

ESTUDIO REGIONAL DEL AGUA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO SAN JORGE, JURISDICCIÓN DE CORPOMOJANA



OBJETIVO GENERAL

Aunar esfuerzos Técnicos y Financieros para la formulación del Estudio Regional del Agua de la cuenca baja del Río San Jorge, Jurisdicción de CORPOMOJANA

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar y evaluar el estado, dinámica y tendencia del agua superficial, subterránea, oferta y su disponibilidad, en unidades hídricas de análisis representativas para la región de La Mojana.
- Caracterizar y evaluar el estado y tendencias de las presiones sobre los sistemas hídricos por uso de agua y carga contaminante proveniente de sectores usuarios del recurso, en unidades representativas para la región de La Mojana
- Caracterizar y evaluar las condiciones de calidad de agua en las corrientes y cuerpos de agua de la región de La Mojana y afectación que ejercen los diferentes sectores usuarios del recurso tanto para condiciones actuales como tendencias

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

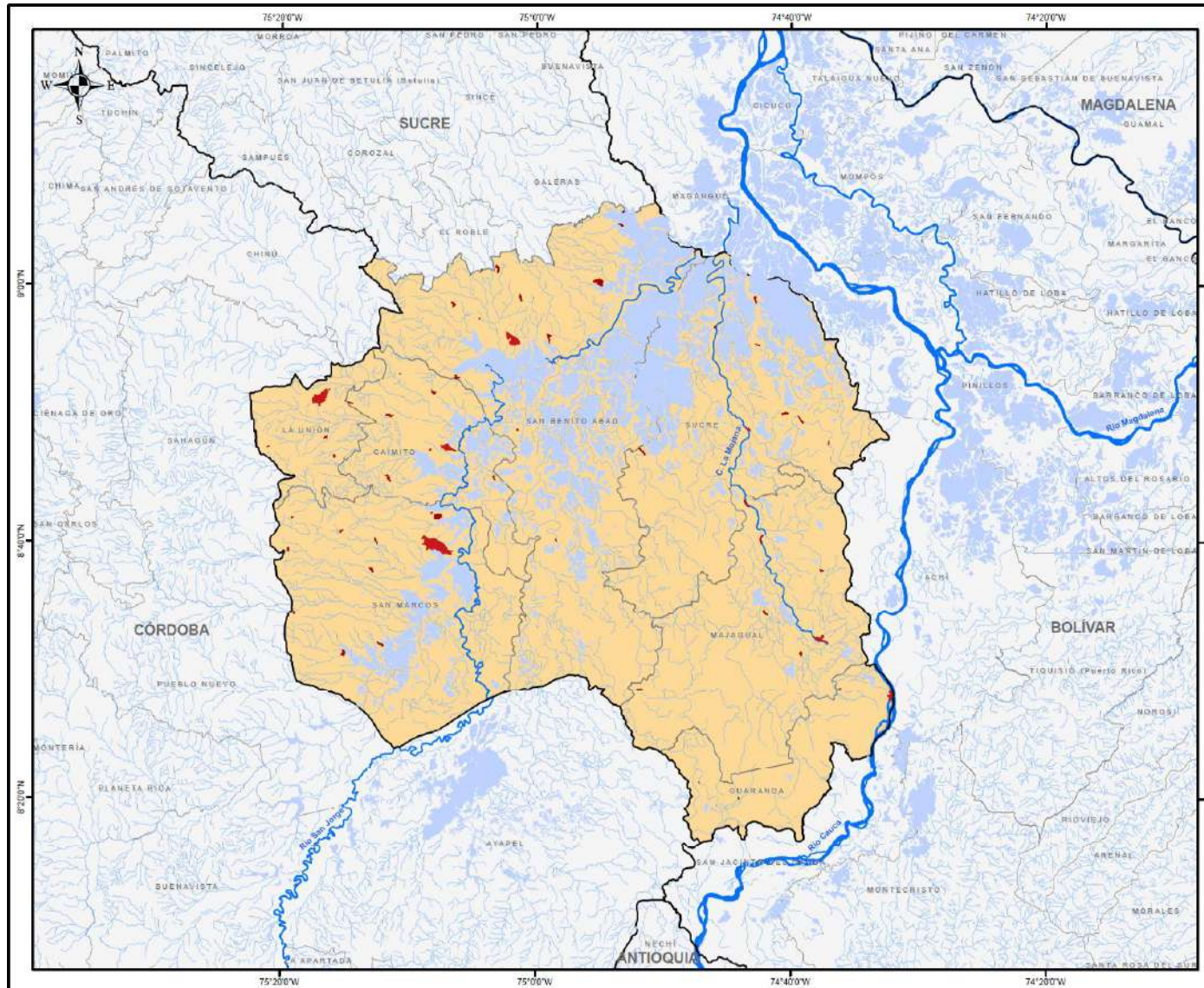
- Evaluar las amenazas y vulnerabilidades asociadas a la afectación del régimen hidrológico, de la oferta natural disponible y su calidad, la vulnerabilidad del recurso hídrico y las amenazas sobre el territorio relacionadas con la dinámica natural del agua.
- Realizar análisis integrados de las condiciones actuales y tendenciales del régimen hídrico referidas al estado y disponibilidad agua a partir de indicadores hídricos e hidrobiológicos.

ALCANCE DEL PROYECTO

Evaluar las amenazas y vulnerabilidades asociadas a la afectación del régimen hidrológico, de la oferta natural disponible y su calidad, la vulnerabilidad del recurso hídrico y las amenazas sobre el territorio relacionadas con la dinámica natural del agua.



MUNICIPIOS QUE HACEN PARTE DEL CONVENIO



En el presente convenio hacen parte los siguientes municipios que hacen parte de la cuenca baja del Río San Jorge, jurisdicción de Corpomojana.

- Caimito
- Guaranda
- La Unión
- Majagual
- San Benito Abad
- San Marcos
- Sucre



ESQUEMA METODOLÓGICO PARA LA EVALUACIÓN DEL ERA



Fuente: IDEAM, 2013

REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

Diagnóstico e inventario de la información disponible para adelantar el cálculo de los indicadores de la ERA

1. INSTRUMENTOS TÉCNICOS

- Programa Nacional de Monitoreo del Recurso Hídrico (PNMRH) y la estrategia para su implementación (diagnostico).
- Registro de usuarios del recurso hídrico
- Guías para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico
- Normas legales

REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

2. INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN

INFORMACIÓN	ENTIDAD	CONTENIDO
POMCA para subzonas hidrográficas o subsiguientes	CORPOMOJANA	El POMCA se encuentra en revisión, la información no se encuentra disponible para utilizarla en La ERA.
Plan de ordenamiento del recurso hídrico (PORH)	CORPOMOJANA	El PORH que abarca la cuenca baja del río San Jorge competencia de CORPOMOJANA se realizó el año pasado, este la mayoría de la información necesaria para el desarrollo del ERA.
Plan de Gestión Ambiental Regional (PGAR)	CORPOMOJANA	Se formulo el Plan de Gestión Ambiental Regional 2016 – 2026, donde se encuentra una síntesis ambiental, que abarca un diagnóstico ambiental de la jurisdicción por municipio.
Plan de Acción Institucional (PAI)	CORPOMOJANA	Plan de Acción Institucional 2016 – 2019, donde se identifica la problemática ambiental, las acciones operativas y los instrumentos de seguimiento y evaluación de las acciones a desarrollar.
Esquemas de Ordenamiento Territorial (Diagnostico)	CORPOMOJANA	Los EOT de los municipios de Jurisdicción de CORPOMOJANA, se encuentran en proceso de actualización para el año 2019, de los EOT vigentes a la fecha, información secundaria desactualizada con respecto al componente hídrico.

REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

2. INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN

INFORMACIÓN	ENTIDAD	CONTENIDO
Planes de saneamiento y manejo de vertimientos municipales (PSMV)	CORPOMOJANA	Se encuentra en proceso de actualización con los siete (7) municipios de la jurisdicción. Los PSMV describen una línea base ambiental y un diagnóstico ambiental de forma individual.
Planes de ahorro y uso eficiente del agua	CORPOMOJANA	No cuentan con Planes de Ahorro y uso eficiente del agua para los municipios en estudio.
Quejas y Reclamos de la comunidad 2017 - 2018	CORPOMOJANA	La Corporación suministro una relación de infracciones efectuadas por parte de la institución, en donde se encuentran quejas relacionadas con el componente agua, para vertimientos sin permiso, desbordamientos, contaminación hídrica y extracción ilegal de materiales de construcción.
Proyecto de definición y delimitación de zonas protegidas de los humedales prioritarios de la Depresión Momposina en jurisdicción de Corpomojana y CSB	CORPOMOJANA	En el documento suministrado por CORPOMOJANA, se realiza una actualización de la línea base ambiental que incluye análisis de los aspectos climáticos, hidrográficos, hidrológicos, La dinámica fluvial y dinámica hídrica de los complejos de humedales.

REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

2. INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN

INFORMACIÓN	ENTIDAD	CONTENIDO
Plan de acción para la prevención, atención y mitigación de los efectos generados por el fenómeno de la sequía e incendios ante el fenómeno del niño 2015 – 2016.	FONDO ADAPTACIÓN	En este documento se encuentra información relevante relacionada con las estrategias a implementar para la época seca y los posibles incendios, así como recomendaciones ante esta eventualidad.
Plan de Contingencia para la temporada de lluvia	FONDO ADAPTACIÓN	En este documento se encuentra información sobre la identificación de amenazas y los posibles daños que puede haber en el municipio. Sólo se cuenta con los planes de contingencia de los municipios de Caimito y La Unión.
Plan de Acción Trienal (PAT)	CORPOMOJANA	Sin información
Plan Operativo Anual (POA)	CORPOMOJANA	Sin información
Planes de manejo ambiental para cuencas de orden inferior a subzonas hidrográficas o subsiguientes	CORPOMOJANA	Sin información
Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos	CORPOMOJANA	Sin información

REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

3. INSTRUMENTOS ECONÓMICOS

INFORMACIÓN	DISPONIBILIDAD
<p>Tasa retributiva</p>	<p>CORPOMOJANA, suministro toda la información, sobre la tasa retributiva por vertimientos puntuales de los 7 municipios de su jurisdicción a septiembre 30 de 2018, especificando lo facturado, lo recaudado, el saldo y los intereses.</p>
<p>Tasa por utilización de agua</p>	<p>CORPOMOJANA, suministro toda la información, sobre la tasa por utilización de agua de los 7 municipios de su jurisdicción desde 1999 hasta septiembre de 2018, incluida los intereses.</p>



REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

4. FUENTES DE INFORMACIÓN NACIONAL Y REGIONAL

FUENTES	INFORMACIÓN
IDEAM	<ul style="list-style-type: none"> • Series históricas de las principales variables hidrológicas, meteorológicas y de calidad de aguas monitoreadas en las redes nacionales, regionales y local de observación y medición. • Lineamientos conceptuales y metodológicos para la ERA. • Estudio Nacional del Agua 2014.
DANE	Información básica e información secundaria de fuentes externas de información
Minambiente y desarrollo	Política Nacional para la gestión integral del recurso hídrico
Fondo Adaptación	Macro proyectos La Mojana
CSB	Proyecto de definición y delimitación de zonas protegidas de los humedales prioritarios de la depresión Momposina en jurisdicción de CORPOMOJANA y CSB

REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

5. INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

FUENTES	INFORMACIÓN
CORPOMOJANA	Personal Geodatabase (.mdb)
CORPOMOJANA	Shapefiles con la división predial rural y urbana de 6 municipios de la subregión Mojana
CORPOMOJANA	Shapefiles Área de recarga acuíferos
CORPOMOJANA	Shapefiles Cobertura de la tierra
CORPOMOJANA	Shapefiles Inundación 2010 – 2011
CORPOMOJANA	Shapefiles Riesgo por Inundación
CORPOMOJANA	Shapefiles Uso del Suelo
FONDO ADAPTACIÓN	Shapefiles Veredas Mojana

FUENTES	INFORMACIÓN
INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI	Shapefiles Zonas Hidrográficas
PLAN ORDENAMIENTO RECURSOS HÍDRICO	Shapefiles Precipitación Anual y Microcuencas Bajo San Jorge
INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI	Shapefiles Geopedología
PLAN ORDENAMIENTO RECURSO HÍDRICO	Shapefiles Centros Urbanos Subregión Mojana
IDEAM	Shapefiles Estaciones

REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

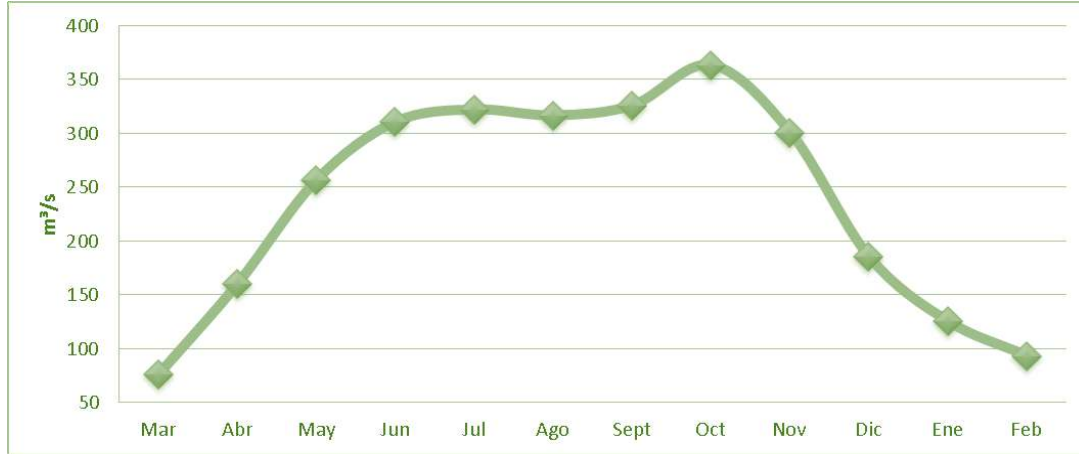
CONCLUSIONES

- El PORH, es una de las fuentes de información secundaria principales para la realización de la ERA, la mayoría de los componentes a evaluar fueron manejados en este estudio.
- los POT de la región, estos carecen de rigurosidad en la mayoría de los casos ya que los municipios no llevaron a cabo el tema.
- No se tienen los PSMV de la mayoría de los municipios de la región, solamente están en de La Unión y San Benito Abad. El documento de Majagual, Guaranda y Sucre, solamente hay unas fotografías, pero no se puede apreciar bien el documento.
- Existe un tipo de información importante y significativa que deberá estar contenida en los planes de ordenamiento territorial de los siete municipios pertenecientes al área de jurisdicción de CORPOMOJANA, estos planes fueron puestos en proceso de actualización, pero no han sido publicados oficialmente por las entidades territoriales.



EVALUACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA CARACTERÍSTICAS DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO

Año hidrológico medio



Caudales medios mensuales del río San Jorge (Est. Marralú)

Año hidrológico seco



Caudales mínimos mensuales del río San Jorge (Est. Marralú)

Año hidrológico húmedo



Caudales máximos mensuales del río San Jorge (Est. Marralú)

EVALUACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA

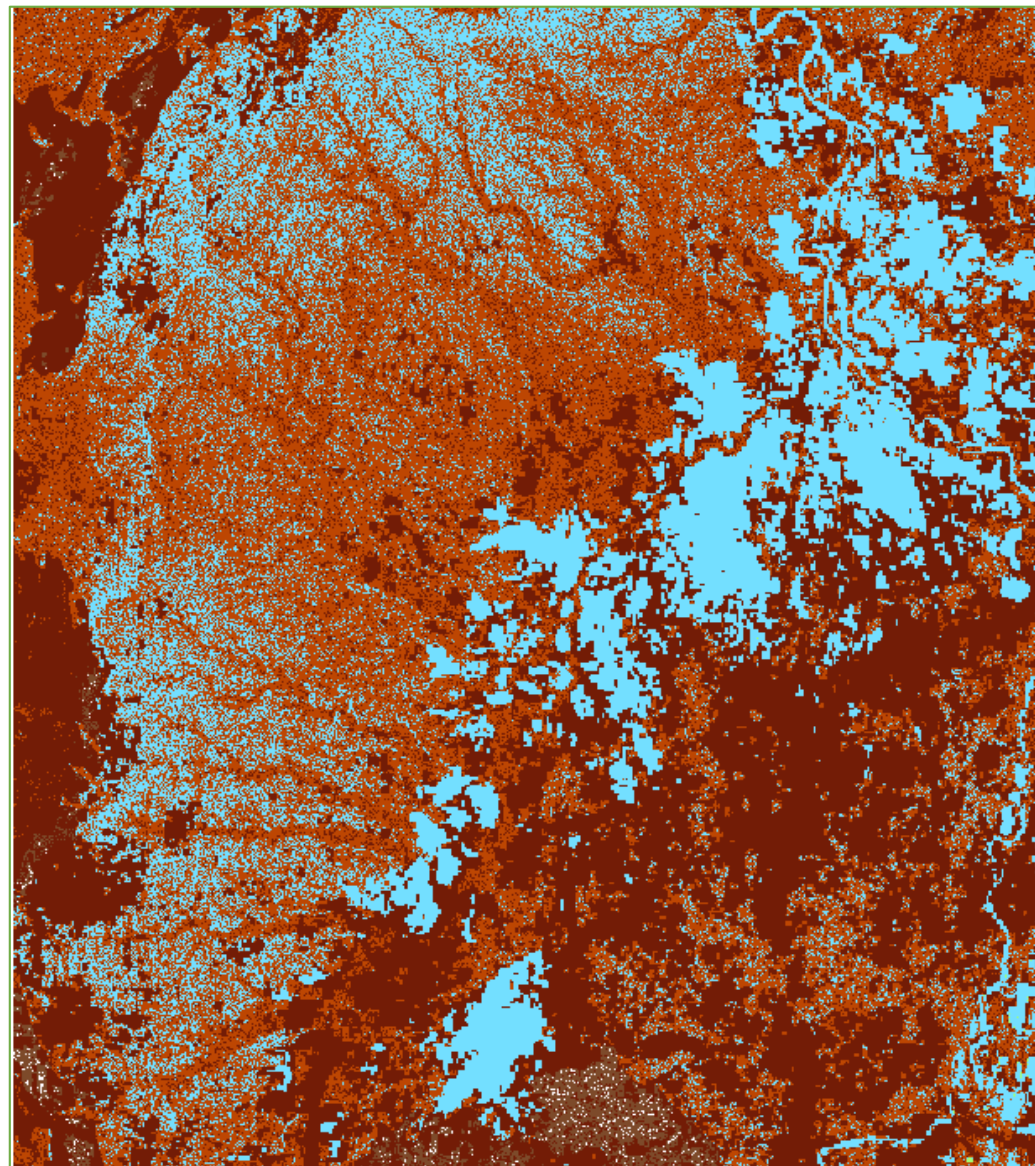
MODELO HIDROLÓGICO BÁSICO

Objetivo: Determinar los caudales aportantes a los tributarios (34 microcuencas)

Modelo espacialmente distribuido basado en datos hidroclimáticos de 24 estaciones del Ideam, en los usos del suelo reportados por el proyecto Corine Land Cover y el mapa de pendientes derivado del modelo de elevación digital SRTM (NASA).

Resultados: Estimación de caudales medios en 34 corrientes y sus caudales máximos para diferentes períodos de retorno.

Modelo factor de escorrentía





EVALUACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA MODELO HIDROLÓGICO BÁSICO

Caudales máximos estimados para diferentes períodos de retorno

No.	Zona hidrográfica	Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Área	Período de retorno (Tr)	SCS-NC (m³/s)	Racional (m³/s)	HUT-Témez (m³/s)	Snyder (m³/s)	William & Hann (m³/s)	HUT-SCS (m³/s)	Caudal máximo estimado (m³/s)
1	Magdalena	Cauca	San Jorge	Ay. Caimitico	71,33	2,33	3,84	9,05	2,95	6,83	11,13	7,89	6,90
						5,00	29,75	69,62	28,51	52,83	86,49	61,18	53,34
						10,00	34,11	79,29	38,72	60,43	99,27	70,15	62,14
						25,00	40,81	94,17	56,01	72,08	118,91	83,96	76,56
						50,00	46,70	107,26	72,50	82,32	136,18	96,10	89,55
						75,00	50,53	115,75	83,71	88,95	147,37	103,98	98,09
						100,00	53,42	122,17	92,43	93,96	155,84	109,94	104,62
						150,00	55,77	127,39	99,66	98,04	162,73	114,79	109,97
						2,33	9,90	59,01	59,99	154,69	109,62	52,25	70,22
						5,00	75,58	448,93	499,09	1181,47	836,89	398,75	545,91
10,00	85,44	506,27	604,28	1336,52	946,38	450,81	626,94						
25,00	100,48	593,71	768,81	1572,96	1113,35	530,21	751,52						
50,00	113,60	669,97	915,31	1779,16	1258,96	599,46	860,92						
75,00	122,05	719,13	1010,89	1912,09	1352,83	644,10	931,74						
100,00	128,43	756,22	1083,49	2012,39	1423,65	677,79	985,29						
150,00	133,61	786,32	1142,70	2093,81	1481,14	705,13	1028,82						
2	Magdalena	Cauca	San Jorge	Ay. Calzón	513,00	2,33	11,21	110,75	122,40	307,74	197,67	96,22	131,76
						5,00	84,28	830,56	984,86	2314,91	1486,57	723,43	1006,35
						10,00	93,98	924,33	1160,25	2582,62	1658,14	806,76	1137,37
						25,00	108,53	1064,90	1428,57	2983,99	1915,38	931,69	1335,14
						50,00	113,60	669,97	915,31	1779,16	1258,96	599,46	860,92
						75,00	122,05	719,13	1010,89	1912,09	1352,83	644,10	931,74
						100,00	128,43	756,22	1083,49	2012,39	1423,65	677,79	985,29
						150,00	133,61	786,32	1142,70	2093,81	1481,14	705,13	1028,82
						2,33	9,20	48,58	51,14	117,35	88,90	41,74	57,59
						5,00	68,69	361,93	407,84	876,47	663,66	311,69	436,28
10,00	76,13	400,40	476,76	971,58	735,34	345,47	489,49						
25,00	87,20	457,65	581,24	1113,12	842,02	395,75	569,16						
50,00	96,62	506,38	665,86	1233,59	932,81	438,55	635,90						
75,00	102,60	537,28	723,65	1309,97	990,37	465,68	679,25						
100,00	107,06	560,35	767,03	1366,99	1033,35	485,94	711,67						
150,00	110,65	578,93	802,08	1412,92	1067,96	502,26	737,81						
3	Magdalena	Cauca	San Jorge	Ay. Canoa	1030,53	2,33	2,49	5,30	1,68	8,65	4,02	4,28	4,02
						5,00	18,38	38,94	11,20	64,11	29,75	31,64	29,68
						10,00	20,19	42,51	11,67	70,52	32,68	34,75	32,53
						25,00	22,83	47,75	16,93	79,90	36,98	39,29	36,71
						50,00	25,05	52,13	21,69	87,75	40,57	43,10	40,21
						75,00	26,44	54,88	24,82	92,67	42,82	45,50	42,41
						100,00	27,47	56,91	27,21	96,32	44,48	47,28	44,04
						150,00	28,30	58,55	29,16	99,24	45,82	48,70	45,56
						2,33	9,20	48,58	51,14	117,35	88,90	41,74	57,59
						5,00	68,69	361,93	407,84	876,47	663,66	311,69	436,28
10,00	76,13	400,40	476,76	971,58	735,34	345,47	489,49						
25,00	87,20	457,65	581,24	1113,12	842,02	395,75	569,16						
50,00	96,62	506,38	665,86	1233,59	932,81	438,55	635,90						
75,00	102,60	537,28	723,65	1309,97	990,37	465,68	679,25						
100,00	107,06	560,35	767,03	1366,99	1033,35	485,94	711,67						
150,00	110,65	578,93	802,08	1412,92	1067,96	502,26	737,81						
4	Magdalena	Cauca	San Jorge	Ay. Caracolí	405,20	2,33	2,49	5,30	1,68	8,65	4,02	4,28	4,02
						5,00	18,38	38,94	11,20	64,11	29,75	31,64	29,68
						10,00	20,19	42,51	11,67	70,52	32,68	34,75	32,53
						25,00	22,83	47,75	16,93	79,90	36,98	39,29	36,71
						50,00	25,05	52,13	21,69	87,75	40,57	43,10	40,21
						75,00	26,44	54,88	24,82	92,67	42,82	45,50	42,41
						100,00	27,47	56,91	27,21	96,32	44,48	47,28	44,04
						150,00	28,30	58,55	29,16	99,24	45,82	48,70	45,56
						2,33	9,20	48,58	51,14	117,35	88,90	41,74	57,59
						5,00	68,69	361,93	407,84	876,47	663,66	311,69	436,28
10,00	76,13	400,40	476,76	971,58	735,34	345,47	489,49						
25,00	87,20	457,65	581,24	1113,12	842,02	395,75	569,16						
50,00	96,62	506,38	665,86	1233,59	932,81	438,55	635,90						
75,00	102,60	537,28	723,65	1309,97	990,37	465,68	679,25						
100,00	107,06	560,35	767,03	1366,99	1033,35	485,94	711,67						
150,00	110,65	578,93	802,08	1412,92	1067,96	502,26	737,81						
5	Magdalena	Cauca	San Jorge	Ay. Ceja de la Puente	43,07	2,33	2,49	5,30	1,68	8,65	4,02	4,28	4,02
						5,00	18,38	38,94	11,20	64,11	29,75	31,64	29,68
						10,00	20,19	42,51	11,67	70,52	32,68	34,75	32,53
						25,00	22,83	47,75	16,93	79,90	36,98	39,29	36,71
						50,00	25,05	52,13	21,69	87,75	40,57	43,10	40,21
						75,00	26,44	54,88	24,82	92,67	42,82	45,50	42,41
						100,00	27,47	56,91	27,21	96,32	44,48	47,28	44,04
						150,00	28,30	58,55	29,16	99,24	45,82	48,70	45,56
						2,33	9,20	48,58	51,14	117,35	88,90	41,74	57,59
						5,00	68,69	361,93	407,84	876,47	663,66	311,69	436,28
10,00	76,13	400,40	476,76	971,58	735,34	345,47	489,49						
25,00	87,20	457,65	581,24	1113,12	842,02	395,75	569,16						
50,00	96,62	506,38	665,86	1233,59	932,81	438,55	635,90						
75,00	102,60	537,28	723,65	1309,97	990,37	465,68	679,25						
100,00	107,06	560,35	767,03	1366,99	1033,35	485,94	711,67						
150,00	110,65	578,93	802,08	1412,92	1067,96	502,26	737,81						

No.	Zona hidrográfica	Cuenca	Subcuenca	Microcuenca	Área	Período de retorno (Tr)	SCS-NC (m³/s)	Racional (m³/s)	HUT-Témez (m³/s)	Snyder (m³/s)	William & Hann (m³/s)	HUT-SCS (m³/s)	Caudal máximo estimado (m³/s)
6	Magdalena	Cauca	San Jorge	Ay. Charco Los Puercos	7,62	2,33	1,45	0,96	0,33	0,61	0,56	0,70	0,71
						5,00	11,49	7,39	2,21	4,92	4,49	5,56	5,59
						10,00	13,43	8,42	2,21	5,82	5,32	6,49	6,51
						25,00	16,42	10,00	2,21	7,20	6,59	7,94	7,93
						50,00	19,07	11,39	2,21	8,42	7,71	9,22	9,18
						75,00	20,79	12,29	2,21	9,21	8,44	10,05	10,00
						100,00	22,09	12,97	2,21	9,81	8,99	10,68	10,61
						150,00	23,15	13,53	2,21	10,30	9,44	11,19	11,11
						2,33	0,90	2,09	0,87	0,82	0,33	1,59	1,05
						5,00	6,80	15,44	5,78	6,26	2,56	12,05	7,72
10,00	7,62	16,95	5,78	7,04	2,89	13,49	8,48						
25,00	8,82	19,17	5,78	8,19	3,37	15,62	9,60						
50,00	9,83	21,04	5,78	9,15	3,79	17,42	10,55						
75,00	10,48	22,22	5,78	9,76	4,05	18,56	11,14						
100,00	10,95	23,10	5,78	10,21	4,24	19,41	11,59						
150,00	11,34	23,80	5,78	10,57	4,40	20,09	11,94						
7	Magdalena	Cauca	San Jorge	Ay. El Cedro	18,12	2,33	9,94	73,26	63,82	193,00	140,05	63,26	85,10
						5,00	74,04	543,83	517,84	1437,61	1042,46	471,14	643,82
						10,00	81,85	599,66	613,78	1589,69	1152,08	520,89	721,60
						25,00	93,43	682,43	760,25	1815,15	1314,59	594,65	837,98
						50,00	103,26	752,65	887,77	2006,46	1452,47	657,24	937,53
						75,00	109,47	797,08	969,69	2127,48	1539,69	696,83	1000,82
						100,00	114,11	830,20	1031,31	2217,71	1604,71	726,35	1048,14
						150,00	117,83	856,85	1081,19	2290,30	1657,03	750,10	1086,29
						2,33	6,24	31,51	24,79	53,38	45,09	27,26	32,16
						5,00	46,37	233,40	200,80	397,63	334,81	202,61	242,91
10,00	51,17	256,84	237,88	439,92	369,20	223,61	271,88						
25,00	58,27	291,52	294,77	502,54	420,10	254,69	315,27						
50,00	64,29	320,88	344,95	555,57	463,17	281,01	352,50						
75,00	68,09	339,43	378,80	589,08	490,39	297,63	376,56						
100,00	70,92	353,24	404,27	614,04	510,65	310,01	394,55						
150,00	73,19	364,35	424,91	634,11	526,95	319,97	409,04						
8	Magdalena	Cauca	San Jorge	Ay. Grande de Corozal	701,27	2,33	25,05	29,06	39,90	50,52	39,05	23,87	33,26
						5,00	184,25	213,59	300,58	371,69	287,26	175,56	246,42
						10,00	201,46	233,37	335,23	406,45	314,08	191,96	271,04
						25,00	226,69	262,37	386,28	457,41	353,39	216,01	307,18
						50,00	247,84	286,69	429,25	500,13	386,35	236,17	337,53
						75,00	261,11	301,95	456,29	526,93	407,03	248,82	356,60
						100,00	270,96	313,26	476,37	546,82	422,38	258,20	370,74
						150,00	278,85	322,34	492,48	562,75	434,67	265,72	382,08
						2,33	6,24	31,51	24,79	53,38	45,09	27,26	32,16
						5,00	46,37	233,40	200,80	397,63	334,81	202,61	242,91
10,00	51,17	256,84	237,88	439,92	369,20	223,61	271,88						
25,00	58,27	291,52	294,77	502,54	420,10	254,69	315,27						
50,00	64,29	320,88	344,95	555,57	463,17	281,01	352,50						
75,00	68,09	339,43	378,80	589,08									

EVALUACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA

CAUDALES AMBIENTALES

Volumen necesario para actividades socioeconómicas y sostenimiento de sistemas acuáticos, Determinado a partir de la calidad, la cantidad, la duración y la estacionalidad (Dec. 3930/2010).

Metodologías oficiales propuestas no aplicables en La Mojana por carencia de información como Caudales medios diarios (ENA, 2010) o índice de integridad de hábitat (ANLA).

