

**LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA LÍNEA BASE DE
INFORMACIÓN EN LOS COMPONENTES OFERTA,
DEMANDA, CALIDAD, RIESGOS, GESTIÓN SOCIAL,
AMBIENTAL Y DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN DEL
RECURSO HÍDRICO PARA LA REGIÓN BOGOTÁ-
CUNDINAMARCA Y LAS CUENCAS ABASTECEDORAS Y
RECEPTORAS DEL DISTRITO**

Producto 2

Volumen 1 - Texto Principal



REALIZAR UNA PROPUESTA DE ESTRATEGIAS,
METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE LA EVALUACIÓN REGIONAL
DEL AGUA, ASÍ COMO PARA DEFINIR LOS
REQUERIMIENTOS FUNCIONALES DEL SISTEMA DE
INFORMACIÓN REGIONAL DEL RECURSO HÍDRICO

ORDEN DE SERVICIO No. 2-02-4300-908-2013



epam s.a. esp
estudios y proyectos ambientales y mecánicos



REALIZAR UNA PROPUESTA DE ESTRATEGIAS, METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA, ASÍ COMO PARA DEFINIR LOS REQUERIMIENTOS FUNCIONALES DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN REGIONAL DEL RECURSO HÍDRICO

ORDEN DE SERVICIO No. 2-02-4300-908-2013

Producto 2
Volumen 1: Texto principal

LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA LÍNEA BASE DE INFORMACIÓN EN LOS COMPONENTES OFERTA, DEMANDA, CALIDAD, RIESGOS, GESTIÓN SOCIAL, AMBIENTAL Y DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA LA REGIÓN BOGOTÁ-CUNDINAMARCA Y LAS CUENCAS ABASTECEDORAS Y RECEPTORAS DEL DISTRITO

Bogotá, agosto de 2014

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	1
1. INFORMACIÓN UTILIZADA.....	1
1.1 INFORMACIÓN PRIMARIA.....	1
1.2 INFORMACIÓN SECUNDARIA	1
2. METODOLOGÍA.....	3
3. RESULTADOS OBTENIDOS	5
3.1. REVISIÓN DEL INVENTARIO DE INFORMACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL ERA EN LOS COMPONENTES DE OFERTA, DEMANDA, CALIDAD Y RIESGOS.....	5
3.1.1. Revisión del inventario de información generado en el 2012 y 2013 para el desarrollo de la ERA por la SDA y la EAB, en los componentes de oferta, demanda, calidad y riesgos.....	5
3.1.2. Revisión de otros estudios en el componente de oferta de aguas superficiales	5
3.1.3. Revisión de otros estudios en el componente de oferta de aguas subterráneas	6
3.1.4. Revisión de otros estudios en el componente de demanda de agua	7
3.1.5. Revisión de otros estudios en el componente de calidad del agua	7
3.1.6. Revisión de otros estudios en el componente de riesgos.....	8
3.1.7. Revisión de otros estudios en el componente de sistemas de información y aspectos generales.....	12
3.2. UNIDADES DE ANÁLISIS PARA LA EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA EN LA REGIÓN CAPITAL	14
3.2.1. Unidad de síntesis general: la Región Capital	14
3.2.2. Unidades regionales: subzonas hidrográficas	14
3.2.3. Unidades subregionales y locales.....	15
3.3. INFORMACIÓN NECESARIA, DISPONIBLE Y FALTANTE PARA LA ERA EN LA REGIÓN CAPITAL	22
3.3.1. Información necesaria y disponible por entidad.....	22
3.3.2. Información necesaria y disponible por cuenca	24
3.3.3. Información faltante por cuenca.....	26
3.4. PROTOCOLOS DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO PARA LA REGIÓN CAPITAL.....	30
3.4.1. Aspectos generales.....	30
3.4.2. Objetivos de los protocolos	30
3.4.3. Variables e indicadores	31
3.4.4. Estrategia de monitoreo	32
3.4.5. Contenido y alcance de los protocolos	32
3.4.6. Caso específico del protocolo del Sistema de Información Regional del Recurso Hídrico SIRRH	33
3.4.7. Necesidad de articulación interinstitucional	38
3.4.8. ¿A quiénes van dirigidos los protocolos?	39
3.4.9. Glosario de términos	39

3.5.	NUEVOS INDICADORES DEL RECURSO HÍDRICO PARA LA REGIÓN CAPITAL	40
3.6.	LÍNEA BASE DEL RECURSO HÍDRICO EN LA REGIÓN CAPITAL	41
3.6.1.	Marco legal e institucional.....	41
3.6.2.	Oferta regional de aguas superficiales	49
3.6.3.	Oferta regional de aguas subterráneas.....	63
3.6.4.	Demanda hídrica.....	73
3.6.5.	Calidad del agua	80
3.6.6.	Riegos del sistema hídrico	96
3.7.	SISTEMA DE INFORMACIÓN.....	138
3.7.1.	Sistema de información del recurso hídrico	138
3.7.2.	Redes de monitoreo del recurso hídrico	150
3.8.	GESTIÓN SOCIAL Y AMBIENTAL.....	159
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	161

ANEXO 1: LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA LÍNEA BASE DE INFORMACIÓN (VOLUMEN 2)

ANEXO 2: ALTERACIONES TRIMESTRALES Y ESTACIONALES EN LOS PATRONES CLIMÁTICOS DEBIDAS A LOS FENÓMENOS DE EL NIÑO Y LA NIÑA (VOLUMEN 3)

ANEXO 3: EVENTOS HISTÓRICOS EN EL PERÍODO 1980-2011 (VOLUMEN 3)

ANEXO 4: RESULTADOS DE LAS MODELACIONES PARA DIFERENTES ESCENARIOS Y PERÍODOS DE TIEMPO (VOLUMEN 3)

ANEXO 5: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE LA CIUDAD (VOLUMEN 3)

ANEXO 6: NORMAS DE CALIDAD DEL AGUA Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RÍO BOGOTÁ (VOLUMEN 3)

ANEXO 7: DEMANDA DE AGUA DE CUNDINAMARCA SEGÚN EL SUI (EXCEL EN MEDIO MAGNÉTICO)

ANEXO 8: CRITERIOS DE CALIFICACIÓN PARA PRIORIZACIÓN DE CUENCAS SUBSIGUIENTES (EXCEL EN MEDIO MAGNÉTICO)

ANEXO 9: PROTOCOLOS (EN MEDIO MAGNÉTICO)

LEVANTAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA LÍNEA BASE DE INFORMACIÓN EN LOS COMPONENTES OFERTA, DEMANDA, CALIDAD, RIESGOS, GESTIÓN SOCIAL, AMBIENTAL Y DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA LA REGIÓN BOGOTÁ- CUNDINAMARCA Y LAS CUENCAS ABASTECEDORAS Y RECEPTORAS DEL DISTRITO

INTRODUCCIÓN

Este informe constituye el Producto 2 de la orden de servicios No. 2-02-4300-908-2013, cuyo objeto es “Realizar una propuesta de estrategias, metodologías y herramientas para la implementación de la evaluación regional del agua, así como para definir los requerimientos funcionales del sistema de información regional del recurso hídrico”

El informe tiene por objeto el levantamiento y análisis de la línea base de información en los componentes oferta, demanda, calidad, riesgos, gestión social, ambiental y del sistema de información del recurso hídrico para la región Bogotá- Cundinamarca y las cuencas abastecedoras y receptoras del Distrito.

1. INFORMACIÓN UTILIZADA

1.1 INFORMACIÓN PRIMARIA

La información primaria levantada en el marco del producto 1 proviene de las siguientes fuentes:

- Reuniones generales y técnicas realizadas con los funcionarios de las entidades distritales asignados al proceso de la evaluación regional del agua (ERA) en la región capital.
- Reuniones generales y técnicas con funcionarios de la CAR y la Gobernación de Cundinamarca, asignados al proceso de evaluación regional del agua (ERA) en la región capital.

1.2 INFORMACIÓN SECUNDARIA

El documento principal de referencia es: “Lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua”, 2013, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible e IDEAM. La información secundaria utilizada proviene principalmente de cuatro informes suministrados por la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), y un estudio suministrado por la EAAB, resultado de sendas contrataciones efectuadas durante el año 2012, así:

- 1) SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE - Félix Darío Sánchez L. 2012. “Informe final. Diagnóstico, acciones y estrategias para implementar la evaluación regional del agua con énfasis en el componente de oferta hídrica superficial región capital (departamento de Cundinamarca)”. Bogotá, D.C.

De especial interés es el capítulo 4, donde se presenta la conceptualización del ERA 2011, el marco metodológico para la oferta hídrica superficial, la existencia de instrumentos técnicos y legales pertinentes para la oferta hídrica y el análisis institucional para la oferta hídrica superficial.

Este informe es de gran pertinencia para el objeto de los productos 1 de esta consultoría. Su ventaja es que se enmarca dentro de los lineamientos del ERA y está, por tanto, actualizado.

- 2) SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE – César Rodríguez N. 2012. “Evaluación regional del agua (ERA). Diagnóstico aguas subterráneas”. Bogotá. D. C.

Este estudio es de gran utilidad para el producto 1 de la presente consultoría, por cuanto hace un diagnóstico de la información disponible y de la que se debe levantar para la estimación de la oferta de aguas subterráneas.

- 3) SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE. 2012. “Documento de evaluación institucional y de información para la elaboración de la evaluación regional de agua para Bogotá - Región Capital”.

Este estudio es de gran utilidad para el conjunto de la presente consultoría, en especial en el tema de la demanda hídrica.

- 4) SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE – Adriana González Vásquez. 2012. “Informe final. Diagnóstico, acciones y estrategias para implementar la evaluación regional del agua con énfasis en el componente calidad de agua”. Bogotá. D.C.

Este estudio es de gran utilidad para el producto 1 de la presente consultoría, por cuanto hace un diagnóstico de la información disponible y de la que se debe levantar para la estimación de la oferta de aguas subterráneas.

- 5) SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE – Aída Castro y Pilar Galindo. 2012. “Evaluación regional del agua. Componente de sistemas de información”. Bogotá. D.C.

Este estudio es de gran utilidad para el conjunto de productos de la presente consultoría, por cuanto hace un diagnóstico de los sistemas de información disponibles en la región para el manejo del recurso hídrico y hace propuestas específicas en materia de metadatos y modelamiento espacial.

- 6) EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ EAAB – Nancy Yolanda Alfonso. 2012. “Realizar un análisis de los eventos que han afectado la oferta y la disponibilidad hídrica de la región Bogotá – Cundinamarca, a partir de la información reportada por: el Sistema Distrital de Información de Riesgos (SIRE), la Unidad de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias del departamento de Cundinamarca y la EAAB, la cual servirá de base para el desarrollo del componente de gestión de riesgos que hace parte de la evaluación regional del agua (ERA) y del sistema de información del recurso hídrico de la EAAB”. Bogotá. D.C.

Este estudio es de gran utilidad para el conjunto de productos de la presente consultoría, por cuanto presenta los resultados de una investigación en el FOPAE, la Gobernación de Cundinamarca, la CAR e INGEOMINAS. En FOPAE sobre estudios de riesgo existentes y conceptos sobre POT.

- 7) De otro lado, el FOPAE suministró la Base General de Estudios Técnicos del SIRE sobre el tema de riesgos. Esta base de datos consta de 543 estudios, de los cuales se seleccionaron los 56 que se muestran en la tabla 6B, por considerarlos de mayor relevancia para la ERA, por el tema y la escala. Estos 56 estudios fueron objeto de lectura y análisis y, como resultado, algunos de ellos fueron descartados y de los demás se presenta el análisis en el presente documento.
- 8) Otros estudios fueron suministrados o encontrados en los centros de documentación de la Secretaría Distrital de Ambiente SDA, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAB, el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá FOPAE, la Corporación Autónoma Regional de

Cundinamarca CAR, la Gobernación de Cundinamarca, el IDEAM y EPAM. Estos estudios son objeto de una descripción en mayor detalle en el texto de este documento.

2. METODOLOGÍA

Para la elaboración del presente producto se siguió la siguiente metodología:

- 1) Se partió de los seis informes elaborados para la Secretaría Distrital de Ambiente y la EAAB en 2012, enumerados en la sección 1.2 anterior, los cuales son específicos sobre la información existente para la ERA. Estos informes fueron analizados y, como resultado, su análisis se presenta en la sección 3.1.
- 2) Se hicieron visitas a los centros de documentación o bibliotecas de varias entidades y, como resultado, se seleccionaron los estudios mayormente relevantes para el objeto de la consultoría. Igualmente, en las reuniones con las entidades (SDA, EAB, FOPAE, CAR, IDEAM) se identificaron y solicitaron otros estudios de interés.
- 3) En el caso específico de los estudios sobre riesgos, se revisó el listado de la Base General de Estudios Técnicos del FOPAE. Dado que la ERA es una evaluación de carácter regional, se desecharon aquellos informes relativos a temas muy puntuales, como derrumbes, agrietamientos o afectaciones por inundaciones en viviendas o predios individuales de la ciudad. Se seleccionaron aquellos que, por el tema o la escala de cartografía, son más afines al objeto de y nivel de cartografía de la ERA (regional). Estos estudios fueron analizados, algunos fueron descartados o agrupados, por su nivel desactualización o por tratar el mismo tema en varios informes. Finalmente, de los restantes se presenta el resultado del análisis en este producto.
- 4) De igual manera, se revisaron los documentos metodológicos de nivel nacional sobre el tema de la ERA, y/o estudios de carácter general aplicables.
- 5) La relación de estos estudios y documentos se presenta en la sección 3.1, así:
 - Sección 3.1.1. Inventario de información de la SDA y la EAB en 2012-2013
 - Sección 3.1.2. Otros estudios sobre aguas superficiales.
 - Sección 3.1.3. Otros estudios sobre aguas subterráneas.
 - Sección 3.1.4. Otros estudios sobre demanda hídrica
 - Sección 3.1.5. Otros estudios sobre calidad del agua
 - Sección 3.1.6. Otros estudios sobre riesgos
 - Sección 3.1.7. Otros estudios sobre sistemas de información y generales

El análisis de cada uno de los 121 estudios consultados se presenta en el Anexo 1. Para cada estudio se presenta la siguiente información:

Aspectos generales:

Título

Autor

Propietario

Año de elaboración

Lugar

Contenido

Utilidad para el proyecto

Grado de utilización y calidad

6) De acuerdo con recomendaciones del IDEAM en las reuniones de socialización, en la sección 3.2 se presenta la descripción de las unidades de análisis, así:

- Unidad de síntesis general: Región Capital Bogotá - Cundinamarca
- Unidades regionales: Subzonas hidrográficas
- Unidades subregionales y locales: Cuencas subsiguientes

Se presentan los mapas de las zonas hidrográficas, subzonas hidrográficas de la Región Capital y subzonas hidrográficas con delimitación de las jurisdicciones de las CARs y AAU. Asimismo se presenta la delimitación de las cuencas subsiguientes de interés del Distrito Capital, por su importancia en el sistema de abastecimiento de agua de la ciudad y los municipios vecinos servidos por la EAB. Son estas cuencas las prioritarias desde el punto de vista de la aplicación de la ERA.

7) De acuerdo con los términos de referencia y con las recomendaciones de las reuniones de socialización, en la sección 3.3 se presenta una comparación entre la información necesaria para la ERA; la información disponible en las entidades y la información faltante. Asimismo se hace una relación de las redes de monitoreo del recurso hídrico existentes en la Región Capital y su adecuación a las necesidades de la ERA.

8) Se presenta luego, en la sección 3.4, la situación en materia de protocolos de monitoreo del recurso hídrico en la región, y las necesidades de homologación entre las diferentes entidades regionales.

9) En relación con las necesidades específicas de las entidades de la Región Capital, en la sección 3.5 se presenta una propuesta de nuevos indicadores del recurso hídrico, adicionales a los 12 indicadores ya contemplados en la metodología ERA del IDEAM.

10) Finalmente, con base en la revisión de los estudios y documentos mencionados, se seleccionaron aquellos más actualizados y/o que, a criterio del Consultor, presentan una mejor representatividad y calidad y, con base en ellos, se elaboró la Línea base general para la región, la cual se ha organizado en la sección 3.6, así:

- Sección 3.6.1. Marco legal e institucional
- Sección 3.6.2. Oferta hídrica
- Sección 3.6.3. Demanda hídrica.
- Sección 3.6.4. Calidad del agua
- Sección 3.6.5. Riesgos

11) De igual manera, con base en la revisión de informes recientes y en las reuniones con funcionarios de las entidades, se elaboró un documento síntesis sobre los sistemas de información existentes en las distintas entidades, el cual se presenta en la sección 3.7. En la sección 3.8 se presenta una relación de los principales documentos sobre gestión social y ambiental.

