiene, la información que solicita el registro de usuarios del recurso hídrico, como a la información técnica complementaria como el FUNIAS (Formato Único Nacional de Inventario de aguas Subterráneas) que brindaría o sintetizaría, la información relevante del sistema acuífero y

constructiva del pozo. En resumen, la consolidación de la información relacionada se presenta en la siguiente figura:



Esquema de información de aguas subterránea (Fuente: IDEAM, “Principios Básicos para el conocimiento y monitoreo de las aguas subterráneas en Colombia”)

4.6.1 Limitaciones actuales para el monitoreo de aguas subterráneas

A continuación, se describen algunas limitaciones de la información de aguas subterráneas en cuanto a su monitoreo.

- Los pozos identificados en los inventarios de las diferentes entidades no cuentan con información homogénea que permita su caracterización.
- Se desconoce en muchos de los casos el estado actual de los pozos.
- Se desconoce cuales pozos cuentan actualmente con monitoreo de niveles.
- Las características de calidad de las aguas subterráneas están referenciadas a los informes, estudios y caracterizaciones, pero no se tiene detalle si existe en algunos casos monitoreo periódico de variables de calidad.

En este contexto y considerando los inventarios de pozos en el departamento de la Guajira, resulta pertinente evaluar a partir de las características y agrupación de los mismos, el nivel actual de conocimiento de las aguas subterráneas y aquellos que sean definidos para rehabilitación, los pozos sobre los que resulta adecuado realizar seguimiento a los niveles dentro de los pozos de observación. Por lo que esta actividad necesariamente estará articulada y en dependencia de los diagnósticos que se realicen sobre los pozos de monitoreo.

Las anteriores limitaciones hacen necesario, para establecer un plan de monitoreo de aguas subterráneas con el objetivo de Realizar seguimiento a los niveles de los pozos frente al posible aumento de la demanda de agua y a las condiciones de calidad de las aguas subterráneas para optimizar el uso del agua en el departamento de La Guajira.

Se pueden relacionar como objetivos comunes de las redes de monitoreo de aguas subterráneas los siguientes (numeral 3.3 documento de principios básicos):

- Identificar las propiedades físicas, químicas y biológicas del sistema de aguas subterránea.
- Definir el estado, en cantidad y calidad, de las aguas subterráneas.
- Identificar los efectos de los procesos naturales y los impactos humanos de los sistemas hidrogeológicos

- Pronosticar a largo plazo las tendencias en cantidad y calidad de las aguas subterráneas.
- Definir el grado de vulnerabilidad de los sistemas hidrogeológicos.
- Definir medidas a ser adoptadas para prevenir la degradación de las aguas subterráneas o restaurar los acuíferos que ya han sido afectados.
- Determinar prioridades y conflictos entre los usuarios de los recursos hídricos subterráneos y otros recursos naturales

4.6.2 Aspectos relacionados con la formulación de un plan de monitoreo de aguas subterráneas.

Con el fin de definir los requerimientos de monitoreo, se debe tener información pertinente teniendo en cuenta aspectos como mínimo los contenidos en el modelo hidrogeológico conceptual de los sistemas acuíferos. Por lo anterior en el marco de las actividades a desarrollar en el departamento de La Guajira, se hace necesario revisar el contexto de la información de aguas subterráneas que se está consolidando en el marco de la mesa de aguas subterráneas del Consejo Nacional del Agua y de las instancias de acción en la Guajira en el marco de la emergencia.

La medición de niveles requiere un conocimiento del modelo hidrogeológico conceptual pues los niveles registrados deben corresponder a una unidad acuífera en particular y no a la mezcla de varias unidades cuando el acuífero es multicapa, pues las condiciones hidráulicas de cada una son diferentes dependiendo de las condiciones de presión y confinamiento.