Cálculo utilizado: 25 % de caudal medio estimado (Res. 865/2004)

Estimación de caudales ecológicos a partir de caudales medios mensuales (m³/s)

Nombre	Tipo de caudal	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Ay. Caimítico	Caudal medio mensual	0,18	0,21	0,45	1,34	2,44	2,56	2,67	3,14	2,88	2,37	1,55	0,48
	Caudal ecológico	0,05	0,05	0,11	0,34	0,61	0,64	0,67	0,79	0,72	0,59	0,39	0,12
Ay. Calzón	Caudal medio mensual	1,10	1,29	2,41	6,86	11,76	11,85	12,16	14,35	13,53	11,84	7,64	2,53
	Caudal ecológico	0,27	0,32	0,60	1,71	2,94	2,96	3,04	3,59	3,38	2,96	1,91	0,63
Ay. Canoa	Caudal medio mensual	2,30	3,25	5,69	15,52	24,71	24,24	24,03	29,03	26,61	23,49	15,16	5,42
	Caudal ecológico	0,57	0,81	1,42	3,88	6,18	6,06	6,01	7,26	6,65	5,87	3,79	1,35
Ay. Caracolí	Caudal medio mensual	0,52	0,68	1,88	5,34	8,08	8,14	8,92	10,23	8,38	7,01	4,60	1,72
	Caudal ecológico	0,13	0,17	0,47	1,33	2,02	2,04	2,23	2,56	2,10	1,75	1,15	0,43
Ay. Ceja de la Puente	Caudal medio mensual	0,09	0,12	0,36	0,97	1,70	1,86	2,02	2,38	1,99	1,58	1,07	0,34
	Caudal ecológico	0,02	0,03	0,09	0,24	0,42	0,46	0,51	0,59	0,50	0,40	0,27	0,08
Ay. Charco Los Puercos	Caudal medio mensual	0,02	0,02	0,04	0,14	0,26	0,28	0,29	0,34	0,33	0,28	0,19	0,06
	Caudal ecológico	0,00	0,00	0,01	0,04	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,07	0,05	0,02
Ay. EL Cedro	Caudal medio mensual	0,04	0,05	0,09	0,32	0,62	0,62	0,61	0,76	0,74	0,67	0,46	0,14
	Caudal ecológico	0,01	0,01	0,02	0,08	0,16	0,16	0,15	0,19	0,19	0,17	0,11	0,04
Ay. Grande de Corozal	Caudal medio mensual	1,17	1,62	2,45	6,49	10,31	10,05	9,63	11,58	10,99	10,63	7,00	2,55
	Caudal ecológico	0,29	0,41	0,61	1,62	2,58	2,51	2,41	2,90	2,75	2,66	1,75	0,64
Ay. Guamal	Caudal medio mensual	0,61	0,82	2,03	5,85	9,91	10,58	11,24	13,30	11,52	9,32	6,16	2,05
	Caudal ecológico	0,15	0,20	0,51	1,46	2,48	2,65	2,81	3,32	2,88	2,33	1,54	0,51
Ay. Guarino	Caudal medio mensual	0,44	0,55	1,41	4,63	8,83	9,90	11,08	12,56	11,03	8,99	6,09	1,91
	Caudal ecológico	0,11	0,14	0,35	1,16	2,21	2,48	2,77	3,14	2,76	2,25	1,52	0,48
Ay. Guartinaja	Caudal medio mensual	0,06	0,07	0,15	0,47	0,86	0,92	0,96	1,11	1,03	0,86	0,56	0,17
	Caudal ecológico	0,02	0,02	0,04	0,12	0,21	0,23	0,24	0,28	0,26	0,21	0,14	0,04
Ay. Jobito	Caudal medio mensual	0,42	0,50	1,00	3,03	5,50	5,63	5,28	6,50	6,26	5,90	4,07	1,25
	Caudal ecológico	0,11	0,13	0,25	0,76	1,38	1,41	1,32	1,62	1,57	1,47	1,02	0,31
Ay. La Soledad	Caudal medio mensual	0,15	0,19	0,54	1,64	2,76	2,78	3,15	3,57	3,00	2,39	1,53	0,56
	Caudal ecológico	0,04	0,05	0,13	0,41	0,69	0,70	0,79	0,89	0,75	0,60	0,38	0,14
Ay. Mancomoján	Caudal medio mensual	1,01	1,34	2,47	6,38	10,55	10,42	9,70	12,18	11,35	11,80	7,60	2,87
	Caudal ecológico	0,25	0,34	0,62	1,60	2,64	2,61	2,42	3,05	2,84	2,95	1,90	0,72
Ay. Maquenque	Caudal medio mensual	0,22	0,26	0,56	1,67	2,98	3,14	3,29	3,88	3,54	2,86	1,87	0,59
	Caudal ecológico	0,05	0,06	0,14	0,42	0,74	0,79	0,82	0,97	0,88	0,72	0,47	0,15
Ay. Montegrande	Caudal medio mensual	0,81	1,15	2,71	7,82	12,32	12,36	12,93	15,47	13,22	11,29	7,50	2,70
	Caudal ecológico	0,20	0,29	0,68	1,96	3,08	3,09	3,23	3,87	3,31	2,82	1,87	0,67
Ay. Paso de los Chivos	Caudal medio mensual	0,04	0,04	0,09	0,31	0,56	0,59	0,62	0,72	0,70	0,60	0,40	0,13
	Caudal ecológico	0,01	0,01	0,02	0,08	0,14	0,15	0,15	0,18	0,17	0,15	0,10	0,03
Ay. Paso La Villa	Caudal medio mensual	0,11	0,13	0,25	0,86	1,58	1,61	1,60	1,97	1,92	1,71	1,13	0,36
	Caudal ecológico	0,03	0,03	0,06	0,21	0,40	0,40	0,40	0,49	0,48	0,43	0,28	0,09
Ay. San Pablito	Caudal medio mensual	0,19	0,25	0,78	2,11	3,54	3,69	4,04	4,73	3,95	3,16	2,16	0,72
	Caudal ecológico	0,05	0,06	0,20	0,53	0,88	0,92	1,01	1,18	0,99	0,79	0,54	0,18
Ay. Santo Domingo	Caudal medio mensual	0,62	0,84	2,25	6,36	9,71	9,81	10,52	12,32	10,15	8,64	5,74	2,11
	Caudal ecológico	0,16	0,21	0,56	1,59	2,43	2,45	2,63	3,08	2,54	2,16	1,43	0,53
Caño Las Pozas	Caudal medio mensual	4,37	5,00	10,31	29,57	52,85	53,30	57,05	68,07	57,84	65,79	53,75	20,26
	Caudal ecológico	1,09	1,25	2,58	7,39	13,21	13,32	14,26	17,02	14,46	16,45	13,44	5,07
Cga. Ayapel	Caudal medio mensual	0,82	0,85	1,92	7,07	14,06	15,23	17,17	20,01	16,38	15,89	11,06	3,88
	Caudal ecológico	0,21	0,21	0,48	1,77	3,52	3,81	4,29	5,00	4,09	3,97	2,77	0,97
Cñ. Agua Blanca	Caudal medio mensual	1,11	1,38	2,57	9,93	15,93	16,18	19,33	20,88	16,95	14,27	8,57	3,12
	Caudal ecológico	0,28	0,35	0,64	2,48	3,98	4,04	4,83	5,22	4,24	3,57	2,14	0,78
Cñ. Caimán	Caudal medio mensual	1,40	1,50	3,47	11,08	21,69	23,19	25,27	29,49	24,39	26,29	19,74	6,45
	Caudal ecológico	0,35	0,37	0,87	2,77	5,42	5,80	6,32	7,37	6,10	6,57	4,93	1,61
Cñ. Carate	Caudal medio mensual	0,06	0,07	0,14	0,47	0,88	0,90	0,87	1,08	1,05	0,95	0,64	0,20
	Caudal ecológico	0,01	0,02	0,03	0,12	0,22	0,22	0,22	0,27	0,26	0,24	0,16	0,05
Cñ. La Guaripa	Caudal medio mensual	0,51	0,60	1,27	5,15	10,05	10,73	12,44	14,05	11,87	10,47	6,96	2,42
	Caudal ecológico	0,13	0,15	0,32	1,29	2,51	2,68	3,11	3,51	2,97	2,62	1,74	0,61
Cñ. La Palmita	Caudal medio mensual	1,59	1,55	3,10	8,59	17,06	17,52	17,65	19,25	20,47	24,51	20,38	8,26
	Caudal ecológico	0,40	0,39	0,78	2,15	4,26	4,38	4,41	4,81	5,12	6,13	5,10	2,07
Cñ. La Pita	Caudal medio mensual	0,25	0,23	0,51	1,68	3,54	3,78	4,22	4,78	4,52	4,41	3,21	1,16
	Caudal ecológico	0,06	0,06	0,13	0,42	0,89	0,95	1,05	1,20	1,13	1,10	0,80	0,29
Cñ. Magangué	Caudal medio mensual	3,08	3,35	7,09	19,20	37,54	37,85	38,72	45,26	42,86	52,14	40,67	16,14
	Caudal ecológico	0,77	0,84	1,77	4,80	9,38	9,46	9,68	11,31	10,72	13,03	10,17	4,04
Cñ. Malambo	Caudal medio mensual	0,38	0,36	0,79	2,70	5,49	6,02	6,54	7,55	6,73	7,03	4,98	1,74
	Caudal ecológico	0,09	0,09	0,20	0,67	1,37	1,50	1,63	1,89	1,68	1,76	1,24	0,43
Cñ. Mojana	Caudal medio mensual	0,70	0,89	2,11	6,61	10,06	9,95	11,33	12,61	10,30	8,59	5,35	2,10
	Caudal ecológico	0,17	0,22	0,53	1,65	2,51	2,49	2,83	3,15	2,58	2,15	1,34	0,52
Cñ. Pasatiempo	Caudal medio mensual	1,57	1,63	3,59	11,78	22,47	24,30	26,89	31,79	25,81	26,39	20,40	7,03
	Caudal ecológico	0,39	0,41	0,90	2,94	5,62	6,07	6,72	7,95	6,45	6,60	5,10	1,76
Qda. Aguas Claras	Caudal medio mensual	4,33	4,16	8,37	30,16	52,98	58,49	67,28	78,62	61,56	58,17	43,95	13,90
	Caudal ecológico	1,08	1,04	2,09	7,54	13,24	14,62	16,82	19,66	15,39	14,54	10,99	3,48
Río San Jorge y ciénaga	Caudal medio mensual	6,13	6,44	13,38	45,84	90,74	93,53	102,71	116,73	110,15	102,14	72,34	26,26
	Caudal ecológico	1,53	1,61	3,35	11,46	22,68	23,38	25,68	29,18	27,54	25,54	18,09	6,57

EVALUACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA

MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL

Objetivo: Esquematizar la naturaleza, el funcionamiento y las características hidrogeológicas.

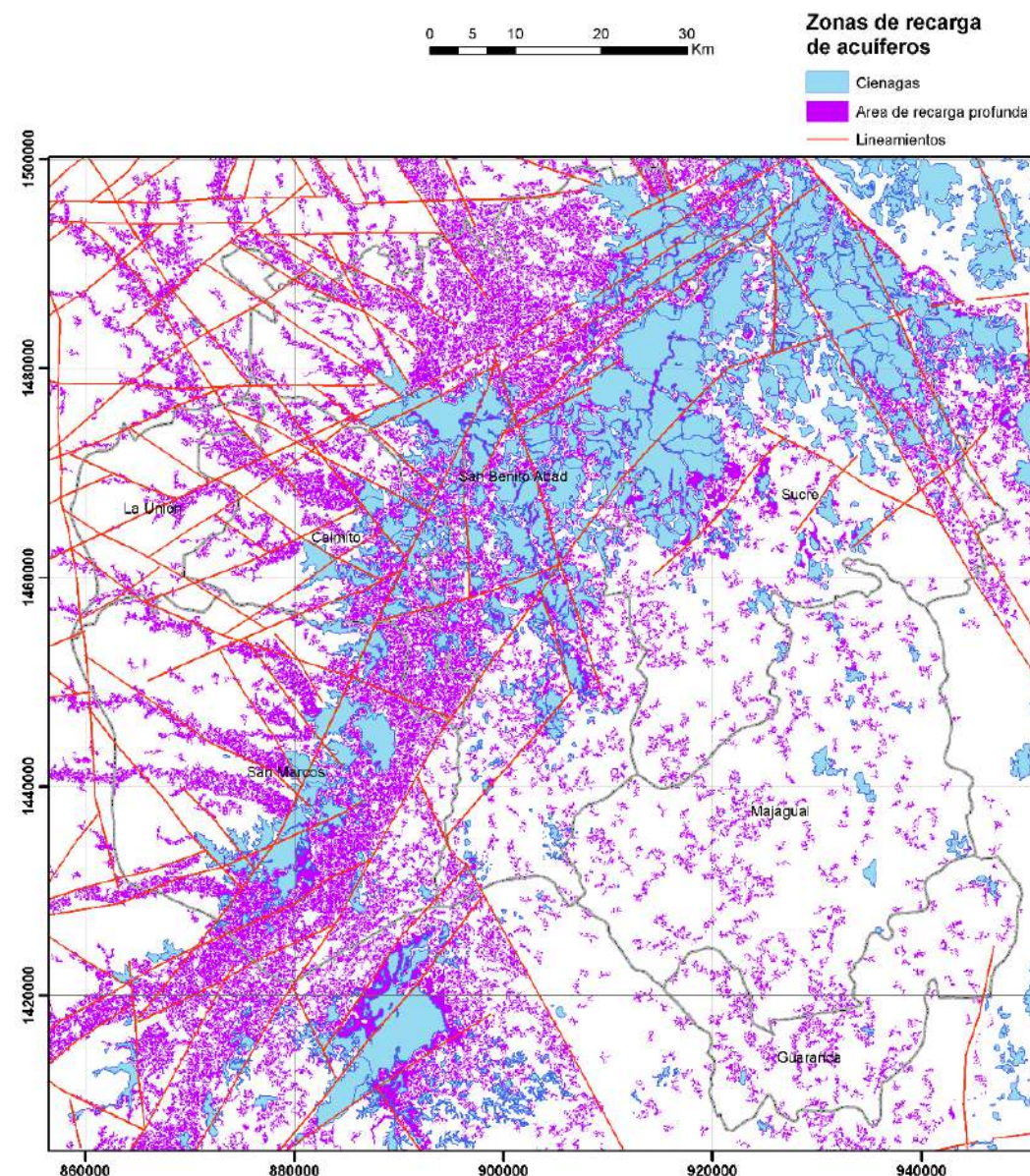
Modelo geológico: Fm. Betulia (sedimentaria) y depósitos recientes (Ingeominas, 2001)

Modelo hidrológico: Caudales medios y máximos anuales para diferentes períodos de retorno estimados para 34 corrientes (cálculos U de Córdoba, 2018).

Susceptibilidad a la contaminación de acuíferos: Acuífero libre y acuífero de Betulia, altamente vulnerables ante desbordamientos del río Cauca (aguas residuales e industriales).

Modelo hidrogeológico conceptual: Dos acuíferos: uno desarrollado en los depósitos aluviales recientes y otro profundo (Fm. Betulia)

Recarga de acuíferos: Alta complejidad por falta de información. PORH (2018) propone cuatro tipos de recarga: 1) aportes laterales del acuífero de Morroa (sugerido por Taupin en 2003 y aún por confirmarse); 2) goteo desde acuífero libre; 3) recarga directa en zonas con pendiente menor al 1 % y 4) recarga directa a través de lineamientos estructurales.



EVALUACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA

RESERVA Y OFERTA HIDROGEOLÓGICA

Oferta = recarga potencial + reservas del acuífero

Recarga potencial: Área con información escasa \Rightarrow estimación basada en capacidad de infiltración, escurrentía y rendimientos hídricos, 29,000 MMC

Reservas del acuífero: Sin información sobre la configuración del acuífero de Betulia, sólo puede inferirse que su capacidad de almacenamiento representa enormes volúmenes (considerando un espesor promedio de 45 m para el acuífero libre, con una extensión de 9,630 km² y una capacidad de almacenamiento del 5 %, se tendrían 21,700 MMC de reservas).

Según Ingeominas (2002) existen dos acuíferos diferentes:

- 1) Acuífero La Mojana. Ubicado al oriente del San Jorge y hacia el Magdalena, con profundidades de 200 a 400 m.
- 2) Acuífero Betulia Arenoso. Entre San Marcos, Caimito y San Benito Abad, con profundidades entre 150 y 200 m.

Este informe indica, sin presentar cálculos ni información utilizada, una reserva de 850,000 MMC para el de La Mojana y de 420,300 MMC para el acuífero de Betulia; para un total de 1,3 billones de metros cúbicos.

Oferta = recarga potencial + reservas del acuífero

Oferta: En épocas de sequía el acuífero libre alimenta los cuerpos de agua prolongando su función ecológica \Rightarrow En años secos se incrementa la relevancia de la reserva.

Ante la falta de información se optó por cálculos conservadores: sólo el 50 % de la recarga potencial aporta a la oferta hídrica total.

Distribución de pozos según la profundidad

Profundidad (m)	Número de pozos	Porcentaje (%)
<25	482	46,6
>25 - 45	236	22,8
>45 - 100	286	27,7
>100 - 150	21	2,0
>150 - 200	9	0,9
TOTAL	1034	100,00

Ante las dudas sobre la existencia esta clasificación, se realizó un análisis hidrogeoquímico mediante diagramas de Piper que representan la participación porcentual de cationes (Ca, Mg y Na) y aniones (HO₃, SO₄ y Cl)

EVALUACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA

DELIMITACIÓN DE ACUÍFEROS



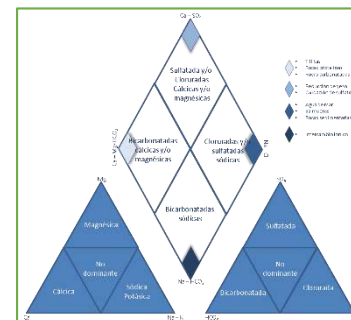
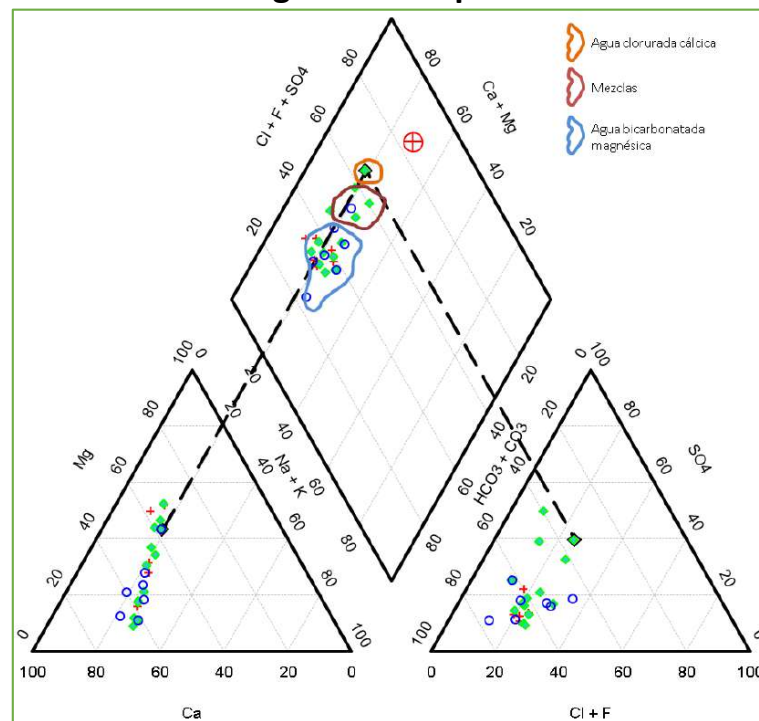
Según Ingeominas (2002) existen dos acuíferos diferentes:

- 1) Acuífero La Mojana. Ubicado al oriente del San Jorge y hacia el Magdalena, con profundidades de 200 a 400 m.
- 2) Acuífero Betulia Arenoso. Entre San Marcos, Caimito y San Benito Abad, con profundidades entre 150 y 200 m.

PORH (2018), concluye que es un único acuífero profundo con posible diferencia de facies.

Ante las dudas sobre esta clasificación, se realizó un análisis hidrogeoquímico mediante diagramas de Piper que representan la participación porcentual de cationes (Ca, Mg y Na) y aniones (HCO_3 , SO_4 y Cl). De esta forma la representación de sólidos disueltos permite identificar las características químicas.

Diagrama de Piper



Resultados

Tres tipos de aguas: bicarbonatadas magnésicas, cloruradas cálcicas y mezclas de estas dos.

Predomina la facies carbonatada cálcica a magnésica a diferentes profundidades y ubicaciones

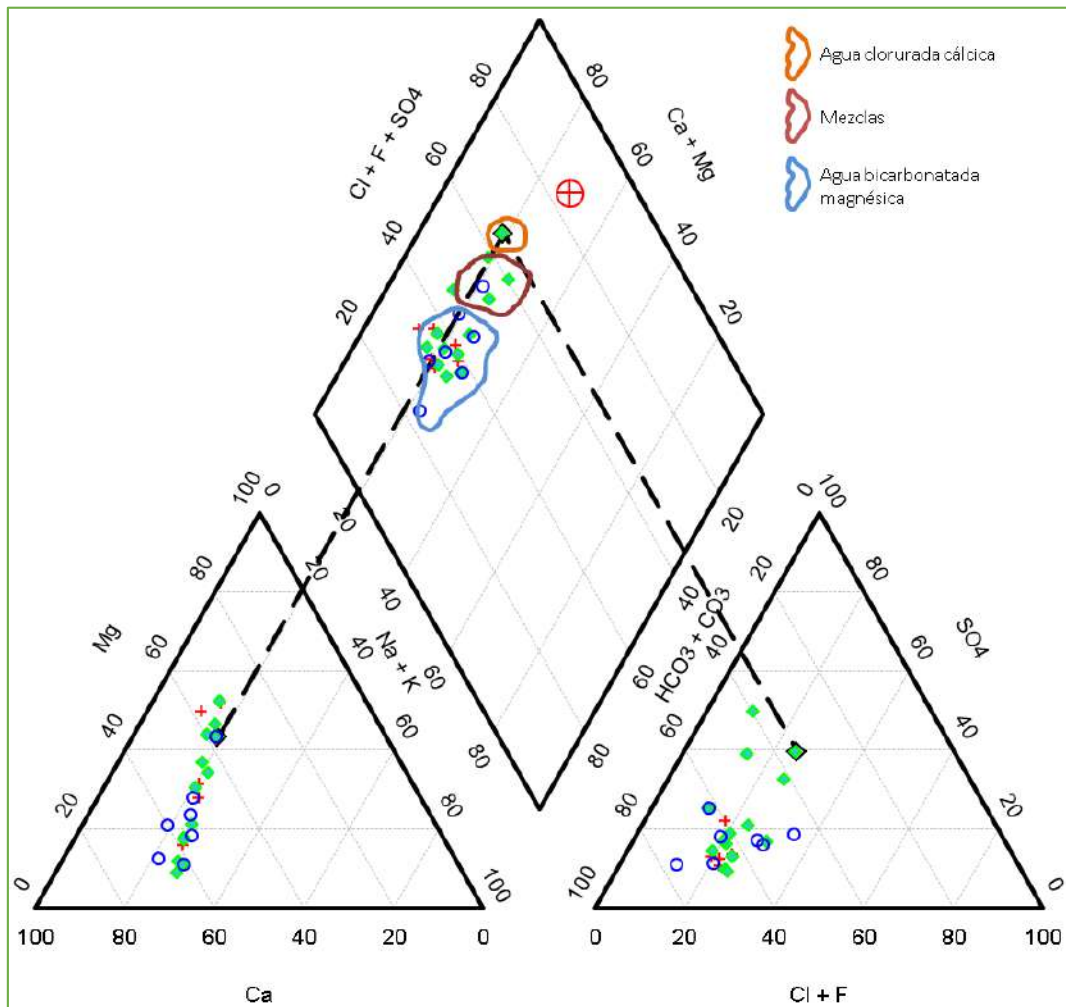
⇒ aguas frescas y superficiales, propias de poco tiempo de residencia en el reservorio.

⇒ Tiempos de permanencia decenal a secular (agua bicarbonatada); seculares a milenarias (sulfatada) y mayores a milenarias ~ marinas, es decir, cloruradas sódicas.

Es posible que las aguas cloruradas sódicas y sulfatadas, correspondan a aportes del acuífero de Morroa, cuya edad se estimó en cinco mil años de antigüedad (2009)

EVALUACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA

DELIMITACIÓN DE ACUÍFEROS



Resultados

Se pudo comprobar que no existe una clasificación posible a partir de la profundidad.

Ejemplo San Marcos

Se analizaron 26 pozos clasificados según su profundidad: cruz roja (< 60 m), rombo verde (60 m – 75 m) y círculo azul (> 75 m).

Se observan los tres tipos de agua en pozos a diferentes profundidades; no obstante, los resultados no permiten concluir sobre la existencia de dos acuíferos distintos, indicando que es más probable la presencia de las tres facies hidrogeoquímicas dentro del mismo acuífero.

Diagrama de Piper para el municipio de San Marcos

EVALUACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA

CAUDALES DE RETORNO DERIVADOS DE LA DEMANDA

$$0.8 * DUD \left[\frac{m^3}{año} \right] = 0.8 \left[150 \frac{l}{hab \text{ día}} * habitantes * 365 \text{ días} * \left(\frac{1m^3}{1000 l} \right) \right] * 0.35$$

Fuente: Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico –RAS (2000)

Caudales de retorno asociados a los tipos de demanda (MMC/año)

MICROCUENCA	DUD	DUS	DUA	DUI + DUP	DT (MMC/AÑO)
Ay. Caimitico	10,18	0,49	31,91	0,81	43,38
Ay. Calzón	61,06	2,92	85,19	4,87	154,04
Ay. Canoa	223,08	12,75	229,11	21,25	486,20
Ay. Caracolí	31,96	2,54	38,10	4,23	76,82
Ay. Ceja de la Puente	0,00	0,00	30,30	0,00	30,30
Ay. Charco Los Puercos	10,18	0,49	2,15	0,81	13,62
Ay. EL Cedro	0,00	0,00	7,56	0,00	7,56
Ay. Grande de Corozal	0,00	0,00	18,08	0,00	18,08
Ay. Guamal	159,40	9,48	110,75	15,79	295,41
Ay. Guarino	987,62	41,32	351,24	68,87	1449,04
Ay. Guartinaja	20,35	0,97	10,04	1,62	32,99
Ay. Jobito	20,35	0,97	27,79	1,62	50,74
Ay. La Soledad	15,98	1,27	6,43	2,11	25,79
Ay. Mancomoján	0,00	0,00	102,55	0,00	102,55
Ay. Maquenque	0,00	0,00	60,69	0,00	60,69
Ay. Montegrande	63,91	5,07	108,10	8,45	185,53

MICROCUENCA	DUD	DUS	DUA	DUI + DUP	DT (MMC/AÑO)
Ay. Paso de los Chivos	10,18	0,49	4,82	0,81	16,29
Ay. Paso La Villa	10,18	0,49	14,19	0,81	25,67
Ay. San Pablito	127,83	10,14	25,92	16,90	180,80
Ay. Santo Domingo	63,91	5,07	36,95	8,45	114,39
Cñ. Agua Blanca	365,47	18,66	348,54	29,38	762,05
Cñ. Caimán	20,35	0,97	74,58	1,62	97,54
Cñ. La Guaripa	91,93	4,29	272,29	5,42	373,93
Cñ. La Palmita	10,18	0,49	8,24	0,81	19,71
Cñ. La Pita	63,91	5,07	80,68	8,45	158,11
Cñ. Magangué	101,99	4,26	99,00	0,22	205,47
Cñ. Malambo	50,99	2,13	137,81	0,11	191,04
Cñ. Mojana	767,23	62,46	318,64	77,06	1225,38
Cñ. Pasatiempo	25,54	1,24	116,79	2,06	145,63
Cñ. Las Pozas	192,84	9,88	262,43	16,47	481,62
Qda. Aguas Claras	31,96	2,54	42,84	4,23	81,55
Río San Jorge y ciénaga	563,13	40,24	2365,61	59,33	3028,31



EVALUACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA

OFERTA TOTAL Y RENDIMIENTO HÍDRICO

Oferta total (superficial –escorrentía y subterránea – capacidad de infiltración) estimada a partir de modelaciones hidrológicas discriminadas por microcuencas.

Oferta total y rendimiento hídrico

MICROCUENCA	EVT (mm/año)	Ppt (mm/año)	ESCORRENTÍA - ISOYETAS (MMC/año)	ESCORRENTÍA - MODELO (MMC/año)	RECARGA DE ACUÍFERO (MMC/año)	OFERTA HÍDRICA TOTAL (MMC/año)
Ay. Caimitico	1007,59	1551,56	38,80	52,54	64,46	91,73
Ay. Calzón	1002,24	1498,07	250,28	252,25	390,89	410,31
Ay. Canoa	1000,29	1511,64	526,96	516,98	868,86	931,58
Ay. Caracolí	996,38	1723,18	294,50	169,80	289,23	269,20
Ay. Ceja de la Puente	1008,61	1728,33	31,00	37,51	61,51	81,07
Ay. Charco Los Puercos	1012,77	1700,00	5,23	5,85	6,19	8,25
Ay. EL Cedro	1013,20	1621,96	11,03	13,30	11,29	20,16
Ay. Grande de Corozal	991,54	1286,09	206,56	218,94	443,75	350,18
Ay. Guamal	1006,85	1687,35	180,20	216,18	318,83	382,86
Ay. Guarino	1013,36	1865,47	189,09	200,68	298,34	615,38
Ay. Guartinaja	1008,90	1524,49	13,12	18,72	22,03	30,83
Ay. Jobito	1008,02	1477,20	78,38	117,57	113,56	144,51
Ay. La Soledad	1008,69	1904,01	54,84	57,70	110,11	90,60
Ay. Mancomoján	996,34	1302,97	229,73	227,26	468,66	454,78
Ay. Maquenque	1007,16	1586,14	50,69	64,41	76,61	133,73
Ay. Montegrande	999,75	1687,86	240,33	259,90	424,56	454,83

MICROCUENCA	EVT (mm/año)	Ppt (mm/año)	ESCORRENTÍA - ISOYETAS (MMC/año)	ESCORRENTÍA - MODELO (MMC/año)	RECARGA DE ACUÍFERO (MMC/año)	OFERTA HÍDRICA TOTAL (MMC/año)
Ay. Paso de los Chivos	1011,56	1599,39	9,94	12,37	11,33	16,87
Ay. Paso La Villa	1011,10	1546,69	25,18	34,30	29,30	46,58
Ay. San Pablito	1006,62	1776,61	66,20	75,96	130,67	130,32
Ay. Santo Domingo	1000,31	1732,16	187,53	204,92	347,29	314,59
Cñ. Agua Blanca	1012,86	3412,15	1821,99	1239,34	4180,43	3072,95
Cñ. Caimán	1013,31	2521,63	388,19	322,29	828,30	652,99
Cñ. La Guaripa	1013,38	2694,26	642,91	502,74	1362,66	1216,33
Cñ. La Palmita	1011,26	1521,47	13,90	18,95	13,30	24,71
Cñ. La Pita	1013,40	2267,36	260,45	224,29	476,02	434,19
Cñ. Magangué	1014,19	2728,46	537,80	414,58	1154,77	887,80
Cñ. Malambo	1014,26	2172,74	89,17	83,70	184,83	277,81
Cñ. Mojana	1013,57	2892,43	1177,26	891,42	2689,84	2122,54
Cñ. Pasatiempo	1013,94	2309,74	147,36	130,38	301,12	337,41
Cñ. Las Pozas	1013,08	2932,68	699,54	527,82	1565,17	1319,86
Qda. Aguas Claras	1001,68	1798,45	271,76	208,91	339,74	318,95
Río San Jorge y ciénaga	1013,70	2056,25	6190,07	5211,92	11421,48	10780,87

EVALUACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA

OFERTA HÍDRICA NETA

$$OHN = OHT - (OHT * (RFF + RRE))$$

Supuestos

- Ciénaga de Ayapel y caño Carate adicionados por pertenecer al bajo San Jorge.
- Microcuencas aisladas son deficitarias, pero el acuífero de Betulia no lo es.
- Aportes superficiales y subsuperficiales del río Cauca no considerados por carencia de la información requerida ⇒ la oferta total del acuífero puede estar subvalorada.
- Sólo considerado el acuífero libre, aquellos con profundidades mayores a 45 metros y que abastecen los acueductos municipales deben ser evaluados con mayor grado de detalle pues se desconoce su capacidad, su estructura y su participación en la oferta.
- Sistemas de riego no tecnificados e ineficientes ⇒ excedente de riegos estimado (50%).
- Excedente de riego posiblemente sobreestimado debido a carácter genérico de la información de Corine y la clasificación poco específica de las áreas agrícolas

Cálculo de la oferta hídrica neta

MICROCUENCA	OFERTA HÍDRICA TOTAL (MMC/año)	FACTOR DE REDUCCIÓN POR FUENTE FRÁGIL	FACTOR DE REDUCCIÓN POR RÉGIMEN DE ESTIAJE	OFERTA HÍDRICA NETA (MMC/año)
Ay. Caimitico	91,73	25%	25%	45,87
Ay. Calzón	410,31	25%	25%	205,15
Ay. Canoa	931,58	25%	25%	465,79
Ay. Caracolí	269,20	25%	25%	134,60
Ay. Ceja de la Puente	81,07	25%	25%	40,54
Ay. Charco Los Puercos	8,25	25%	25%	4,13
Ay. EL Cedro	20,16	25%	25%	10,08
Ay. Grande de Corozal	350,18	25%	25%	175,09
Ay. Guamal	382,86	25%	25%	191,43
Ay. Guarino	615,38	25%	25%	307,69
Ay. Guartinaja	30,83	25%	25%	15,42
Ay. Jobito	144,51	25%	25%	72,26
Ay. La Soledad	90,60	25%	25%	45,30
Ay. Mancomoján	454,78	25%	25%	227,39
Ay. Maquenque	133,73	25%	25%	66,86
Ay. Montegrande	454,83	25%	25%	227,42
Ay. Paso de los Chivos	16,87	25%	25%	8,43
Ay. Paso La Villa	46,58	25%	25%	23,29
Ay. San Pablito	130,32	25%	25%	65,16
Ay. Santo Domingo	314,59	25%	25%	157,30
Cñ. Agua Blanca	3072,95	25%	25%	1.536,47
Cñ. Caimán	652,99	25%	25%	326,49
Cñ. La Guaripa	1216,33	25%	25%	608,17
Cñ. La Palmita	24,71	25%	25%	12,36
Cñ. La Pita	434,19	25%	25%	217,10
Cñ. Magangué	887,80	25%	25%	443,90
Cñ. Malambo	277,81	25%	25%	138,91
Cñ. Mojana	2122,54	25%	25%	1.061,27
Cñ. Pasatiempo	337,41	25%	25%	168,71
Cñ. Las Pozas	1319,86	25%	25%	659,93
Qda. Aguas Claras	318,95	25%	25%	159,47
Río San Jorge y ciénaga	10780,87	25%	25%	5.390,44

EVALUACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA

CONCLUSIONES

- Estimación de oferta hídrica, superficial y subterránea
 - Realizada bajo condiciones de información escasa.
 - Resultados concordantes con aproximaciones del ENA 2014 en acuíferos aledaños.
 - Incertidumbres persistirán hasta que exista información hidroclimática adecuada.
- Modelo hidrogeológico del acuífero de Betulia
 - Primer acercamiento conceptual, en particular sobre recarga difusa y concentrada.
 - Continúa incertidumbres sobre sus límites reales del acuífero, los posibles aportes del acuífero de Morroa, sus reservas y sus recargas.
- Caudales ecológicos estimados en ausencia de la información requerida para utilizar las metodologías propuestas por las entidades oficiales.
- Se determinó mediante análisis hidrogeoquímico que sólo existe un acuífero profundo correspondiente a la Formación Betulia y que dentro de este se presentan tres facies hidrogeológicas: bicarbonatada magnésica, clorurada cálcica y mezcla de estas dos, con predominio fuerte de la primera.
- El predominio de la facies bicarbonatada cálcica y magnésica, da cuenta de aguas superficiales y frescas, con períodos cortos de residencia –decenales a seculares.

EVALUACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA

RECOMENDACIONES

- Instalar estaciones hidroclimatológicas en las principales áreas de captación de la jurisdicción de Corpomojana, para obtener el conocimiento mínimo requerido para desarrollar las metodologías propuestas por el Ideam en las evaluaciones regionales del agua.
- Desarrollar investigaciones hidrogeológicas para superar la actual condición de información escasa tanto en cuanto al modelo hidrogeológico conceptual detallado, a la estimación de reservas y la vulnerabilidad a la contaminación.
- Realizar campañas de muestreo hidrogeoquímico en los pozos intervenidos, tanto en sequía como en invierno.





EVALUACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA

ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DOMESTICA - DUD

- Proyecciones poblacionales urbanas y rurales, presentadas por el DANE para 2020.
- Distribución rural se realizó de forma porcentual entre corregimientos y centros poblados.
- Población urbana abastecida con acueductos alimentados por pozos profundos.
- No es posible estimar la oferta hidrogeológica, por desconocimiento de la capacidad del acuífero de Betulia.
- Alta frecuencia de pozos artesanales en las viviendas urbanas y rurales, permite suponer una participación de estos del 35 % del agua demandada.
- Consumo estimado por habitante: 150 l/día

$$DUD \left[\frac{m^3}{año} \right] = \left[250 \frac{l}{hab \text{ día}} * \text{número de habitantes} * 365 \text{ días} * \left(\frac{1m^3}{1000 l} \right) \right] * 0.7$$

Demanda por uso domiciliario estimada por municipio (MMC/año)

Municipio	Urbana	Rural	Total
Caimito	308,6	846,2	1.154,9
Guaranda	626,3	1.071,7	1.698,0
La Unión	531,8	533,0	1.064,8
Majagual	945,2	2.176,0	3.121,2
San Benito Abad	589,4	1.865,6	2.455,0
San Marcos	3.211,9	2.330,2	5.542,1
Sucre	513,9	1.540,5	2.054,4

Demanda por uso domiciliario estimada por microcuenca (MMC/año)

MICROCUECNA	DUD
Ay. Caimitico	12,72
Ay. Calzón	76,32
Ay. Canoa	278,86
Ay. Caracolí	39,95
Ay. Ceja de la Puente	0,00
Ay. Charco Los Puercos	12,72
Ay. EL Cedro	0,00
Ay. Grande de Corozal	0,00
Ay. Guamal	199,25
Ay. Guarino	1234,53
Ay. Guartinaja	25,44
Ay. Jobito	25,44
Ay. La Soledad	19,97
Ay. Mancomoján	0,00
Ay. Maquenque	0,00
Ay. Montegrande	79,89
Ay. Paso de los Chivos	12,72
Ay. Paso La Villa	12,72
Ay. San Pablito	159,78
Ay. Santo Domingo	79,89
Cñ. Agua Blanca	456,84
Cñ. Caimán	25,44
Cñ. La Guaripa	114,91
Cñ. La Palmita	12,72
Cñ. La Pita	79,89
Cñ. Magangué	127,49
Cñ. Malambo	63,74
Cñ. Mojana	959,03
Cñ. Pasatiempo	31,92
Cñ. Las Pozas	241,04
Qda. Aguas Claras	39,95
Río San Jorge y ciénaga	703,91

EVALUACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA

ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA POR USO AGRÍCOLA - DUA

Demanda por uso agrícola estimada por microcuenca (MMC/año)

	Caimito	Guaranda	La Unión	Majagual	San Benito Abad	San Marcos	Sucre	DUA
Ay. Caimítico					132,9			132,9
Ay. Calzón					355,0			355,0
Ay. Canoa	488,7		465,9					954,6
Ay. Caracolí						158,7		158,7
Ay. Ceja de la Puente	49,3		27,8			49,1		126,3
Ay. Charco Los Puercos					8,9			8,9
Ay. EL Cedro					31,5			31,5
Ay. Grande de Corozal					75,3			75,3
Ay. Guamal	256,6		204,8					461,4
Ay. Guarino	624,8				569,9	268,8		1.463,5
Ay. Guartinaja					41,8			41,8
Ay. Jobito					115,8			115,8
Ay. La Soledad						26,8		26,8
Ay. Mancomoján					427,3			427,3
Ay. Maquenque	112,3				140,6			252,9
Ay. Montegrande			213,5			236,9		450,4
Ay. Paso de los Chivos					20,1			20,1
Ay. Paso La Villa					59,1			59,1
Ay. San Pablito						108,0		108,0
Ay. Santo Domingo						154,0		154,0
Cñ. Agua Blanca		550,4		643,0			258,8	1.452,3
Cñ. Caimán				64,1	246,6			310,8
Cñ. Carate						528,2		528,2
Cñ. La Guaripa		69,3		358,6	309,9		396,8	1134,5
Cñ. La Palmita					34,3			34,3
Cñ. La Pita					94,5	241,6		336,2
Cñ. Magangué							412,5	412,5
Cñ. Malambo					281,2		293,0	574,2
Cñ. Mojana		65,7		689,1			572,9	1.327,6
Cñ. Pasatiempo				54,9	170,0		261,8	486,6
Cñ. Las Pozas		202,5		587,0	304,0	1,0		1.093,5
Cga. Ayapel		36,2			-3,0	178,5		34,2
Qda. Aguas Claras								178,5
Río San Jorge y ciénaga	927,7				4.645,6	782,2	3.501,2	9.856,7
Total general	2.459,5	924,1	912,1	2.396,7	8.061,3	2.733,7	5.697,0	23.184,4

Basado en los mapas de precipitación, evapotranspiración y el reemplazo de las coberturas de la cartografía de Corine Land Cover (Ideam, 2010) por sus respectivos coeficientes de cultivo ofrecidos por la FAO

$$DUA \left[\frac{m^3}{año} \right] = [P - (ETP * Kc)] * ha$$



EVALUACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA

ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA POR USO INDUSTRIAL -DUI- Y PECUARIO -DUP

- Dos actividades fundamentales: ganadería y plantas de sacrificio animal
- Demanda por cabeza de ganado: 40 l/día
- Número de cabezas de ganado estimado por reportes independientes y de notas de prensa.
- Se consideró una planta de sacrificio por municipio, con consumo de 800 l/día por animal.
- El uso de pozos artesanales permite suponer que estos abastecen el 50 % de la demanda.

$$DUI + DUP \left[\frac{m^3}{año} \right] = \left[\left(cabezas * 40 \frac{l}{día} \right) + \left(sacrificios * 800 \frac{l}{día} \right) * 365 días * \left(\frac{1m^3}{1000l} \right) \right] * .5$$

Demanda por uso industrial y pecuario

Municipio	Demanda (MMC/año)		
	Planta sacrificio	Ganado	Total
Caimito	2,19	9,25	11,44
Guaranda	1,46	9,06	10,52
La Unión	1,46	14,55	16,01
Majagual	1,46	10,63	12,09
San Benito Abad	1,17	3,59	4,75
San Marcos	1,17	4,07	5,24
Sucre	1,17	2,14	3,30

ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DEL SECTOR SERVICIOS -DUS

- Servicios hoteleros, restaurantes, cafeterías, bares, colegios, oficinas, depósitos, carnicerías, mercados, estaciones de servicio, lavado de automóviles y hospitales.
- Cifras derivada de la información poblacional reportada por el DANE a la cual se aplicaron los consumos promedios reportados para cada actividad en el país.
- Esta demanda es altamente urbana por lo que se considera que el 70 % es abastecido por acueductos y el 30 % por pozos artesanales

Demanda del sector servicios

MUNICIPIO	Hoteles	Restaurante	Colegios	Cafet-Bares	Oficinas	Depósitos	Carnicería	Mercado	Est. Gas.	Lavado Vehículos	Hospitales	Total
Caimito	2,56	3,65	40,98	2,74	0,92	0,09	0,58	0,82	0,29	2,92	14,60	70,16
Guaranda	2,56	3,65	67,15	2,74	1,36	0,09	0,58	2,46	0,88	8,76	29,20	119,42
La Unión	2,56	3,65	39,87	2,74	0,85	0,09	0,58	0,82	0,29	2,92	14,60	68,98
Majagual	6,39	14,60	115,28	8,21	2,50	0,27	0,73	2,46	1,17	11,68	29,20	192,49
San Benito Abad	5,11	7,30	95,64	8,21	1,96	0,27	0,73	2,46	1,17	11,68	29,20	163,75
San Marcos	7,67	14,60	204,75	10,95	4,43	0,37	1,10	2,46	1,17	11,68	29,20	288,37
Sucre	2,56	3,65	69,16	5,48	1,64	0,18	0,73	2,46	0,88	8,76	29,20	124,70

EVALUACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA

ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA TOTAL

Resumen de las demandas estimadas por microcuenca (MMC/AÑO).

MICROCUEENCA	DUD	DUS	DUA	DUI + DUP	DT
Ay. Caimitico	12,72	0,61	39,8824711	1,02	54,23
Ay. Calzón	76,32	3,66	106,486714	6,09	192,55
Ay. Canoa	278,86	15,94	286,390217	26,57	607,75
Ay. Caracolí	39,95	3,17	47,6226611	5,28	96,02
Ay. Ceja de la Puente	0,00	0,00	37,8769244	0,00	37,88
Ay. Charco Los Puercos	12,72	0,61	2,68229	1,02	17,03
Ay. EL Cedro	0,00	0,00	9,44499061	0,00	9,44
Ay. Grande de Corozal	0,00	0,00	22,6023881	0,00	22,60
Ay. Guamal	199,25	11,84	138,431968	19,74	369,27
Ay. Guarino	1234,53	51,65	439,044545	86,08	1811,31
Ay. Guartinaja	25,44	1,22	12,5516357	2,03	41,24
Ay. Jobito	25,44	1,22	34,7373366	2,03	63,43
Ay. La Soledad	19,97	1,58	8,03647106	2,64	32,24
Ay. Mancomoján	0,00	0,00	128,181531	0,00	128,18
Ay. Maquenque	0,00	0,00	75,8679689	0,00	75,87
Ay. Montegrande	79,89	6,34	135,121762	10,56	231,92
Ay. Paso de los Chivos	12,72	0,61	6,02254205	1,02	20,37
Ay. Paso La Villa	12,72	0,61	17,7411572	1,02	32,09
Ay. San Pablito	159,78	12,68	32,4058545	21,13	226,00
Ay. Santo Domingo	79,89	6,34	46,1862195	10,56	142,98
Cñ. Agua Blanca	456,84	23,32	435,676263	36,72	952,56
Cñ. Caimán	25,44	1,22	93,2310257	2,03	121,92
Cñ. La Guaripa	114,91	5,36	340,363016	6,78	467,41
Cñ. La Palmita	12,72	0,61	10,2975396	1,02	24,64
Cñ. La Pita	79,89	6,34	100,84705	10,56	197,64
Cñ. Magangué	127,49	5,33	123,75045	0,27	256,84
Cñ. Malambo	63,74	2,66	172,258673	0,14	238,80
Cñ. Mojana	959,03	78,07	398,293995	96,32	1531,72
Cñ. Pasatiempo	31,92	1,54	145,992904	2,57	182,03
Cñ. Las Pozas	241,04	12,36	328,036371	20,59	602,03
Qda. Aguas Claras	39,95	3,17	53,5441515	5,28	101,94
Río San Jorge y ciénaga	703,91	50,30	2957,01096	74,16	3785,39

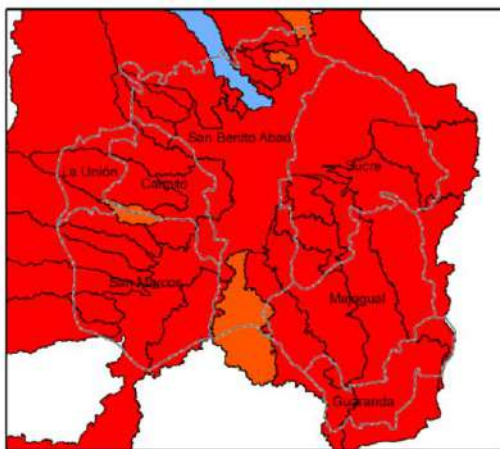
$$DT = DUD + DUI + DUA + DUS + DUP$$

Demanda total (millones de metros cúbicos anuales)

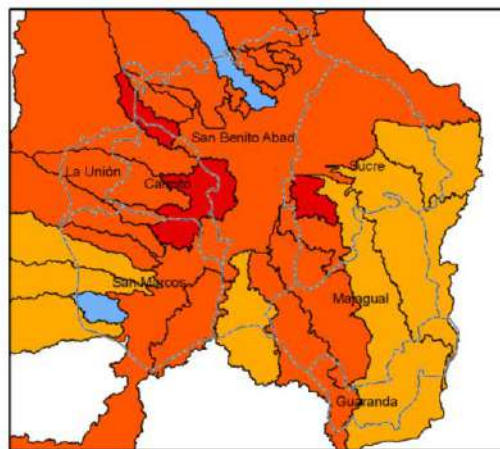
MUNICIPIO	DUD	DUS	DUA	DUI + DUP	DT (MMC/AÑO)
Caimito	346,46	21,05	2459,53146	35,08	2862,12
Guaranda	509,39	35,83	924,115246	59,71	1529,05
La Unión	319,44	20,69	912,076584	34,49	1286,70
Majagual	3121,21	57,75	2396,69174	96,25	5671,89
San Benito Abad	736,50	49,12	8061,3339	80,86	8927,81
San Marcos	1662,62	86,51	2733,72273	144,19	4627,04
Sucre	616,32	37,41	5696,95402	1,65	6352,34



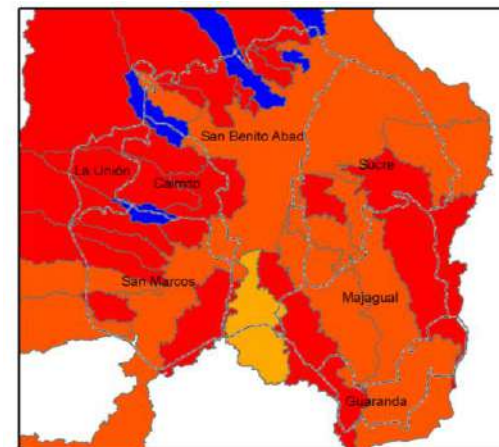
EVALUACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA DEMANDA



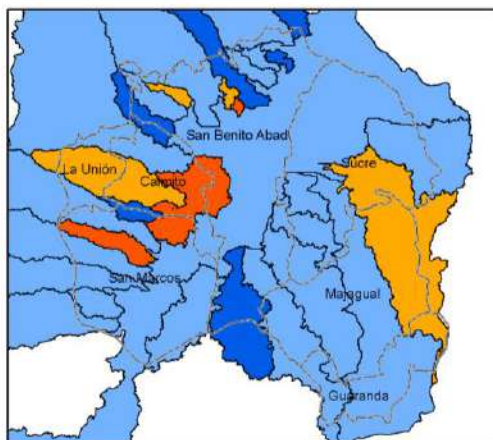
IUA demanda total



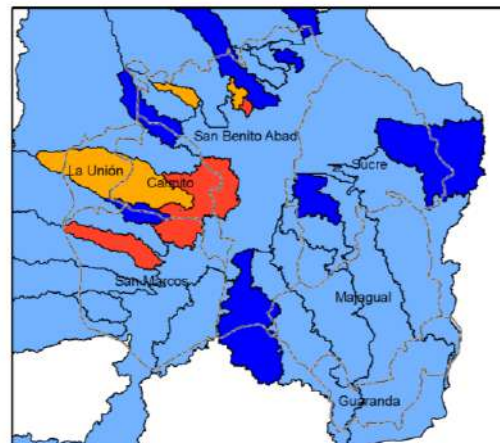
IUA demanda agrícola



IUA demanda doméstica



IUA demanda servicios



IUA demanda industrial y pecuaria

Nivel de demanda

- Muy bajo
- Bajo
- Moderado
- Alto
- Muy alto



EVALUACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA

ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA SUPERFICIAL



- 3% de usuarios entrevistados en el PORH se abastece exclusivamente de agua superficial.
- Se estima que la demanda por uso agrícola es abastecida en un 60 % por agua superficial (ciénagas y eje del río San Jorge)

$$DT_{superficial} = 0.03 * (DUD + DUI + DUS + DUP) + (0.6 * DUA)$$

Resumen de las demandas superficiales estimadas por microcuenca (MMC/año)

MICROCUECA	DUD	DUS	DUA	DUI + DUP	DT
Ay. Caimitico	0,38	0,02	23,93	0,03	24,36
Ay. Calzón	2,29	0,11	63,89	0,18	66,47
Ay. Canoa	8,37	0,48	171,83	0,80	181,48
Ay. Caracolí	1,20	0,10	28,57	0,16	30,03
Ay. Ceja de la Puente	0,00	0,00	22,73	0,00	22,73
Ay. Charco Los Puercos	0,38	0,02	1,61	0,03	2,04
Ay. EL Cedro	0,00	0,00	5,67	0,00	5,67
Ay. Grande de Corozal	0,00	0,00	13,56	0,00	13,56
Ay. Guamal	5,98	0,36	83,06	0,59	89,98
Ay. Guarino	37,04	1,55	263,43	2,58	304,59
Ay. Guartinaja	0,76	0,04	7,53	0,06	8,39
Ay. Jobito	0,76	0,04	20,84	0,06	21,70
Ay. La Soledad	0,60	0,05	4,82	0,08	5,55
Ay. Mancomoján	0,00	0,00	76,91	0,00	76,91
Ay. Maquenque	0,00	0,00	45,52	0,00	45,52
Ay. Montegrande	2,40	0,19	81,07	0,32	83,98
Ay. Paso de los Chivos	0,38	0,02	3,61	0,03	4,04
Ay. Paso La Villa	0,38	0,02	10,64	0,03	11,08
Ay. San Pablito	4,79	0,38	19,44	0,63	25,25
Ay. Santo Domingo	2,40	0,19	27,71	0,32	30,62
Cñ. Agua Blanca	13,71	0,70	261,41	1,10	276,91
Cñ. Caimán	0,76	0,04	55,94	0,06	56,80
Cñ. La Guaripa	3,45	0,16	204,22	0,20	208,03
Cñ. La Palmita	0,38	0,02	6,18	0,03	6,61
Cñ. La Pita	2,40	0,19	60,51	0,32	63,41
Cñ. Magangué	3,82	0,16	74,25	0,01	78,24
Cñ. Malambo	1,91	0,08	103,36	0,00	105,35
Cñ. Mojana	28,77	2,34	238,98	2,89	272,98
Cñ. Pasatiempo	0,96	0,05	87,60	0,08	88,68
Cñ. Las Pozas	7,23	0,37	196,82	0,62	205,04
Qda. Aguas Claras	1,20	0,10	32,13	0,16	33,58
Río San Jorge y ciénaga	21,12	1,51	1.774,21	2,22	1.799,06

EVALUACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA

ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA SUBTERRÁNEA



- 97 % de usuarios entrevistados en el PORH cuenta con suministro de agua subterránea
- La demanda hídrica subterránea por uso agrícola es menor que los otros tipos de demanda (debido a alta disponibilidad de agua superficial). Por esto se considera que sólo el 40 % de esta demanda es abastecido por agua subterránea.

$$DT_{\text{subterráneo}} = 0.97 * (DUD + DUI + DUS + DUP) + (0.4 * DUA)$$

Resumen de las demandas superficiales estimadas por microcuenca (MMC/año)

MICROCUENCA	DUD	DUS	DUA	DUI + DUP	DT
Ay. Caimitico	12,34	0,59	15,95	0,98	29,87
Ay. Calzón	74,03	3,55	42,59	5,91	126,08
Ay. Canoa	270,49	15,46	114,56	25,77	426,28
Ay. Caracolí	38,75	3,07	19,05	5,12	65,99
Ay. Ceja de la Puente	0,00	0,00	15,15	0,00	15,15
Ay. Charco Los Puercos	12,34	0,59	1,07	0,98	14,99
Ay. EL Cedro	0,00	0,00	3,78	0,00	3,78
Ay. Grande de Corozal	0,00	0,00	9,04	0,00	9,04
Ay. Guamal	193,27	11,49	55,37	19,15	279,28
Ay. Guarino	1.197,49	50,10	175,62	83,50	1.506,71
Ay. Guartinaja	24,68	1,18	5,02	1,97	32,85
Ay. Jobito	24,68	1,18	13,89	1,97	41,72
Ay. La Soledad	19,37	1,54	3,21	2,56	26,69
Ay. Mancomoján	0,00	0,00	51,27	0,00	51,27
Ay. Maquenque	0,00	0,00	30,35	0,00	30,35
Ay. Montegrande	77,50	6,15	54,05	10,25	147,94
Ay. Paso de los Chivos	12,34	0,59	2,41	0,98	16,32
Ay. Paso La Villa	12,34	0,59	7,10	0,98	21,01
Ay. San Pablito	154,99	12,30	12,96	20,50	200,75
Ay. Santo Domingo	77,50	6,15	18,47	10,25	112,37
Cñ. Agua Blanca	443,13	22,62	174,27	35,62	675,65
Cñ. Caimán	24,68	1,18	37,29	1,97	65,12
Cñ. La Guaripa	111,47	5,20	136,15	6,57	259,38
Cñ. La Palmita	12,34	0,59	4,12	0,98	18,03
Cñ. La Pita	77,50	6,15	40,34	10,25	134,23
Cñ. Magangué	123,66	5,17	49,50	0,27	178,59
Cñ. Malambo	61,83	2,58	68,90	0,13	133,45
Cñ. Mojana	930,26	75,73	159,32	93,43	1.258,74
Cñ. Pasatiempo	30,96	1,50	58,40	2,50	93,36
Cñ. Las Pozas	233,81	11,98	131,21	19,97	396,99
Qda. Aguas Claras	38,75	3,07	21,42	5,12	68,36
Río San Jorge y ciénaga	682,79	48,80	1.182,80	71,94	1.986,33

EVALUACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA
MODELAMIENTO ESPACIAL PARA LA DEMANDA

Espacialización de
los valores de
demanda hídrica
por uso



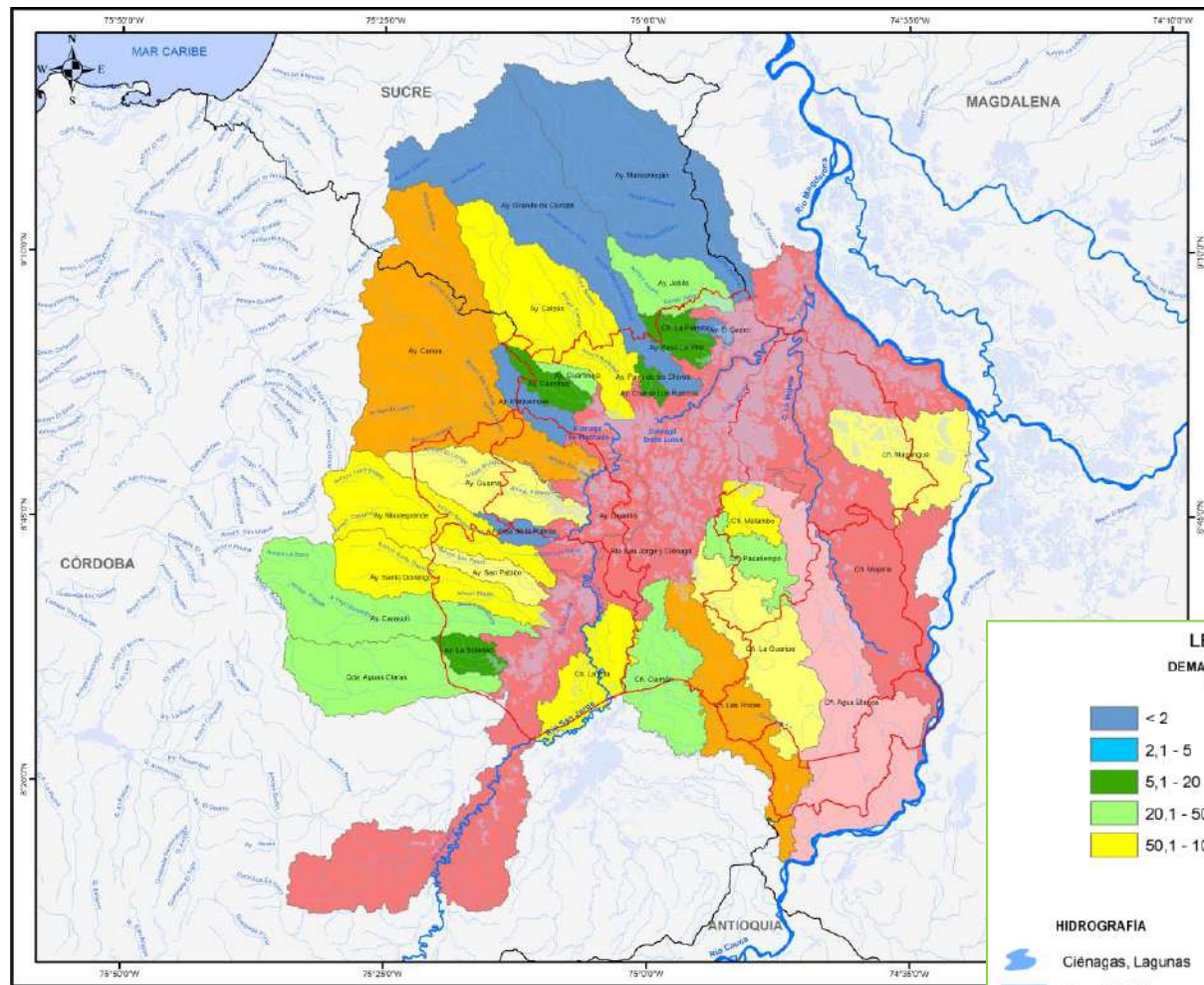
Software ArcGis



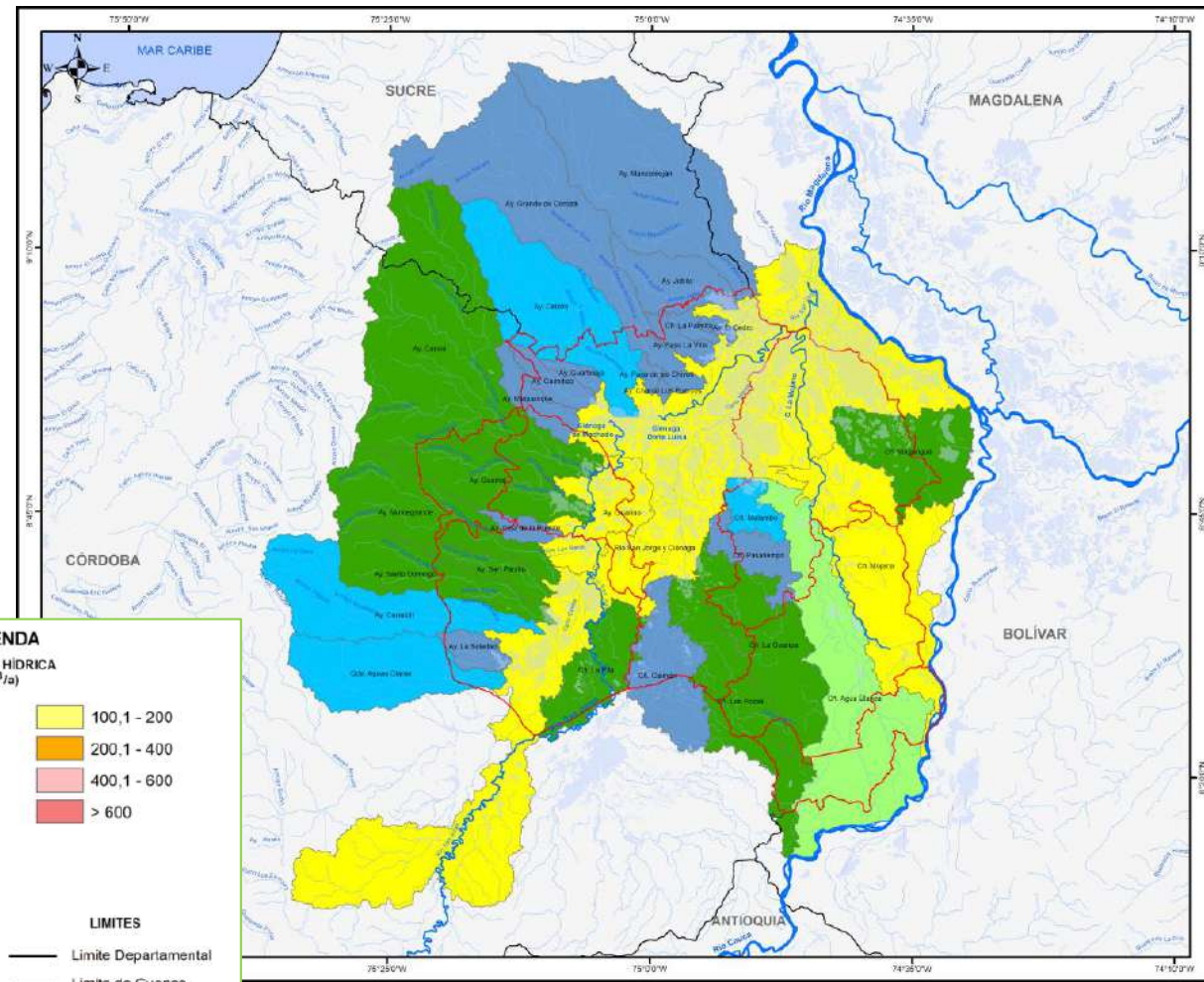
32 microcuencas
del área de
jurisdicción
CORPOMOJANA

EVALUACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA ESPACIALIZACIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA

Hídrica doméstica

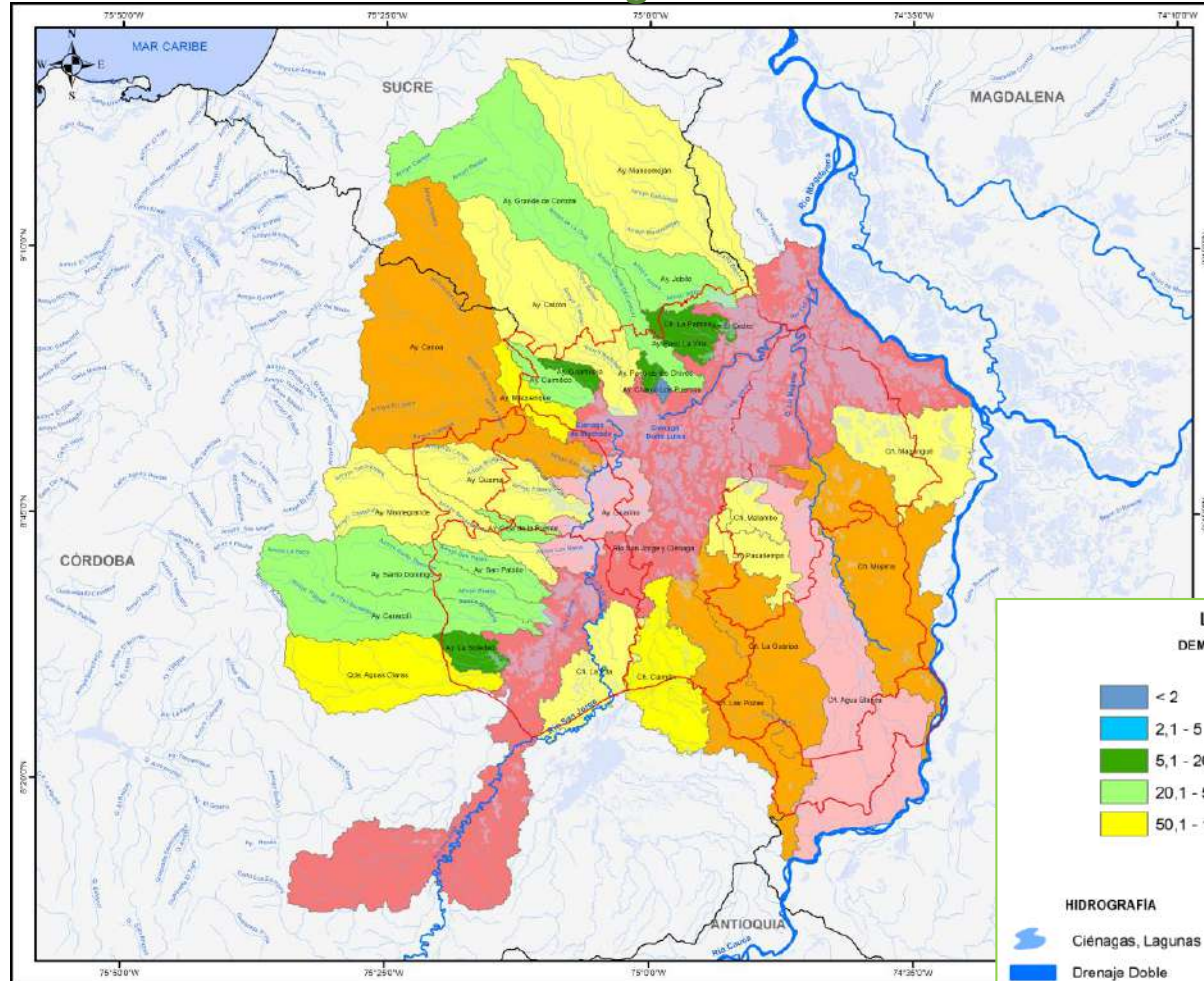


Sector servicios

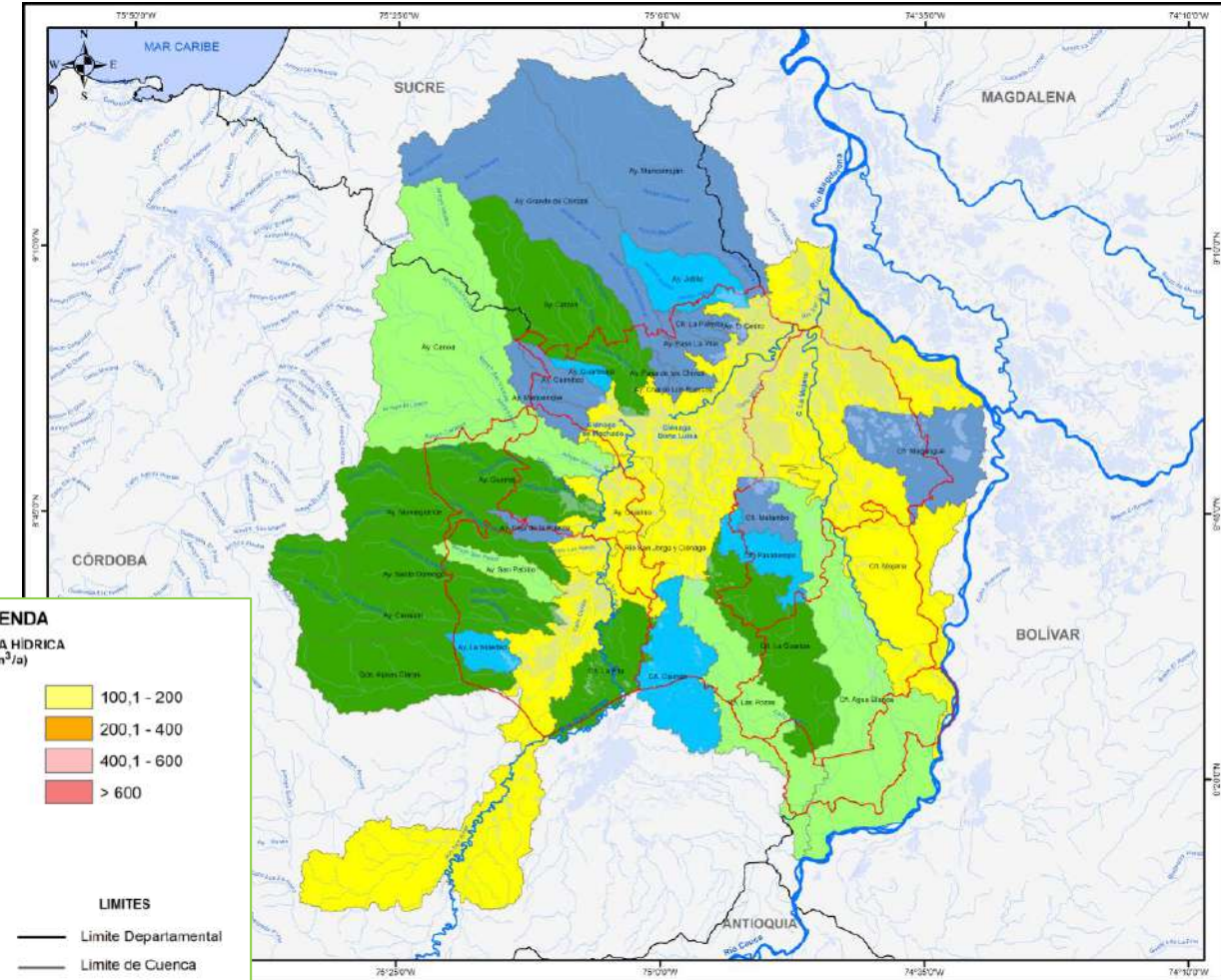


EVALUACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA ESPACIALIZACIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA

Sector agrícola



Sector industrial y pecuario

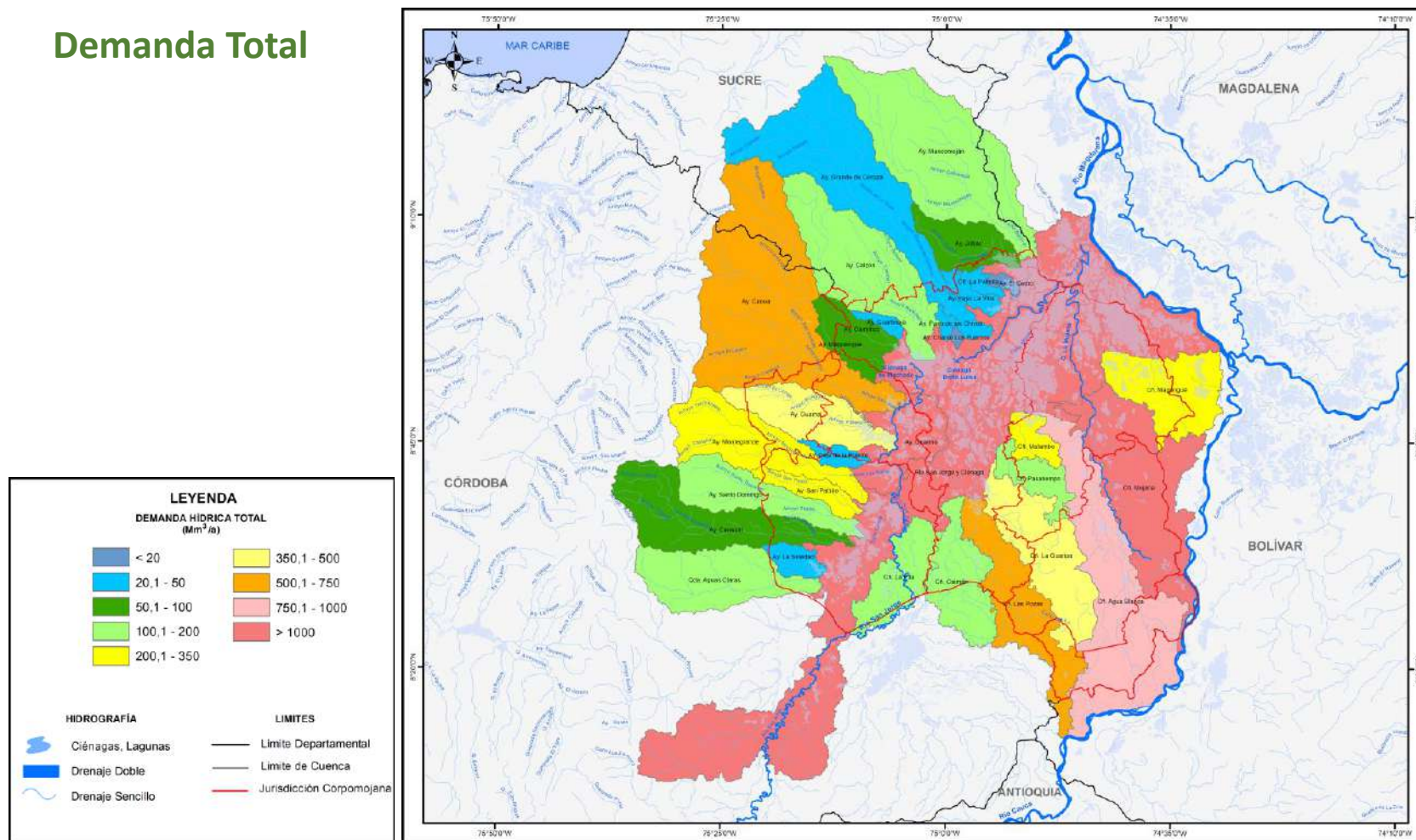




EVALUACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA

ESPACIALIZACIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA

Demanda Total



Fuente: CORPOMOJANA y Universidad de Córdoba, 2018.

EVALUACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA

CONCLUSIONES

- La principal demanda es la agrícola y la doméstica. Para esta última los pozos artesanales son una fuente importante de suministro.
- El fácil acceso al recurso ofrecido por el acuífero libre es fuente de una alta informalidad que dificulta obtener información más precisa.
- La demanda agrícola es la única que muestra un componente esencialmente superficial.
- Las áreas con mayor presión por la demanda son: el eje del río San Jorge y las ciénagas asociadas (3,785 MMC/año), arroyo Canoa (1,420 MMC/año), arroyo Caimito (1,412 MMC/año), caño Mojana (672 MMC/año) y arroyo San Pablito (549 MMC/año).

RECOMENDACIONES

- Diseñar y construir distritos de riego y drenaje, para uso eficiente del recurso.
- Realizar estudios hidrológicos e hidrogeológicos detallados de los acuíferos, para determinar su capacidad y la calidad de sus aguas.
- Medir los caudales en los pozos con profundidades superiores a los 40 m y estimar este parámetro en los pozos de menor profundidad.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA

MARCO CONCEPTUAL

Modelo conceptual para la evaluación de la calidad de agua en las regiones

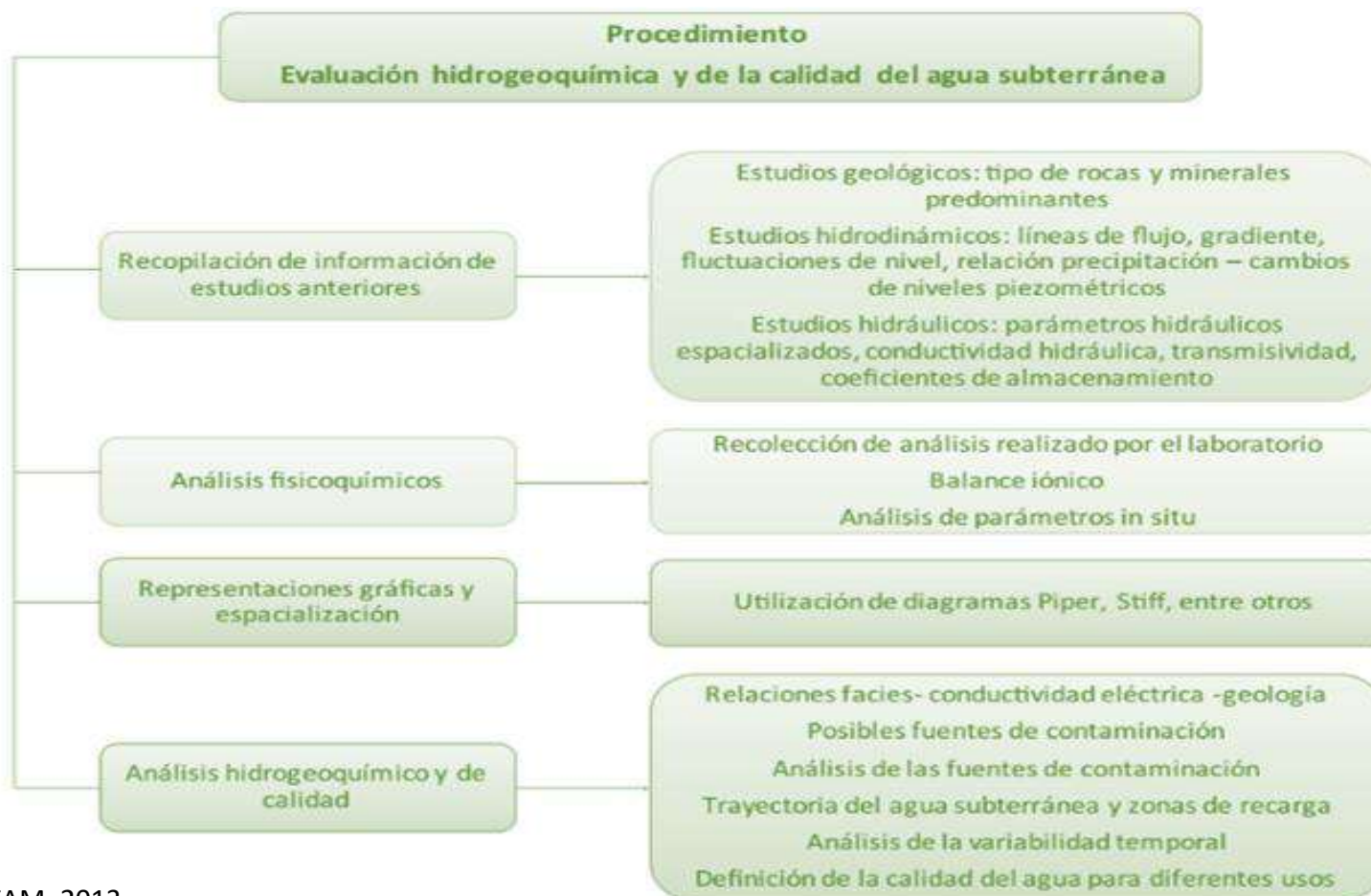




EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA

MARCO METODOLÓGICO

Esquema metodológico general para evaluar el componente de calidad de agua subterránea en la ERA



PORH

No reporta iones mayoritarios
(Na, K, CO₃, HCO₃ NO₃), SDT

Muestreo – 2018

IDEAM (2013)

Influencia antrópica
Facies características

Decreto 1594 de 1984

Decreto 3930



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA

MARCO METODOLÓGICO

Balance iónico

$$Error [\%] = \frac{\sum Cationes - \sum Aniones}{\sum Cationes + \sum Aniones} \text{ Appelo y Postma (1996) } < 5\%$$

Cationes mayoritarios (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺)

Aniones mayoritarios (HCO₃⁻, CO₃²⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻)

Error admisible del balance iónico en relación con la conductividad

Conductividad eléctrica (μS/cm)	50	200	500	2000	>2000
Error aceptable (%)	±30	±10	±8	±4	±4

Fuente: Custodio y Llamas (IDEAM, 2013) CE < 10%

Parámetros in situ

IDEAM 2013, importancia

pH,

potencial redox,

conductividad eléctrica (CE),

sólidos disueltos totales (SDT).

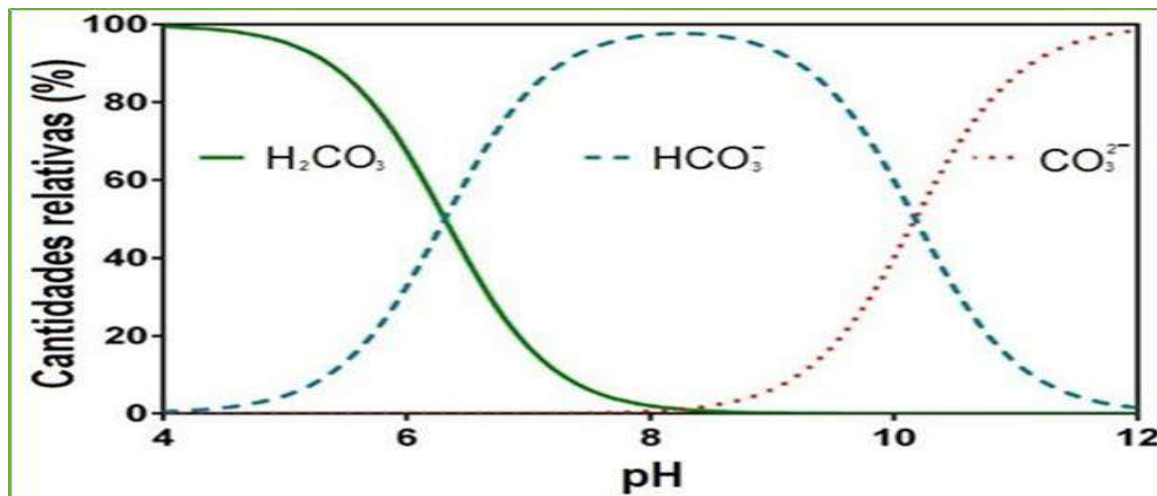
- Mapas de espacialización

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA

MARCO METODOLÓGICO

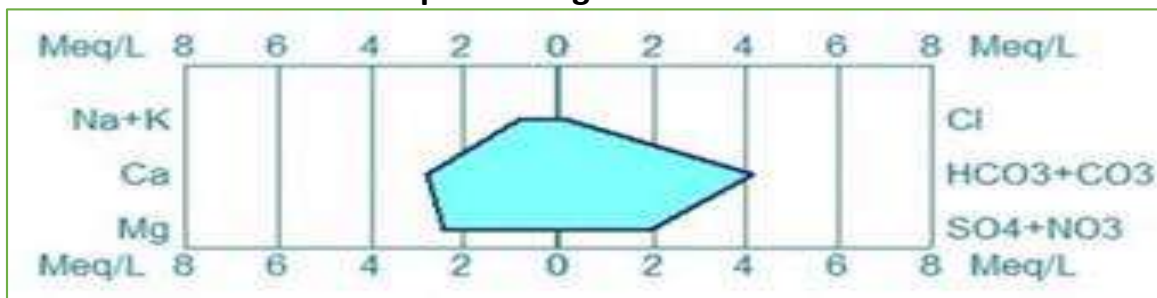


Cantidades relativas de carbono inorgánico en función del pH

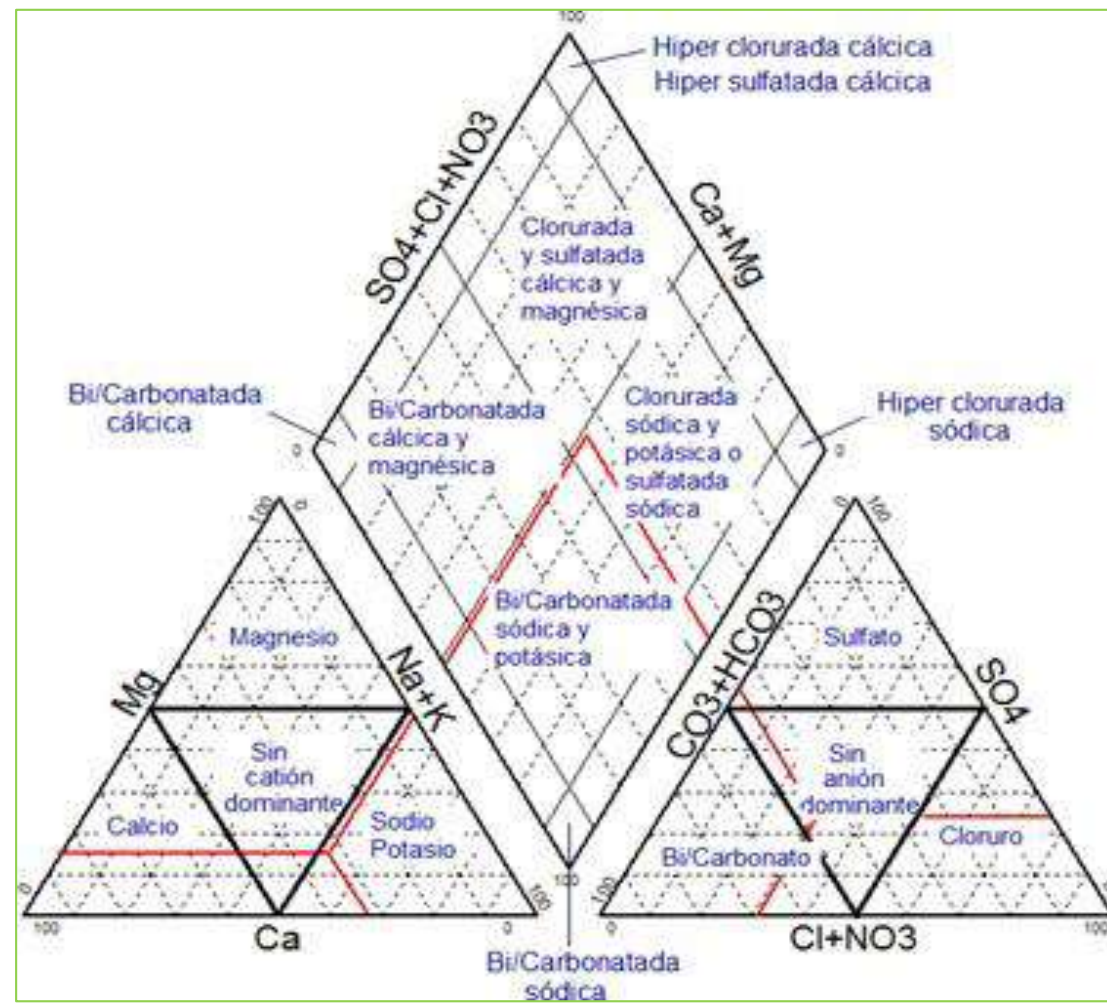


Fuente: Stumm y Morgan 1981; Appelo y Postma, 1996)

Esquema diagrama de Stiff.



Esquema del diagrama de Piper



Fuente: modificado de Hatirachem 5.4.)



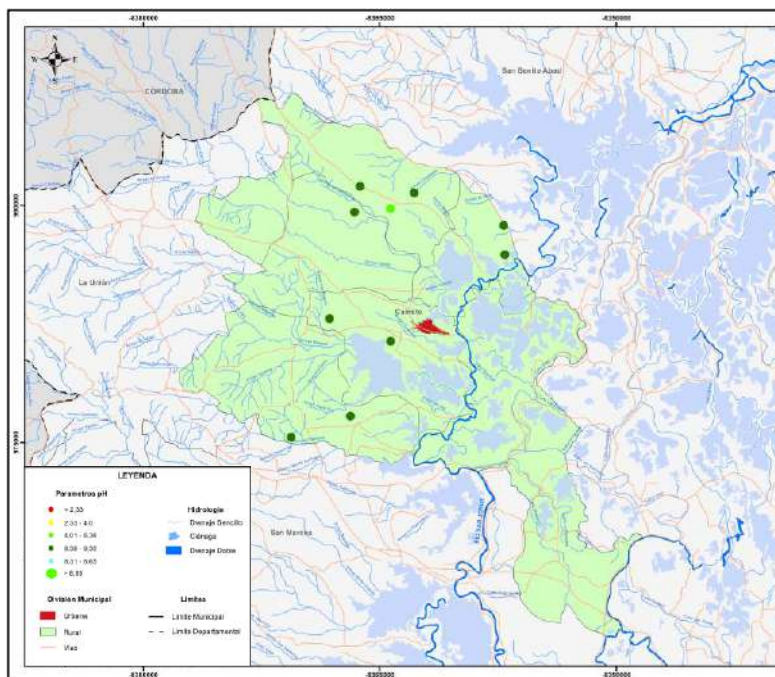
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS PARA AGUA SUBTERRÁNEA - Municipio de Caimito (10 pozos)

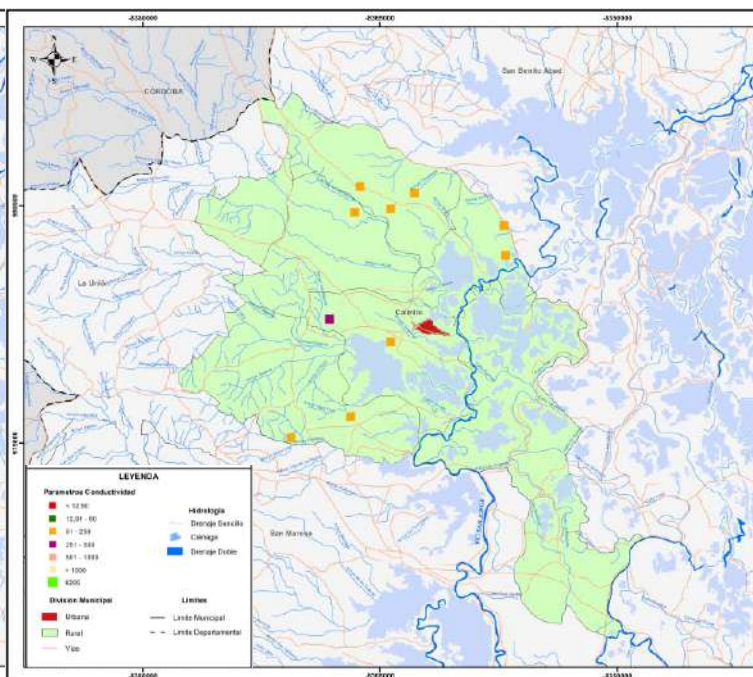
Estadísticos básicos de parámetros in situ – Municipio Caimito.

Parámetro	Valor Mínimo		Valor Máximo		Promedio ± desviación	
	PORH	ERA	PORH	ERA	PORH	ERA
pH [U de pH]	6,2	6,35	6,7	7,4	6,48±0,19	6,87±0,36
CE [μS/cm]	50	55,1	250	285,1	127,6±77,1	126,1±67,6
SDT [mg/l]	-	31,9	-	156	-	70,3±36,5
Redox [mV]	62	53	174	184	107,6±44,5	91,2±42,3

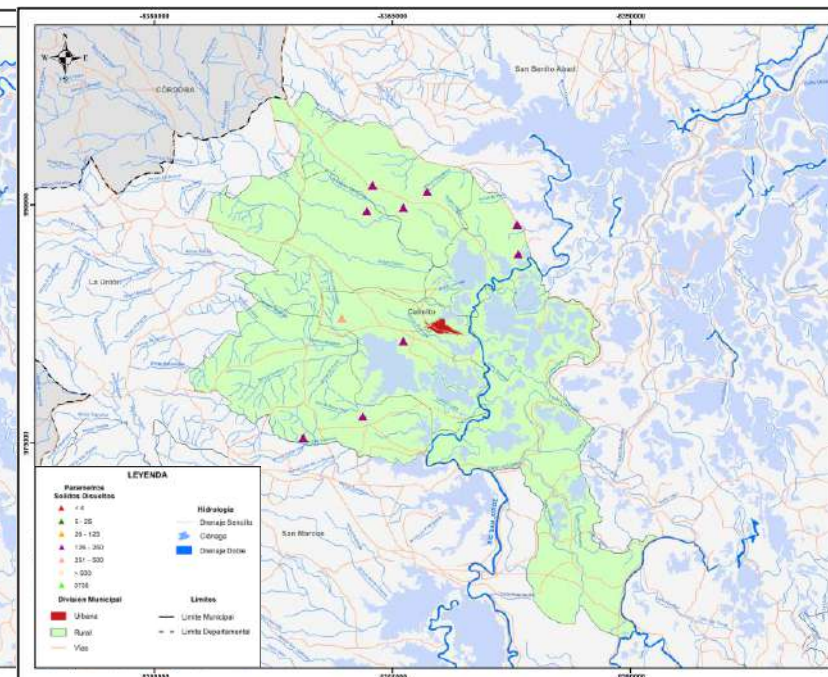
* CE y SDT cercanos al río San Jorge, influenciadas por las dinámicas del río, más que por intervención antrópica.



pH



Conductividad



Solidos disueltos totales

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS PARA AGUA SUBTERRÁNEA - Municipio de Caimito (10 pozos)

Evaluación de la calidad

Los parámetros establecidos en el Decreto 1594, cumplen los VMA para todos los parámetros físico-químicos propuestos para uso humano, doméstico, agrícola o pecuario. Cabe resaltar que se debe realizar análisis microbiológicos para garantizar la calidad del agua como punto fundamental de abastecimiento para la comunidad.

Evaluación de iones mayoritarios y balance iónico

En función del total de muestras

70% de las muestras cumplen con criterios establecidos menores al 5% según Appelo y Postma (1996)

30% menores al 10% en función de la conductividad (IDEAM, 2013)

La totalidad de las muestras cumplieron con el balance y fueron utilizadas para realizar el análisis hidrogeoquímico

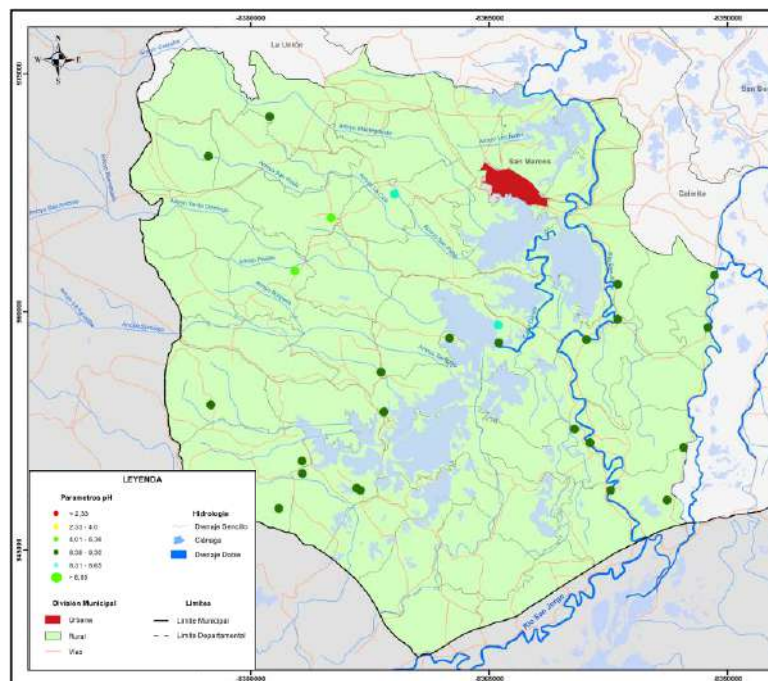
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS PARA AGUA SUBTERRÁNEA - Municipio de San Marcos (26 pozos)

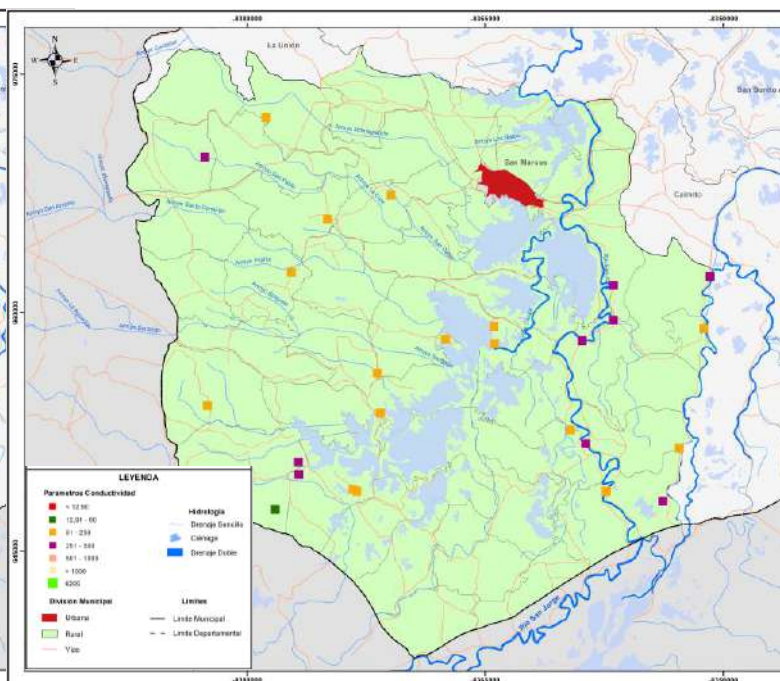
Estadísticos básicos de parámetros in situ – Municipio San Marcos.