12) Para una mejor comprensión de algunos de los estudios analizados de relevancia para el tema de la consultoría, se presentan 7 anexos (No 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8) en medio físico y/o magnético, con mapas y/o estadísticas sobre alteraciones climáticas de los fenómenos Niño-Niña, eventos históricos de emergencias, modelaciones de cambio climático, sistema de abastecimiento actual de la ciudad y normas de calidad del agua y comparación con resultados de monitoreos en el río Bogotá y sus tributarios.

3. RESULTADOS OBTENIDOS

3.1. REVISIÓN DEL INVENTARIO DE INFORMACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL ERA EN LOS COMPONENTES DE OFERTA, DEMANDA, CALIDAD Y RIESGOS.

3.1.1. Revisión del inventario de información generado en el 2012 y 2013 para el desarrollo de la ERA por la SDA y la EAB, en los componentes de oferta, demanda, calidad y riesgos.

Durante el año 2012, la SDA generó la información presentada en la tabla 1, la cual se describe en la sección 1 del Anexo 1.

Tabla 1. Información generada por la SDA y la EAB en 2012-2013 aplicable a la ERA

No	Descripción	Página Anexo 1
	SDA Y EAB 2012-13	
1	INFORME FINAL. DIAGNÓSTICO, ACCIONES Y ESTRATEGIAS PARA IMPLEMENTAR LA EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA CON ÉNFASIS EN EL COMPONENTE DE OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL REGIÓN CAPITAL (DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA". Félix Darío Sánchez L. Secretaría Distrital de Ambiente SDA. 2012. Bogotá D.C.	1
2	EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA (ERA). DIAGNÓSTICO AGUAS SUBTERRÁNEAS. César Rodríguez N. Secretaría Distrital de Ambiente SDA. 2012. Bogotá D.C.	3
3	DOCUMENTO DE EVALUACIÓN INSTITUCIONAL Y DE INFORMACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE LA EVALUACIÓN REGIONAL DE AGUA PARA BOGOTÁ - REGIÓN CAPITAL". Secretaría Distrital de Ambiente SDA. 2012. Bogotá D.C.	11
4	DIAGNÓSTICO, ACCIONES Y ESTRATEGIAS PARA IMPLEMENTAR LA EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA CON ÉNFASIS EN EL COMPONENTE CALIDAD DE AGUA. Adriana González Vásquez. Secretaría Distrital de Ambiente SDA. 2012. Bogotá D.C.	14
5	DIAGNÓSTICO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN PARA LA EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA EN CUNDINAMARCA. Aída Castro y Pilar Galindo. Secretaría Distrital de Ambiente SDA. 2012. Bogotá D.C.	19
6	MARCO NORMATIVO DEL RECURSO HÍDRICO. EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA". Secretaría Distrital de Ambiente SDA. 2012. Bogotá D.C.	29
7	REALIZAR UN ANÁLISIS DE LOS EVENTOS QUE HAN AFECTADO LA OFERTA Y LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA DE LA REGIÓN BOGOTÁ – CUNDINAMARCA, A PARTIR DE LA INFORMACIÓN REPORTADA POR: EL SISTEMA DISTRITAL DE INFORMACIÓN DE RIESGOS (SIRE), LA UNIDAD DE PREVENCIÓN DE RIESGOS Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA Y LA EAAB, LA CUAL SERVIRÁ DE BASE PARA EL DESARROLLO DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DE RIESGOS QUE HACE PARTE DE LA EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA (ERA) Y DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO DE LA EAAB. Nancy Yolanda Alfonso Bernal. EAAB. 2012. Bogotá, Colombia	29
8	LA REGIÓN HÍDRICA DE CUNDINAMARCA-BOGOTÁ. UNA PROPUESTA CONCEPTUAL. ARTICULACIÓN INTEGRADA DE LA GESTIÓN INTEGRADA DEL AGUA, EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y LA SOSTENIBILIDAD. Guhl Nannetti, Ernesto – Instituto Quinaxi. Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá EAB. 2013. Bogotá D.C.	38
9	PÁRAMOS COLOMBIANOS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO: CALIDAD Y SOSTENIBILIDAD DE LOS SUELOS Y AGUA POTABLE PARA BOGOTÁ". FASE I. ASPECTOS GEOAMBIENTALES SISTEMA CHINGAZA, CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA, GEOQUÍMICA Y MODELO ESTÁTICO DE LA CUENCA DEL RÍO CHUZA. Instituto de Estudios Urbanos (IEU), Universidad Nacional de Colombia (UN). Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá EAB. 2013. Bogotá D.C.	47

3.1.2. Revisión de otros estudios en el componente de oferta de aguas superficiales

La tabla 2 muestra la relación de los estudios encontrados sobre oferta de aguas superficiales, que conforman la línea base de la ERA, los cuales se describen en la sección del Anexo 1.

Tabla 2. Información existente sobre oferta de aguas superficiales

No	Descripción	Página Anexo 1
	AGUAS SUPERFICIALES	
10	ESTUDIO DEL PLAN MAESTRO DEL SISTEMA RED MATRIZ DE ACUEDUCTO DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C Y EL MUNICIPIO DE SOACHA. CDM Smith. EAAB. 2011. Bogotá D.C	53

No	Descripción	Página Anexo 1
11	ESTUDIOS DE ALTERNATIVAS PARA LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA PTAR SALITRE. Hazen and Sawyer (ingenieros ambientales y científicos). CAR. 2011. Bogotá, Colombia.	55
12	ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS (FONDO PARA LAS INVERSIONES AMBIENTALES EN LA CUENCA DEL RÍO BOGOTÁ). HMV Ingenieros consultores. CAR (German Monsalve Sáenz). 2008. Bogotá D.C	55
13	EVALUACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL (FONDO PARA LAS INVERSIONES AMBIENTALES EN LA CUENCA DEL RÍO BOGOTÁ). CAR. 2008. Bogotá, Colombia.	56
14	DIMENSIONAMIENTO GEOMÉTRICO DEL CONDUCTO LAGUNA DE AMORTIGUACIÓN / CANAL CUNDINAMARCA. EAAB. Sin fecha. Bogotá, Colombia.	56
15	DISEÑO DE INGENIERÍA BÁSICA DEL INTERCEPTOR TUNJUELO – CANOAS (PLANTEAMIENTO Y PREDISEÑO DE LAS ALTERNATIVAS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA BÁSICA INTERCEPTOR TUNJUELO – CANOAS). Hidroestudios. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB. 2008. Bogotá, Colombia.	57
16	ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS Y BATIMÉTRICOS (DEL RÍO BOGOTÁ). CAR. 2008. Bogotá, Colombia.	57
17	PREDIMENSIONAMIENTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CANOAS (ACTUALIZACIÓN DE POBLACIÓN, CAUDAL Y CARGAS CONTAMINANTES) – PRODUCTO 1. HMV Ingenieros. EAAB. 2008. Bogotá, Colombia.	58
18	CONSULTORÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE EXPANSIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA BOGOTÁ Y SUS MUNICIPIOS VECINOS EN LOS ASPECTOS RELACIONADOS CON LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA EXISTENTE, EXPANSIÓN, REHABILITACIÓN Y VULNERABILIDAD. INGETEC S.A. EAAB. 2005. Bogotá, Colombia.	59

3.1.3. Revisión de otros estudios en el componente de oferta de aguas subterráneas

La tabla 3 muestra la relación de los estudios encontrados sobre oferta de aguas subterráneas, que conforman la línea base de la ERA, los cuales se describen en la sección 3 del Anexo 1.

Tabla 3. Información existente sobre oferta de aguas subterráneas

No	Descripción	Página Anexo 1
AGUAS SUBTERRÁNEAS		
19	EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA - AGUAS SUBTERRÁNEAS. CAR – ERA. 2014 (en proceso). Bogotá, Colombia.	61
20	SISTEMA DE MODELAMIENTO HIDROGEOLÓGICO DEL DISTRITO CAPITAL BOGOTÁ. Jairo Alfredo Veloza Franco. Secretaría Distrital de Ambiente SDA. 2013. Bogotá, Colombia.	61
21	ESTUDIO DE ABASTECIMIENTO SOSTENIBLE DE AGUA PARA LA CIUDAD DE BOGOTÁ Y ÁREAS CIRCUNDANTES BASADO EN EL MANEJO INTEGRADO DE RECURSOS HIDRÍTICOS EN LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. JICA (Japan International Cooperation Agency) - Yachiyo Engineering Co., Ltd. EAAB. 2009. Bogotá, Colombia.	65
22	ATLAS GEOLÓGICO DE COLOMBIA. INGEOMINAS, compilado por: Gómez, J., Nivia, A., Montes, N.E., Jiménez, D.M., Tejada, M.L., Sepúlveda, M.J., Osorio, J.A., Gaona, T., Diederix, H., Uribe, H. & Mora, M. INGEOMINAS. 2007. Bogotá, Colombia.	73
23	MAPA HIDROGEOLÓGICO DE COLOMBIA. INGEOMINAS, compilado por Alcides Huguet Granados, Francisco Mosquera Miranda y Carlos Molano Cajigas. INGEOMINAS. 2007. Bogotá, Colombia.	73
24	BRINDAR APOYO TÉCNICO Y ACTUALIZAR HERRAMIENTAS PARA LA REGULACIÓN DEL APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN BOGOTÁ. UNIVERSIDAD NACIONAL – Facultad de Ingeniería. DAMA. 2006. Bogotá, Colombia.	73
25	COMPILACIÓN DE REGISTROS DE POZOS EN LA SABANA DE BOGOTÁ.- COMPILACIÓN Y LEVANTAMIENTO Y GENERACIÓN DE INFORMACIÓN GEOFÍSICA Y RADIONMÉTRICA. Bermoudes, Olga de., Velandia Patiño Francisco Alberto. INGEOMINAS. 2004. Bogotá, Colombia.	74
26	MAPA GEOLÓGICO GENERAL DE LA SABANA DE BOGOTÁ. INGEOMINAS. 2004. Bogotá, Colombia.	74
27	BASES PARA LA REGIONALIZACIÓN DE CUNDINAMARCA. Dentro del Proyecto ESAP: Proyecto Sistema Nacional de Capacitación Municipal. Asesoría en Ordenamiento Territorial a la Gobernación de Cundinamarca – Departamento Administrativo de Planeación. Alfonso Pérez Preciado. Unión Europea – Gobernación de Cundinamarca. 2002. Bogotá, Colombia.	75
28	MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL DE LA SABANA DE BOGOTÁ. Bermoudes, Olga de., Velandia Patiño Francisco Alberto. INGEOMINAS. 2002. Bogotá, Colombia.	80
29	INFORME DE CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA E ISOTÓPICA DE LOS ACUÍFEROS DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO BOGOTÁ, dentro del Proyecto: Exploración y evaluación de aguas subterráneas del proyecto de cooperación técnica internacional OIEA – INGEOMINAS, Convenio Interinstitucional INGEOMINAS – CAR. Subdirección de Recursos del subsuelo del INGEOMINAS. Octubre de 2001. Bogotá, Colombia.	81
30	INTERVENTORÍA DE LAS PERFORACIONES EXPLORATORIAS E INVESTIGACIONES HIDROGEOLÓGICAS COMPLEMENTARIAS DE BOGOTÁ CONTRATO DE INTERVENTORÍA 1-02-1400-829. Geoamérica. EAAB. 2001. Bogotá, Colombia	87
31	MAPA HIDROGEOLÓGICO DE LA SABANA DE BOGOTÁ. PROYECTO DE EVALUACIÓN Y EXPLORACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS. INGEOMINAS. 2000. Bogotá, Colombia.	87
32	ELABORACIÓN DEL MODELO HIDROGEOLÓGICO DE LOS ACUÍFEROS DE SANTA FE DE BOGOTÁ. HIDROGEOCOL. DAMA-PNUD. 1999. Bogotá, Colombia	87

No	Descripción	Página Anexo 1
33	MEMORIA EXPLICATIVA DE LA GEOLOGÍA DE LA PLANCHA 246 FUSAGASUGÁ. Acosta, J. & Ulloa A. C. INGEOMINAS. 1998. Bogotá, Colombia.	90
34	ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO EN LA PERIFERIA DE SANTAFE DE BOGOTÁ Y EN ALGUNAS POBLACIONES CERCANAS PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA - COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA DE LA SABANA DE BOGOTÁ - PLANCHA NO 1. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, INGEOMINAS. 1995. Bogotá, Colombia.	90
35	ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA PERIFERIA DE BOGOTÁ Y EN ALGUNAS POBLACIONES CERCANAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA, CORTES GEOLOGICOS 1-1', 2-2', 3-3', MUNICIPIO DE CAJICÁ. Empresa de Acueducto y alcantarillado de Bogotá, INGEOMINAS. 1995. Bogotá, Colombia.	91
36	MAPA DE ZONAS DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO. MUNICIPIO DE COTA – PLANO NO. 4. Empresa de Acueducto y alcantarillado de Bogotá, INSAT, INGEOMINAS. 1995. Bogotá, Colombia.	91
37	MAPA DE ZONAS DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO. MUNICIPIO DE ZIPAQUIRÁ – PLANO NO. 4. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, INSAT, INGEOMINAS. 1995. Bogotá, Colombia.	91
38	MAPA DE ZONAS DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO. MUNICIPIO DE CHÍA – PLANO NO. 5. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, INSAT, INGEOMINAS. 1995. Bogotá, Colombia.	94
39	MAPA DE ZONAS DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO. MUNICIPIO DE FUNZA – PLANO NO. 2. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, INSAT, INGEOMINAS. 1995. Bogotá, Colombia.	95
40	MAPA DE ZONAS DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO. MUNICIPIO DE SOPÓ – PLANO NO. 5. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, INSAT, INGEOMINAS. 1995. Bogotá, Colombia.	96
41	MAPA DE ZONAS DE INTERÉS HIDROGEOLÓGICO. MUNICIPIO DE TOCANCIPÁ – PLANO NO. 5. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, INSAT, INGEOMINAS. 1995. Bogotá, Colombia.	98
42	ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA PERIFERIA DE BOGOTÁ Y EN ALGUNAS POBLACIONES CERCANAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA. INGEOMINAS. 1995. Bogotá, Colombia.	99
43	LA TECTÓNICA Y SU INFLUENCIA EN LA RECARGA DE LOS ACUÍFEROS PROFUNDOS DE LA SABANA DE BOGOTÁ. IV Simposio colombiano de Hidrogeología. Memorias Tomo I. Cartagena. REYES I. INGEOMINAS. 1993. Cartagena de Indias, Colombia.	100
44	MAPA GEOLÓGICO DEL CUADRÁNGULO K-11, ZIPAQUIRÁ, ESCALA 1:100.000. INGEOMINAS. 1975. Bogotá, Colombia.	100
45	LOS RASGOS TECTÓNICOS DE LA REGIÓN DE LA SABANA DE BOGOTÁ Y LOS MECANISMOS DE FORMACIÓN DE ESTRUCTURAS. JULIVERT, M. UIS. 1963. Bucaramanga, Colombia.	101

3.1.4. Revisión de otros estudios en el componente de demanda de agua

La tabla 4 muestra la relación de los estudios encontrados sobre demanda de agua, que conforman la línea base de la ERA, los cuales se describen en la sección 4 del Anexo 1.

Tabla 4. Información existente sobre demanda de agua

No	Descripción	Página Anexo 1
DEMANDA DE AGUA		
46	ESTUDIO DE PROYECCIÓN DE POBLACIÓN, CAUDALES Y CARGAS PARA EL DISEÑO BÁSICO DE LA PTAR CANOAS. Alejandro Cifuentes Sarria (Ingeniero Civil y Sanitario). EAAB. 2012. Bogotá, Colombia.	102
47	CONSULTORÍA PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL ESTUDIO DE PROYECCIONES DE DEMANDA DE AGUA PARA LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C. Y MUNICIPIOS VECINOS. Rafael Cubillos López. EAAB. 2010. Bogotá, Colombia.	106
48	COMPORTAMIENTO DE LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BOGOTÁ CON CAUDALES BAJOS. Claudia María Martínez, Carlos Alberto Giraldo. EAAB, ESP. 2003. Bogotá, Colombia.	107

3.1.5. Revisión de otros estudios en el componente de calidad del agua

La tabla 5 muestra la relación de los estudios encontrados sobre calidad del agua, que conforman la línea base de la ERA, los cuales se describen en la sección 5 del Anexo 1.