Dependiendo de las características de los pozos del sistema a monitorear, dentro de los instrumentos más empleados en el monitoreo de las aguas subterráneas pueden considerarse: sondas de nivel manuales, sensores automáticos para nivel y calidad de agua (asociado a parámetros básicos in situ), sensores multiparamétricos, para aplicaciones más complejas se pueden considerar: bombas sumergibles de membrana o plásticas, bombas peristálticas, muestreadores de agua y unidades de muestreo de agua para pozos.

Adicional a lo anterior se requiere articular la gestión de la información generada, en función de las variables a capturar y la frecuencia, si bien puede establecerse un mecanismo básico de almacenamiento el Ideal sería que quede articulado con un sistema de información.

Para la finalidad establecida debe definirse si se requiere en realidad transmisión automática de los registros de niveles en función de la frecuencia de monitoreo requerida, adicional a las diferencias de personal requerido y sostenibilidad para los casos en que se pueda establecer un sensor automático que requiera programar recorridos periódicos para recoger la información frente a la transmisión en tiempo real y las condiciones propias para la operación y transmisión de redes de este tipo.

4.6.3 Fortalecimiento institucional para el monitoreo de aguas subterráneas

Para lograr una articulación efectiva de la corporación en el propósito de establecer un programa de monitoreo de aguas subterráneas, el fortalecimiento requerido en la Corporación Autónoma Regional, en este caso Corpoguajira, debe contar con un recurso humano suficiente, capacitado y con dedicación exclusiva, logística adecuada para labores de evaluación, monitoreo, seguimiento y control, y asignación de recursos económicos

para financiación de proyectos de conocimiento, evaluación, protección y conservación de sistemas acuíferos de importancia nacional y regional. En este contexto el Ideam realizaría el acompañamiento técnico e incorporaría en la formulación del PIRMA propuesto como parte del Fortalecimiento, el componente de aguas subterráneas.

^[1] <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico/gobernanza-del-agua/programa-nacional-de-monitoreo-del-recurso-hidrico>

^[2] <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023541/Principios.pdf>

4.7 Recomendaciones generales para fortalecer el conocimiento y la gestión de las aguas subterráneas

- Con respecto al monitoreo de la calidad del agua subterránea no se cuenta con redes de monitoreo que suministren información sistemática y permanente, así como tampoco con la distribución adecuada de datos en la Alta, Baja y Media Guajira que permita conocer el estado y la evolución de los parámetros de calidad y los niveles de agua subterránea en tiempo real, por lo que deben aunarse esfuerzos entre las diferentes instituciones de acuerdo con sus roles y competencias para formular e implementar el Programa Institucional Regional de Monitoreo del agua PIRMA, para el departamento de La Guajira, y asegurar su operación y mantenimiento.
- Es necesario realizar un estudio detallado para establecer la relación agua dulce-agua salada que existe en los niveles acuíferos de la media y alta Guajira, determinando la zona de mezcla de los dos tipos de agua afectada por condiciones de bombeo, dirección de flujo, variación del nivel del mar (efecto de mareas), variabilidad climática, entre otros, identificando la longitud de penetración de la cuña marina en las zonas.
- En relación con la información sobre la cantidad, ubicación y el estado actual de las captaciones de agua (subterránea) es necesario fortalecer el proceso de consolidación y validación de la información en un único sistema (preferiblemente el Sistema de Información del Recurso Hídrico) que sea compatible con los demás sistemas existentes en las entidades del estado del nivel nacional y regional.
- Se cuenta con un modelo hidrogeológico conceptual del departamento a escala regional, elaborado por el Servicio Geológico Colombiano en el año 2016, que proporciona información sobre las características geológicas, geofísicas, hidráulicas, de calidad de las aguas subterráneas y sobre las potencialidades de los principales acuíferos de la región, sin embargo, para atender la demanda, especialmente en tiempos de sequía, se hace necesario contar con estudios hidrogeológicos a escalas detalladas (que incluyan los aspectos contenidos en la normativa para el permiso de exploración de aguas subterráneas, tales como inventarios de puntos de agua actualizados, conocimiento de mayor detalle del comportamiento hidrogeológico de las unidades acuíferas con porosidad primaria y secundaria, estudios geofísicos puntuales, de calidad del agua subterránea en la zona, entre otros) en las regiones donde existe población afectada o mayor demanda del recurso hídrico y donde el modelo hidrogeológico muestra mayores potencialidades.
- Con base en los Lineamientos para el Aprovechamiento Sostenible de agua Subterránea en Cabeceras Municipales Susceptibles al Desabastecimiento en Temporada Seca, Minambiente (2020), se recomienda con base en la información del Modelo Hidrogeológico Conceptual de La Guajira (SGC, 2016), evaluar articuladamente entre todas las entidades competentes (Consejo Nacional del Agua y Comités para la Gestión de Riesgo de Desastres), la posibilidad real de abastecimiento, contemplando los siguientes aspectos mínimos:
 - Localización de la zona específica en la que se requiere atender la demanda y población a ser atendida.