Parámetro	Valor Mínimo		Valor Máximo		Promedio ± desviación	
	PORH	ERA	PORH	ERA	PORH	ERA
pH [U de pH]	5,70	6,07	7,60	8,70	6,64	7,49±0,68
CE [μS/cm]	20,0	45,3	520,0	555,6	190,6	207,5±142,8
SDT [mg/l]	-	7,49	-	302,4	-	108,4±79,47
Redox [mV]	36,0	40,2	271,0	300,2	123,3	137,3±93,2

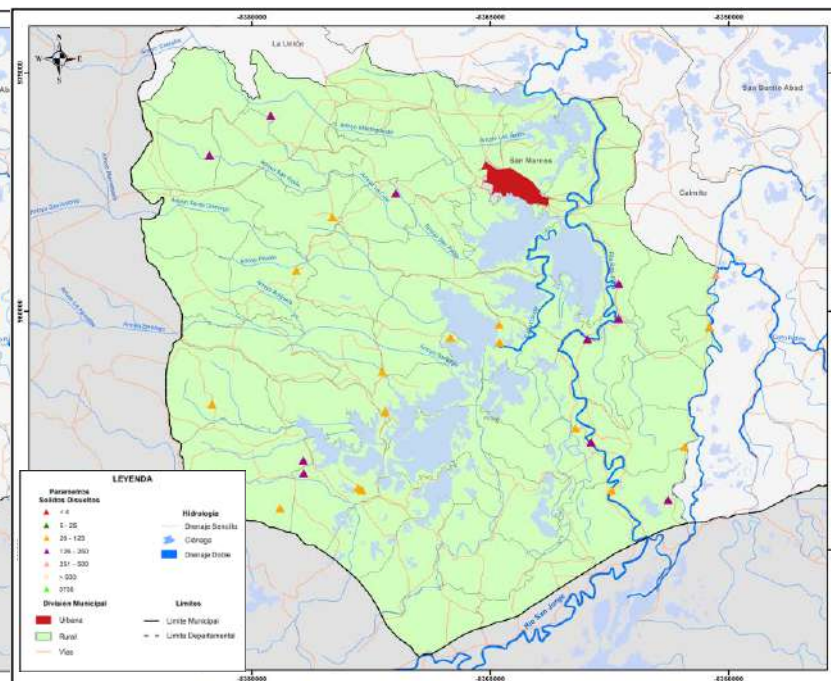
- pH < valores en general. Influencia - dinámica de los cuerpos de aguas
- > CE y SDT cercanos al río San Jorge (noreste)
- < valores Sur – fuentes naturales (arroyos y ciénagas)



pH



Conductividad



Solidos disueltos totales

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS PARA AGUA SUBTERRÁNEA - Municipio de San Marcos (26 pozos)

Evaluación de la calidad

Los parámetros establecidos en el Decreto 1594, cumplen los VMA para todos los parámetros físico-químicos propuestos para uso humano, doméstico, agrícola o pecuario. Cabe resaltar que se debe realizar análisis microbiológicos para garantizar la calidad del agua como punto fundamental de abastecimiento para la comunidad.

Evaluación de iones mayoritarios y balance iónico

En función del total de muestras

66 % de las muestras cumplen con criterios establecidos menores al 5% según Appelo y Postma (1996)

34 % menores al 10% en función de la conductividad (IDEAM, 2013)

La totalidad de las muestras cumplieron con el balance y fueron utilizadas para realizar el análisis hidrogeoquímico



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS PARA AGUA SUBTERRÁNEA - Municipio de Majagual (30 pozos)

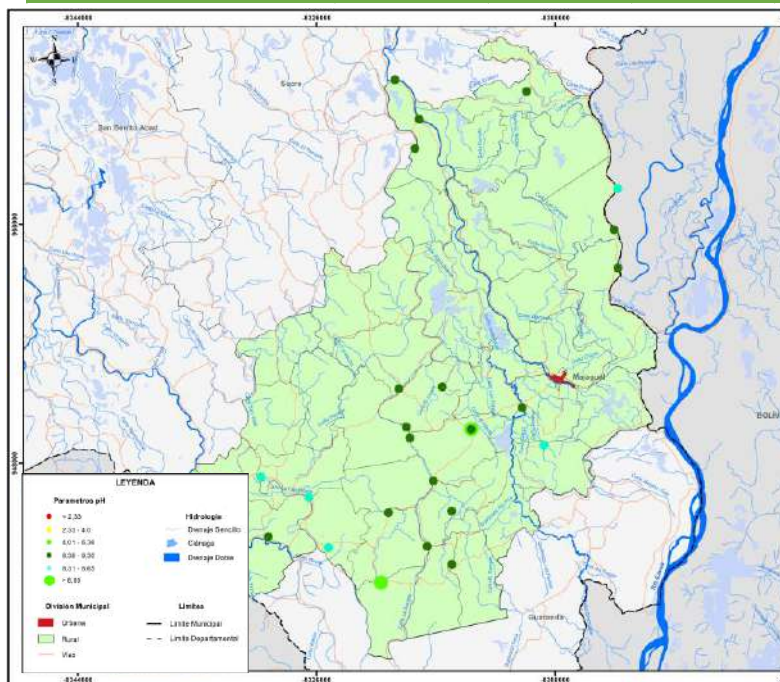
Estadísticos básicos de parámetros in situ – Municipio Majagual.

Parámetro	Valor Mínimo		Valor Máximo		Promedio ± desviación	
	PORH	ERA	PORH	ERA	PORH	ERA
pH [U de pH]	6,80	7,11	7,70	9,0	7,32 ±0,26	8,08±0,49
CE [μS/cm]	270	235,4	670	705,3	388,4±114,6	435,3±120,8
SDT [mg/l]	-	129,4	-	383,1	-	237,5±65,2
Redox [mV]	124	134,8	486	551,2	251,4±101,5	271,4±108,0

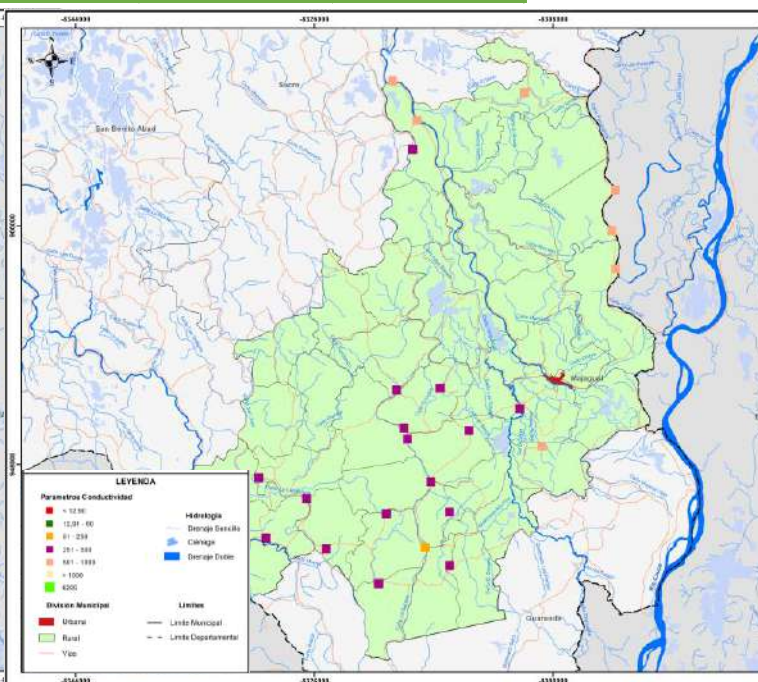
pH < valores en general ácidos, parte central municipio.

> CE y SDT cercanos a la zona urbana

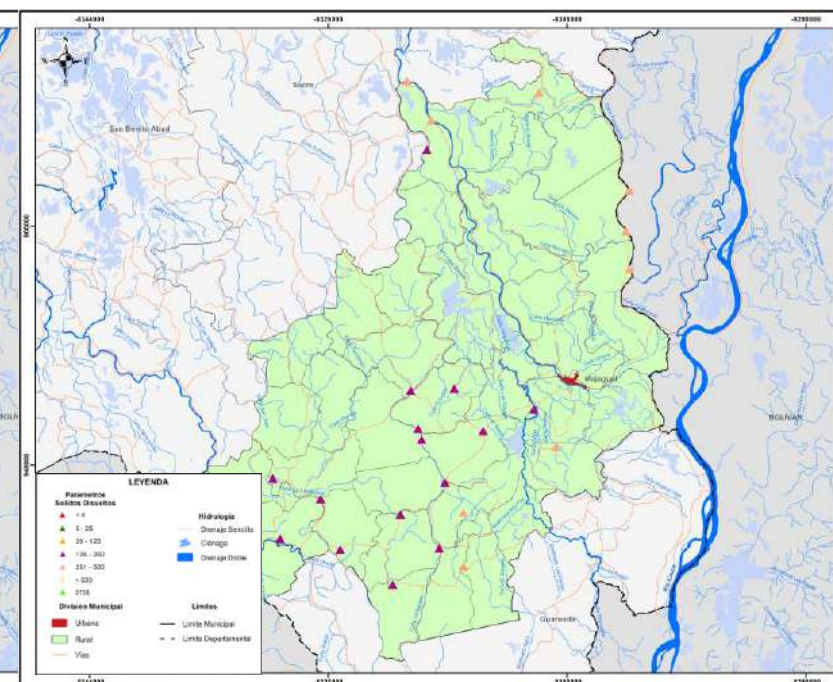
< valores lejanos cerca rio cauca



pH



Conductividad



Solidos disueltos totales

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS PARA AGUA SUBTERRÁNEA - Municipio de Majagual (30 pozos)

Evaluación de la calidad

De acuerdo al artículo 38, el 100% de las muestras analizadas cumplen para potabilización mediante tratamiento convencional, mientras que el 21% y el 4% de las muestras cumplen para uso agrícola y para consumo humano mediante desinfección, respectivamente. Análisis microbiológicos no fue realizado por los diferentes estudios, por lo cual se deben contemplar en próximos estudios para conocer si cumplen con los VMA.

Evaluación de iones mayoritarios y balance iónico

En función del total de muestras

53 % de las muestras cumplen con criterios establecidos menores al 5% según Appelo y Postma (1996)

47 % menores al 10% en función de la conductividad (IDEAM, 2013)

La totalidad de las muestras cumplieron con el balance y fueron utilizadas para realizar el análisis hidrogeoquímico



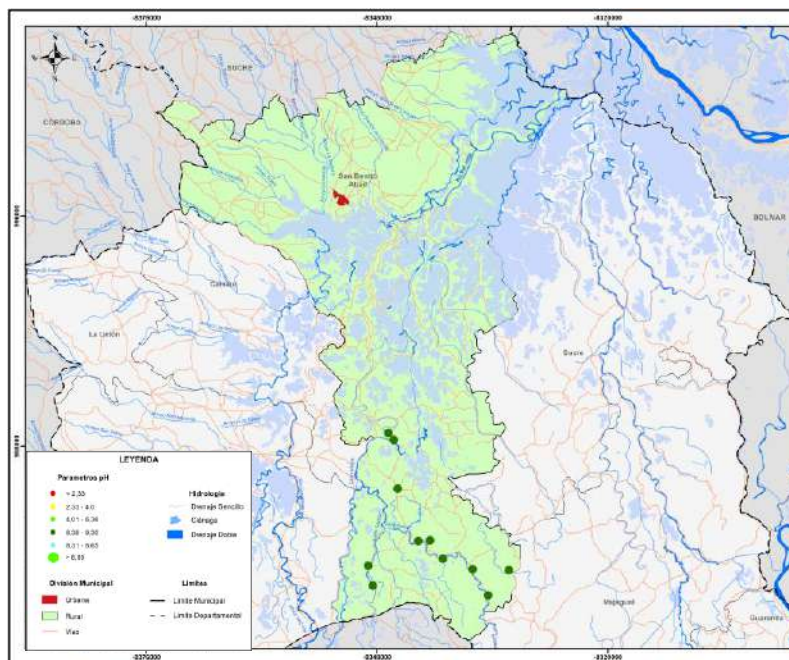
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS PARA AGUA SUBTERRÁNEA - Municipio de San Benito (16 pozos)

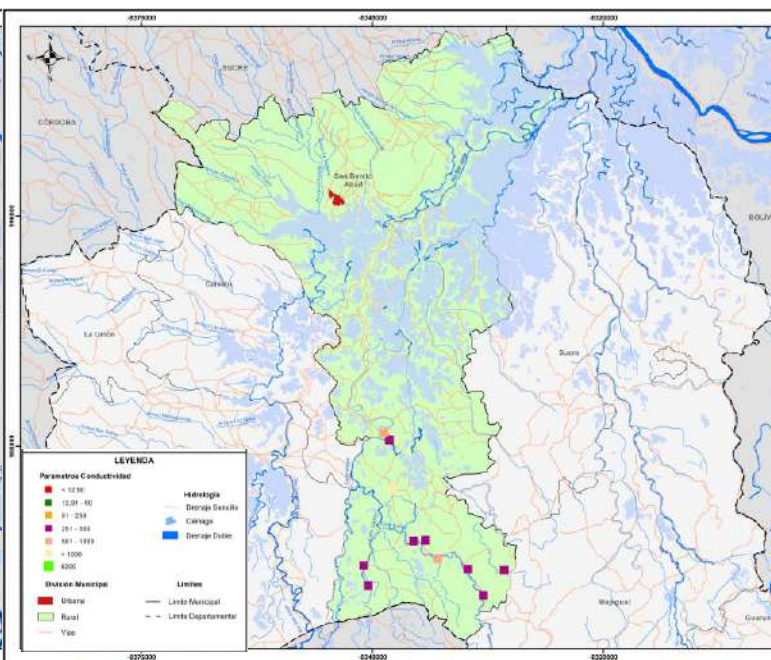
Estadísticos básicos de parámetros in situ – Municipio San Benito Abad.

Parámetro	Valor Mínimo		Valor Máximo		Promedio ± desviación	
	PORH	ERA	PORH	ERA	PORH	ERA
pH [U de pH]	7,0	6,97	7,9	8,22	7,38±0,26	7,68±0,37
CE [µS/cm]	320	355,6	750	1155	447±121,7	534±225,3
SDT [mg/l]	-	194,4	-	626,5	-	290,8±121,7
Redox [mV]	210	172,5	447	880,7	298,7±52,8	345,7±121,7

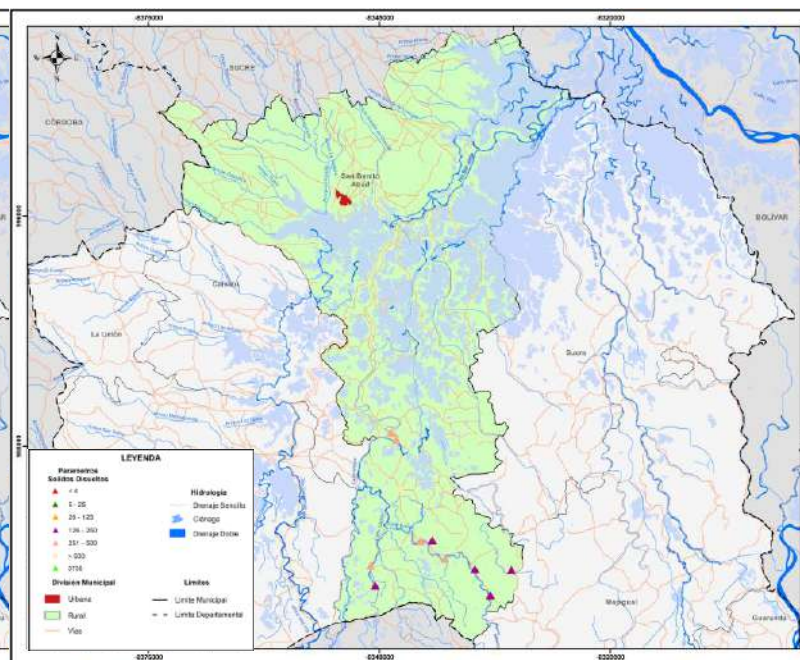
En general los > valores se encuentran lejanos al casco urbano. Influencia caño Rabón, caño Caiman y Caño Viloría



pH



Conductividad



Solidos disueltos totales

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS PARA AGUA SUBTERRÁNEA - Municipio de San Benito (16 pozos)

Evaluación de la calidad

De acuerdo al artículo 38, el 100% de las muestras analizadas cumplen para potabilización mediante tratamiento convencional, mientras que el 21% y el 4% de las muestras cumplen para uso agrícola y para consumo humano mediante desinfección, respectivamente. Análisis microbiológicos no fue realizado por los diferentes estudios, por lo cual se deben contemplar en próximos estudios para conocer si cumplen con los VMA.

Evaluación de iones mayoritarios y balance iónico

En función del total de muestras

33 % de las muestras cumplen con criterios establecidos menores al 5% según Appelo y Postma (1996)

67 % menores al 10% en función de la conductividad (IDEAM, 2013)

La totalidad de las muestras cumplieron con el balance y fueron utilizadas para realizar el análisis hidrogeoquímico



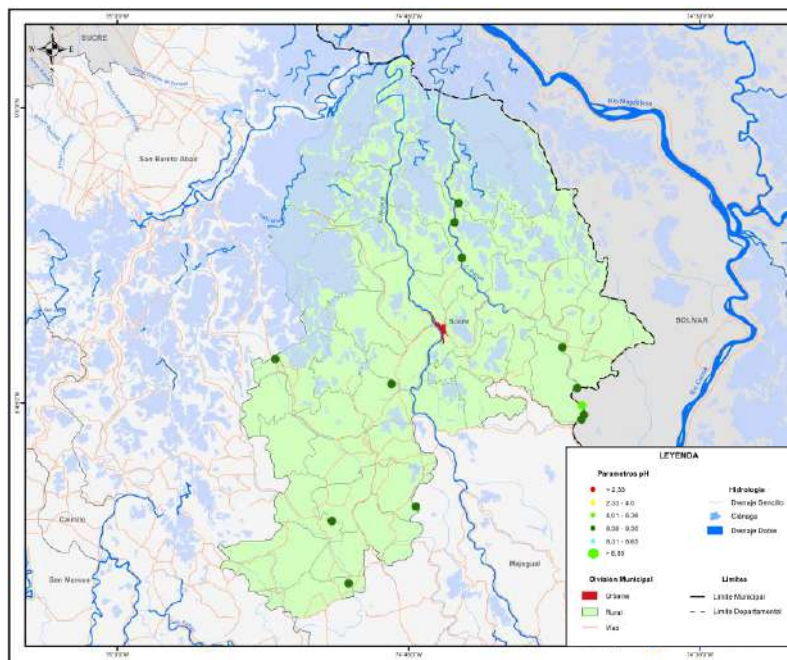
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS PARA AGUA SUBTERRÁNEA - Municipio de Sucre (13 pozos)

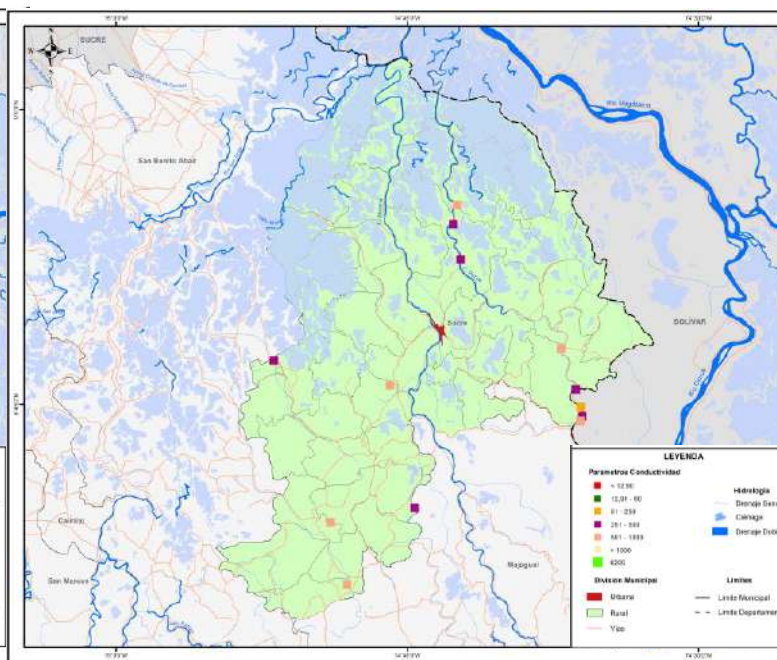
Estadísticos básicos de parámetros in situ – Municipio Sucre.

Parámetro	Valor Mínimo		Valor Máximo		Promedio ± desviación	
	PORH	ERA	PORH	ERA	PORH	ERA
pH [U de pH]	5,90	5,95	7,70	8,25	7,24±0,47	7,52±0,55
CE [μS/cm]	60,0	64,9	840	875,4	496,1±180,6	517,5±183,7
SDT [mg/l]	-	26,35	-	475,0	-	280,8±101,4
Redox [mV]	38,0	47,9	750,0	760,4	386,4±214,2	396,6±214,3

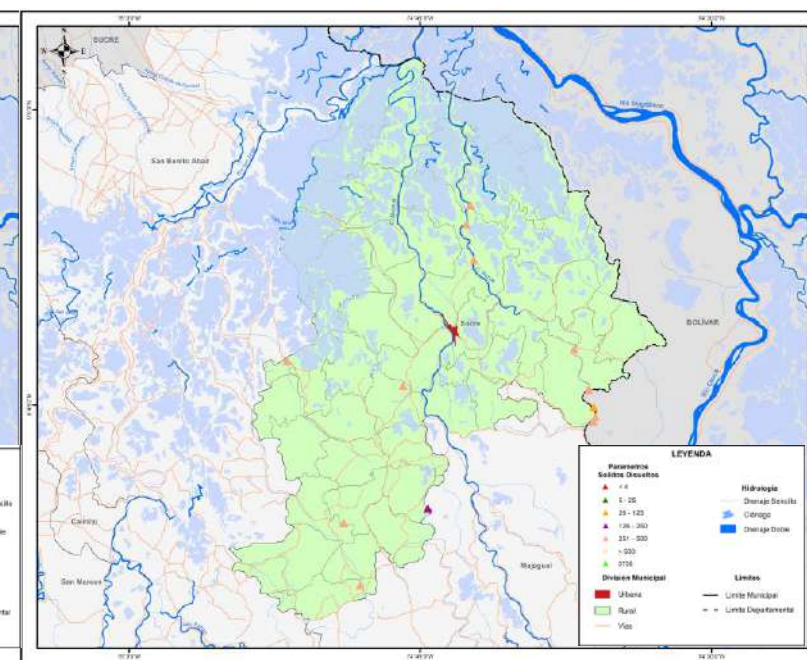
- pH < lejanos al casco urbano
- CE y SDT presentan relación con pH en función de la ubicación geográfica



pH



Conductividad



Solidos disueltos totales

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS PARA AGUA SUBTERRÁNEA - Municipio de Sucre (13 pozos)

Evaluación de la calidad

De acuerdo al artículo 38, el 100% de las muestras analizadas cumplen para potabilización mediante tratamiento convencional.

Evaluación de iones mayoritarios y balance iónico

En función del total de muestras

100% cumplió con los criterios del error para el balance iónico. 5% de error establecido por Appelo y Postma (1996) y menor al 10% en función de la conductividad (IDEAM, 2013).



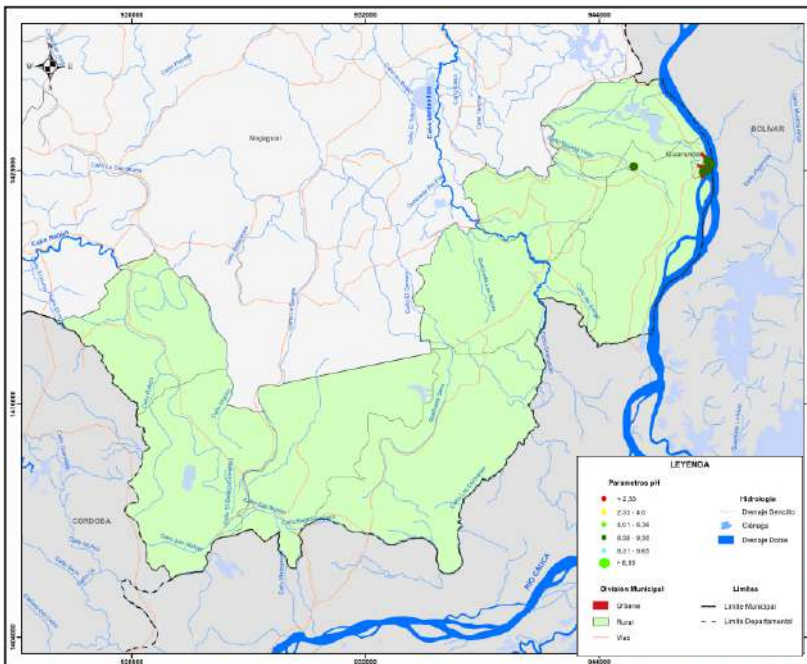
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS PARA AGUA SUBTERRÁNEA - Municipio de Guaranda (5 pozos)

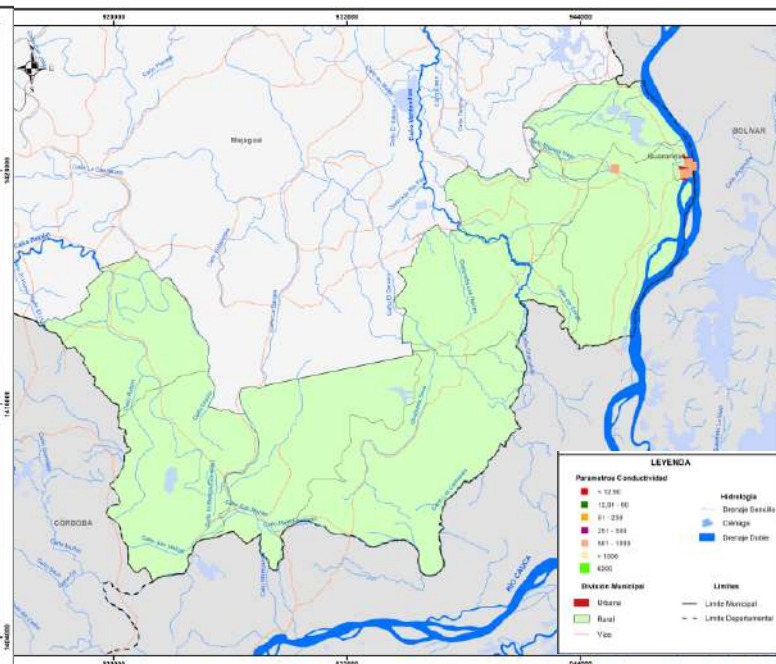
Estadísticos básicos de parámetros in situ – Guaranda.

Parámetro	Valor Mínimo		Valor Máximo		Promedio ± desviación	
	PORH	ERA	PORH	ERA	PORH	ERA
pH [U de pH]	6,70	6,85	7,40	7,85	6,94±0,22	7,25±0,38
CE [μS/cm]	470	505,6	860	895,5	678,3±148,5	621,8±160,7
SDT [mg/l]	-	275,4	-	485,9	-	338,2±86,7
Redox [mV]	310	320,6	526	536,5	396,8±82,8	396,6±85,4

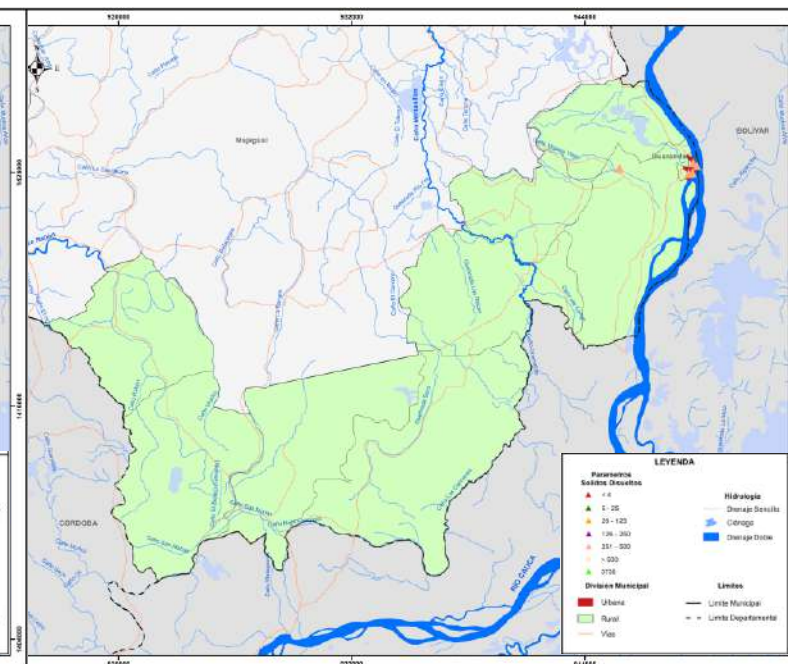
- pH < lejanos al casco urbano
- CE y SDT presentan relación con pH en función de la ubicación geográfica
- Influencia del río cauca



pH



Conductividad



Sólidos disueltos totales

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS PARA AGUA SUBTERRÁNEA - Municipio de Guaranda (5 pozos)

Evaluación de la calidad

De acuerdo al artículo 38, el 100% de las muestras analizadas cumplen para potabilización mediante tratamiento convencional.

Evaluación de iones mayoritarios y balance iónico

En función del total de muestras

100% cumplió con los criterios del error para el balance iónico. 5% de error establecido por Appelo y Postma (1996) y menor al 10% en función de la conductividad (IDEAM, 2013).

A pesar de que es el municipio con menor cantidad de pozos de los evaluados en los diferentes municipios de la región de La Mojana la información de este municipio es de gran importancia debido a la influencia del río Cauca

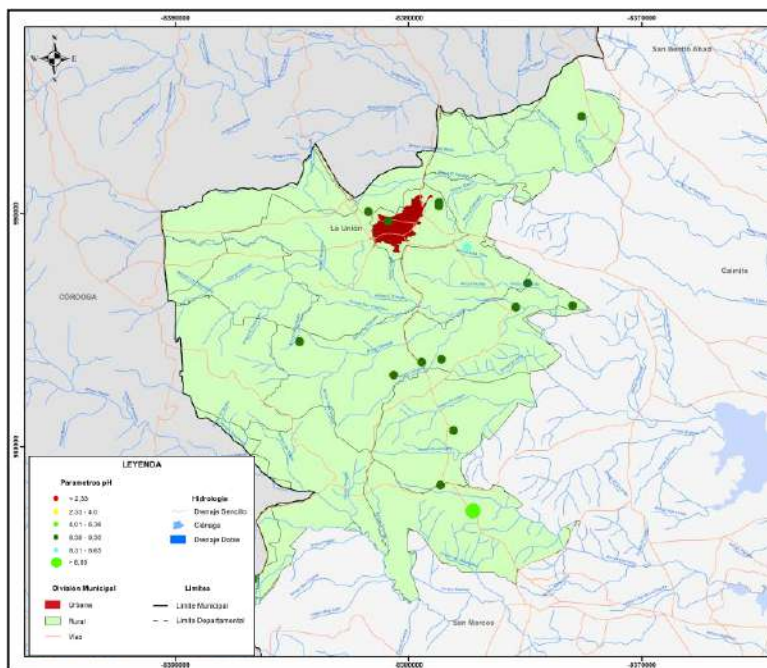
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS PARA AGUA SUBTERRÁNEA - Municipio de La Unión (17 pozos)

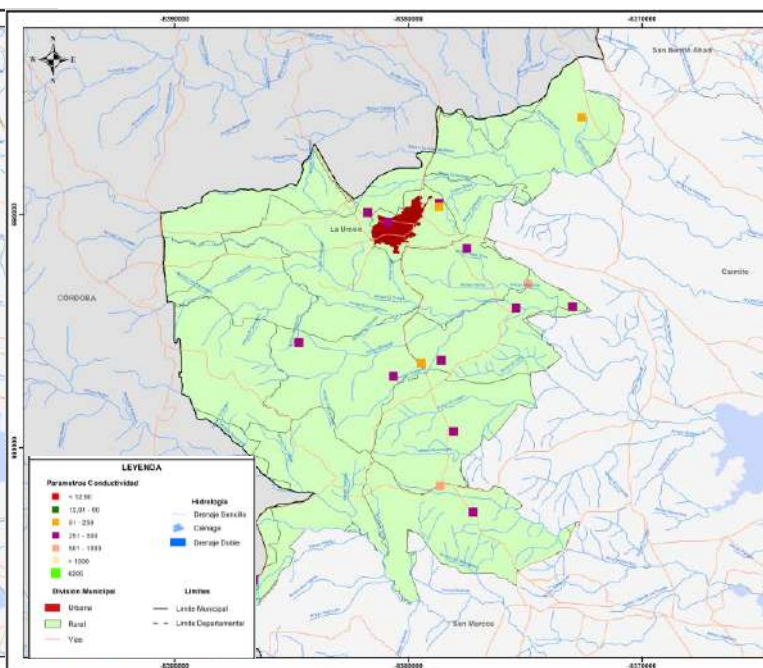
Estadísticos básicos de parámetros in situ – La Unión.