Tabla 5. Información existente sobre calidad del agua

No	Descripción	Página Anexo 1
CALIDAD DEL AGUA		
49	CALIDAD DEL RECURSO HIDRICO DE BOGOTÁ (2011-2012). Secretaría Distrital Del Medio Ambiente, Universidad de los Andes. Secretaría Distrital de Ambiente SDA. 2012. Bogotá, Colombia.	108

No	Descripción	Página Anexo 1
50	PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE UN PROGRAMA PILOTO DE SEGUIMIENTO DE EFLUENTES DE USUARIOS DEL SECTOR INDUSTRIAL, COMERCIAL Y DE SERVICIOS QUE VIERTEN AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y GESTIONES NECESARIAS PARA DAR CUMPLIMIENTO A LO ESTABLECIDO EN EL ARTÍCULO 39 DEL DECRETO 3930 DE 2010 DEL MAVDT. Antek S.A. Laboratorio de análisis ambiental y de geoquímica. EAAB. 2012. Bogotá, Colombia.	117
51	REQUERIMIENTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA EL MONITOREO CONTINUO DE LA CALIDAD DE AGUAS EN HIDROSISTEMAS URBANOS. TESIS DE GRADO DE LA MAESTRÍA EN HIDROSISTEMAS DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA. María Isabel Rivero López, Andrés Torres (tutor del proyecto). Pontificia Universidad Javeriana. 2012. Bogotá, Colombia.	119
52	ATLAS AMBIENTAL CAR 50 AÑOS. Corporativo Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. 2011. Bogotá, Colombia.	119
53	CALIDAD DEL RECURSO HIDRICO DE BOGOTA (2010-2011). Universidad de Los Andes – SDA. SDA. 2011. Bogotá, Colombia.	125
54	MODELACIÓN DINÁMICA DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO BOGOTÁ. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. Laboratorio de Ensayo Hidráulicos. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá EAAB. Contrato Interadministrativo 9-07-26100-1059 de 2008. 2008-2011. Bogotá, D.C., Colombia.	125
55	PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS DE LA CAR. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. 2011. Bogotá, Colombia.	130
56	CALIDAD DEL RECURSO HIDRICO DE BOGOTA (2009-2010). Universidad de Los Andes – SDA. SDA. 2010. Bogotá, Colombia.	131
57	IDENTIFICACIÓN DE PROYECTOS CON POTENCIAL DE MECANISMOS DE DESARROLLO LIMPIO, MDL. Oscar J. Guevara. EAAB. 2010. Bogotá, Colombia.	132
58	ADECUACION HIDRAULICA Y RECUPERACION DEL RIO BOGOTA VOLUMEN I Y VOLUMEN II. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. 2010. Bogotá, Colombia.	132
59	CALIDAD DEL RECURSO HIDRICO DE BOGOTA (2008-2009). SDA. 2009. Bogotá, Colombia.	142
60	CALIDAD DEL RECURSO HIDRICO DE BOGOTA D.C. EAAB, SDA. 2008. Bogotá, Colombia.	147
61	IX FASE DEL PROGRAMADA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE FUENTES INDUSTRIALES Y AFLUENTES AL RECURSO HIDRICO DE BOGOTÁ. EAAB, SDA. 2008. Bogotá, Colombia.	148
62	DIAGNÓSTICO DE LA CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA, BENTÓNICA Y MICROBIOLÓGICA EN EL PRIMER TERCIO DE LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BOGOTÁ. Juan Francisco Franco Ovalle y Luisa Fernanda Sandoval Castañeda. Universidad Nacional. 2006. Bogotá, Colombia.	149
63	BIOINDICACION DE LA CAUDAL DEL AGUA CON LOGICA DIFUSA, SUGENO Y MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS EN LA SABANA DE BOGOTA. Juan David Gutiérrez, Wolfgang Rss' Rodolfo Ospina. Universidad Nacional. 2006. Bogotá, Colombia.	151
64	AJUSTE DE DATOS PARA INFORME USOS Y ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL RÍO BOGOTÁ. Carlos Alberto Giraldo López. 2003. Bogotá, Colombia	151
65	PROTOCOLO DE MUESTREO PARA LA RED SANITARIA PARA LAS CUENCAS FUCHA, TUNJUELO Y SOACHA. EAAB. Sin fecha. Bogotá, Colombia.	152

3.1.6. Revisión de otros estudios en el componente de riesgos

La tabla 6A muestra la relación de los estudios encontrados sobre riesgos del sistema hídrico, que conforman la línea base de la ERA, los cuales se describen en la sección 6 del Anexo 1. Complementariamente, la tabla 6B muestra los estudios de riesgos seleccionados de la base de datos del SIRE (FOPAE-IDIGER)

Tabla 6A. Información existente sobre riesgos del sistema hídrico

No	Descripción	Página Anexo 1
	RIESGOS	
66	ENFOQUE TERRITORIAL AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA REGIÓN BOGOTÁ – CUNDINAMARCA. PRICC. 2014. Bogotá, Colombia.	153
67	ANÁLISIS DE ÍNDICES DE EXTREMOS CLIMÁTICOS MEDIANTE RCLIMDEX Y STARDEX. Freddy Grajales. PRICC. 2013. Bogotá, Colombia.	164
68	ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO. INFORME FINAL. Freddy Grajales. PRICC. 2013. Bogotá, Colombia.	166
69	SÍNTESIS DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ÍNDICES DE EXTREMOS CLIMÁTICOS Y DE ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO. RESUMEN INFORME TÉCNICO. Freddy Grajales. PRICC. 2013. Bogotá, Colombia.	168
70	DETERMINACIÓN DE LAS ALTERACIONES DE LA PRECIPITACIÓN Y LA TEMPERATURA DEL AIRE DURANTE LOS FENÓMENOS EL NIÑO Y LA NIÑA, CON BASE EN LOS DATOS HISTÓRICOS DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS EN LA REGIÓN CAPITAL (BOGOTÁ Y CUNDINAMARCA), PARA ACTUALIZAR LOS RESULTADOS DEL MODELO DEL IDEAM. Edgar Montalegre Bocanegra. PRICC - Plan Regional Integral de Cambio Climático Región Capital Bogotá – Cundinamarca - PNUD. 2012. Bogotá, Colombia.	170

No	Descripción	Página Anexo 1
71	INVENTARIO DE EMISIones DE GASES EFECTO INVERNADERO PARA LA REGIÓN CUNDINAMARCA - BOGOTÁ. Ana Derby Pulido Guío. PRICC. 2012. Bogotá, Colombia.	171
72	COMPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SOBRE REGISTROS DE EVENTOS DE EMERGENCIA DE DESASTRE ASOCIADOS AL CLIMA EN LA REGION CAPITAL EN LAS DECADAS 1980 A 2010. Oscar Pedraza. PRICC. 2012. Bogotá, Colombia.	178
73	DOCUMENTO SÍNTESIS SOBRE INCORPORACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE EVENTOS DE EMERGENCIA DE DESASTRES ASOCIADOS AL CLIMA. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD TERRITORIAL DESARROLLADO POR EL PRICC. Oscar Pedraza M. PRICC. 2012. Bogotá, Colombia.	182
74	CORRELACION DE EVENTOS DE EMERGENCIA Y DE DESASTRES ASOCIADOS AL CLIMA CON EL ANALISIS HISTORICO DE FENÓMENO NIÑO – NIÑA. Oscar Pedraza M. PRICC. 2012. Bogotá, Colombia.	184
75	CONSOLIDACIÓN DE LAS BASES DE DATOS Y ESPACIALIZACIÓN DEL PERFIL CLIMÁTICO PARA LA REGION CAPITAL INFORME FINAL. Javier Espejo. PRICC. 2012. Bogotá, Colombia.	187
76	CLIMATE-CHANGE PROFILES FOR THE CAPITAL REGION OF BOGOTÁ-CUNDINAMARCA, COLOMBIA. Michael J. Puma, Mark Tadross. PRICC. 2012. Bogotá, Colombia.	191
77	DESARROLLO REGIONAL Y CAMBIO CLIMÁTICO EN LA REGIÓN CAPITAL. Julio Carrizosa Umaña. PRICC. 2012. Bogotá, Colombia.	193
78	CONSTRUCCIÓN DE TERRITORIOS RESILIENTES BAJO ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA "REGIÓN CAPITAL"- BOGOTÁ – CUNDINAMARCA. LA GESTIÓN DEL AGUA Y LA SOSTENIBILIDAD TERRITORIAL. Ernesto Guhl Nannetti. PRICC. 2012. Bogotá, Colombia.	196
79	VEGETACIÓN DEL TERRITORIO CAR. 450 ESPECIES DE SUS LLANURAS Y MONTAÑAS. Gilberto E. Mahecha y otros. CAR. 2012. Imprenta Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.	198
80	EL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL TERRITORIO DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. José Daniel Pabón Caicedo. CAR – Universidad Nacional. 2011. Bogotá, Colombia.	199
81	INFORMES DE MONITOREO ALTOS DE LA ESTANCIA. FOPAE. 2011. Bogotá, Colombia.	204
82	ESTUDIO DE MODELACIÓN GEOTÉCNICA DEL FENÓMENO DE SUBSIDENCIA EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C. INFORME FINAL. Universidad Nacional de Colombia. FOPAE. 2011. Bogotá, Colombia.	204
83	ANALISIS GEOESTADISTICO DE PRECIPITACIÓN DE BOGOTÁ. María Carolina Rogelis. FOPAE. 2011. Bogotá, Colombia.	206
84	ESTUDIO DE RIESGOS POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, SUBSIDENCIA, EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS Y DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACIÓN EN LA URBANIZACIÓN BOSQUES DE LA HACIENDA DE LA LOCALIDAD DE RAFAEL URIBE , EN BOGOTÁ D.C .INFORME FINAL. GEOCING S.A.S. FOPAE. 2011. Bogotá, Colombia.	207
85	MONITOREO GEOTÉCNICO ESPECIALIZADO EN EL SECTOR DE ALTOS DE LA ESTANCIA DE LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR EN BOGOTÁ D.C. - CONTRATO DE CONSULTORÍA NO. 755 DE 2009. Consorcio Altos de La Estancia. FOPAE. 2011. Bogotá, Colombia.	207
86	MONITOREO GEOTÉCNICO ESPECIALIZADO EN EL SECTOR ALTOS DE LA ESTANCIA DE LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR. En Bogotá D.C - Informe Parcial No 13. Consorcio Altos de La Estancia 2009. FOPAE. 2011. Bogotá, Colombia.	208
87	LA CONCEPTUALIZACION SOBRE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA (NIÑO, NIÑA) Y CAMBIO CLIMÁTICO COMO HERRAMIENTA DE PLANIFICACION PARA EL SDPAE. Humberto González Marentes. FOPAE. 2010. Bogotá, Colombia.	210
88	LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS DEL FOPAE A TRAVÉS DE OPTIMIZACIÓN GEOESTADÍSTICA. María Carolina Rogelis. FOPAE. 2010. Bogotá, Colombia.	212
89	REVISIÓN DE LA RED METEOROLÓGICA DE FOPAE CON EL FIN DE EVALUAR SU FUNCIONAMIENTO, CALIDAD DE LA INFORMACIÓN Y PLANTEAR LA OPTIMIZACIÓN DE LA MISMA Y EL USO DE LA INFORMACIÓN PARA PREVENCIÓN DE DESASTRES. Humberto González Marentes. FOPAE. 2010. Bogotá, Colombia.	213
90	REALIZAR LA CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LAS COBERTURAS DE LA TIERRA Y USO DEL SUELO EN LA CUENCA DEL RÍO BLANCO DEL MACIZO DE CHINGAZA Y CON BASE EN ÉSTOS, FORMULAR UN PLAN DE RESTAURACIÓN, CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LAS COBERTURAS DE LA TIERRA, QUE SERVIRÁ PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ACTIVIDADES DE ADAPTACIÓN AL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ESTA ÁREA. En el marco del Proyecto Piloto Nacional de Adaptación al Cambio Climático INAP. IDEAM. EPAM SA ESP. IDEAM (Conservación Internacional). 2010. Bogotá, Colombia.	215
91	PRESTAR SERVICIOS PROFESIONALES AL FOPAE PARA REALIZAR LA ACTUALIZACIÓN DE LA ZONIFICACIÓN DE RIESGO POR INCENDIO FORESTAL Y DISEÑO DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS Y OPERATIVAS PARA LOS CERROS ORIENTALES DE BOGOTÁ D.C. Carlos Edgar Torres Becerra. FOPAE. 2010. Bogotá, Colombia.	218
92	ACTUALIZACIÓN DEL PLANO NORMATIVO DE AMENAZA DE INUNDACIÓN POR DESBORDAMIENTO Y AVENIDA TORRENCEIAL PS 292 DE 2009. María Carolina Rogelis. DPAE – FOPAE. 2010. Bogotá, Colombia.	219
93	CONSULTORÍA PARA LA CARACTERIZACION DE PROCESOS GEOMORFOLOGICOS ALUVIALES EN LAS LOCALIDADES DE BOSA, TUNJUELITO Y KENNEDY CON MIRAS A ACTUALIZAR LOS PLANOS NORMATIVOS 3 Y 5 .INFORME FINAL. Ernesto Palomino Espitia. FOPAE. 2009. Bogotá, Colombia.	219
94	ACTUALIZACIÓN DE LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZA DE INUNDACIÓN Y AVENIDAS TORRENCEIALES DE LA QUEBRADA LIMAS - LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR. María Carolina Rogelis. FOPAE. 2009. Bogotá, Colombia.	220
95	SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA DE INUNDACIONES DEL RÍO TUNJUELO PS 104 DE 2008, PS 504 DE 2008, PS 052 DE 2009, PS 292 DE 2009. Autor: María Carolina Rogelis. FOPAE-DPAE. 2009. Bogotá, Colombia.	221
96	SISTEMA DE MONITOREO Y ALERTA TEMPRANA PARA DESLIZAMIENTOS E INUNDACIONES EN ÁREAS SELECCIONADAS EN EL DISTRITO CAPITAL DE BOGOTÁ Y EL MUNICIPIO DE SOACHA EN LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Fondo de Prevención y Atención de Emergencias y Agencia de Cooperación Internacional del Japón. DPAE. 2008. Bogotá, Colombia.	228
97	INVESTIGACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA DERIVADAS DE ACTIVIDADES MINERAS. INFORME PRELIMINAR. Murcia Cañón, Carlos Alberto; Cuellar Mario Andrés; Gutiérrez Santamaría, Claudia. INGEOMINAS. 2008. Bogotá, Colombia.	231