- Aspectos culturales asociados al abastecimiento del agua, que permitan identificar las condiciones aceptadas por las comunidades para hacer uso del agua.
- Existencia de pozos que puedan suplir temporalmente la demanda o posibilidad de recuperación de pozos abandonados, considerando también la localización de infraestructura para abastecimiento de agua potable o la existencia de Pilas públicas, o la necesidad de construcción de nuevos pozos o la evaluación de otras fuentes de abastecimiento complementarias.
- Los criterios de calidad del agua subterránea como fuente de abastecimiento para consumo humano.
- La localización, estado y compatibilidad de la infraestructura disponible para la potabilización y distribución de agua subterránea.
- Caudal o volumen de agua subterránea requerido.
- Tiempo estimado del requerimiento de agua subterránea.
- Las necesidades de operación y mantenimiento de la infraestructura asociada al suministro de agua potable
- El cumplimiento de los requisitos para solicitar la concesión de aguas subterráneas ante Corpoguajira, una vez superada la emergencia.
- La formulación e implementación de los instrumentos de planificación y administración del recurso hídrico en el departamento requiere la gestión de recursos financieros a través de los diferentes fondos para avanzar en el conocimiento y la implementación de acciones que permitan conocer de manera más precisa la oferta, demanda y calidad del agua.
- Considerando que la principal fuente de suministro de agua en la Guajira son las aguas subterráneas se requiere avanzar en un proceso de fortalecimiento de capacidades a los funcionarios y contratistas que atienden esta temática desde Corpoguajira como máxima autoridad ambiental del departamento, para facilitar su administración y gestión.

4.7.1 Con respecto al Permiso de prospección y exploración de aguas subterráneas de emergencia.

Durante la emergencia se prevé condiciones deficitarias de aguas superficiales especialmente en la Alta Guajira, por lo que una de las opciones para atender la demanda de la población aislada es la construcción de nuevos pozos de agua subterránea, para lo cual se debe contar con autorizaciones de carácter ambiental más ágiles, por lo que debe ajustarse el trámite para que con la solicitud de permiso de exploración se allegue adicionalmente la información geofísica que le permita a la autoridad pronunciarse, para lo cual podrá contar, en el marco del fortalecimiento institucional, con el apoyo de profesionales idóneos en el área de hidrogeología de las entidades del SINA.

4.7.2 Regularización del uso y aprovechamiento mínimo de agua subterránea en pozos existentes

Considerando que en el marco de la emergencia, diferentes entidades de nivel nacional tienen prevista la adecuación y rehabilitación de pozos de agua subterránea que se encuentran inhabilitados o que requieren mantenimiento para mejorar su funcionamiento, en el marco del Comité Técnico Permanente de Aguas Subterráneas del Concejo Nacional del Agua (CNA), se estructurará un sistema de información que integre los datos de las captaciones de aguas subterráneas que tienen las diferentes entidades, así mismo se definirá un

protocolo para la captura de información técnica, para ser diligenciada durante las intervenciones y que permita fortalecer el conocimiento respecto al estado, dinámica, calidad, usos, usuarios, caudales y otra información que es indispensable para la administración y gestión de las aguas subterráneas por parte de CORPOGUAJIRA.