Parámetro	Valor Mínimo	Valor Máximo	Promedio ± desviación
pH [U de pH]	6,7	8,8	7,49 ± 0,68
CE [μ S/cm]	135,1	575,8	353,3 ± 118,2
SDT [mg/l]	75,1	313,4	194,9 ± 63,6
Redox [mV]	130,1	390,8	258,8 ± 62,9

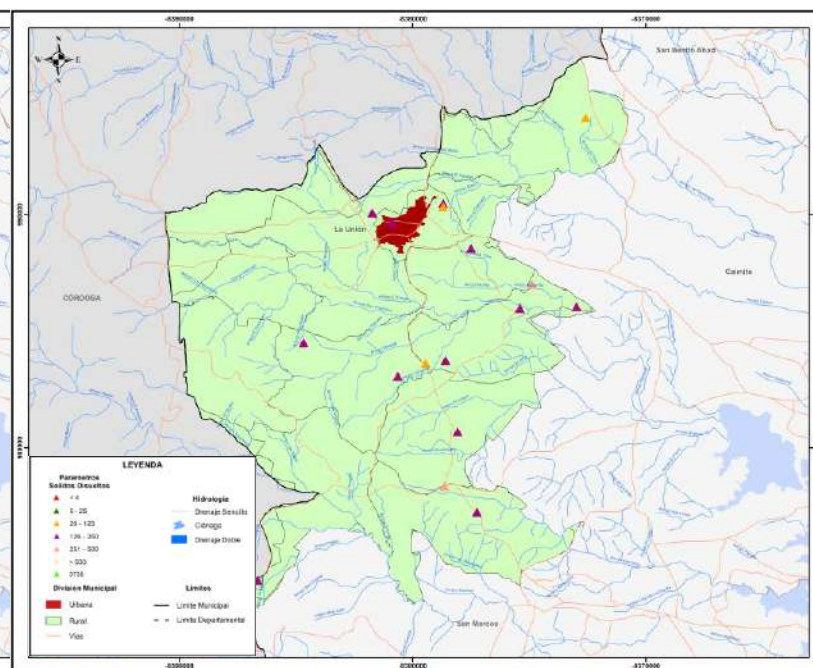
- pH muestra que los pozos alejados del municipio (casco urbano) predominan ambientes ácidos con valores en algunos pozos de hasta 6.70
- CE y SDT no presentan relación con pH en función de la ubicación geográfica



pH



Conductividad



Sólidos disueltos totales

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS PARA AGUA SUBTERRÁNEA - Municipio de La Unión (17 pozos)

Evaluación de la calidad

La calidad del agua en las muestras analizadas para los diferentes pozos de agua subterránea del municipio de la Unión cumple con los VMA de todos los artículos del Decreto 1594, para consumo humano mediante potabilización con tratamiento convencional (artículo 38) y potabilización con desinfección (artículo 39).

Sin embargo, se debe tener en cuenta que la calidad de aguas subterráneas puede llegar a ser afectada debido a cambios en los usos del suelo (incremento de las zonas urbanizadas, cambio en el tipo de cultivo, etc.).

Evaluación de iones mayoritarios y balance iónico

En función del total de muestras

100% cumplió con los criterios del error para el balance iónico. 34% del total de los pozos en el municipio cumplen con el criterio $< 5\%$ como porcentaje de error establecido por Appelo y Postma (1996) y el 66% son menores al 10% en función de la conductividad (IDEAM, 2013).



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA

MODELAMIENTO DE LA CALIDAD DE AGUA EN CORRIENTES, TRAMOS Y CUERPOS DE AGUA PRIORITARIOS

Modelo
Unidimensional
Qual2K



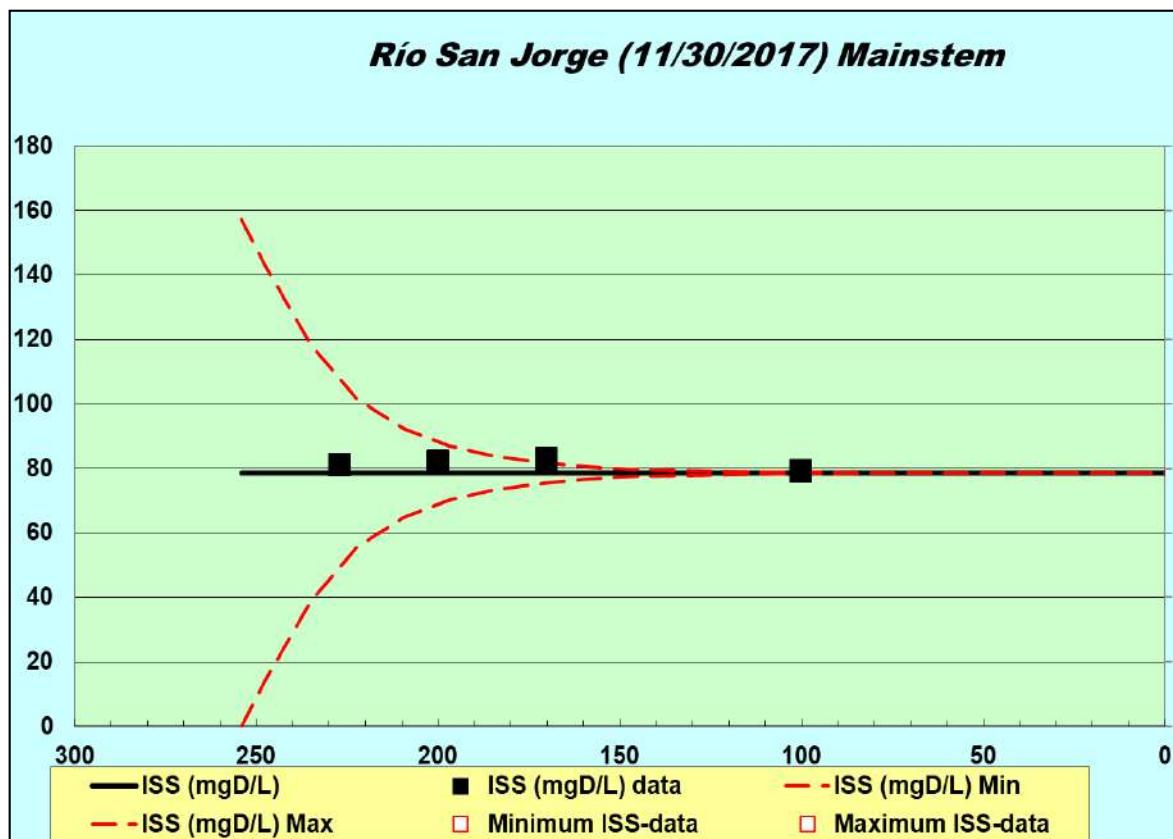
- Sólidos suspendidos totales
- Oxígeno disuelto
- pH
- Temperatura
- Conductividad



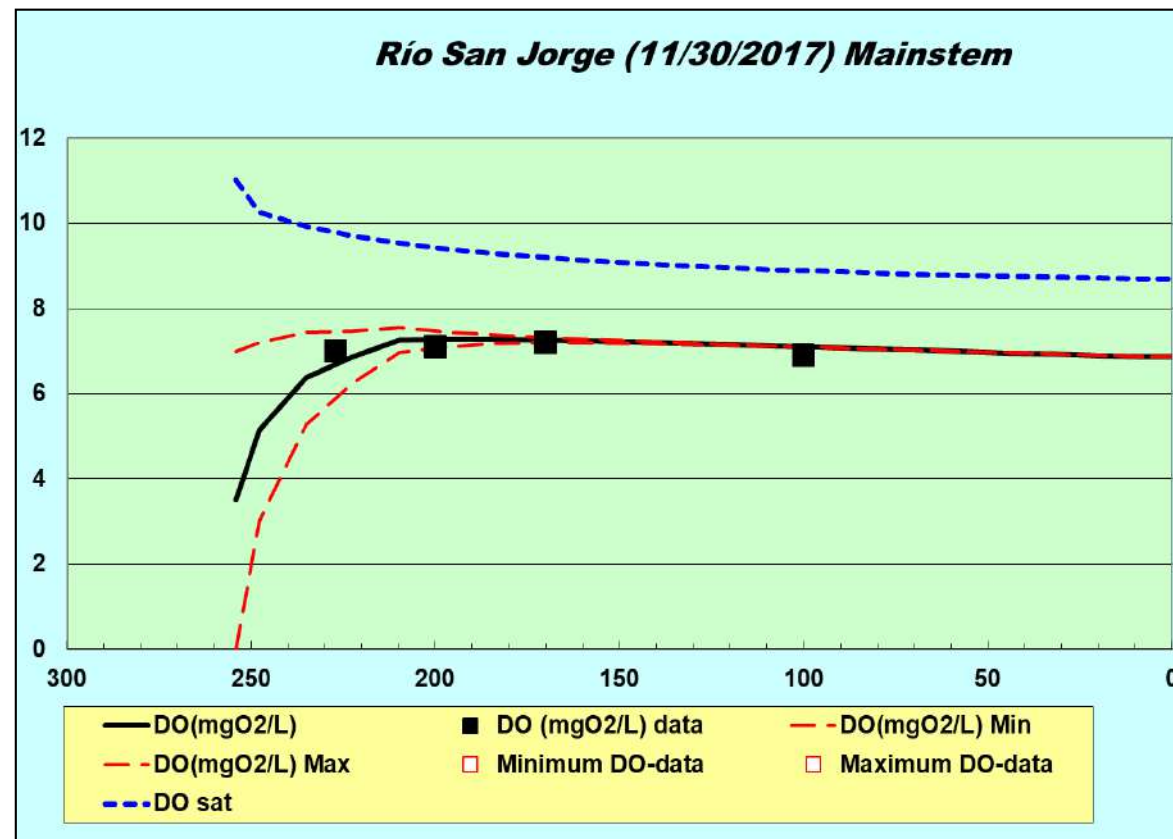
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA

MODELAMIENTO DE LA CALIDAD DE AGUA EN CORRIENTES, TRAMOS Y CUERPOS DE AGUA PRIORITARIOS

Sólidos suspendidos totales



Oxígeno disuelto

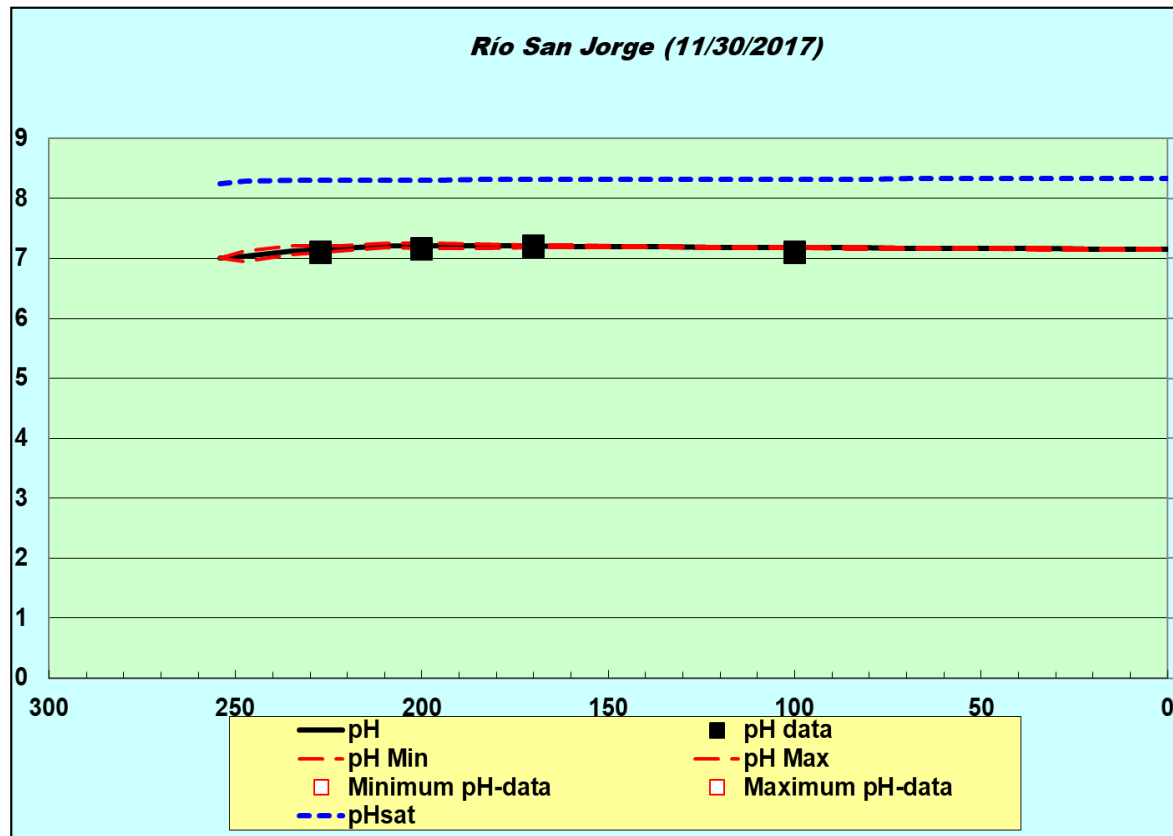




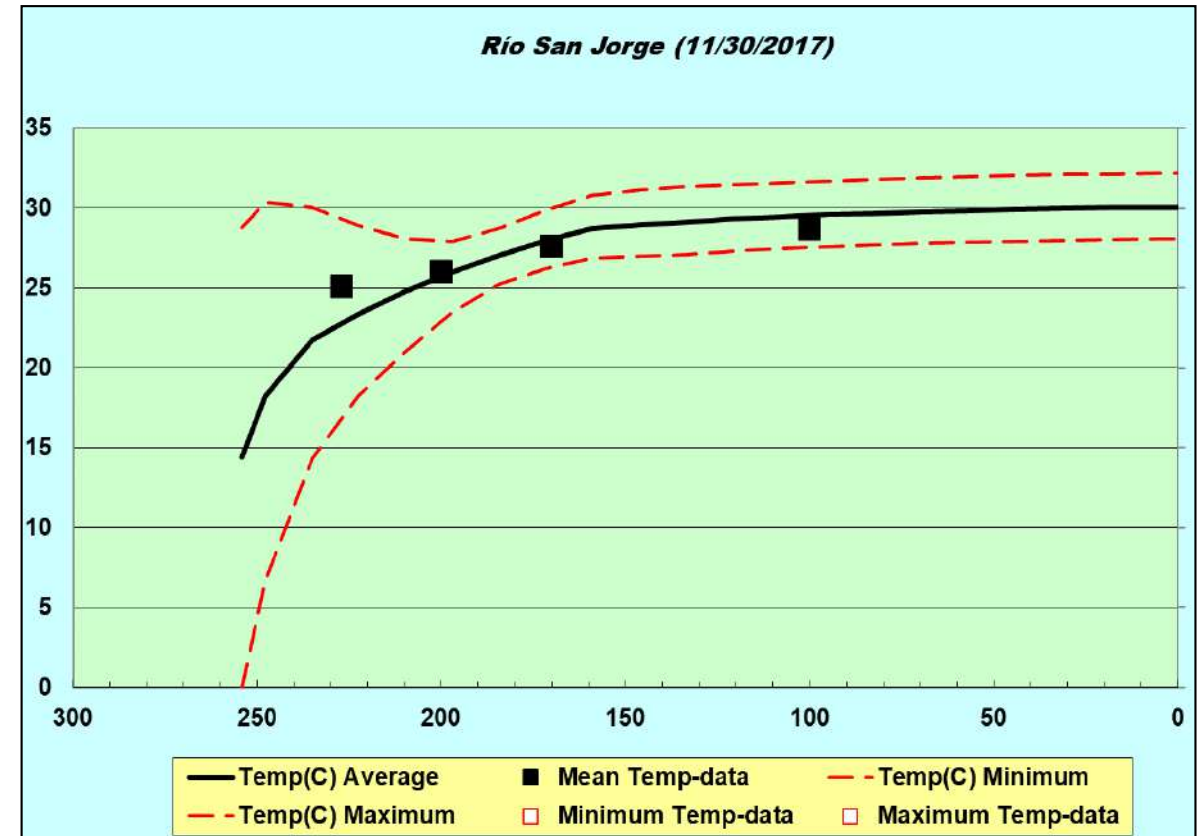
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA

MODELAMIENTO DE LA CALIDAD DE AGUA EN CORRIENTES, TRAMOS Y CUERPOS DE AGUA PRIORITARIOS

pH



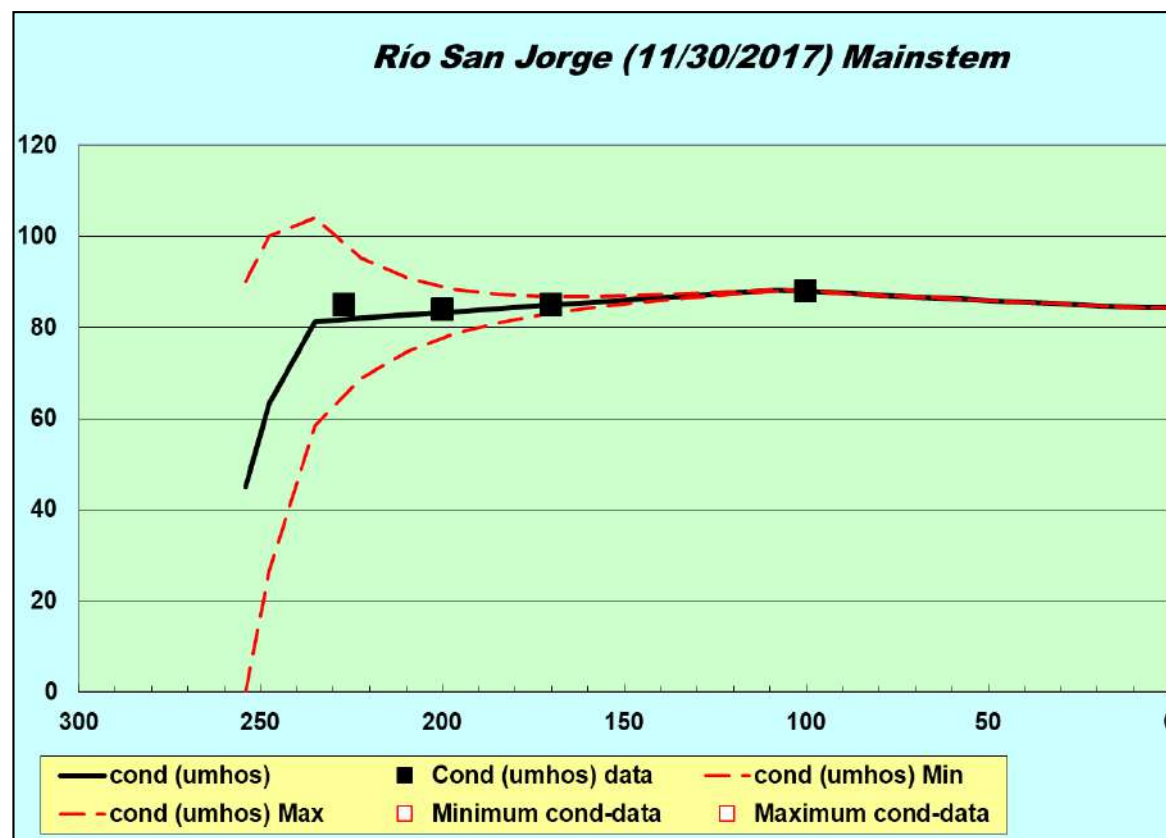
Temperatura



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA

MODELAMIENTO DE LA CALIDAD DE AGUA EN CORRIENTES, TRAMOS Y CUERPOS DE AGUA PRIORITARIOS

Conductividad





SISTEMA DE INDICADORES HÍDRICOS REGIONALES

CLASIFICACIÓN

Indicadores del Sistema Hídrico Natural

Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH)

Índice de Aridez (IA)

Índice de Vulnerabilidad Intrínseca a la Contaminación de Aguas Subterráneas (IVICAS)

Indicadores de Intervención Antrópica

Indicadores de presión por uso del agua

Índice de Uso del Agua superficial (IUA)

Índice de Extracción de Agua Subterránea (IEAS)

Índice de Agua Subterránea para Abastecimiento Público con respecto al Número de Habitantes (IASAP)

Índice Integral de Uso del Agua (IIUA)

Indicadores de estado de calidad y presión por contaminación

Índice de Calidad del Agua (ICA)

Índice de Calidad Biológica del Agua. Macroinvertebrados Acuáticos (IMA)

Índice de Alteración Potencial de la calidad de agua (IACAL)

Indicadores de riesgo

Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento Hídrico (IVH)

Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET)



SISTEMA DE INDICADORES HÍDRICOS REGIONALES

ÍNDICE DE RETENCIÓN Y REGULACIÓN HÍDRICA – IRH

- Mide la capacidad de retención de humedad en las cuencas con base en la distribución de series de frecuencias acumuladas de los caudales diarios.
- Corresponde a la relación entre el volumen del área bajo la línea de caudal medio (V_p) en la curva de duración de caudales medios diarios y el volumen total equivalente al área bajo la curva de duración de caudales medios diarios.

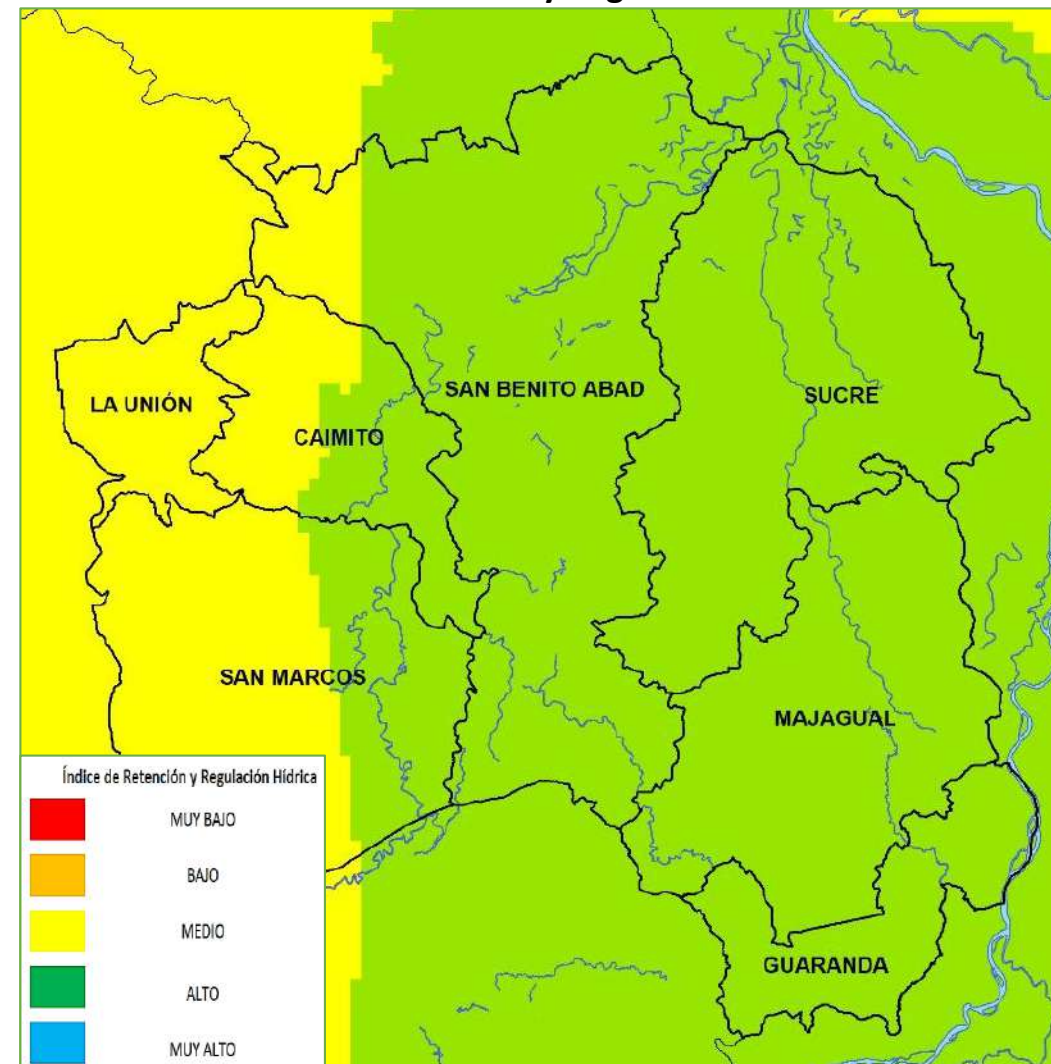
$$IRH = \frac{V_p}{V_t}$$

- La ausencia de información sobre caudales medios diarios no permite calcular este índice.
- Como fuente secundaria, el ENA 2014 presenta un mapa con este índice, sin indicar el método de obtención en ausencia de la información requerida.

Categorías del Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH)

RANGO DE VALORES IRH	CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS
> 0,85	MUY ALTO	Capacidad de la cuenca para retener y regular muy alta
0,75 – 0,85	ALTO	Capacidad de la cuenca para retener y regular alta
0,65 – 0,75	MEDIO	Capacidad de la cuenca para retener y regular media
0,50 – 0,65	BAJO	Capacidad de la cuenca para retener y regular baja
< 0,50	MUY BAJO	Capacidad de la cuenca para retener y regular muy baja

Índice de Retención y Regulación Hídrica





SISTEMA DE INDICADORES HÍDRICOS REGIONALES

ÍNDICE DE ARIDEZ – IA

- Se considera una característica climática que muestra de forma cualitativa, las áreas con excedentes y déficit hídricos (ENA 2010).
- Fundamentad en la evapotranspiración potencial y real, expresadas en mm.

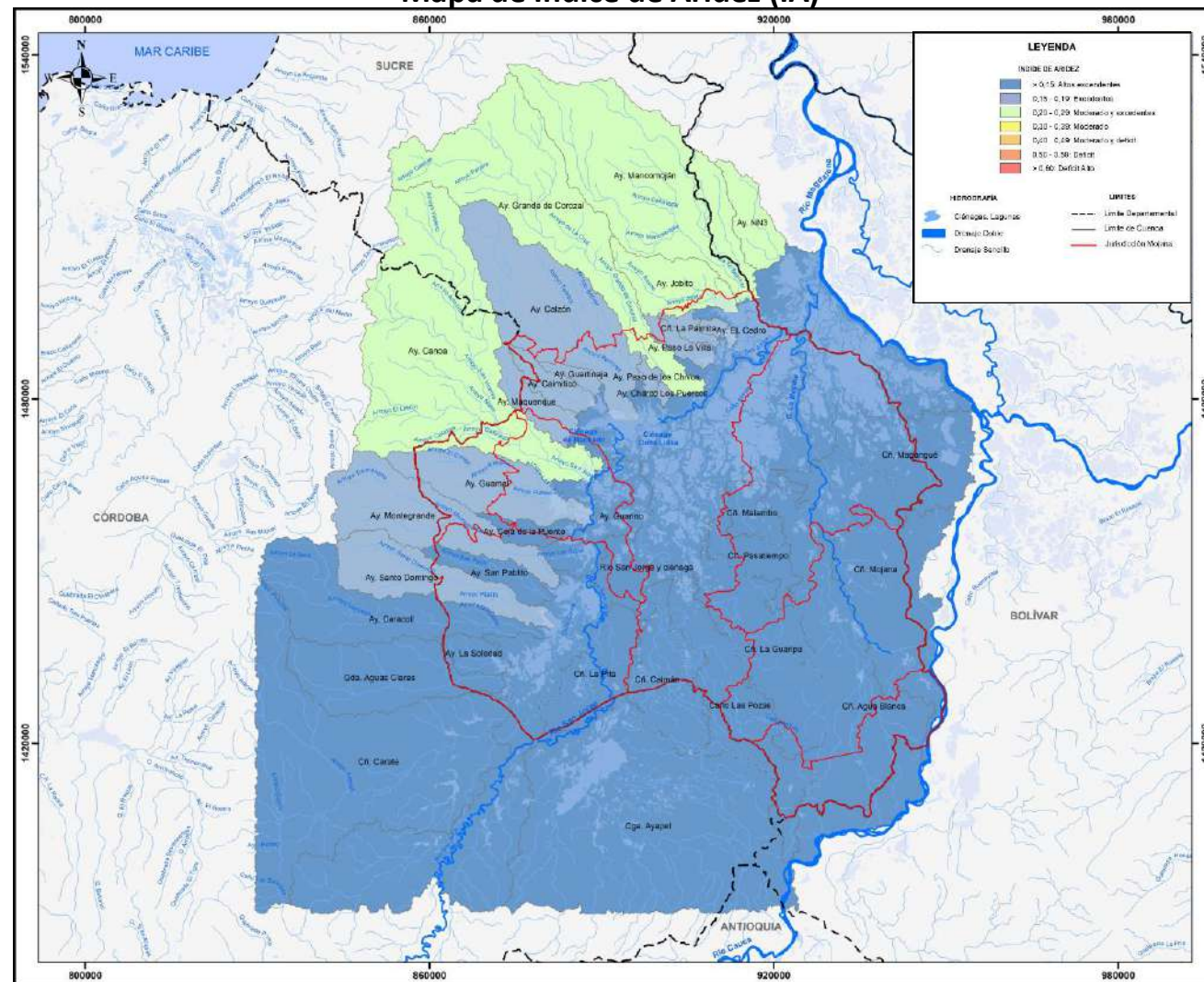
$$IA = \frac{ETP - ETR}{ETP}$$

- Una buena estimación del índice requiere series históricas mayores a 15 años (Ideam, 2013)
- La información se regionalizó para obtener los datos de las 34 microcuencas analizadas.