No	Descripción	Página Anexo 1
98	EL ESTUDIO SOBRE SISTEMA DE MONITOREO Y ALERTA TEMPRANA PARA DESLIZAMIENTOS E INUNDACIONES EN ÁREAS SELECCIONADAS EN EL DISTRITO CAPITAL DE BOGOTÁ Y EL MUNICIPIO DE SOACHA EN LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). Gobierno de Colombia. 2008. Bogotá, Colombia.	231
99	VALIDACIÓN Y GEORREFERENCIACIÓN DE LOS INFORMES TÉCNICOS GENERADOS POR LA DPAE RELACIONADOS CON REMOCIÓN EN MASA E INUNDACION DENTRO DE LA FASE I PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LOS PLANOS NORMATIVOS DEL POT DEL DISTRITO CAPITAL-PARTE 2. VOL 1 MAPAS. Liliana Sierra Vélez, Rubiela Segura Díaz, Adriana Ávila Fúquen. FOPAE. 2008. Bogotá, Colombia.	233
100	VALIDACIÓN Y GEORREFERENCIACIÓN DE LOS INFORMES TÉCNICOS GENERADOS POR LA DPAE RELACIONADOS CON REMOCIÓN EN MASA E INUNDACION DENTRO DE LA FASE I PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LOS PLANOS NORMATIVOS DEL POT DEL DISTRITO CAPITAL-PARTE 2. VOL 1 INFORME FINAL. Liliana Sierra Vélez, Rubiela Segura Díaz, Adriana Ávila Fúquen. FOPAE. 2008. Bogotá, Colombia.	234
101	CONSULTORÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS PARA EL SUBPROYECTO DE MEJORAMIENTO, IDENTIFICACIÓN, SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE AMENAZAS HIDROMETEOROLÓGICAS PARA ALERTAS TEMPRANAS (INUNDACIONES, DESLIZAMIENTOS E INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL) EN COLOMBIA. Dentro del Proyecto: Reducción de la vulnerabilidad fiscal del estado ante desastres naturales (Programa APL) –Primera Fase-. Subproyecto: Mejoramiento, identificación, seguimiento y monitoreo de amenazas hidrometeorológicas para alertas tempranas (inundaciones, deslizamientos e incendios de la cobertura vegetal) en Colombia. EPAM SA ESP. IDEAM. 2007. Bogotá, Colombia.	234
102	CARACTERIZACIÓN DE CUENCAS DEL DISTRITO CAPITAL Y PRIORIZACIÓN PARA ESTUDIOS DE AMENAZA Y SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA DE INUNDACIONES – CONTRATO PS 17 DE 2007. María Carolina Rogelis. FOPAE. 2007. Bogotá, Colombia.	241
103	SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA DEL RÍO TUNJUELO 2006. María Carolina Rogelis. DPAE. 2006. Bogotá, Colombia.	241
104	ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE AMENAZAS POR DESLIZAMIENTO DE LOS BARRIOS EL ESPINO Y CERROS DEL DIAMANTE, CIUDAD BOLÍVAR BOGOTÁ. CONVENIO 076/2002. FOPAE, INGEOMINAS. FOPAE. 2003. Bogotá, Colombia.	242
105	CLASIFICACIÓN REGIONAL DE AMENAZA RELATIVA DE MOVIMIENTOS EN MASA EN COLOMBIA. Montero, Juan; Cortés, Ricardo- INGEOMINAS. 2002. Bogotá, Colombia.	243
106	ESTUDIO DE ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR INUNDACIÓN EN EL SECTOR NORTE DE LA LOCALIDAD DE SUBA. INFORME FINAL. RESUMEN EJECUTIVO. Estudios y Asesorías Ingenieros Consultores Ltda. FOPAE. 1999. Bogotá, Colombia.	243
107	ZONIFICACIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIÓN DEL RÍO BOGOTÁ Y PROPUESTA DE ACCIONES PARA SU MITIGACIÓN EN LA LOCALIDAD DE BOSA. INFORME FINAL. Estudios y Asesorías Ingenieros Consultores Ltda. FOPAE. 1999. Bogotá, Colombia.	244
108	ESTUDIO GEOFÍSICO (GEOELÉCTRICO) PARA EVALUAR LA ESTABILIDAD DEL BARRIO LOS LAURELES. Consorcio Civiles Ltda. – Hidroconsulta Ltda. FOPAE. 1999. Bogotá, Colombia.	244
109	ZONIFICACIÓN DE RIESGO POR FENÓMENOS DE INESTABILIDAD DEL TERRENO EN 27 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME. Investigaciones Geotécnicas Ltda. FOPAE. 1998. Bogotá, Colombia.	245
110	ZONIFICACIÓN DE RIESGO POR MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA EN 101 BARRIOS DE LA LOCALIDAD DE USME. Investigaciones Geotécnicas Ltda. FOPAE. 1998. Bogotá, Colombia.	246
111	DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE ZONAS DE ALTO RIESGO PARA LA LOCALIDAD DE FONTIBÓN (PRIMER INFORME). Jairo Eiver Millán. FOPAE. 1996. Bogotá, Colombia.	247
112	ESTUDIO GEOTÉCNICO DE LA QUEBRADA CHIGUAZA FASE II. Convenio Interadministrativo No. 017 de 1993 – DAPD – EEEB – INGEOMINAS. 1996. Bogotá, Colombia.	247
113	ESTUDIO E INVESTIGACIÓN TÉCNICA DE LAS ÁREAS DE RIESGO PARA EL SECTOR SUROCCIDENTAL DE BOSA. Nubia Moran López, Janneth Pardo Pinzón, Liliana Ramos Rodríguez. Oficina para la Prevención de Emergencias – OPES. 1995. Bogotá, Colombia.	248
114	RECOPILACIÓN DE LA GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y DEMÁS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA LOCALIDAD DE BOSA. Liliana Ramos. Oficina para la Prevención y Atención de Desastres – OPES. 1995. Bogotá, Colombia.	249
115	METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA DETERMINACIÓN DE ZONAS DE RIESGO PARA LA LOCALIDAD DE BOSA. Janneth Pardo Pinzón. Oficina para la Prevención y Atención de Desastres – OPES. 1995. Bogotá, Colombia.	249
116	THE VEGETATION OF THE PARAMOS OF THE COLOMBIAN CORDILLERA ORIENTAL. Antoine Marie Cleef. Universidad de Utrecht. 1981. Utrecht, Holanda.	250

Tabla 6A. Estudios seleccionados de la Base General de Estudios Técnicos del FOPAE

No	Título	Fecha	Código
1	Altos Estancia Informe Monitoreo	Marzo de 2011	E-19-RM-60-3
2	Informe monitoreo Altos de Estancia	Ene-feb. 2011	CDE-19-RM-60(2)
3	Consolidado Informes de Monitoreo del sector Altos de la Estancia	Oct-nov-dic de 2010	CDE-19-RM-60
4	Estudio y zonificación de amenazas por deslizamiento de los barrios El Espino y cerros del Diamante		CDE-19-RM-18(3)
5	Estudio y zonificación de amenazas por deslizamiento de los barrios el Espino y cerros del Diamante. Informes de avance 1-2 y 3		CDE-19-RM-18(1)
6	Estudio de evaluación de amenazas por deslizamiento de los barrios el Espino y cerros de Diamante, Ciudad Bolívar, Bogotá	Mayo de 2003	CDE-19-RM-18

No	Título	Fecha	Código
7	Riesgo Juan Amarillo (Hidrotec, Ltda.)		CDE-11-I-3 COPIA
8	Zonificación de amenaza por inundación en el sector del norte de la localidad de Suba		CDE-11-I-2
9	Diagnóstico preliminar de las zonas de alto riesgo para la localidad de Fontibón. Primera fase		CDE-9-GR-2
10	E-7-I-1		CDE-E-7-I-1
11	Estudio de modelación geotécnica del fenómeno de subsidencia en la ciudad de Bogotá D.C.	Mayo de 2011	CDE-DC-RM-13
12	Análisis geoestadístico y precipitación de Bogotá.	Junio de 2011	CDE-DC-I-22(2)
13	Estudio de riesgos por fenómenos de remoción en masa, subsidencia, evaluación de alternativas y diseño de obras de mitigación en la urbanización Bosques de la Hacienda de la localidad de Rafael Uribe U en Bogotá D.C.	Abril de 2012	CDE-18-RM-25(2)
14	Estudio de riesgos por fenómenos de remoción en masa, subsidencia, evaluación de alternativas y diseño de obras de mitigación en la urbanización Bosques de la Hacienda de la localidad de Rafael Uribe U en Bogotá D.C. ENTREGA FINAL	Abril de 2012	CDE-18-RM-25
15	Consultoría para la caracterización de procesos geomorfológicos aluviales, en la localidad de Bosa, Tunjuelito y Kennedy con miras a actualizar los planos normativos 3 y 5. INFORMACION DIGITAL , SHAPEFILES	Mayo de 2009	CDE-7-i-2(2)
16	Consultoría para la caracterización de procesos geomorfológicos aluviales, en la localidad de Bosa, Tunjuelito y Kennedy con miras a actualizar los planos normativos 3 y 5. INFORER FINAL	Mayo de 2009	CDE-7-i-2
17	DISCO-JICA-08042008. DVD No 4		CDE-DC-RM-8-(6)
18	DISCO-JICA-08042008. DVD No 3		CDE-DC-RM-8-(5)
19	DISCO-JICA-08042008. DVD No 2		CDE-DC-RM-8-(4)
20	DISCO-JICA-08042008. DVD No 1		CDE-DC-RM-8-(3)
21	Actualización del plano normativo de inundación por desbordamiento y avenida torrencial. Cto 292 de 2009		CDE-DC-I-19
22	Sistema de alertas tempranas de inundaciones del Río Tunjuelo	Julio de 2009	CDE-DC-I-21
23	Informe: La conceptualización sobre la variabilidad climática (niño, niña) y cambio climático como herramienta de planificación para el SDPAE	Julio de 2010	CDE-DC-ME-2
24	Monitoreo geotécnico especializado en el sector Altos de la Estancia de la localidad de Ciudad Bolívar, en Bogotá D.C. INFORME PARCIAL 13	Marzo de 2011	CDE-19-RM-59 (13) COPIA
25	Monitoreo geotécnico especializado en el sector Altos de la Estancia de la localidad de Ciudad Bolívar, en Bogotá D.C. INFORME PARCIAL 12	Febrero de 2011	CDE-19-RM-59 (12) COPIA
26	Monitoreo geotécnico especializado en el sector Altos de la Estancia de la localidad de Ciudad Bolívar, en Bogotá D.C. INFORME PARCIAL 11	Enero de 2011	CDE-19-RM-59 (11) COPIA
27	Monitoreo geotécnico especializado en el sector altos de la Estancia de la localidad de Ciudad Bolívar, en Bogotá D.C. INFORME PARCIAL 10	Diciembre de 2010	CDE-19-RM-59 (10) COPIA
28	Monitoreo geotécnico especializado en el sector altos de la Estancia de la localidad de Ciudad Bolívar, en Bogotá D.C. INFORME PARCIAL 9	Noviembre de 2010	CDE-19-RM-59 (9) COPIA
29	Monitoreo geotécnico especializado en el sector altos de la Estancia de la localidad de Ciudad Bolívar, en Bogotá D.C. INFORME PARCIAL 8	Octubre de 2010	CDE-19-RM-59 (8) COPIA
30	Monitoreo geotécnico especializado en el sector altos de la Estancia de la localidad de Ciudad Bolívar, en Bogotá D.C. INFORME PARCIAL 7	Septiembre de 2010	CDE-19-RM-59 (7) COPIA
31	Monitoreo geotécnico especializado en el sector altos de la Estancia de la localidad de Ciudad Bolívar, en Bogotá D.C. INFORME PARCIAL 6	Agosto de 2010	CDE-19-RM-59 (6) COPIA
32	Monitoreo geotécnico especializado en el sector altos de la Estancia de la localidad de Ciudad Bolívar, en Bogotá D.C. INFORME PARCIAL 5	Julio de 2010	CDE-19-RM-59 (5) COPIA
33	Monitoreo geotécnico especializado en el sector altos de la Estancia de la localidad de Ciudad Bolívar, en Bogotá D.C. INFORME PARCIAL 4	Junio de 2010	CDE-19-RM-59 (4) COPIA
34	Monitoreo geotécnico especializado en el sector altos de la Estancia de la localidad de Ciudad Bolívar, en Bogotá D.C. INFORME PARCIAL 3	Mayo de 2010	CDE-19-RM-59 (3) COPIA
35	Monitoreo geotécnico especializado en el sector altos de la Estancia de la localidad de Ciudad Bolívar, en Bogotá D.C. INFORME PARCIAL 2	Abril de 2010	CDE-19-RM-59 (2) COPIA
36	Monitoreo geotécnico especializado en el sector altos de la Estancia de la localidad de Ciudad Bolívar, en Bogotá D.C. INFORME PARCIAL 1	Marzo de 2010	CDE-19-RM-59 (1) COPIA
37	Estudio sobre sistema de monitoreo y alerta temprana para deslizamientos e inundaciones en áreas seleccionadas en el distrito capital de Bogotá y el mpio de Soacha en la Rep. De Colombia. INFORME FINAL	Marzo de 2008	CDE-DC-RM-8-1
38	The study on monitoring an early warning sistem for landslides and floods in selected areas in the Capital District of Bogota and Soacha municipality in the Republic of Colombia. Final report	March 2008	CDE-DC-RM-8-2

No	Título	Fecha	Código
39	Informe: revisión de la red meteorológica de FOPAE con el fin de evaluar su funcionamiento, calidad de la información y plantear la optimización de la misma y el uso de la información para prevención de desastres. Informe final	Abril de 2010	CDE-DC-ME-1
40	Monitoreo geotécnico especializado en el sector altos de la Estancia de la localidad de Ciudad Bolívar, en Bogotá D.C. INFORME FINAL	Mayo de 2011	CDE-19-RM-59 (15)
41	Monitoreo geotécnico especializado en el sector altos de la Estancia de la localidad de Ciudad Bolívar, en Bogotá D.C. INFORME PARCIAL 14	Abril de 2011	CDE-19-RM-59 (14) COPIA
42	Sistema Alerta temprana Rio Tunjuelo 2006		CDE-DC-GR-24 COPIA
43	Estudio caracterización de cuencas del Distrito Capital y priorización para estudio de amenazas y sistemas de alerta temprana de inundaciones		CDE-DC-I-16
44	Localización de estaciones hidrometeorológicas del FOPAE a través de optimización geoestadística.		CDE-DC-I-20
45	Análisis geoestadístico y precipitación de Bogotá. Informe final junio 2011		CDE-DC-I-22(1)
46	Validación y georreferenciación de los informes técnicos generados por la DPAE relacionados con remoción en masa e inundación dentro de la Fase I para la actualización de los planos normativosdel POT del distrito Capital-PARTE 2. Vol 1 Informe Final	Junio de 2008	CDE-DC-RM-7
47	Validación y georreferenciación de los informes técnicos generados por la DPAE relacionados con remoción en masa e inundación dentro de la Fase I para la actualización de los planos normativosdel POT del distrito Capital-PARTE 2. Vol 2. Mapas	Junio de 2008	CDE-DC-RM-7(2)
48	Prestar servicios profesionales al FOPAE para realizar la actualización de la zonificación de riesgo por incendio forestal y diseño de las medidas preventivas y operativas para los cerros orientales de Bogotá D.C.	2010	CDE-DC-IF-3(COPIA)
49	Actualización de la zonificación de amenaza de inundación y avenidas torrenciales de la Quebrada Limas	julio de 2009	CDE-19-I-6
50	Estudio e investigación técnica área sector sur occidente de Bosa		
51	Estudio geotécnico de la quebrada Chiguaza Fase II		
52	Estudio técnico recopilación geológica, geomorfológica y demás - Bosa		
53	Metodología empleada para determinación de zona de riesgo de Bosa		
54	Upes FOPAE - Informe final del barrio Los Laureles		
55	Zonificación de riesgo por fenómenos de inestabilidad del terreno de 27 barrios de Usme		
56	Zonificación de Riesgo por movimientos de remoción den masa de 101 barrios de Usme		

3.1.7. Revisión de otros estudios en el componente de sistemas de información y aspectos generales

La tabla 7 muestra la relación de los estudios encontrados sobre sistemas de información y aspectos generales, que conforman la línea base de la ERA, los cuales se describen en la sección 7 del Anexo 1.

Tabla 7. Información existente sobre riesgos del sistema hídrico

No	Descripción	Página
SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y ASPECTOS GENERALES		
117	LINEAMIENTOS CONCEPTUALES Y METODOLÓGICOS PARA LA EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA. IDEAM. 2013. Bogotá, Colombia.	252
118	ESTUDIO NACIONAL DEL AGUA 2010. IDEAM. 2010. Bogotá, Colombia.	253
119	AJUSTE DEL PROGRAMA NACIONAL DE MONITOREO DEL RECURSO HIDRICO Y LA DETERMINACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE SU IMPLEMENTACIÓN RESPONDENDO A LOS INDICADORES AMBIENTALES DE SEGUIMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO Y UN ESTUDIO DE REINGENIERÍA DE LA RED, EL CUAL DEBE DEFINIR LA RED BÁSICA NACIONAL PARA EL MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO Y LAS NECESIDADES DE INFRAESTRUCTURA PARA LLEVAR A CABO SU IMPLEMENTACIÓN. EPAM SA ESP. IDEAM. 2011. Bogotá, Colombia.	258
120	BOGOTÁ Y CUNDINAMARCA. EXPANSIÓN URBANA Y SOSTENIBILIDAD. Alfonso Pérez Preciado. CAR. 2000. Litografía Internacional Ltda. Bogotá, Colombia.	259
121	PLAN AMBIENTAL DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO BOGOTÁ. ANÁLISIS Y ORIENTACIONES PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL. Thomas van der Hammen. CAR. 1998. Talleres de Epicundi. Bogotá, Colombia.	261
122	PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BOGOTÁ. ECOFOREST - CAR. Resolución 3194 de 2006 CAR. Bogotá, 2006.	265
123	PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MAGDALENA SECTOR NARIÑO, RÍO SECO, RÍO MAGDALENA SECTOR BELTRÁN, RÍO SECO DE LAS PALMAS, QUEBRADA SECA – DOÑA INÉS, RÍO	268

No	Descripción	Página
	CHAGUANÍ, RÍO MAGDALENA SECTOR GUADUAS, RÍO SECO NORTE, RÍO MAGDALENA SECTOR PUERTO SALGAR, RÍO NEGRITO. Resolución 3484 DE 2006 CAR. Bogotá. 2006.	
124	PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MINERO. CAR. Resolución 0542 de 2009 CAR. Bogotá. 2009.	270
125	PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO GARAGOA. CAR – CORPCHIVOR - CORPOBOYACÁ. Resolución 001 DE 2006. Bogotá. 2006.	273
126	PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO UBATÉ.- SUÁREZ. Resolución 3493 de 2006. CAR – CORPOBOYACÁ – CAS. Bogotá. 2006.	275
127	PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO NEGRO. CAR. Resolución 0327 de 2009 CAR. Bogotá. 2009.	278
128	PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BLANCO – NEGRO - GUAYURIBA. CAR – CORPOGUAVIO –CORPORINOQUIA – CORMACARENA - PNNC. Resolución Conjunta 02 de 2012 CAR. Bogotá. 2012.	281
129	PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TUNJUELO. ECOFOREST – CAR. Bogotá. 2007.	283
130	DIAGNÓSTICO PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TUNJUELO (ZONA URBANA). UNIVERSIDAD NACIONAL – SDA. Resolución 2473 de 2005. SDA. Bogotá. 2005.	287

3.2. UNIDADES DE ANÁLISIS PARA LA EVALUACIÓN REGIONAL DEL AGUA EN LA REGIÓN CAPITAL

Para el presente ejercicio se proponen tres unidades de análisis, según su comprensión territorial:

- La unidad de síntesis general, constituida por la Región Capital Bogotá – Cundinamarca
- Las unidades regionales en el sentido hidrológico, constituidas por el nivel de subzonas hidrográficas del IDEAM.
- Las unidades subregionales y locales, constituidas por las unidades hidrográficas subsiguientes al nivel de subzona hidrográfica.