Así mismo se establece unas condiciones mínimas que deben cumplirse, para regularizar el uso y aprovechamiento del agua subterráneas en las zonas donde se localicen los pozos que sean rehabilitados, considerando también la posibilidad de realizar justificaciones técnicas (soportadas) de la imposibilidad material de cumplir con algunos de estos requisitos.

La información que se presentó en este documento fue estructurada con soportes técnicos suscritos por la Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico, elaborado a partir de la información aportada por CORPOGUAJIRA, IDEAM y SGC.

Cordialmente,

FABIÁN MAURICIO CAICEDO CARRASCAL
Director Gestión Integral del Recurso Hídrico

Proyectó: Equipo técnico de la DGIRH
Revisó: Fabián Caicedo
Octubre 2 2023

5 Referencias Bibliográficas

1. Ideam. (8 de junio, 2023). El Centro de Predicciones Climáticas de la NOAA comunica que las condiciones de El Niño están presentes. Comunicado Especial N° 031. Seguimiento Condiciones Fenómeno El Niño. Ideam. <http://www.pronosticosyalertas.gov.co/documents/78690/125905681/Comunicado+Especial+No+031+Fen%C3%B3meno+Ni%C3%B1o+junio+8+2023.pdf/5d91a196-d46c-47c4-a489-a96d07e9da7b?version=1.0>
2. Ideam. (2023). Estudio Nacional del Agua 2022. Ideam. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/024011/024011.html>
3. Base de datos consolidación concesiones, se encuentra en la siguiente ruta: https://ticminambiente-my.sharepoint.com/:x:/r/personal/otosse_minambiente_gov_co/Documents/4.%20GRUPO%20PLANIFICACI%C3%93N%20CUENCAS%20Y%20ACU%C3%8DIFERO/AGUAS%20SUBTERRANEAS/VISITA%20PRESIDENTE%20GUAJIRA%20JUNIO%202023/PRESENTACION%20-AYUDA%20DE%20MEMORIA-GUAJIRA/CONCESIONES%20CORPOGUAJIRA/Consolidado DGIRH CORPOGUAJIRA.xls?d=w7c3d7e6b92a14e3188dbb433b86d9ddb&csf=1&web=1&e=ubhkgZ
4. Ideam. (8 de junio, 2023). El Centro de Predicciones Climáticas de la NOAA comunica que las condiciones de El Niño están presentes. Comunicado Especial N° 031. Seguimiento Condiciones Fenómeno El Niño. Ideam. <http://www.pronosticosyalertas.gov.co/documents/78690/125905681/Comunicado+Especial+No+031+Fen%C3%B3meno+Ni%C3%B1o+junio+8+2023.pdf/5d91a196-d46c-47c4-a489-a96d07e9da7b?version=1.0>
5. Ideam. (2023). Estudio Nacional del Agua 2022. Ideam. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/024011/024011.html>
6. Ideam (22 de junio, 2023) Informe Climático Especial -La Guajira-.Ideam http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21135/INFORME+ESPECIAL+IDEAM_LA+GUAJIRA_VF2.pdf/d4ae4f7c-f314-4163-95df-66758705c8e9
7. Ideam, et al. (2015). Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones – Enfoque Nacional - Regional: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. ISBN 978-958-8902-57-9
8. Minambiente, Corpoguajira, Universidad de Antioquia, 2023 – 2015 Fases I y Fase II del Plan de Manejo Ambiental de Acuíferos de la Cuenca del Río Ranchería.
9. OMM. (17 de mayo, 2023). Las temperaturas mundiales batirán récords en los próximos cinco años. Organización Meteorológica Mundial. <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/las-temperaturas-mundiales-batirán-récords-en-los-próximos-cinco-años>
10. Servicio Geológico Colombiano -SGC, (2016) Modelo Hidrogeológico Conceptual de La Guajira.