Categorías para el Índice de Aridez (IA)

RANGO DE VALORES ÍNDICE DE ARIDEZ	CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS
< 0,15	Alto excedente	Altos excedentes de agua
0,15 – 0,19	Excedente	Excedentes de agua
0,20 – 0,29	Entre moderado y excedente	Entre moderado y excedentes de agua
0,30 – 0,39	Moderado	Moderado
0,40 – 0,49	Entre moderado y deficitario	Entre moderado y deficitario de agua
0,50 – 0,59	Deficitario	Deficitario de agua
> 0,60	Altamente deficitario	Altamente deficitario de agua

Mapa de Índice de Aridez (IA)



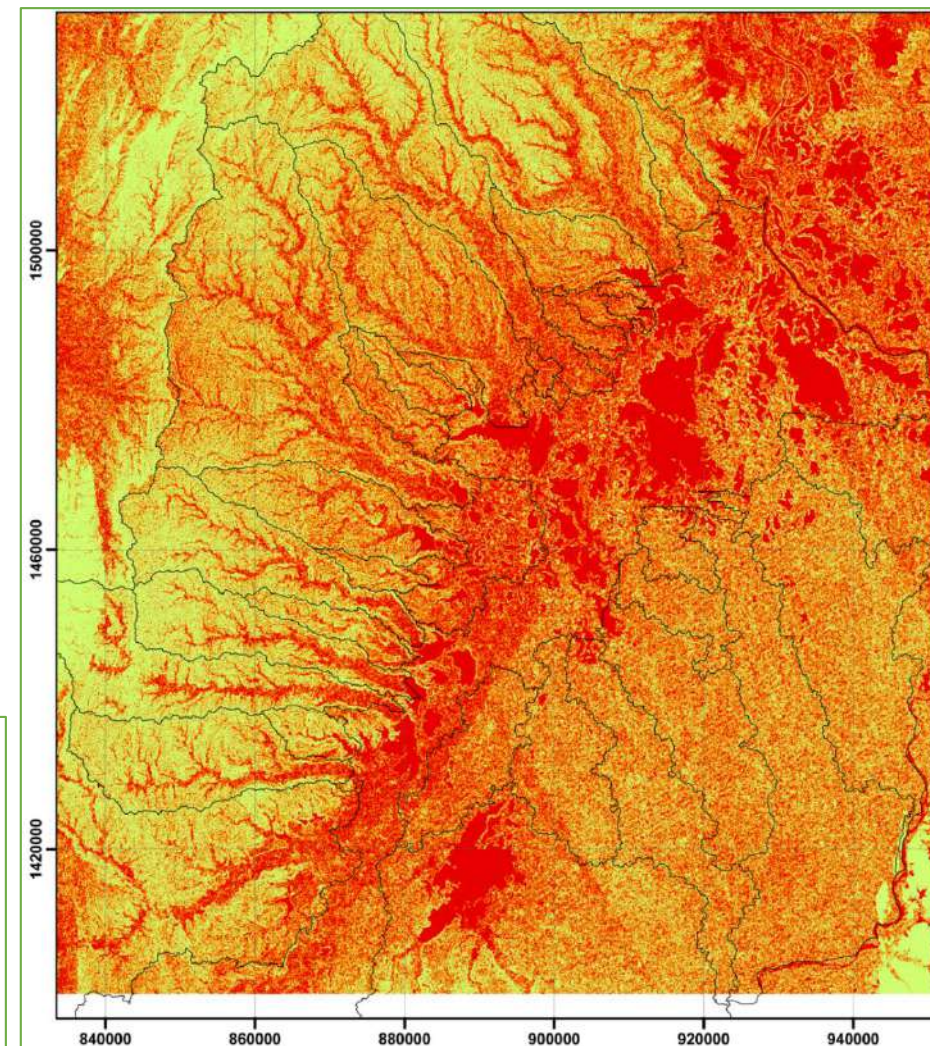
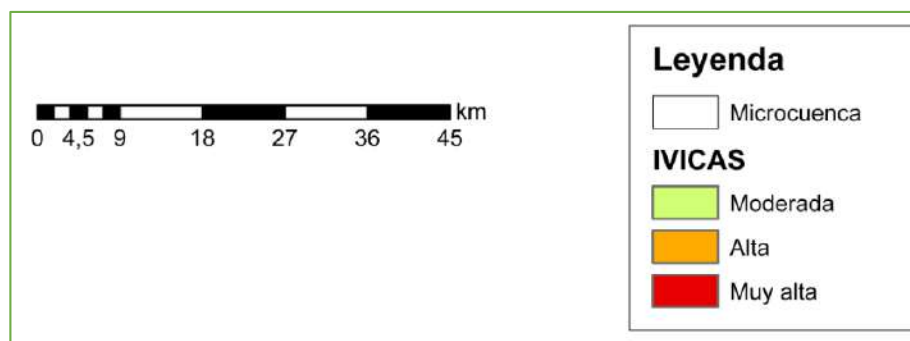
SISTEMA DE INDICADORES HÍDRICOS REGIONALES

ÍNDICE DE VULNERABILIDAD INTRÍNSECA A LA CONTAMINACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA

- Estima susceptibilidad del acuífero a ser contaminado.
- Se estimó con la metodología GOD
Groundwater (G): Ponderación según grado de confinamiento del acuífero
Overall (O): Ponderación según tipo de litología
Depth (D): Ponderación según espesor y tipo de acuíferos

$$IVICAS = 3G + 4O + 3D$$

Mapa del Índice de Vulnerabilidad Intrínseca a la Contaminación del Agua Subterránea IVICAS



SISTEMA DE INDICADORES HÍDRICOS REGIONALES

INDICADORES DE PRESIÓN POR USO DEL AGUA

Índice de uso del agua superficial – IUA

- Cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores durante un período y espacio determinado (Ideam, 2013)
- Busca estimar el grado de presión sobre la oferta superficial en una unidad hidrográfica.
- Basado en la demanda hídrica extraída en un período determinado (Dh) y la oferta hídrica superficial regional disponible (OHRD).

$$IUA = \frac{Dh}{OHRD} * 100$$

Rangos y categorías del Índice de Uso del Agua (IUA)

RANGO $\left(\frac{Dh}{OHRD}\right) * 100$ IUA	CATEGORÍA IUA	SIGNIFICADO
1 – 10	BAJO	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible
10,01 – 20	MODERADO	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible
20,01 – 50	ALTO	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible
>50	MUY ALTO	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible

Estimación del Índice de Uso del Agua (IUA) de acuerdo al tipo de demanda

MICROCENSA	Índice del uso del agua Total (IUA)	Índice de uso del Agua domiciliario (IUA – DUD)	Índice de uso del agua sector Servicios (IUA – DUS)	Índice de uso del agua agrícola (IUA – DUA)	Índice de uso del agua industrial y pecuario (IUA – DUI – DUP)
Ay. Caimitico	118,23	13,9	0,7	43,5	1,1
Ay. Calzón	93,86	18,6	0,9	26,0	1,5
Ay. Canoa	130,48	29,9	1,7	30,7	2,9
Ay. Caracolí	71,34	14,8	1,2	17,7	2,0
Ay. Ceja de la Puente	93,44	0,0	0,0	46,7	0,0
Ay. Charco Los Puercos	412,57	154,1	7,4	32,5	12,3
Ay. EL Cedro	93,68	0,0	0,0	46,8	0,0
Ay. Grande de Corozal	12,91	0,0	0,0	6,5	0,0
Ay. Guamal	192,90	52,0	3,1	36,2	5,2
Ay. Guarino	588,68	200,6	8,4	71,3	14,0
Ay. Guartinaja	267,50	82,5	4,0	40,7	6,6
Ay. Jobito	87,78	17,6	0,8	24,0	1,4
Ay. La Soledad	71,16	22,0	1,7	8,9	2,9
Ay. Mancomoján	56,37	0,0	0,0	28,2	0,0
Ay. Maquenque	113,46	0,0	0,0	56,7	0,0
Ay. Montegrande	101,98	17,6	1,4	29,7	2,3
Ay. Paso de los Chivos	241,48	75,4	3,6	35,7	6,0
Ay. Paso La Villa	137,75	27,3	1,3	38,1	2,2
Ay. San Pablito	346,83	122,6	9,7	24,9	16,2
Ay. Santo Domingo	90,90	25,4	2,0	14,7	3,4
Cñ. Agua Blanca	62,00	14,9	0,8	14,2	1,2
Cñ. Caimán	37,34	3,9	0,2	14,3	0,3
Cñ. La Guaripa	76,86	9,4	0,4	28,0	0,6
Cñ. La Palmita	199,45	51,5	2,5	41,7	4,1
Cñ. La Pita	91,04	18,4	1,5	23,2	2,4
Cñ. Magangué	57,86	14,4	0,6	13,9	0,0
Cñ. Malambo	171,91	22,9	1,0	62,0	0,0
Cñ. Mojana	144,33	45,2	3,7	18,8	4,5
Cñ. Pasatiempo	107,90	9,5	0,5	43,3	0,8
Cñ. Las Pozas	91,23	18,3	0,9	24,9	1,6
Qda. Aguas Claras	63,92	12,5	1,0	16,8	1,7
Río San Jorge y ciénaga	70,22	6,5	0,5	27,4	0,7

SISTEMA DE INDICADORES HÍDRICOS REGIONALES

INDICADORES DE PRESIÓN POR USO DEL AGUA

Índice integral de uso del agua – IIUA

- Permite estimar la presión por uso en relación con la oferta superficial disponible y la oferta subterránea renovable.
- Su estimación se basa en la demanda total sectorial sobre la suma de la oferta hídrica renovable y la oferta hídrica superficial disponible.

$$IIUA = \frac{D}{O_{rg} + O_d}$$

RANGO	CATEGORÍA
>50	Muy Alto
20,01 – 50	Alto
10,01 – 20	Moderado
1 – 10	Bajo
<1	Muy Bajo

Rangos y categorías del Índice Integral de Uso del Agua

Estimación del Índice Integral de Uso del Agua (IIUA) de acuerdo al tipo de demanda

MICROCUEENCA	Índice Integral de uso del Agua domiciliario (IIUA – DUD)	Índice Integral de uso del agua sector Servicios (IIUA – DUS)	Índice Integral de uso del agua agrícola (IIUA – DUA)	Índice Integral de uso del agua industrial y pecuario (IIUA – DUI – DUP)	Índice Integral del uso del agua Total (IIUA – DT)
Ay. Caimitico	0,14	0,01	0,43	0,01	0,59
Ay. Calzón	0,83	0,04	1,16	0,07	2,10
Ay. Canoa	3,04	0,17	3,12	0,29	6,63
Ay. Caracolí	0,44	0,03	0,52	0,06	1,05
Ay. Ceja de la Puente	0,00	0,00	0,41	0,00	0,41
Ay. Charco Los Puercos	0,14	0,01	0,03	0,01	0,19
Ay. EL Cedro	0,00	0,00	0,10	0,00	0,10
Ay. Grande de Corozal	0,00	0,00	0,25	0,00	0,25
Ay. Guamal	2,17	0,13	1,51	0,22	4,03
Ay. Guarino	13,46	0,56	4,79	0,94	19,75
Ay. Guartinaja	0,28	0,01	0,14	0,02	0,45
Ay. Jobito	0,28	0,01	0,38	0,02	0,69
Ay. La Soledad	0,22	0,02	0,09	0,03	0,35
Ay. Mancomoján	0,00	0,00	1,40	0,00	1,40
Ay. Maquenque	0,00	0,00	0,83	0,00	0,83
Ay. Montegrande	0,87	0,07	1,47	0,12	2,53
Ay. Paso de los Chivos	0,14	0,01	0,07	0,01	0,22
Ay. Paso La Villa	0,14	0,01	0,19	0,01	0,35
Ay. San Pablito	1,74	0,14	0,35	0,23	2,46
Ay. Santo Domingo	0,87	0,07	0,50	0,12	1,56
Cñ. Agua Blanca	4,98	0,25	4,75	0,40	10,38
Cñ. Caimán	0,28	0,01	1,02	0,02	1,33
Cñ. La Guaripa	1,25	0,06	3,71	0,07	5,10
Cñ. La Palmita	0,14	0,01	0,11	0,01	0,27
Cñ. La Pita	0,87	0,07	1,10	0,12	2,15
Cñ. Magangué	1,39	0,06	1,35	0,00	2,80
Cñ. Malambo	0,69	0,03	1,88	0,00	2,60
Cñ. Mojana	10,45	0,85	4,34	1,05	16,70
Cñ. Pasatiempo	0,35	0,02	1,59	0,03	1,98
Cñ. Las Pozas	2,63	0,13	3,58	0,22	6,56
Qda. Aguas Claras	0,44	0,03	0,58	0,06	1,11
Río San Jorge y ciénaga	7,67	0,55	32,23	0,81	41,26

SISTEMA DE INDICADORES HÍDRICOS REGIONALES

INDICADORES DE ESTADO DE CALIDAD Y PRESIÓN POR CONTAMINACIÓN

Índice de calidad del agua (ICA)

- Permite identificar problemas puntuales de contaminación en un lapso específico.
- Ideam (2011), propone un valor numérico que califica la calidad de una corriente superficial con base en las mediciones de cinco variables obtenidas en una estación de monitoreo: oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, demanda química de oxígeno, conductividad eléctrica y pH.

$$ICA_{njt} = \left(\sum_{i=1}^n W_i * I_{ikjt} \right)$$

ICA_{njt} : índice de calidad del agua en la estación j, en un tiempo t para n variables

W_i : ponderación de la variable de calidad i

I_{ikjt} : valor calculado de la variable i, en la estación de monitoreo j, registrado en el trimestre k del periodo t.

n: Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; para este caso n es igual a 8.

Variables y ponderaciones para el cálculo del ICA

Variable	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno Disuelto (OD)	% de Saturación	0,19
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	0,09
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	0,11
Nitratos	mg/L	0,11
pH	Unidades de pH	0,14
Ortofosfatos	mg/L	0,11
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	0,17
Turbiedad	NTU	0,08

Calificación de la calidad del agua según los valores que tome el ICA.

Categorías de valores que puede tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua	Señal de alerta
0,00 - 0,25	Muy mala	Rojo
0,26 - 0,50	Mala	Naranja
0,51 - 0,70	Regular	Amarillo
0,71 - 0,90	Aceptable	Verde
0,91 - 1,00	Buena	Azul

SISTEMA DE INDICADORES HÍDRICOS REGIONALES

INDICADORES DE ESTADO DE CALIDAD Y PRESIÓN POR CONTAMINACIÓN

Índice de calidad del agua (ICA)

Resultados del Índice de Calidad del Agua (ICA)

N°	PUNTO	COORDENADAS		ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)	
		N	W		
1	Sehebe	8°27'58.619" N	75°3'47.354" W	REGULAR	67,30
2	Venecia	8°32'32.118" N	75°5'22.841" W	REGULAR	67,70
3	Aguas Arriba De San Marcos	8°38'0.923" N	75°5'10.436" W	REGULAR	67,25
4	La Metra	8°41'44.005" N	75°4'49.523" W	REGULAR	67,90
5	Las Guaduas	8°48'36.652" N	75°5'37.846" W	REGULAR	65,50
6	La Molina	8°53'0.456" N	75°2'57.681" W	REGULAR	65,80
7	Jegua	8°54'19.415" N	74°57'48.359" W	REGULAR	64,90
8	Santiago Apóstol	8°58'43.323" N	74°53'13.020" W	REGULAR	62,80
9	Boca De San Antonio	9°2'18.712" N	74°46'13.159" W	REGULAR	66,50
10	Galindo	9°0'37.173" N	74°45'28.101" W	REGULAR	65,80
11	El Pando	8°33'48.384" N	74°39'29.088" W	REGULAR	54,50
12	Piza	8°41'51.065" N	74°42'34.701" W	REGULAR	53,70
13	San José	8°47'0.067" N	74°43'57.198" W	REGULAR	56,00
14	La Solera	8°51'2.462" N	74°45'0.342" W	REGULAR	56,00
15	San Roque	8°31'21.267" N	74°39'9.969" W	REGULAR	54,50
16	El Malagano Guaranda	8°25'22.749" N	74°36'34.573" W	REGULAR	53,20

El ICA muestra una condición regular para la jurisdicción de Corpomojana, probablemente debida a la presión antrópica, en particular asociada a la agricultura y al crecimiento excesivo de algas. Esta condición podría revertirse mediante tratamientos adecuados.

SISTEMA DE INDICADORES HÍDRICOS REGIONALES

INDICADORES DE ESTADO DE CALIDAD Y PRESIÓN POR CONTAMINACIÓN

Índice de calidad biológica del agua. Macroinvertebrados acuáticos – IMA

- Macroinvertebrados acuáticos: organismos con más de 0,5 mm de longitud. Son bioindicadores de la calidad del agua debido a su gran distribución geográfica, gran diversidad en respuesta a gradientes ambientales y carácter sedentario, entre otros.
- Índice BMWP (Grupo de trabajo de monitoreo biológico en inglés) propone un puntaje según la sensibilidad de cada familia de macroinvertebrados a la contaminación, a mayor sensibilidad mayor puntaje (10). La sumatoria de estos puntajes define la calidad.
- Las principales alteraciones observadas en las estaciones de análisis fueron: desecación, deforestación, rellenos, ganadería, sobreexplotación pesquera, vertimientos residuales, agroquímicos, pesticidas y metales pesados.

Puntaje de familias de macroinvertebrados acuáticos para el cálculo del índice BMWP/Col

FAMILIAS	PUNTAJE
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnysiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, Xiphocentronidae	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelphusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae	7
Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae	6
Belostomatidae, Gelastoceridae, Nepidae, Planorbidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Halipidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae	2
Tubificidae	1

Clases de calidad de agua, valores BMWP/Col, significado y colores para representaciones cartográficas.

CLASE	CALIDAD	VALOR BMWP/Col	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	> 150, 101-120	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	Aceptable	61 – 100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36 – 60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Critica	16 – 35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy Critica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Roja

Índice de calidad biológica del agua. Macroinvertebrados acuáticos (IMA)

MUNICIPIO	PUNTO DE MUESTREO	CUERPO DE AGUA	BMWP/Col
San Marcos	Seheve	Río San Jorge	79
San Marcos	Venecia	Río San Jorge	80
San Marcos	Aguas Arriba	Río San Jorge	54
San Marcos	Metra	Río San Jorge	85
Caimito	Las Guaduas	Río San Jorge	45
San Benito	La Molina	Río San Jorge	75
San Benito	Jegua	Río San Jorge	67
San Benito	Santiago Apóstol	Río San Jorge	75
Sucre	Galindo	Río San Jorge	73
Sucre	Boca San Benito	Río San Jorge	65
Sucre	La Solera	Caño Mojana	40
Sucre	San José	Caño Mojana	33
Majagual	Piza	Caño Mojana	59
Majagual	El Pando	Caño Mojana	42
Majagual	San Roque	Caño Ventanilla	47
Guaranda	El Malagano	Caño Ventanilla	80

SISTEMA DE INDICADORES HÍDRICOS REGIONALES

INDICADORES DE ESTADO DE CALIDAD Y PRESIÓN POR CONTAMINACIÓN

Índice de alteración potencial de la calidad del agua (IACAL)

- Refleja la alteración potencial de la calidad de los sistemas hídricos superficiales y permite identificar zonas susceptibles a la contaminación.
- Corresponde al promedio de las categorías de clasificación asignadas a los cocientes que surgen de dividir las cargas estimadas de cada una de las 21 variables consideradas
- Se calcula para año medio y para año seco

$$\frac{IACAL_{jt-año\ med}}{\sum_{i=1}^n \frac{caticacal_{ijt-año\ med}}{n}}$$

$$\frac{IACAL_{jt-año\ sec}}{\sum_{i=1}^n \frac{caticacal_{ijt-año\ sec}}{n}}$$

- La poca información sobre las actividades económicas de la región no resulta posible estimar este índice en la jurisdicción de Corpomojana.

Variables para la estimación de las cargas contaminantes

Variable	Significado
P	Población municipal (Número)
X _{PS}	Fracción de la población conectada al alcantarillado
PS	Población conectada al alcantarillado (Nro. personas)
PPs	Población conectada a pozo séptico (Nro. personas)
F _{ip}	Factor de emisión de DBO5 por persona, según si está conectada al alcantarillado o a pozo séptico
X _{RT}	Fracción de remoción de materia orgánica, sólidos y nutrientes dependiendo del tipo de tratamiento de agua residual doméstica
PI	Producción industrial (cantidad) para las actividades económicas de interés de la unidad de análisis.
CMP	Consumo de materias primas para una industria determinada
X _{RT}	Fracción de remoción de vertimientos según tecnología prototipo de cada subsector
F _i	Factor de emisión para una unidad productiva específica en kg DBO5, DQO, SST, NT y PT/ton producto final o materia prima consumida
WGVP	Tonelada de animal (vacuno) en pie
WGPP	Tonelada de animal (porcino) en pie
K _p	Carga de DBO5 proveniente de la población en ton/año
K _{IND}	Carga de DBO5 proveniente de la industria (actividades de interés) en ton/año
K _{S_G}	Carga de DBO5 proveniente del sacrificio de ganado en ton/año
K	Carga municipal de DBO5 en ton/año
K _Z	Carga de otra variable de interés de otras actividades económicas específicas de la unidad de análisis, en toneladas /año. Ej.: Minería, etc.

SISTEMA DE INDICADORES HÍDRICOS REGIONALES

INDICADORES DE RIESGO

Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico – IVH

- Define la fragilidad del sistema hídrico en cuanto a la oferta durante períodos de estiaje.
- Se determina a través la relación entre el índice de regulación hídrica –IRH y el índice de uso de agua –IUA.
- Al no resultar posible obtener el índice de regulación hídrica –IRH, no es posible determinar este índice en la jurisdicción de Corpomojana

Categorías del Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento Hídrico

Índice de Uso del Agua (IUA)	Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH)	Categoría de Vulnerabilidad
Muy bajo	Alto	Muy Bajo
Muy bajo	Moderado	Bajo
Muy bajo	Bajo	Medio
Muy bajo	Muy Bajo	Medio
Bajo	Alto	Bajo
Bajo	Moderado	Bajo
Bajo	Bajo	Medio
Bajo	Muy Bajo	Medio
Medio	Alto	Medio
Medio	Moderado	Medio
Medio	Bajo	Alto
Medio	Muy Bajo	Alto
Alto	Alto	Medio
Alto	Moderado	Alto
Alto	Bajo	Alto
Alto	Muy Bajo	Muy Alto
Muy Alto	Alto	Medio
Muy Alto	Moderado	Alto
Muy Alto	Bajo	Alto
Muy Alto	Muy Bajo	Muy Alto

SISTEMA DE INDICADORES HÍDRICOS REGIONALES

INDICADORES DE RIESGO

Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales – IVET

- Determina la relación entre algunos parámetros morfométricos de la cuenca y sus condiciones hidrológicas (Ideam, 2013)

Índice morfométrico de torrencialidad

Relación entre parámetros morfométricos.

- Pendiente media.
- Densidad de drenaje.
- Capacidad de infiltración.
- Velocidad y capacidad de arrastre de sedimentos.
- Eficiencia de la escorrentía y de los sedimentos.

Índice de variabilidad

- Comportamiento de los caudales en una determinada cuenca.
- Diferencia entre los caudales máximos y mínimos.
- Insuficiente información sobre series de caudales diarios.

SISTEMA DE INDICADORES HÍDRICOS REGIONALES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Ante la carencia de la información requerida para la estimación de algunos indicadores, no resultó posible conocer todos los índices de la batería propuesta en las guías sobre evaluaciones regionales del agua.

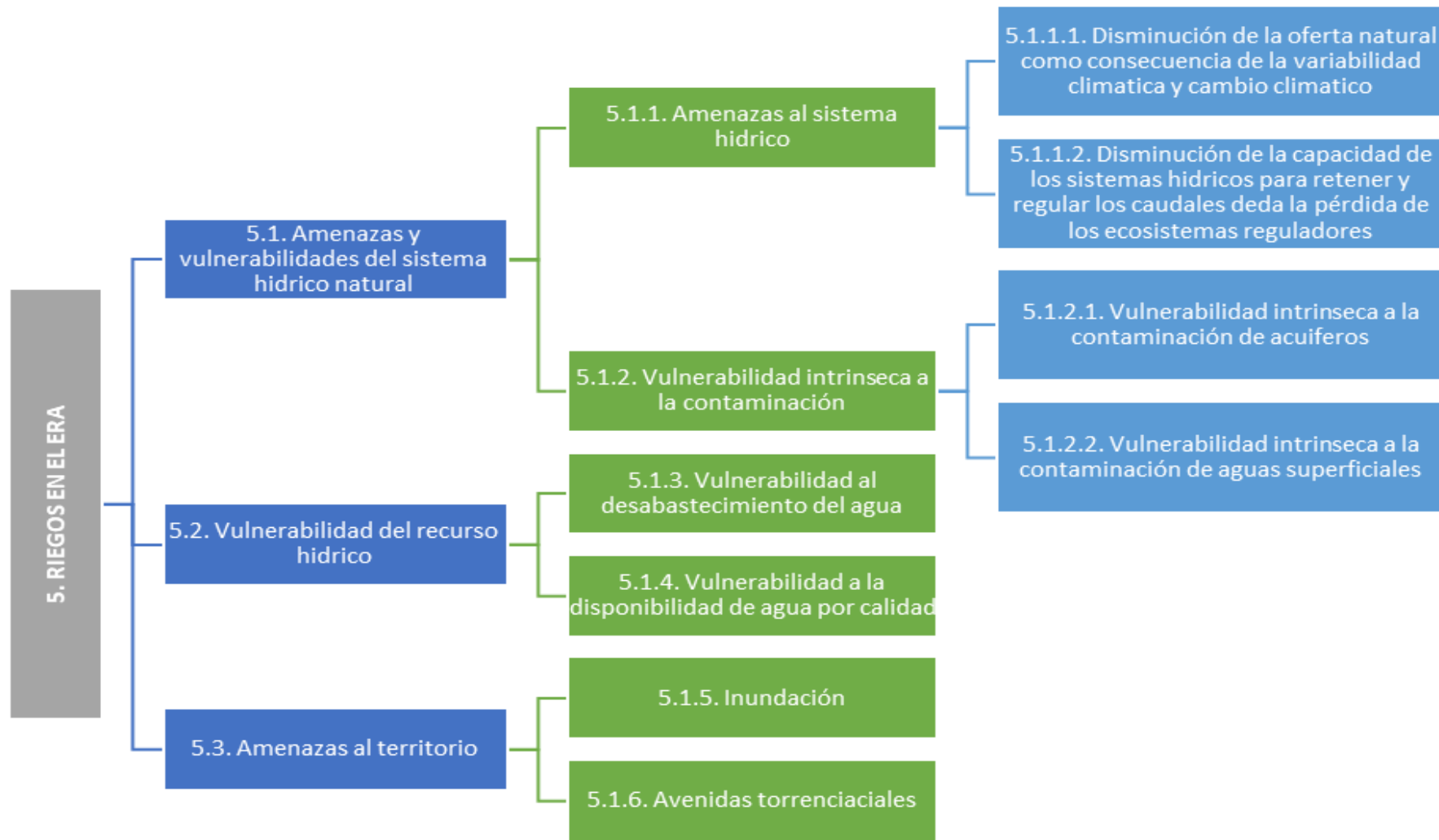
Por lo anterior, se propone desarrollar un proyecto que tenga por objetivo la instalación de las estaciones de medición requeridas para suplir la información necesaria en cada caso





COMPONENTE DE RIESGO EN LA ERA

MARCO METODOLÓGICO

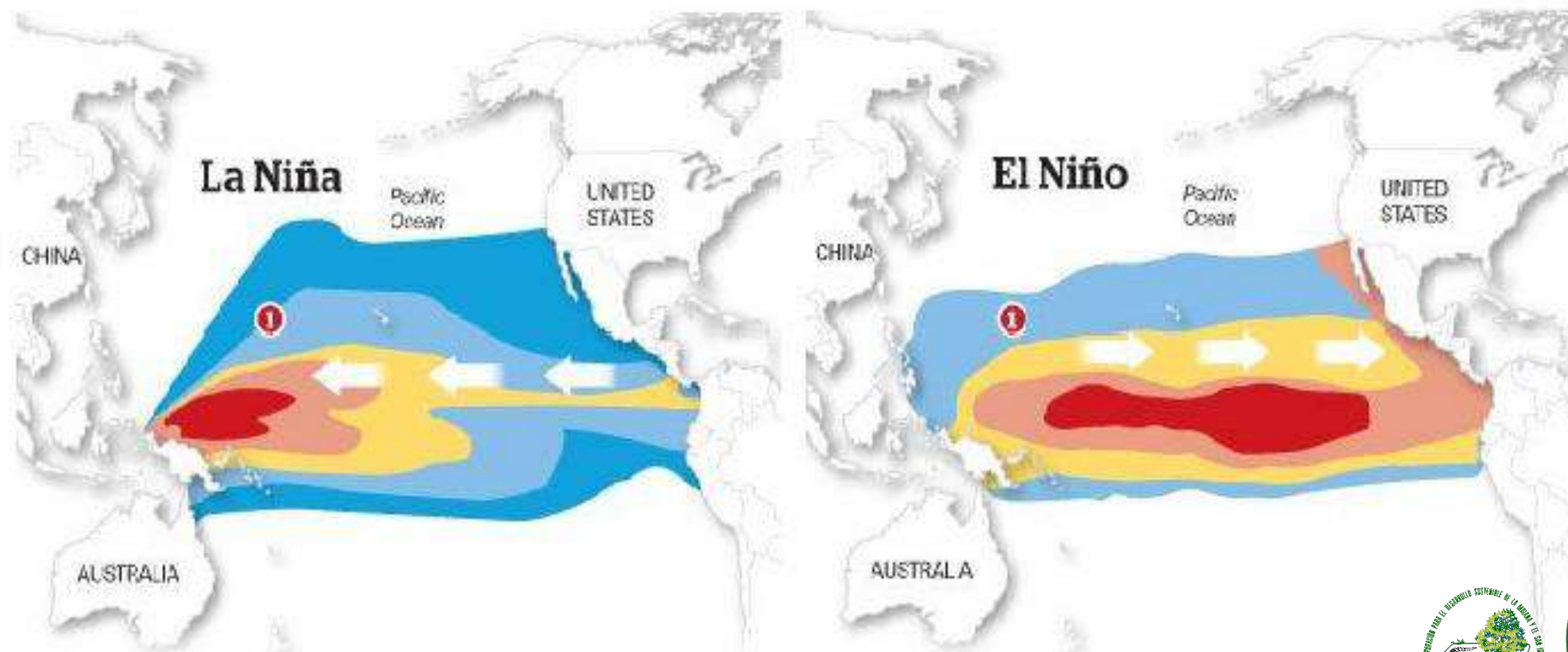


Procedimiento metodológico para el riesgo en la Evaluación Regional del Agua - ERA

COMPONENTE DE RIESGO EN LA ERA

AMENAZAS Y VULNERABILIDAD AL SISTEMA HÍDRICO NATURAL

ANÁLISIS DE AMENAZAS AL SISTEMA HÍDRICO: Variabilidad climática



COMPONENTE DE RIESGO EN LA ERA

AMENAZAS Y VULNERABILIDAD AL SISTEMA HÍDRICO NATURAL

ANÁLISIS DE AMENAZAS AL SISTEMA HÍDRICO: Variabilidad climática

La variabilidad climática se conoce como una “anomalía de los valores medios o de la normal climatológica de una región definida”. En este sentido la variabilidad climática está asociado al fenómeno El Niño – Oscilación del Sur, sin embargo, este es uno de tantas variables climáticas que afectan a nivel global.

El BID y CEPAL consideran “como posible responsable de las inundaciones de la región producidas en el año 2010, a los efectos del fenómeno de La Niña que se presentó para dicha época, y que generó amplias anomalías positivas en el campo de precipitación a nivel nacional”.

Para efectos históricos, la identificación de episodios cálidos (anomalías positivas, El Niño) o fríos (anomalías negativas, La Niña), se da cuando el valor del ONI supera el umbral de $+0.5^{\circ}\text{C}$ para El Niño o es inferior a -0.5°C para La Niña, durante por lo menos cinco períodos consecutivos. En este sentido, el último episodio extremo de variabilidad climática en el pacifico tropical, fue el fenómeno de La Niña 2011-2012, la cual había sido precedido por otro episodio frio en 2010-2011.

COMPONENTE DE RIESGO EN LA ERA

AMENAZAS Y VULNERABILIDAD AL SISTEMA HÍDRICO NATURAL

ANÁLISIS DE AMENAZAS AL SISTEMA HÍDRICO: Variabilidad climática

2010	Amazonía			Andina			Caribe			Orinoquía			Pacífica		
	Por debajo de lo normal (<90%)	Normal (90-110%)	Por encima de lo normal (>110%)	Por debajo de lo normal (<90%)	Normal (90-110%)	Por encima de lo normal (>110%)	Por debajo de lo normal (<90%)	Normal (90-110%)	Por encima de lo normal (>110%)	Por debajo de lo normal (<90%)	Normal (90-110%)	Por encima de lo normal (>110%)	Por debajo de lo normal (<90%)	Normal (90-110%)	Por encima de lo normal (>110%)
Enero	72	10	19	99	1	1	95	5	1	100	0	0	94	5	1
Febrero	3	22	75	75	16	10	59	25	15	51	24	25	73	19	7
Marzo	2	6	92	54	13	33	1	4	95	1	3	96	16	22	62
Abril	1	4	95	16	22	62	28	20	52	1	5	94	26	49	25
Mayo	41	39	20	8	20	72	25	22	54	16	22	61	29	47	24
Junio	12	47	41	6	15	78	1	4	95	11	53	36	2	21	77
Julio	60	32	7	4	4	92	3	4	93	6	27	67	10	11	79
Agosto	98	2	0	32	13	54	1	4	95	71	20	9	11	10	79
Septiembre	84	15	1	25	14	61	4	6	89	47	31	22	6	24	69
Octubre	59	35	5	31	38	30	16	32	53	67	30	4	34	19	46
Noviembre	6	44	50	1	3	95	0	3	96	1	5	94	0	0	100
Diciembre	5	14	81	3	4	93	0	0	100	8	25	67	0	0	100
2011															
Enero	39	33	28	47	24	34	27	17	56	5	11	84	16	21	63
Febrero	56	36	7	7	13	80	22	26	51	34	36	30	29	23	48
Marzo	10	47	43	8	14	78	2	3	95	33	29	38	23	20	57
Abril	8	41	51	1	4	95	24	15	62	0	4	95	8	26	66
Mayo	0	8	92	24	26	51	14	17	70	1	11	88	48	38	14
Junio	4	27	69	18	31	50	12	21	67	52	38	10	31	32	37
Julio															
Agosto															
Septiembre															
Octubre															
Noviembre															
Diciembre															

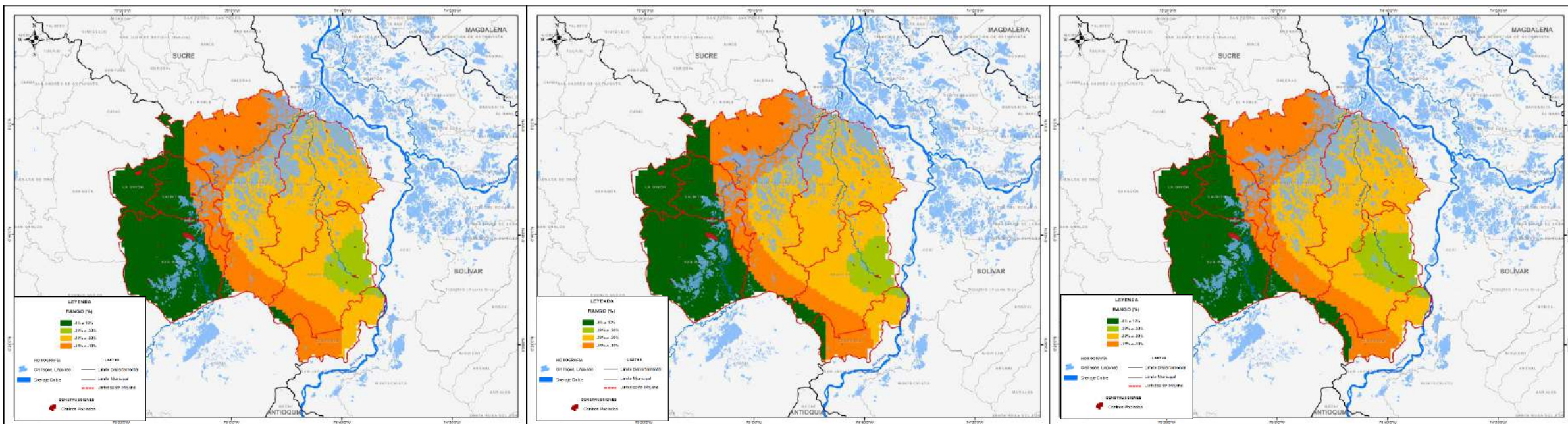


COMPONENTE DE RIESGO EN LA ERA

AMENAZAS Y VULNERABILIDAD AL SISTEMA HÍDRICO NATURAL

ANÁLISIS DE AMENAZAS AL SISTEMA HÍDRICO: Cambio climático

Los escenarios de cambio climático desarrollados muestran una tendencia a la disminución de la precipitación anual promedio en la zona que podría variar entre 10 %, escenario favorable, y 40%, escenario más desfavorable. No obstante, no hay que olvidar que según los resultados del análisis también se observa cierta tendencia hacia un aumento en la ocurrencia de eventos extremos asociados con el comportamiento de la precipitación (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, Cancillería, 2015).