A continuación se describe cada una de estas unidades.

3.2.1. Unidad de síntesis general: la Región Capital

Es una unidad político – administrativa, no hidrológica. Es la unidad espacial que engloba las jurisdicciones de las entidades firmantes del Convenio No 011 de 2013, a saber: el departamento de Cundinamarca, la CAR, el Distrito Capital, la SDA, el FOPAE y el IDEAM:

- La Gobernación de Cundinamarca tiene jurisdicción político – administrativa sobre todo el departamento de Cundinamarca.
- La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR – tiene jurisdicción en el Distrito Capital de Bogotá y el territorio de Cundinamarca, con excepción de los municipios incluidos en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Guavio, y los municipios del departamento de Cundinamarca que hacen parte de la jurisdicción de CORPORINOQUIA. Incluye los municipios de Chiquinquirá, Saboyá, San Miguel de Sema, Caldas, Buenavista y Ráquira, en el departamento de Boyacá.
- El Distrito Capital de Bogotá tiene jurisdicción político – administrativa sobre el territorio urbano y rural.
- La Secretaría Distrital de Ambiente –SDA- es la autoridad ambiental con jurisdicción al interior del perímetro urbano del Distrito Capital.
- El Fondo para la Prevención y Atención de Desastres de Bogotá –FOPAE- tiene jurisdicción sobre el territorio urbano y rural del Distrito Capital.
- El IDEAM es la autoridad hidrometeorológica nacional, si bien en el presente caso su acción sólo se refiere a la jurisdicción de las demás entidades del Convenio No 011/2013.

El mapa de la figura 1 muestra la jurisdicción de las anteriores entidades. Como se desprende del análisis de información disponible (Anexo 1 de este producto) y de la línea base presentada en la sección 3.6, la mayor parte de la información existente se refiere a esta unidad de análisis.

Las unidades de cálculo al interior del departamento son los municipios.

3.2.2. Unidades regionales: subzonas hidrográficas

De acuerdo con la metodología del IDEAM (2013), las unidades de análisis territorial para la evaluación regional del agua son las **subzonas hidrográficas**, definidas en la clasificación hidrográfica del IDEAM. El mapa de la figura 4 muestra la delimitación de estas unidades a nivel del departamento de Cundinamarca, y los mapas de las figuras 2 y 3 muestran las zonas y subzonas hidrográficas a nivel nacional. Las zonas hidrográficas son unidades de síntesis del nivel nacional, a cargo del IDEAM.

Se observa que el territorio del departamento de Cundinamarca está comprendido en 13 subzonas hidrográficas, 7 de ellas en 3 zonas hidrográficas del área hidrográfica del río Magdalena y 6 en 1 zona

hidrográfica del área hidrográfica del Orinoco. La tabla 8 muestra que, de las subzonas del Magdalena, 1 corresponde a la zona hidrográfica del río Sogamoso, 3 a la zona hidrográfica del Medio Magdalena y 3 a la zona del Alto Magdalena. En cuanto a las subzonas del Orinoco, todas están comprendidas dentro de la zona hidrográfica del río Meta.

Es importante anotar que, de las subzonas del área del Magdalena, sólo 4 están comprendidas totalmente dentro del territorio departamental (río Negro, río Bogotá y cuencas menores que tributan al Magdalena en los tramos del río Negrito y de los ríos Seco y Chaguaní). De igual manera, en el área del Orinoco, sólo la subzona del Guavio está comprendida en su casi totalidad dentro del departamento. El resto de subzonas comparten territorios con los departamentos del Meta, Boyacá, Tolima y Santander. De otro lado, sólo las subzonas de los ríos Negro, Bogotá y ríos menores que tributan al Magdalena en los tramos del río Negrito y de los ríos Seco y Chaguaní están comprendidas en su totalidad dentro de la jurisdicción de la CAR, excepto el municipio de Guasca, cuya porción en la cuenca del río Bogotá pertenece a la jurisdicción de CORPOGUAVIO. Esto significa que para la evaluación regional del agua (ERA) en estas subzonas se requiere la coordinación del IDEAM y/o la CAR con las corporaciones autónomas vecinas de CORPOBOYACÁ, CAS, CORPOCHIVOR, CORPOGUAVIO, CORPORINOQUIA Y CORTOLIMA (ver figura 4).

Dado el tamaño relativamente grande de las subzonas, la escala cartográfica a este nivel de análisis no debiera ser inferior a 1:100.000 en la Región Capital Bogotá – Cundinamarca. En otras regiones del país (Llanos Orientales, Amazonia, Llanura del Pacífico, la escala regional podría variar entre 1:250.000 y 1:100.000).

Tabla 8. Subzonas hidrográfica en la Región Capital Bogotá - Cundinamarca

Área hidrográfica	Zona hidrográfica	Subzona		Comprendión en departamento
		Código IDEAM	Nombre	
2. Magdalena	24. Sogamoso	2401	Río Suárez	Parcial
		2312	Río Carare	Parcial
		2306	Río Negro	Total
		2304	Tramo río Negrito (Puerto Salgar)	Total
	21. Alto Magdalena	2123	Tramo río Seco (norte), río Chaguaní y río Seco (sur) (Puerto Bogotá – Nariño)	Total
		2120	Río Bogotá	Total
		2119	Río Sumapaz	Parcial
		2118	Río Chingaza	Parcial
3. Orinoco	35. Meta	3507	Chivor	Parcial
		3506	Río Guavio	Casi total
		3505	Río Humea	Parcial
		3503	Río Guatiquía	Parcial
		3504	Río Guacavía	Parcial
		3502	Río Guayuriba	Parcial
		3501	Río Guatiquía	Parcial

3.2.3. Unidades subregionales y locales

De acuerdo con conceptos emitidos por el IDEAM en las reuniones llevadas a cabo en el marco de este producto (Dr. Omar Vargas, febrero 3 de 2014, en las instalaciones de la CAR, ver informe de avance de EPAM), los **niveles espaciales subsiguientes** al de las subzonas hidrográficas deben ser definidos por las autoridades ambientales (en este caso CAR y SDA), en coordinación con las demás entidades regionales y locales usuarias del agua y/o de la información sobre el recurso hídrico. La codificación de estas unidades subsiguientes debe, en todo caso, guardar correspondencia con la codificación del IDEAM. Por tratarse del primer nivel subsiguiente al de las subzonas, se propone denominar este nivel con el nombre genérico de “cuenca hidrográfica”.

En el caso específico del Distrito Capital, esta definición y delimitación corresponde a la SDA. De acuerdo con la reunión interinstitucional llevada a cabo el 25 de febrero en las instalaciones de la EAB para la determinación de los criterios de priorización de cuencas, se propone las siguientes cuencas hidrográficas para los fines de la evaluación regional del agua:

- 1) Cuenca alta del río Bogotá hasta Tibitoc (jurisdicción CAR).
- 2) Cuenca del río Tunjuelo (cuenca piloto para validación de la metodología) (jurisdicción SDA y CAR).
- 3) Cuenca del río Fucha, por ser la de mayor complejidad de usos del territorio, principalmente urbanos.
- 4) Cuenca del río Salitre, fundamentalmente urbana doméstica (jurisdicción SDA – CAR).
- 5) Cuenca de Torca – Guaymaral, caracterizada por un uso mixto rural – institucional – urbano (jurisdicción SDA – CAR).
- 6) Cuenca del río Teusacá, fundamentalmente rural y de conservación ambiental (Reserva de los Cerros Orientales) (jurisdicción CAR). Por su interés para el acueducto de Bogotá, se propone considerar esta cuenca hasta el embalse de San Rafael, lo que implica considerar una parte del municipio de La Calera.
- 7) Cuenca del embalse del Chuza (Alto Guatiquía), abastecedora de agua de la ciudad y los municipios vecinos (jurisdicción CAR).
- 8) Cuenca del río Blanco (Alto Guayuriba): potencial de aprovechamiento hídrico futuro para la Región Capital.
- 9) Cuenca del Alto Sumapaz: potencial de aprovechamiento hídrico futuro para la Región Capital.
- 10) Otras cuencas o sectores de cuencas.

La figura 5 muestra la localización de estas cuencas. Por su tamaño, la escala de cartografía de estas cuencas para los fines de la ERA debiera ser entre 1:25.000 y 1:50.000. Se recomienda que la SDA, en conjunto con la EAB, la CAR e IDIGER, definan la priorización de estas cuencas para la ERA, para lo cual se podrían utilizar los criterios recomendados por esta Consultoría (ver Anexo 8).

Figura 1. Mapa de la Región Capital Bogotá - Cundinamarca

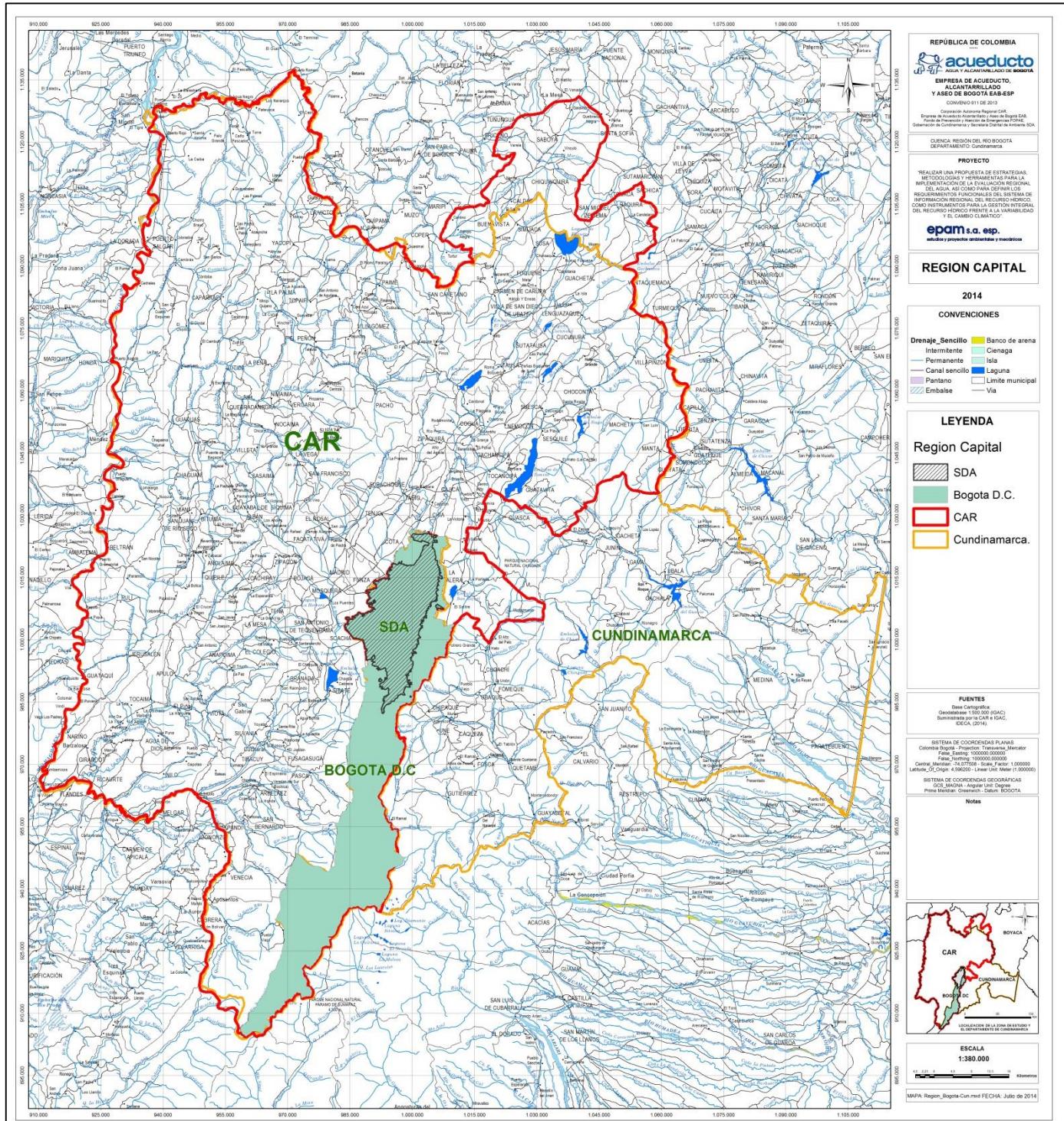


Figura 2. Mapa de zonas hidrográficas (IDEAM, 2014)

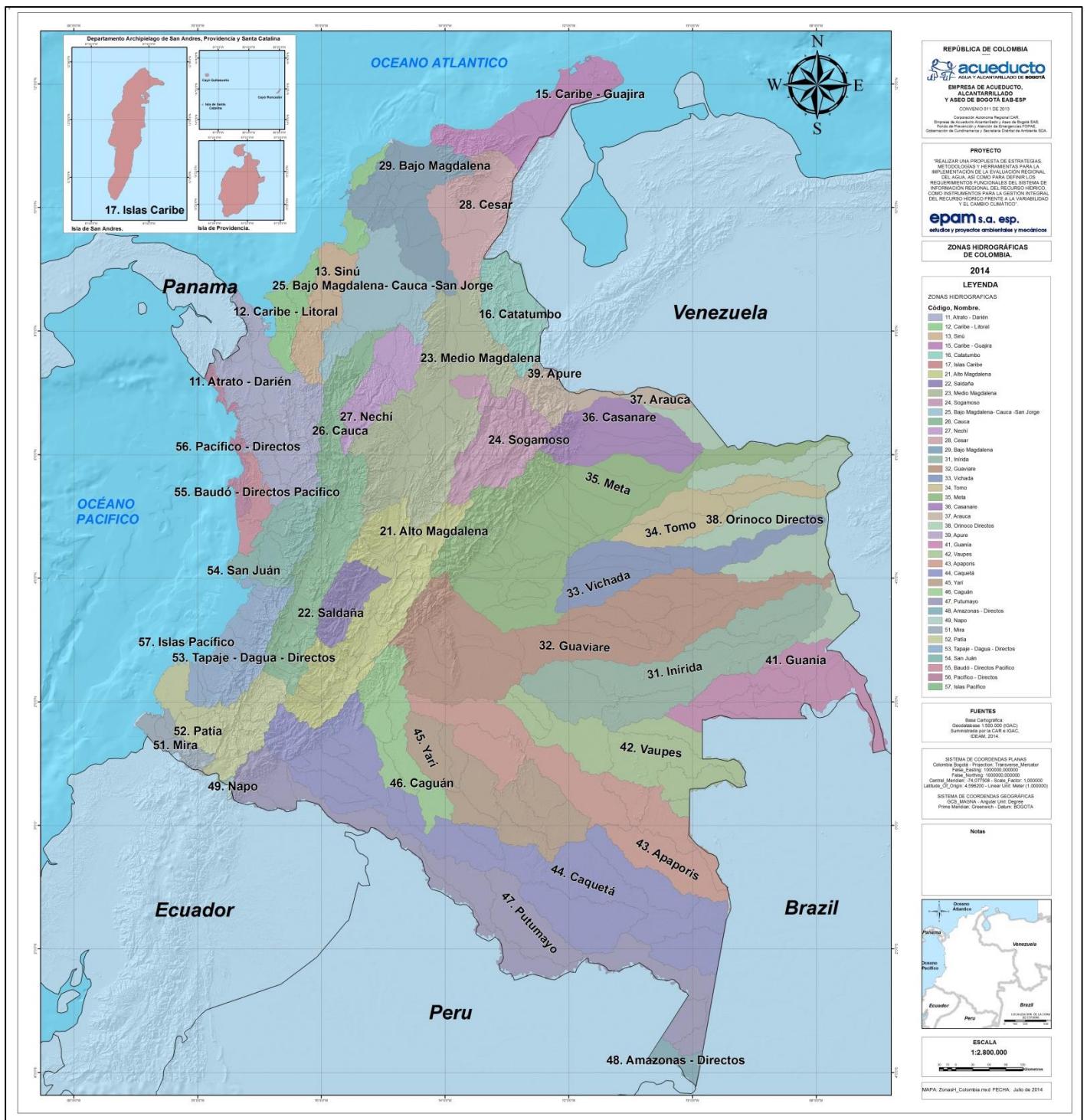


Figura 3. Mapa de subzonas hidrográfica de Colombia (IDEAM, 2014)

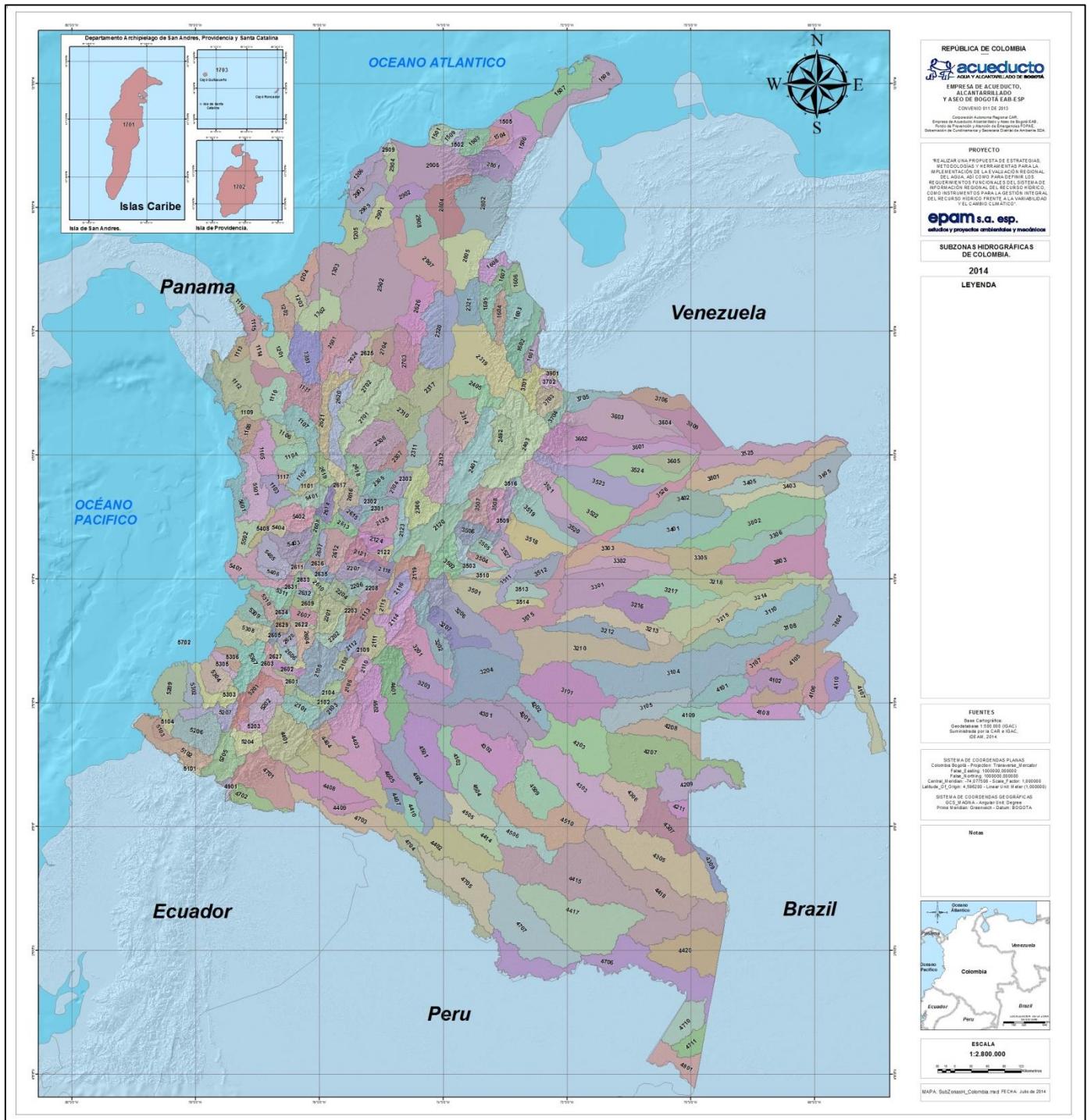


Figura 4. Mapa de subzonas hidrográfica en la región y jurisdicciones CARs (IDEAM, 2014)

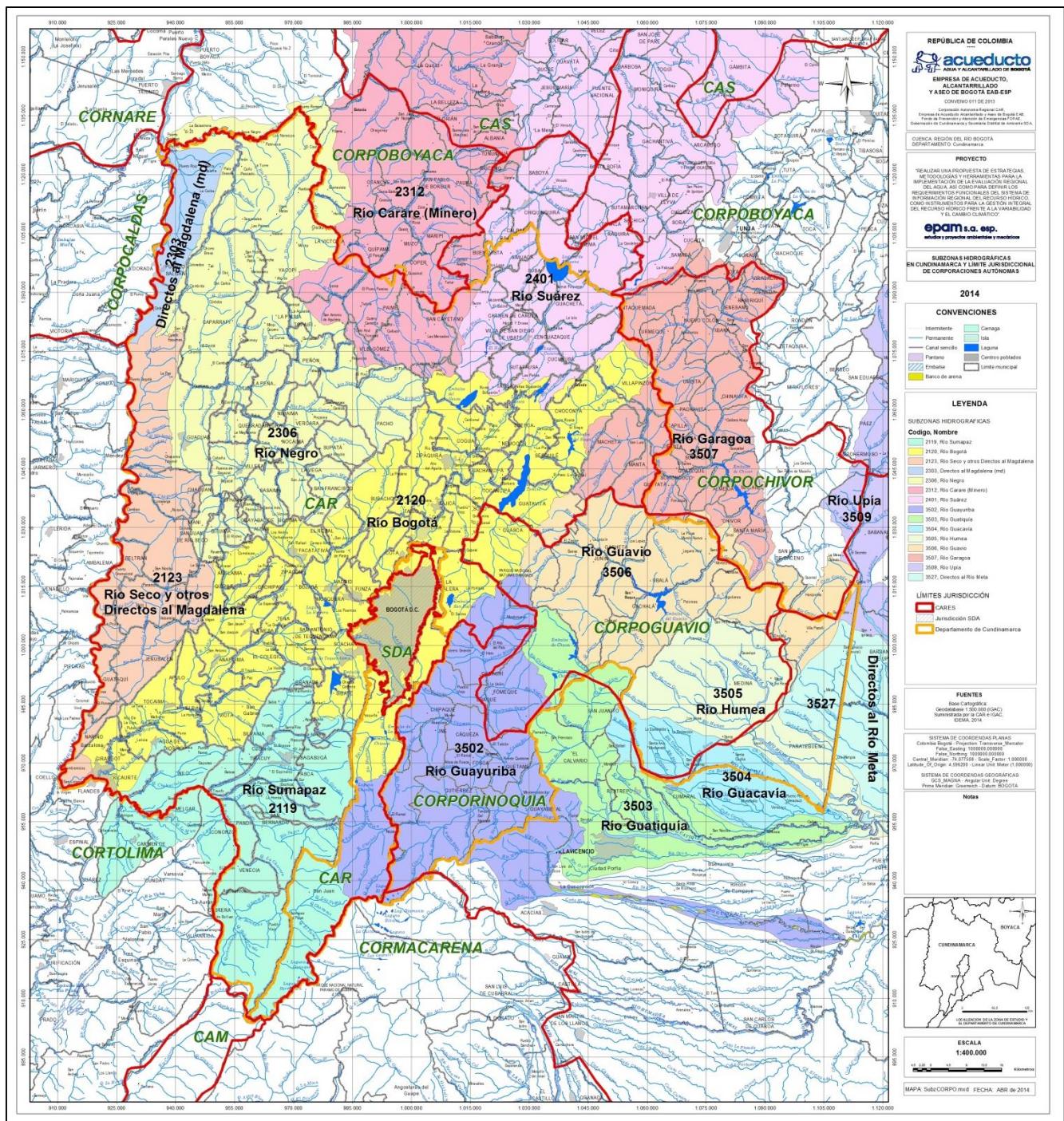
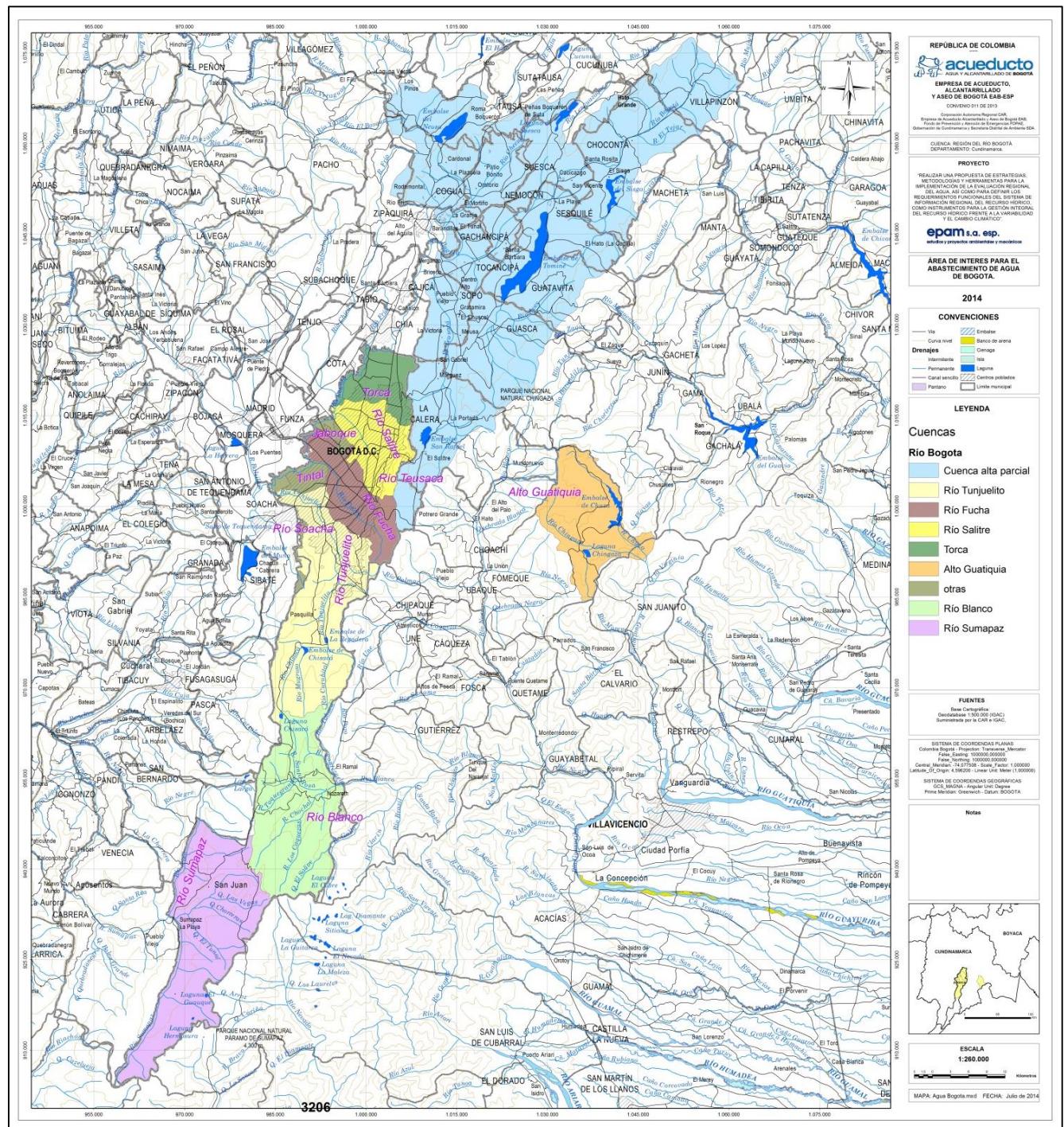


Figura 5. Cuencas subsiguientes de interés para el abastecimiento de agua de Bogotá y municipios atendidos por la EAB



3.3. INFORMACIÓN NECESARIA, DISPONIBLE Y FALTANTE PARA LA ERA EN LA REGIÓN CAPITAL

3.3.1. Información necesaria y disponible por entidad

En el producto 1, sección 3.2.2, se hizo una evaluación del estado de la información necesaria para los indicadores de la ERA en las entidades con jurisdicción en la Región Capital. Las tablas 9 a 12 muestran la información necesaria para los indicadores de la evaluación regional del agua y la disponibilidad de la misma en cada una de las entidades de la Región Capital. En la columna 3, el criterio “Aplicación” se refiere a si la entidad lo calcula en la actualidad o no (2013); el criterio “Datos suficientes” se refiere a si los datos con que cuenta la entidad son suficientes o no para la estimación del indicador. Para mayores detalles se sugiere consultar el producto 1. Las celdas en blanco significan que no es necesaria para la entidad.

Tabla 9. Información necesaria y disponible para los indicadores de la oferta hídrica superficial por entidad

Indicador de oferta	Variables necesarias	Condición	SDA	CAR ⁽¹⁾	IDEAM ⁽¹⁾	Gobernación	EAB ⁽¹⁾	FOPAE (IDIGER)
Índice de aridez IA	IA	Aplicación	NO	SI	SI	NO	NO	NO
	Evapotranspiración potencial ETP	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	Parcial	
	Evapotranspiración real ETR	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	Parcial	
	Temperatura diaria	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	Parcial	
	Precipitación diaria	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	Parcial	
Índice de retención y regulación hídrica IRH	IRH	Aplicación	NO	NO	SI	NO	NO	NO
	Caudales medios diarios	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	SI	
	Caudales medios mensuales	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	SI	
Nivel			Local	Cuenca	Subzona	Cuenca	Cuenca	Cuenca

⁽¹⁾ En algunas cuencas y subzonas no se cuenta con información suficiente

Tabla 10. Información necesaria y disponible para los indicadores de la demanda hídrica por entidad

Indicador de oferta	Variables necesarias	Condición	SDA	CAR	IDEAM	Gobernación	EAB	FOPAE (IDIGER)
Índice de uso del agua IUA	IUA	Aplicación	NO	NO	SI	NO	NO	NO
	Consumo doméstico (1)	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	SI (2)	
	Consumo de servicios(1)	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	SI (2)	
	Consumo comercial(1)	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	SI (2)	
	Caudal ambiental(1)	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	SI	
	Consumo agrícola(1)	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	NO	
	Consumo pecuario(1)	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	NO	
	Consumo recreativo(1)	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	NO	
	Consumo industrial(1)	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	SI (2)	
	Consumo energía(1)	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	NO	
	Consumo pesca(1)	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	NO	
	Consumo navegación(1)	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	NO	
	Caudal de transvase (±)	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	Parcial	
	Oferta hídrica total	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	SI	
	Oferta hídrica disponible	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	SI	
Índice de extracción de aguas subterráneas IEAS	IEAS	Aplicación	NO	NO	SI	NO	NO	NO
	Consumo doméstico (3)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	NO	
	Consumo agrícola (3)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	NO	
	Consumo pecuario (3)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	NO	
	Consumo abrevaderos (3)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	NO	
	Consumo industrial (3)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	NO	
	Consumo servicios (3)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	NO	
	Consumo comercial (3)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	NO	
	Consumo minero (3)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	NO	
	Consumo recreacional (3)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	NO	
Índice de agua subterránea para abastecimiento público	Recarga media anual	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	NO	
	IASAP	Aplicación	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	Consumo público (4)	Datos suficientes	SI	Parcial	Parcial	NO	SI	

Indicador de oferta	Variables necesarias	Condición	SDA	CAR	IDEAM	Gobernación	EAB	FOPAE (IDIGER)
con respecto al número de habitantes IASAP	Población atendida	Datos suficientes	SI	Parcial	Parcial	NO	SI	
Índice integral de uso del agua IIUA	IIUA	Aplicación	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	Consumo total (ver IIUA)	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	Parcial	
	Oferta hídrica disponible	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	SI	
	Recarga media anual	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	NO	
Nivel			Local	Cuenca	Subzona	Cuenca	Cuenca	Cuenca
(1)En todos los casos se requiere número de usuarios o población concernida, dotaciones o consumos unitarios por usuario y pérdidas (IANC).								
(2)Tiene los datos pero no organizados en la debida forma (se encuentran agregados a nivel de ciudad, pero no al nivel de UPZ, cuenca, UGA o sector)								
(3) Caudal concesionado y caudal consumido (extraído) (la CAR sólo tiene caudal concesionado).								
(4) Caudal concesionado y caudal consumido (extraído) para abastecimiento público solamente.								