Años 2011-2040

Años 2041-2070

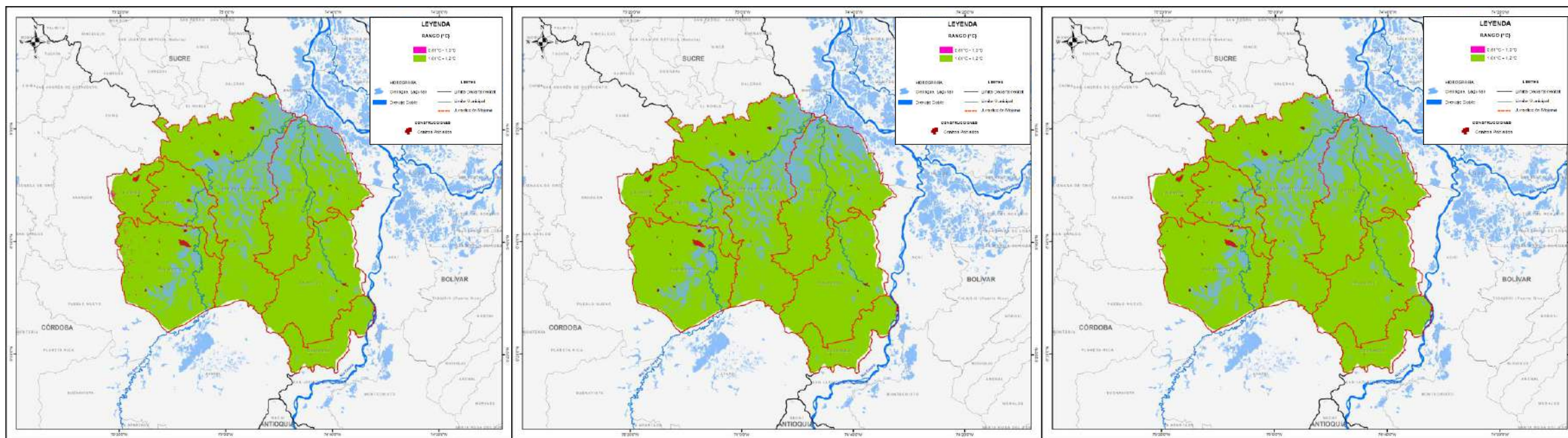
Años 2071-2100

Escenario de cambio climático de precipitación

COMPONENTE DE RIESGO EN LA ERA

AMENAZAS Y VULNERABILIDAD AL SISTEMA HÍDRICO NATURAL

ANÁLISIS DE AMENAZAS AL SISTEMA HÍDRICO: Cambio climático



Años 2011-2040

Años 2041-2070

Años 2071-2100

Escenarios de cambio climático de temperatura

Para el PORH “el clima de la zona de estudio en términos generales está siendo afectado por el fenómeno de calentamiento global a escala local, evidenciándose los impactos del cambio climático que actualmente experimenta el globo terrestre”.

COMPONENTE DE RIESGO EN LA ERA

AMENAZAS Y VULNERABILIDAD AL SISTEMA HÍDRICO NATURAL

ANÁLISIS DE AMENAZAS AL SISTEMA HÍDRICO: Amenazas al sistema hídrico natural por pérdidas de ecosistemas reguladores

Para determinar la amenaza al sistema hídrico por pérdidas de ecosistemas reguladores, es necesario establecer cuáles son las cuencas, en la región de La Mojana, que presenten un índice de retención y regulación hídrica (IRH) con rango de muy baja a media. En este sentido, solo las cuencas pertenecientes a los municipios de La Unión, Caimito y San Marcos presentan un IRH de rango medio.

Para evaluar esta amenaza se utilizan los resultados de los índices de aridez con rangos entre altamente a moderadamente deficitario; sin embargo, en la jurisdicción de Corpomojana ninguna microcuenca o subcuenca se encuentra en estas categorías; es decir, que no se registran amenazas de este tipo.

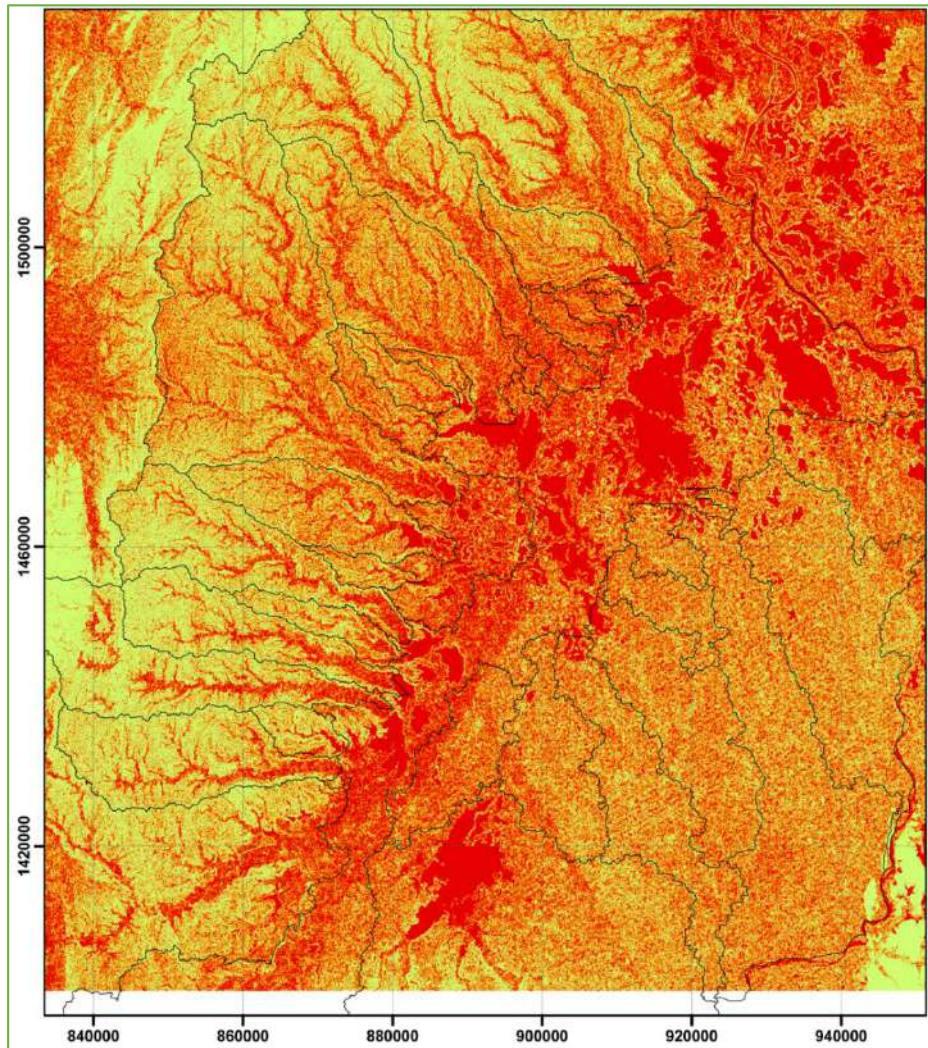


COMPONENTE DE RIESGO EN LA ERA

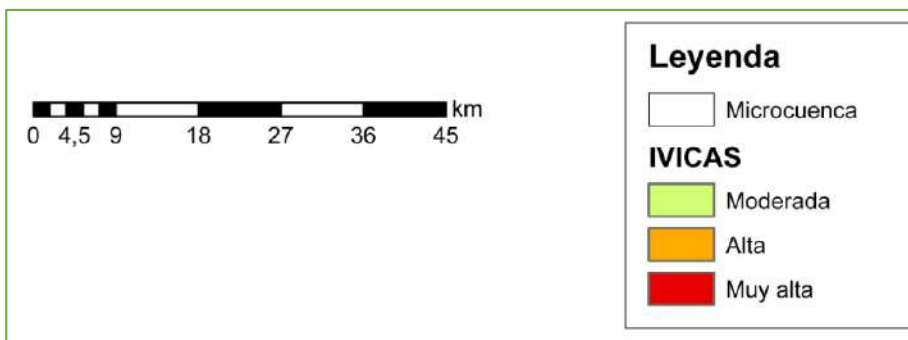
AMENAZAS Y VULNERABILIDAD AL SISTEMA HÍDRICO NATURAL

VULNERABILIDAD INTRÍNSECA A LA CONTAMINACIÓN: Contaminación de acuíferos

La vulnerabilidad de los acuíferos está dada por el Índice de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de agua subterránea (IVICAS), esta se presenta en detalle en el entregable sobre Indicadores Regionales. Allí en la ilustración, se muestra la vulnerabilidad presente en las cuencas dentro de la jurisdicción de Corpomojana, presentando un área considerable con vulnerabilidad alta y muy alta.



Mapa del Índice de Vulnerabilidad Intrínseca a la Contaminación del Agua Subterránea IVICAS



COMPONENTE DE RIESGO EN LA ERA

AMENAZAS Y VULNERABILIDAD AL SISTEMA HÍDRICO NATURAL

VULNERABILIDAD INTRÍNSECA A LA CONTAMINACIÓN: contaminación de aguas superficiales

Los Lineamientos del ERA (IDEAM, 2013b), no especifica metodología para el cálculo de este índice, sin embargo es necesario conocer la alteración potencial de la calidad del agua (IACAL), en donde este indicador es un referente de la presión por contaminantes sobre las condiciones de calidad del agua en los sistemas hídricos superficiales, en donde se reconocen las zonas susceptibles a los tipos de contaminación estimada en la medida que la categoría de amenaza es calificada como alta y muy alta en un intervalo de tiempo específico.

Sin embargo, tal como se menciona en el capítulo de indicadores regionales, no fue posible determinar la carga de contaminantes debido a la poca información existente en relación a las actividades económicas de la región y sus resultados de producción en la región.

COMPONENTE DE RIESGO EN LA ERA

VULNERABILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO

VULNERABILIDAD AL DESABASTECIMIENTO DEL AGUA: Primer escenario

Teniendo en cuenta el primer escenario, está dada por el Índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento Hídrico (IVDH), el cual mide el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta para el abastecimiento de agua. Esta presenta una relación entre el índice de regulación hídrica (IRH) y el índice de uso del agua (IUA), sin embargo, el IVDH en la región de La Mojana en jurisdicción de Corpomojana no se ha podido determinar debido a que no hay información representativa que permita establecer una estimación de este indicador, por lo tanto, tampoco es posible establecer la vulnerabilidad por desabastecimiento de agua.

Sin embargo, en el área de jurisdicción de Corpomojana se encuentran microcuencas que presentan un Índice de Uso del Agua mayores de 50, es decir, con presión con una demanda muy alta con respecto a la oferta disponible

Microcuencas con IUA muy alto

MICROCUENCA	Índice del uso del agua Total (IUA)	Índice de uso del Agua domiciliario (IUA – DUD)	Índice de uso del agua sector Servicios (IUA – DUS)	Índice de uso del agua agrícola (IUA – DUA)	Índice de uso del agua industrial y pecuario (IUA – DUI - DUP)
Ay. Charco Los Puercos	412,57	154,1	7,4	32,5	12,3
Ay. Guamal	192,90	52,0	3,1	36,2	5,2
Ay. Guarino	588,68	200,6	8,4	71,3	14,0
Ay. Guartinaja	267,50	82,5	4,0	40,7	6,6
Ay. Maquenque	113,46	0,0	0,0	56,7	0,0
Ay. Paso de los Chivos	241,48	75,4	3,6	35,7	6,0
Ay. San Pablito	346,83	122,6	9,7	24,9	16,2
Cñ. La Palmita	199,45	51,5	2,5	41,7	4,1
Cñ. Malambo	171,91	22,9	1,0	62,0	0,0

De las 32 microcuencas identificadas en el área de jurisdicción de Corpomojana, nueve presentan una presión muy alta, siendo la microcuenca arroyo Guarino la de mayor presión ya que los usos de agua son tanto domiciliario agrícola, en segundo y tercer lugar se encuentra arroyo Charco Los Puercos y arroyo San Pablito, respectivamente.

COMPONENTE DE RIESGO EN LA ERA

VULNERABILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO

VULNERABILIDAD AL DESABASTECIMIENTO DEL AGUA: Segundo escenario

Según el PORH (2018) la variabilidad climática del sistema referidos al fenómeno de La Niña, siendo este quien mayor influencia tiene en la zona, se evidencia que los periodos con ocurrencia de fuertes fenómenos Niña (1996 y 2010) presentan los mayores valores de precipitación, para los cuales la estación Majagual por ejemplo, registra valores de 3601 mm y 4525,6 mm para los años en cuestión respectivamente, manteniéndose estas características de valores altos en la mayoría de las estaciones.

VULNERABILIDAD AL DESABASTECIMIENTO DEL AGUA: Tercer escenario

Al realizar un balance hídrico con enfoque de cuenca utilizando información de valores mensuales multianuales de precipitación y evapotranspiración de la estación Ayapel, Córdoba, se observa que los meses de enero, febrero, marzo y abril son deficitarios, lo cual representa un valor acumulado de 331,1 mm, equivalentes a un volumen de $3.311 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$. A pesar que desde abril a noviembre hay exceso, esta condición no garantiza el suministro de agua para la evapotranspiración, la abstracción de cobertura vegetal y la recarga de acuíferos; debido a que un alto porcentaje de las lluvias se escurre. Igual comportamiento se presentó en todas las estaciones climáticas del área de estudio que se analizaron.

Balance hídrico agrícola, estación Ayapel, Córdoba

Parámetro	Estación = Ayapel												Total
	Meses												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
P (mm)	1.2	1.2	13.1	100.2	188.0	223.1	268.1	335.8	240.0	200.9	133.1	16.1	1720.7
ETP (mm)	108.2	109.5	119.7	109.5	107.9	102.3	118.4	117.5	108.0	105.7	93.3	97.7	1297.6
Pérdidas por A (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	81.6	81.6
Almacenaje (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	0.0	560.0
ET (mm)	1.2	1.2	13.1	100.2	107.9	102.3	118.4	117.5	108.0	105.7	93.3	97.7	966.5
Déficit (mm)	107.0	108.3	106.6	9.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	331.1
Excesos (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	120.8	149.7	218.3	132.0	95.1	39.8	0.0	755.8
Total Entrada	2053.4												
Total salida	2053.4												
Factor de Corrección	1.6												

f.v.a.a = Fracción volumétrica de agua en el suelo; CAS = Capacidad de almacenamiento de agua en el suelo; P = Precipitación al 75 % de ocurrencia; ETP = Evapotranspiración potencial; A = Almacenamiento; ET = Evapotranspiración real.

COMPONENTE DE RIESGO EN LA ERA VULNERABILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO

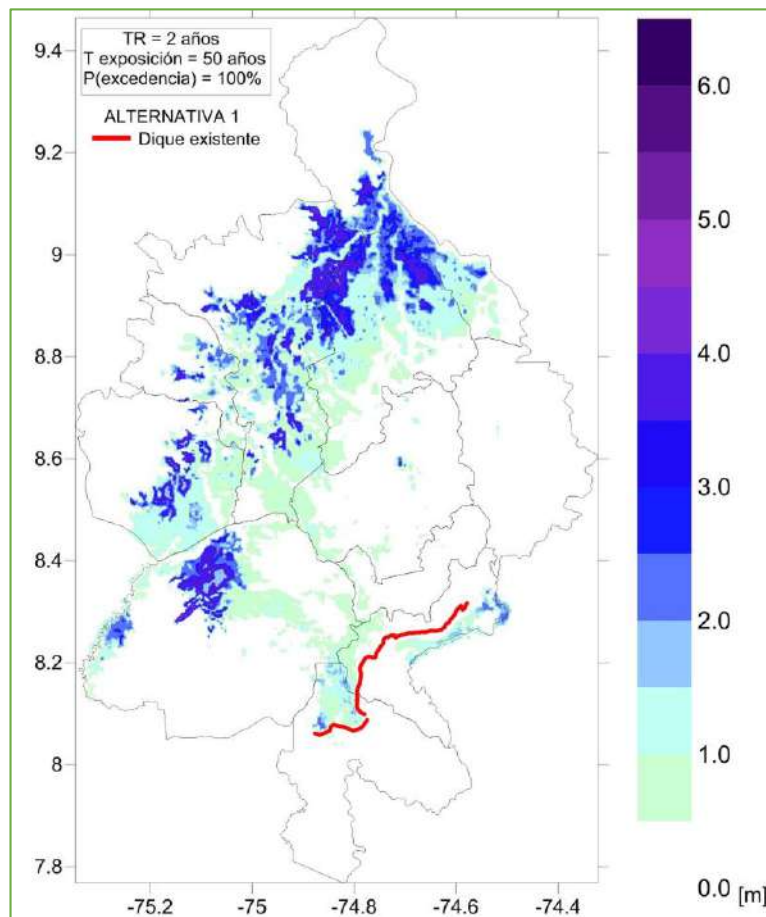
VULNERABILIDAD A LA DISPONIBILIDAD DEL AGUA POR CALIDAD

La evaluación de la vulnerabilidad a la disponibilidad hídrica para consumo humano se realiza a través del análisis del indicador de eventos torrenciales en las cuencas abastecedoras de cabeceras municipales – IVET-.

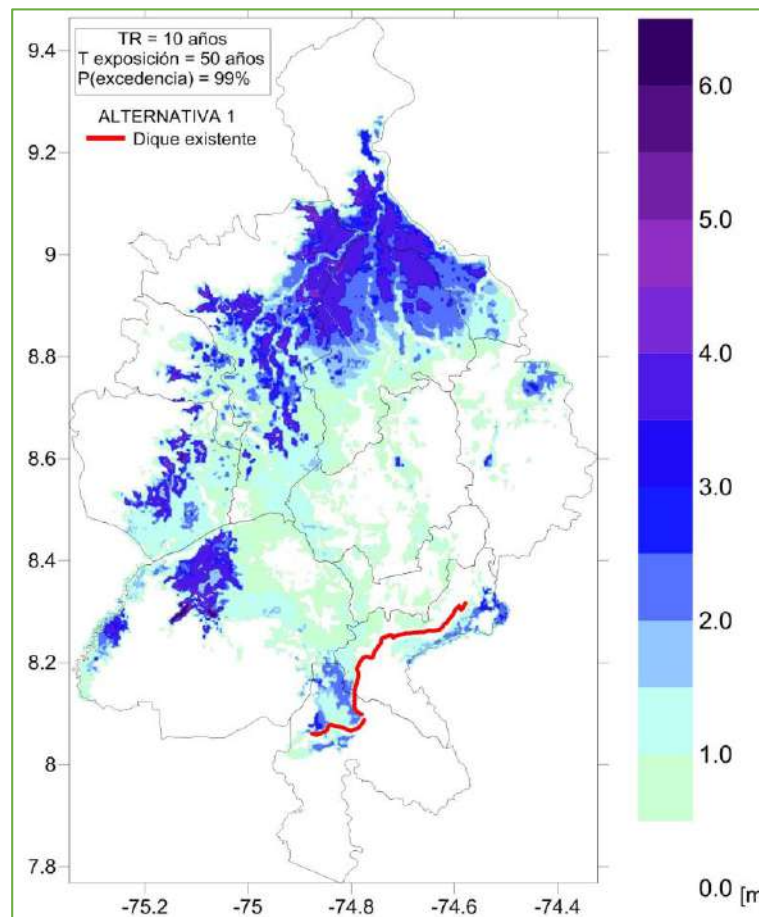
No se logró realizar la estimación del Índice de Variabilidad ni el Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales por falta del insumo requerido, las series históricas de caudales diarios; en consecuencia, no pudo establecerse la vulnerabilidad a la disponibilidad del agua por calidad en el área jurisdicción de Corpomojana.

Sin embargo, se determina que las cuencas pertenecientes al río San Jorge en jurisdicción de Corpomojana presentan una calidad del agua regular presentando una presión antrópica, agrícola incluso por aumento de algas que afectan aún más el normal desarrollo de este ecosistema.

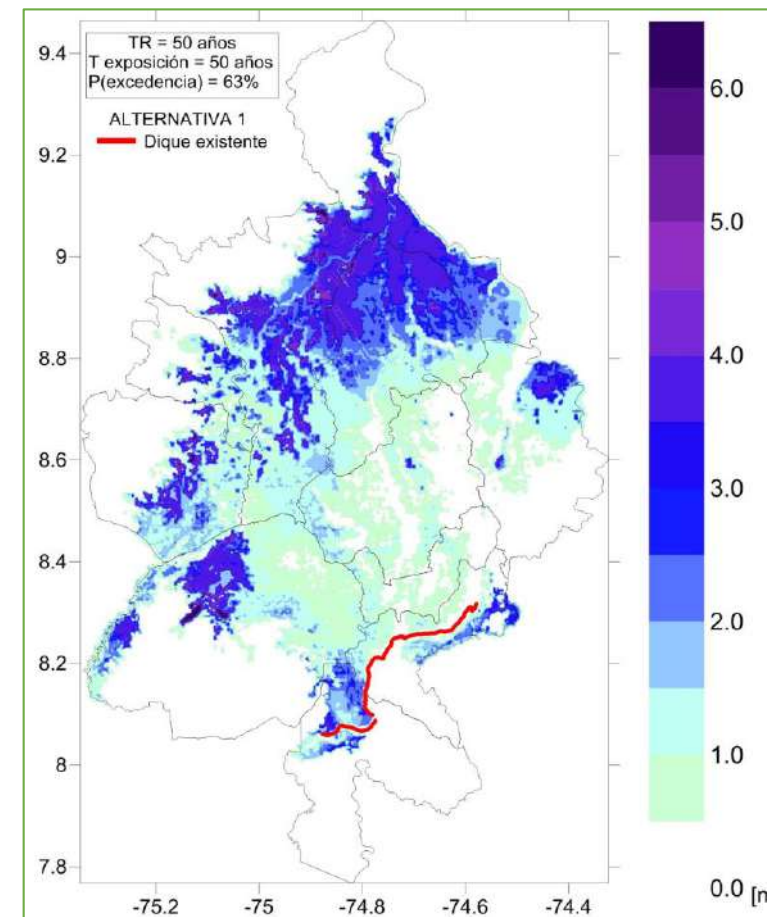
COMPONENTE DE RIESGO EN LA ERA AMENAZAS AL TERRITORIO



Periodo de retorno 2 años

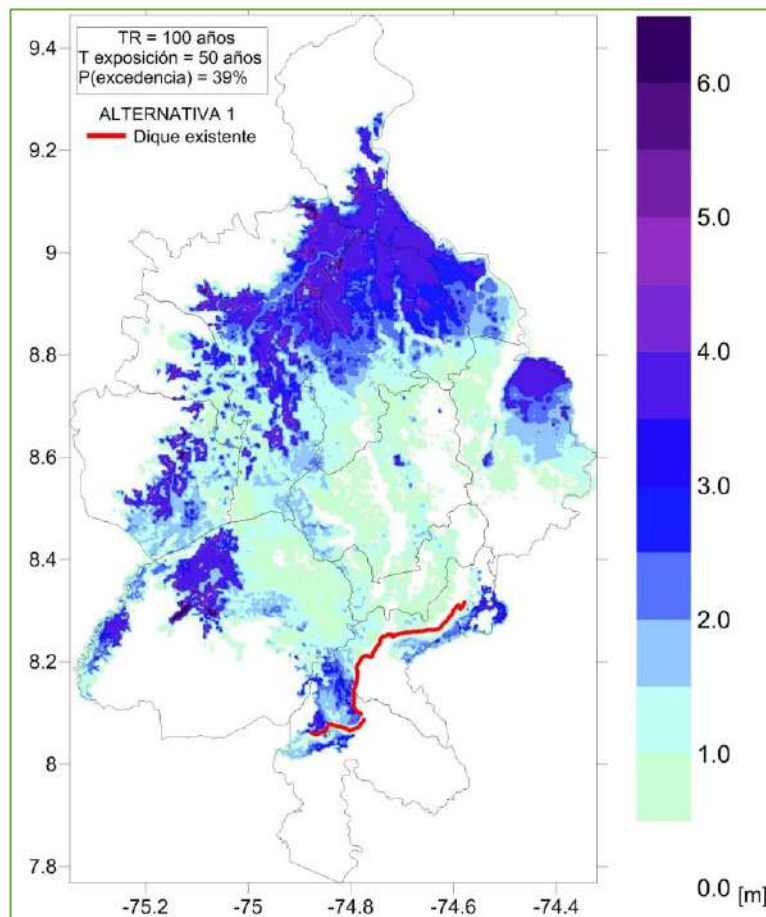


Periodo de retorno 10 años

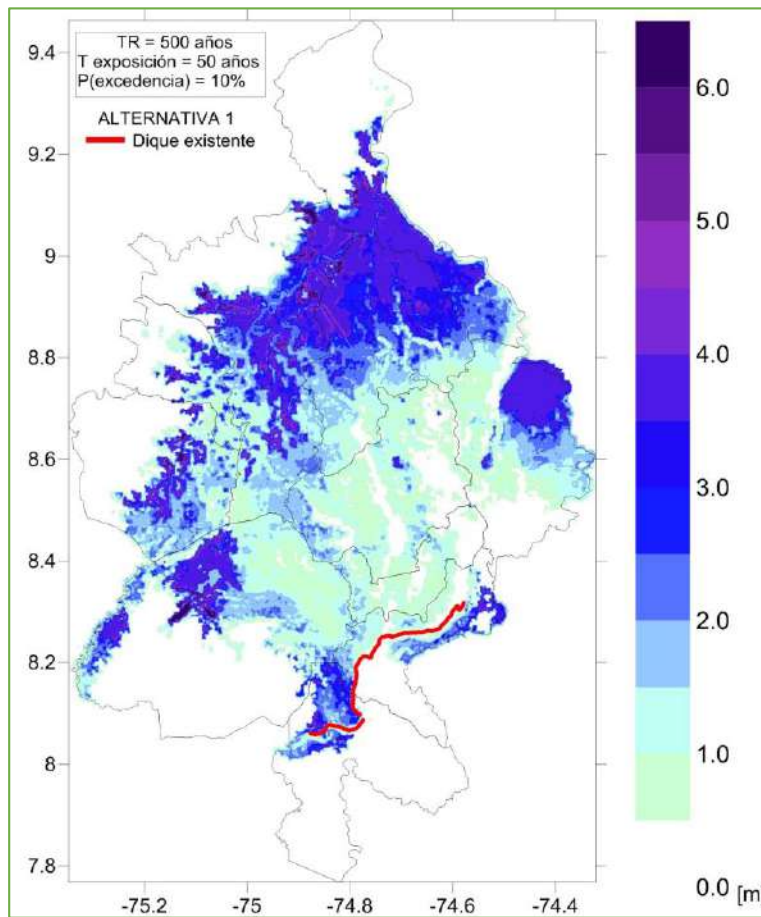


Periodo de retorno 50 años

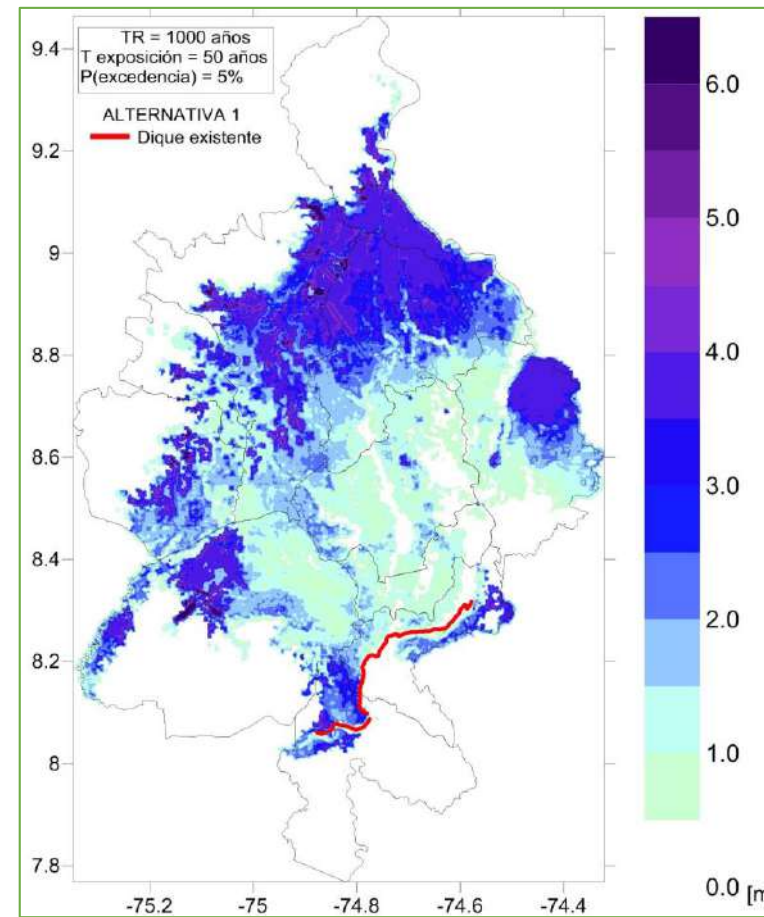
COMPONENTE DE RIESGO EN LA ERA AMENAZAS AL TERRITORIO



Periodo de retorno 100 años



Periodo de retorno 500 años



Periodo de retorno 1000 años

Mapas de Amenaza Integrada por Inundación



COMPONENTE DE RIESGO EN LA ERA

AVENIDAS TORRENCIALES

Uno de los criterios para realizar el estudio de las avenidas torrenciales se debe hacer una selección de las cuencas con susceptibilidad a presentar eventos torrenciales. Se realizará a través de la aplicación del índice de eventos torrenciales IVET, y se seleccionaran aquellas que presenten un alta a muy alta susceptibilidad.

Para el presente estudio no es posible calcular este riesgo debido a la poca información existente y a que, como ya se indicó, no pudo calcularse el Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales.

COMPONENTE DE RIESGO EN LA ERA

RECOMENDACIONES

Es necesario mantener registros periódicos de precipitación y temperatura para determinar cómo afecta la variabilidad climática en el territorio. De igual forma se debe establecer la idoneidad y pertinencia de los datos proporcionados, además de que estos sean oficiales.

Se deben realizar todos los indicadores necesarios para poder establecer, de manera completa las vulnerabilidades y amenazas del sistema hídrico.

Se debe especificar la metodología para realizar la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación por aguas superficiales



GRACIAS