Tabla 11. Información necesaria y disponible para los indicadores de la calidad del agua por entidad

Indicador de oferta	Variables necesarias	Condición	SDA	CAR	IDEAM	Gobernación	EAB	FOPAE (IDIGER)
Índice de calidad del agua ICA	ICA	Aplicación	SI (2)	SI	SI	NO	NO	NO
	Oxígeno disuelto OD (mg/L)		SI (3)					
	OD (% saturación)	Datos suficientes	SI (3)	Parcial	Parcial	NO	Parcial	
	SST (mg/L) (1)	Datos suficientes	SI (3)	Parcial	Parcial	NO	Parcial	
	DQO (mg/L) (1)	Datos suficientes	SI (3)	Parcial	Parcial	NO	Parcial	
	DBO ₅ (mg/L) (1)	Datos suficientes	SI (3)	Parcial	Parcial	NO	Parcial	
	CE (µS/cm) (1)	Datos suficientes	SI (3)	Parcial	Parcial	NO	Parcial	
	Nitrógeno total (NT)	Datos suficientes	SI (3)	Parcial	Parcial	NO	Parcial	
	Fósforo total (PT)	Datos suficientes	SI (3)	Parcial	Parcial	NO	Parcial	
	Relación NT/PT	Datos suficientes	SI (3)	Parcial	Parcial	NO	Parcial	
	pH (unidades)	Datos suficientes	SI (3)	Parcial	Parcial	NO	Parcial	
	Coliformes fecales (UFC/100)	Datos suficientes	SI (3)	Parcial	Parcial	NO	Parcial	
Índice de calidad biológica del agua por macroinvertebrados acuáticos IMA	IMA	Aplicación	NO	NO	SI	NO	NO	NO
	Bentos a nivel familia	Datos suficientes	SI (4)	Parcial	Parcial	NO	Parcial	
Índice de alteración potencial de la calidad del agua IACAL	IACAL	Aplicación	NO	NO	SI	NO	NO	NO
	Población conectada alcanta	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	Parcial	SI	
	Población conectada pozo sep	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	Parcial	NO	
	Carga doméstica urbana/rural	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	Parcial	
	Factor emisión doméstico	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	Parcial	
	Carga por tipo comercio/serv	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	NO	
	Factor emisión com/servicio	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	NO	
	Carga por tipo industrias (5)	Datos suficientes	SI(5)	Parcial	Parcial	NO	NO	
	Factor emisión por tipo ind (5)	Datos suficientes	SI(5)	Parcial	Parcial	NO	NO	
	Carga lixiviados rellenos san	Datos suficientes	NO	SI(5)	Parcial	NO	NO	
	Factor emisión relleno sanit	Datos suficientes	NO	SI(5)	Parcial	NO	NO	
	Carga ganadera por tipo(6)	Datos suficientes	NO	NO	NO	NO	NO	
	Factor emisión tipo ganad(6)	Datos suficientes	NO	NO	NO	NO	NO	
	Carga beneficio prod agríc (7)	Datos suficientes	NO	NO	NO	NO	NO	
	Factor emisión bene agríc (7)	Datos suficientes	NO	NO	NO	NO	NO	
	Carga minería por tipo (8)	Datos suficientes	SI(5)	SI(5)	Parcial	NO	NO	
	Factor de emisión tipo min (8)	Datos suficientes	SI(5)	SI(5)	Parcial	NO	NO	
	Remoción tratamiento/uso (9)	Datos suficientes	SI(10)	SI(10)	Parcial	NO	SI(10)	
Nivel			Local	Cuenca	Subzona	Cuenca	Cuenca	Cuenca
(1) SST: sólidos suspendidos totales. DQO: demanda química de oxígeno. DBO ₅ : demanda bioquímica de oxígeno 5 días. CE: conductividad eléctrica								
(2) SDA calcula el ICA por otro método diferente al de ERA.								
(3) Tienen los datos en estaciones de interés (RCHB en caso SDA, o PTAP/PTAR en caso EAB, o red de monitoreo en caso CAR), pero no los utilizan para el cálculo del ICA según metodología de ERA								
(4) Datos desactualizados y no en todos los puntos de la RCHB, en caso de las cuencas urbanas (último para año 2009).								
(5) Caudales de vertimiento, factores de emisión y cargas parciales (no cubre todos los tipos de usos y/o industrias), además están desactualizados (2008-09 en caso de industrias urbanas).								
(6) Caudales y cargas por tipo de ganadería estabulada o en confinamiento (vacunos, cerdos, etc), susceptible de generar vertimientos puntuales.								
(7) Caudales y cargas por beneficio de productos agrícolas.								
(8) Caudales y cargas por explotación y beneficio de productos mineros (arcillas, gravas, carbón, otros minerales).								
(9) Eficiencias de remoción de carga contaminante en cada sector, industria, servicio, etc (en %)								
(10) Datos parciales								

Tabla 12. Información necesaria y disponible para los indicadores de riesgo por entidad

Indicador de oferta	Variables necesarias	Condición	SDA	CAR	IDEAM (5)	Gobernación	EAB	FOPAE (IDIGER)
Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico IVH	IVH	Aplicación	NO	NO	SI	NO	NO	NO
	Índice de regulación IRH (1)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	SI	NO
	Índice de uso del agua IUA (2)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	Parcial	NO
Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales IVET	IVET	Aplicación	NO	NO	SI	NO	NO	NO
	Densidad de drenaje	Datos suficientes	SI	SI	Parcial	SI	SI	SI
	Índice de compacidad	Datos suficientes	SI	SI	Parcial	SI	SI	SI
	Pendiente media cuenca	Datos suficientes	SI	SI	Parcial	SI	SI	SI
	Índice de torrencialidad	Datos suficientes	SI	SI	Parcial	SI	SI	SI
	Caudales medios diarios	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	SI	NO
	Caudales medios mensuales	Datos suficientes	NO	Parcial	Parcial	NO	SI	NO
Índice de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de aguas subterráneas IVICAS	ÍVICAS	Aplicación	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	Grado confinamiento	Datos suficientes	SI(3)	SI(3)	SI(3)	NO	SI(3)	SI(3)
	Litología zona no saturada	Datos suficientes	SI(3)	SI(3)	SI(3)	NO	SI(3)	SI(3)
	Profundidad acuíferos	Datos suficientes	SI(3)	SI(3)	SI(3)	NO	SI(3)	SI(3)
	Mapa geológico	Datos suficientes	SI(4)	SI(4)	SI(4)	SI(4)	SI(4)	SI(4)
Nivel			Local	Cuenca	Subzona	Cuenca	Cuenca	Cuenca

- (1) Ver tabla 9, Índice de retención y regulación hídrica IRH
 (2) Ver tabla 10, Índice uso del agua IUA
 (3) Datos estimados a partir de información geológica general. Muy pocos datos medidos o ninguno.
 (4) Mapa geológico general, casi siempre a escala 1:100.000.
 (5) Para algunas subzonas no se cuenta con cartografía de escala adecuada ni series de caudales adecuadas.

3.3.2. Información necesaria y disponible por cuenca

Las tablas 13 a 16 muestran la información necesaria para los indicadores de la evaluación regional del agua y la disponibilidad de la misma en cada una de las cuencas de interés para abastecimiento de agua de Bogotá y los municipios atendidos por la EAB. En la columna 3, el criterio “Aplicación” se refiere a si este indicador está calculado para esta cuenca (2013); y el criterio “Datos suficientes” se refiere a si los datos disponibles para la cuenca son suficientes, parcialmente insuficientes o inexistentes para la estimación del indicador.

Tabla 13. Información necesaria y disponible para los indicadores de la oferta hídrica superficial por cuenca

Indicador de oferta	Variables necesarias	Condición	Alto Bogotá (CAR)	Tunjuelo (EAB-SDA)	Fucha – Salitre - Torca	Teusacá	Guatiquía	Alto Blanco – Alto Sumapaz
Índice de aridez IA	IA	Aplicación	SI	SI	NO	NO	NO	NO
	Evapotranspiración potencial ETP	Datos suficientes	SI	Parcial	Parcial	Parcial	Parcial	NO
	Evapotranspiración real ETR	Datos suficientes	SI	Parcial	Parcial	Parcial	Parcial	NO
	Temperatura diaria	Datos suficientes	SI	Parcial	Parcial	Parcial	Parcial	NO
	Precipitación diaria	Datos suficientes	SI	Parcial	Parcial	Parcial	Parcial	NO
Índice de retención y regulación hídrica IRH	IRH	Aplicación	SI	SI	NO	NO	NO	NO
	Caudales medios diarios	Datos suficientes	SI	SI	Parcial	Parcial	SI	NO
	Caudales medios mensuales	Datos suficientes	SI	SI	Parcial	Parcial	SI	NO
Nivel			Cuenca	Cuenca	Cuenca	Cuenca	Cuenca	Cuenca

Tabla 14. Información necesaria y disponible para los indicadores de la demanda hídrica por cuenca

Indicador de oferta	Variables necesarias	Condición	Alto Bogotá (CAR)	Tunjuelo (EAB-SDA)	Fucha – Salitre - Torca	Teusacá	Guatiquía	Alto Blanco – Alto Sumapaz
Índice de uso del agua IUA	IUA	Aplicación	SI	SI	NO	NO	NO	NO
	Consumo doméstico (1)	Datos suficientes	SI	SI	SI	NO	SI	NO
	Consumo de servicios(1)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	Parcial	NO
	Consumo comercial(1)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	Parcial	NO

Indicador de oferta	Variables necesarias	Condición	Alto Bogotá (CAR)	Tunjuelo (EAB-SDA)	Fucha – Salitre - Torca	Teusacá	Guatiquía	Alto Blanco – Alto Sumapaz		
Índice de extracción de aguas subterráneas IEAS	Caudal ambiental(1)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	Parcial	NO		
	Consumo agrícola(1)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	Parcial	NO		
	Consumo pecuario(1)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	Parcial	NO		
	Consumo recreativo(1)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	Parcial	NO		
	Consumo industrial(1)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	Parcial	NO		
	Consumo energía(1)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	Parcial	NO		
	Consumo pesca(1)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	Parcial	NO		
	Consumo navegación(1)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	Parcial	NO		
	Caudal de transvase (±)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	Parcial	NO		
	Oferta hídrica total	Datos suficientes	SI	SI	Parcial	SI	SI	NO		
	Oferta hídrica disponible	Datos suficientes	SI	SI	Parcial	SI	SI	NO		
	IEAS	Aplicación	SI	SI	NO	NO	NO	NO		
Índice de agua subterránea para abastecimiento público con respecto al número de habitantes IASAP	Consumo doméstico (3)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	NO	NO		
	Consumo agrícola (3)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	NO	NO		
	Consumo pecuario (3)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	NO	NO		
	Consumo abrevaderos (3)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	NO	NO		
	Consumo industrial (3)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	NO	NO		
	Consumo servicios (3)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	NO	NO		
	Consumo comercial (3)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	NO	NO		
	Consumo minero (3)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	NO	NO		
	Consumo recreacional (3)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	NO	NO		
	Recarga media anual	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	NO	NO		
Índice integral de uso del agua IIUA	IASAP	Aplicación	SI	SI	NO	NO	NO	NO		
	Consumo público (4)	Datos suficientes	SI	SI	SI	NO	SI	NO		
	Población atendida	Datos suficientes	SI	SI	SI	NO	SI	NO		
Nivel	IIUA	Aplicación	SI	SI	NO	NO	NO	NO		
	Consumo total (ver IIUA)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	Parcial	NO		
	Oferta hídrica disponible	Datos suficientes	SI	SI	Parcial	SI	SI	NO		
	Recarga media anual	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	Parcial	NO	NO		
(1)En todos los casos se requiere número de usuarios o población concernida, dotaciones o consumos unitarios por usuario y pérdidas (IANC).										
(2)Tiene los datos pero no organizados en la debida forma (se encuentran agregados a nivel de ciudad, pero no al nivel de UPZ, cuenca o UGA)										
(3) Caudal concedido y caudal consumido (extraído) (la CAR sólo tiene caudal concedido).										
(4) Caudal concedido y caudal consumido (extraído) para abastecimiento público solamente.										

Tabla 15. Información necesaria y disponible para los indicadores de la calidad del agua por cuenca

Indicador de oferta	Variables necesarias	Condición	Alto Bogotá (CAR)	Tunjuelo (EAB-SDA)	Fucha – Salitre - Torca	Teusacá	Guatiquía	Alto Blanco – Alto Sumapaz
Índice de calidad del agua ICA	ICA	Aplicación	SI	SI	NO	NO	NO	NO
	Oxígeno disuelto OD (mg/L)	Datos suficientes	SI	SI	Parcial	Parcial	Parcial	NO
	OD (% saturación)	Datos suficientes	SI	SI	Parcial	Parcial	Parcial	NO
	SST (mg/L) (1)	Datos suficientes	SI	SI	Parcial	Parcial	Parcial	NO
	DQO (mg/L) (1)	Datos suficientes	SI	SI	Parcial	Parcial	Parcial	NO
	DBO ₅ (mg/L) (1)	Datos suficientes	SI	SI	Parcial	Parcial	Parcial	NO
	CE (µS/cm) (1)	Datos suficientes	SI	SI	Parcial	Parcial	Parcial	NO
	Nitrógeno total (NT)	Datos suficientes	SI	SI	Parcial	Parcial	Parcial	NO
	Fósforo total (PT)	Datos suficientes	SI	SI	Parcial	Parcial	Parcial	NO
	Relación NT/PT	Datos suficientes	SI	SI	Parcial	Parcial	Parcial	NO
	pH (unidades)	Datos suficientes	SI	SI	Parcial	Parcial	Parcial	NO
	Coliformes fecales (UFC/100)	Datos suficientes	SI	SI	Parcial	Parcial	Parcial	NO
Índice de calidad biológica del agua por macroinvertebrados acuáticos IMA	IMA	Aplicación	NO	SI	NO	NO	NO	NO
	Bentos a nivel familia	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	Parcial	NO
Índice de alteración potencial de la calidad del agua IACAL	IACAL	Aplicación	SI	SI	NO	NO	NO	NO
	Población conectada alcant	Datos suficientes	SI	SI	SI	Parcial	SI	NO
	Población conectada pozo se	Datos suficientes	SI	Parcial	Parcial	Parcial	NO	NO
	Carga doméstica urbana/rural	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	Parcial	NO
	Factor emisión doméstico	Datos suficientes	Parcial	SI	SI	NO	Parcial	NO
	Carga por tipo comercio/serv	Datos suficientes	Parcial	NO	NO	NO	NO	NO

Indicador de oferta	Variables necesarias	Condición	Alto Bogotá (CAR)	Tunjuelo (EAB-SDA)	Fucha – Salitre - Torca	Teusacá	Guatiquía	Alto Blanco – Alto Sumapaz
	Factor emisión com/servicio	Datos suficientes	Parcial	NO	NO	NO	NO	NO
	Carga por tipo industrias (5)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	NO	NO
	Factor emisión por tipo ind (5)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	NO	NO	NO
	Carga lixiviados rellenos san	Datos suficientes	Parcial	SI	NO	NO	NO	NO
	Factor emisión relleno sanit	Datos suficientes	Parcial	SI	NO	NO	NO	NO
	Carga ganadera por tipo(6)	Datos suficientes	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	Factor emisión tipo ganad(6)	Datos suficientes	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	Carga beneficio prod agric (7)	Datos suficientes	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	Factor emisión bene agríc (7)	Datos suficientes	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	Carga minería por tipo (8)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	NO	NO	NO	NO
	Factor de emisión tipo min (8)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	NO	NO	NO	NO
	Remoción tratamiento/uso (9)		Parcial	Parcial	Parcial	NO	NO	NO
Nivel			Cuenca	Cuenca	Cuenca	Cuenca	Cuenca	Cuenca

(3) SST: sólidos suspendidos totales. DQO: demanda química de oxígeno. DBO₅: demanda bioquímica de oxígeno 5 días. CE: conductividad eléctrica
(4) SDA calcula el ICA por otro método diferente al de ERA.
(5) Tienen los datos en estaciones de interés (RCHB en caso SDA, o PTAP/PTAR en caso EAB), pero no los utilizan para el cálculo del ICA según metodología de ERA
(6) Datos desactualizados y no en todos los puntos de la RCHB en las cuencas urbanas (último para año 2009).
(5) Población, caudales de vertimiento, factores de emisión y cargas parciales (no cubre todos los tipos de usos y/o industrias), además están desactualizados (2008-09 en caso de industrias del DC).
(6) Caudales y cargas por tipo de ganadería estabulada o en confinamiento (vacunos, cerdos, etc), susceptible de generar vertimientos puntuales.
(7) Caudales y cargas por beneficio de productos agrícolas.
(8) Caudales y cargas por explotación y beneficio de productos mineros (arcillas y gravas, carbón, otros minerales en otras cuencas).
(9) Eficiencias de remoción de carga contaminante en cada sector, industria, servicio, etc (en %)

Tabla 16. Información necesaria y disponible para los indicadores de riesgo por cuenca

Indicador de oferta	Variables necesarias	Condición	Alto Bogotá (CAR)	Tunjuelo (EAB-SDA)	Fucha – Salitre - Torca	Teusacá	Guatiquía	Alto Blanco – Alto Sumapaz
Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico IVH	IVH	Aplicación	SI	SI	NO	NO	NO	NO
	Índice de regulación IRH (1)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	Parcial	SI	NO
	Índice de uso del agua IUA (2)	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	Parcial	Parcial	NO
Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales IVET	IVET	Aplicación	SI	SI	NO	NO	NO	NO
	Densidad de drenaje	Datos suficientes	SI	SI	SI	SI	SI	Parcial
	Índice de compacidad	Datos suficientes	SI	SI	SI	SI	SI	Parcial
	Pendiente media cuenca	Datos suficientes	SI	SI	SI	SI	SI	Parcial
	Índice de torrencialidad	Datos suficientes	SI	SI	SI	SI	SI	Parcial
	Caudales medios diarios	Datos suficientes	SI	SI	Parcial	Parcial	SI	NO
	Caudales medios mensuales	Datos suficientes	SI	SI	Parcial	Parcial	SI	NO
Índice de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de aguas subterráneas IVICAS	Índice de variabilidad	Datos suficientes	SI	SI	Parcial	Parcial	SI	NO
	IVICAS	Aplicación	SI	SI	NO	NO	NO	NO
	Grado confinamiento	Datos suficientes	SI(3)	SI(3)	SI(3)	SI(3)	SI(3)	SI(3)
	Litológia zona no saturada	Datos suficientes	SI(3)	SI(3)	SI(3)	SI(3)	SI(3)	SI(3)
	Profundidad acuíferos	Datos suficientes	SI(3)	SI(3)	SI(3)	SI(3)	SI(3)	SI(3)
	Mapa geológico	Datos suficientes	SI(4)	SI(4)	SI(4)	SI(4)	SI(4)	SI(4)
Nivel			Cuenca	Cuenca	Cuenca	Cuenca	Cuenca	Cuenca

(1) Ver tabla 9, Índice de retención y regulación hídrica IRH
(2) Ver tabla 10, Índice uso del agua IUA
(3) Datos estimados a partir de información geológica general. Muy pocos datos medidos o ninguno.
(4) Mapa geológico general, casi siempre a escala 1:100.000.

3.3.3. Información faltante por cuenca

Las tablas 17 a 20 muestran la información faltante para la estimación de los indicadores de la evaluación regional del agua en cada una de las cuencas de interés para abastecimiento de agua de Bogotá y los municipios atendidos por la EAB. En la columna 3, el criterio “Aplicación” se refiere a si este indicador está calculado para esta cuenca (2013); el criterio “Datos faltantes” se refiere a si los datos faltantes el cálculo de los indicadores ERA en cada una de las cuencas de interés: las casillas en blanco indican que la información es suficiente; las casillas con la palabra “Parcial” significan que hacer falta alguna información; y las casillas con

la palabra “Toda” significan que hace falta toda la información para la estimación del indicador, por lo cual las entidades deben dar prioridad a su levantamiento, mediante su integración a sus redes de monitoreo.

Tabla 17. Información faltante para los indicadores de la oferta hídrica superficial por cuenca

Indicador de oferta	Variables necesarias	Condición	Alto Bogotá (CAR)	Tunjuelo (EAB-SDA)	Fucha – Salitre - Torca	Teusacá	Guatiquía	Alto Blanco – Alto Sumapaz
Índice de aridez IA	IA	Aplicación	SI	SI	NO	NO	NO	NO
	Evapotranspiración potencial ETP	Datos faltantes		Parcial	Parcial	Parcial	Parcial	Toda
	Evapotranspiración real ETR	Datos faltantes		Parcial	Parcial	Parcial	Parcial	Toda
	Temperatura diaria	Datos faltantes		Parcial	Parcial	Parcial	Parcial	Toda
	Precipitación diaria	Datos faltantes		Parcial	Parcial	Parcial	Parcial	Toda
Índice de retención y regulación hídrica	IRH	Aplicación	SI	SI	NO	NO	NO	NO
	Caudales medios diarios	Datos faltantes			Parcial	Parcial		Toda
	Caudales medios mensuales	Datos faltantes			Parcial	Parcial		Toda
Nivel			Cuenca	Cuenca	Cuenca	Cuenca	Cuenca	Cuenca

Tabla 18. Información faltante para los indicadores de la demanda hídrica por cuenca

Indicador de oferta	Variables necesarias	Condición	Alto Bogotá (CAR)	Tunjuelo (EAB-SDA)	Fucha – Salitre - Torca	Teusacá	Guatiquía	Alto Blanco – Alto Sumapaz
Índice de uso del agua IUA	IUA	Aplicación	SI	SI	NO	NO	NO	NO
	Consumo doméstico (1)	Datos faltantes				Toda		Toda
	Consumo de servicios(1)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Parcial	Toda
	Consumo comercial(1)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Parcial	Toda
	Caudal ambiental(1)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Parcial	Toda
	Consumo agrícola(1)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Parcial	Toda
	Consumo pecuario(1)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Parcial	Toda
	Consumo recreativo(1)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Parcial	Toda
	Consumo industrial(1)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Parcial	Toda
	Consumo energía(1)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Parcial	Toda
	Consumo pesca(1)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Parcial	Toda
	Consumo navegación(1)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Parcial	Toda
	Caudal de transvase (±)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Parcial	Toda
	Oferta hídrica total	Datos faltantes			Parcial			Toda
	Oferta hídrica disponible	Datos faltantes			Parcial			Toda
Índice de extracción de aguas subterráneas IEAS	IEAS	Aplicación	SI	SI	NO	NO	NO	NO
	Consumo doméstico (3)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Toda	Toda
	Consumo agrícola (3)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Toda	Toda
	Consumo pecuario (3)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Toda	Toda
	Consumo abrevaderos (3)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Toda	Toda
	Consumo industrial (3)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Toda	Toda
	Consumo servicios (3)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Toda	Toda
	Consumo comercial (3)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Toda	Toda
	Consumo minero (3)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Toda	Toda
	Consumo recreacional (3)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Toda	Toda
Índice de agua subterránea para abastecimiento público con respecto al número de habitantes IASAP	Recarga media anual	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Toda	Toda
	IASAP	Aplicación	SI	SI	NO	NO	NO	NO
	Consumo público (4)	Datos faltantes				Toda		Toda
Índice integral de uso del agua IIUA	Población atendida	Datos faltantes				Toda		Toda
	IIUA	Aplicación	SI	SI	NO	NO	NO	NO
	Consumo total (ver IUA)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Parcial	Toda
	Ofera hídrica disponible	Datos faltantes			Parcial			Toda
Nivel	Recarga media anual	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Toda
			Cuenca	Cuenca	Cuenca	Cuenca	Cuenca	Cuenca

(1)En todos los casos se requiere número de usuarios o población concernida, dotaciones o consumos unitarios por usuario y pérdidas (IANC).

(2)Tiene los datos pero no organizados en la debida forma (se encuentran agregados a nivel de ciudad, pero no al nivel de UPZ, cuenca o UGA)

(3)Caudal concesionado y caudal consumido (extraído) (la CAR sólo tiene caudal concesionado).

(4)Caudal concesionado y caudal consumido (extraído) para abastecimiento público solamente.

Tabla 19. Información faltante para los indicadores de la calidad del agua por cuenca

Indicador de oferta	Variables necesarias	Condición	Alto Bogotá (CAR)	Tunjuelo (EAB-SDA)	Fucha – Salitre - Torca	Teusacá	Guatiquía	Alto Blanco – Alto Sumapaz
Índice de calidad del agua ICA	ICA	Aplicación	SI	SI	NO	NO	NO	NO
	Oxígeno disuelto OD (mg/L)	Datos faltantes			Parcial	Parcial	Parcial	Toda
	OD (% saturación)	Datos faltantes			Parcial	Parcial	Parcial	Toda
	SST (mg/L) (1)	Datos faltantes			Parcial	Parcial	Parcial	Toda
	DQO (mg/L) (1)	Datos faltantes			Parcial	Parcial	Parcial	Toda
	DBO ₅ (mg/L) (1)	Datos faltantes			Parcial	Parcial	Parcial	Toda
	CE (µS/cm) (1)	Datos faltantes			Parcial	Parcial	Parcial	Toda
	Nitrógeno total (NT)	Datos faltantes			Parcial	Parcial	Parcial	Toda
	Fósforo total (PT)	Datos faltantes			Parcial	Parcial	Parcial	Toda
	Relación NT/PT	Datos faltantes			Parcial	Parcial	Parcial	Toda
	pH (unidades)	Datos faltantes			Parcial	Parcial	Parcial	Toda
	Coliformes fecales (UFC/100)	Datos faltantes			Parcial	Parcial	Parcial	Toda
Índice de calidad biológica del agua por macroinvertebrados acuáticos IMA	IMA	Aplicación	NO	SI	NO	NO	NO	NO
	Bentos a nivel familia	Datos suficientes	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Parcial	Toda
Índice de alteración potencial de la calidad del agua IACAL	IACAL	Aplicación	SI	SI	NO	NO	NO	NO
	Población conectada alcant	Datos faltantes				Parcial		Toda
	Población conectada pozo se	Datos faltantes		Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Toda
	Carga doméstica urbana/rural	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Parcial	Toda
	Factor emisión doméstico	Datos faltantes	Parcial			Toda	Parcial	Toda
	Carga por tipo comercio/serv	Datos faltantes	Parcial	Toda	Toda	Toda	Toda	Toda
	Factor emisión com/servicio	Datos faltantes	Parcial	Toda	Toda	Toda	Toda	Toda
	Carga por tipo industrias (5)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Toda	Toda
	Factor emisión por tipo ind (5)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Toda	Toda
	Carga lixiviados rellenos san	Datos faltantes	Parcial		Toda	Toda	Toda	Toda
	Factor emisión relleno sanit	Datos faltantes	Parcial		Toda	Toda	Toda	Toda
	Carga ganadera por tipo(6)	Datos faltantes	Toda	Toda	Toda	Toda	Toda	Toda
	Factor emisión tipo ganad(6)	Datos faltantes	Toda	Toda	Toda	Toda	Toda	Toda
	Carga beneficio prod agríc (7)	Datos faltantes	Toda	Toda	Toda	Toda	Toda	Toda
	Factor emisión bene agríc (7)	Datos faltantes	Toda	Toda	Toda	Toda	Toda	Toda
	Carga minería por tipo (8)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Toda	Toda	Toda	Toda
	Factor de emisión tipo min (8)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Toda	Toda	Toda	Toda
	Remoción tratamiento/uso (9)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Toda	Toda	Toda
Nivel			Cuenca	Cuenca	Cuenca	Cuenca	Cuenca	Cuenca

(5) SST: sólidos suspendidos totales. DQO: demanda química de oxígeno. DBO₅: demanda bioquímica de oxígeno 5 días. CE: conductividad eléctrica
(6) SDA calcula el ICA por otro método diferente al de ERA.
(7) Tienen los datos en estaciones de interés (RCHB en caso SDA, o PTAP/PTAR en caso EAB), pero no los utilizan para el cálculo del ICA según metodología de ERA
(4) Datos desactualizados y no en todos los puntos de la RCHB en las cuencas urbanas (último para año 2009).
(5) Población, caudales de vertimiento, factores de emisión y cargas parciales (no cubre todos los tipos de usos y/o industrias), además están desactualizados (2008-09 en caso de industrias del DC).
(6) Caudales y cargas por tipo de ganadería estabulada o en confinamiento (vacunos, cerdos, etc), susceptible de generar vertimientos puntuales.
(7) Caudales y cargas por beneficio de productos agrícolas.
(8) Caudales y cargas por explotación y beneficio de productos mineros (arcillas y gravas, carbón, otros minerales en otras cuencas).
(9) Eficiencias de remoción de carga contaminante en cada sector, industria, servicio, etc (en %)

Tabla 20. Información faltante para los indicadores de riesgo por cuenca

Indicador de oferta	Variables necesarias	Condición	Alto Bogotá (CAR)	Tunjuelo (EAB-SDA)	Fucha – Salitre - Torca	Teusacá	Guatiquía	Alto Blanco – Alto Sumapaz
Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico IVH	IVH	Aplicación	SI	SI	NO	NO	NO	NO
	Índice de regulación IRH (1)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Parcial		Toda
	Índice de uso del agua IUA (2)	Datos faltantes	Parcial	Parcial	Parcial	Parcial	Parcial	Toda
Índice de vulnerabilidad a eventos torrenciales IVET	IVET	Aplicación	SI	SI	NO	NO	NO	NO
	Densidad de drenaje	Datos faltantes						Parcial
	Índice de compacidad	Datos faltantes						Parcial
	Pendiente media cuenca	Datos faltantes						Parcial
	Índice de torrentialidad	Datos faltantes						Parcial

Indicador de oferta	Variables necesarias	Condición	Alto Bogotá (CAR)	Tunjuelo (EAB-SDA)	Fucha – Salitre - Torca	Teusacá	Guatiquía	Alto Blanco – Alto Sumapaz
	Caudales medios diarios	Datos faltantes			Parcial	Parcial		Toda
	Caudales medios mensuales	Datos faltantes			Parcial	Parcial		Toda
	Índice de variabilidad	Datos faltantes			Parcial	Parcial		Toda
Índice de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de aguas subterráneas IVICAS	IVICAS	Aplicación	SI	SI	NO	NO	NO	NO
	Grado confinamiento	Datos faltantes						
	Litología zona no saturada	Datos faltantes						
	Profundidad acuíferos	Datos faltantes						
	Mapa geológico	Datos faltantes						
Nivel			Cuenca	Cuenca	Cuenca	Cuenca	Cuenca	Cuenca

(1) Ver tabla 9, Índice de retención y regulación hídrica IRH
(2) Ver tabla 10, Índice uso del agua IUA
(3) Datos estimados a partir de información geológica general. Muy pocos datos medidos o ninguno.
(4) Mapa geológico general, casi siempre a escala 1:100.000.

3.4. PROTOCOLOS DE MONITOREO DEL RECURSO HÍDRICO PARA LA REGIÓN CAPITAL

3.4.1. Aspectos generales

No es objeto de la ERA definir los protocolos de monitoreo del recurso hídrico. En efecto, éstos son definidos a nivel internacional por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), y a nivel nacional por la autoridad hidrometeorológica, que, en el caso colombiano, es el IDEAM.

En el marco del Programa Nacional de Monitoreo del Recurso Hídrico, en cabeza del IDEAM, las variables básicas a monitorear y para las cuales se han elaborado protocolos de monitoreo, son seis: precipitación, evaporación, aguas superficiales, aguas subterráneas, sedimentos y calidad del agua. Además, se cuenta con protocolo de temperatura, habida cuenta de la posibilidad de estimar indirectamente la evaporación en función de la temperatura del aire.

Un Protocolo es la descripción estructurada, ordenada y secuencial de los pasos necesarios para generar datos consistentes y validados sobre cada una de las variables indicadas, que pueda servir de guía general para entidades o personas que realizan esta actividad en el país para estimar la oferta hídrica nacional, regional y local y para atender las necesidades de información del usuario para diferentes escalas temporales (horarias, diarias, mensuales y anuales) de cada variable, así como de las variaciones espaciales (EPAM – IDEAM, 2011).

Los protocolos de la OMM están consignados en la Guía de Prácticas Hidrológicas (versiones 1994 y 2008). Los protocolos de IDEAM han sido elaborados con base en las normas de la OMM y se pueden bajar de la página web del IDEAM, en el link:

<http://institucional.ideam.gov.co/isp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=667>

Una versión actualizada de los protocolos se entrega en medio magnético anexo a este informe, con la advertencia de que son documentos en proceso, cuya publicación por parte del IDEAM está prevista para finales de 2014 (Anexo 9).

Como se anotó en el Producto 1 de este contrato, el monitoreo y seguimiento del recurso hídrico es una función legal del IDEAM a nivel nacional, de las corporaciones autónomas regionales (CARs) a nivel regional, y de las autoridades ambientales urbanas y organismos de prevención y atención de desastres a nivel local.

El presente documento presenta el marco conceptual general de los protocolos del IDEAM, destinado a describir la razón de la selección de las variables o componentes del ciclo hidrológico a los cuales están dirigidos, su alcance, justificación y la estructura de los mismos, de acuerdo con el documento de IDEAM - EPAM (2011), “Ajuste del programa nacional de monitoreo del recurso hídrico y la determinación de la estrategia de su implementación respondiendo a los indicadores ambientales de seguimiento del recurso hídrico y un estudio de reingeniería de la red, el cual debe definir la red básica nacional para el monitoreo del recurso hídrico y las necesidades de infraestructura para llevar a cabo su implementación. Informe final. Protocolos y procedimientos”.

3.4.2. Objetivos de los protocolos

El monitoreo del agua se puede definir como un programa de continua supervisión diseñado científicamente, para observar, medir, muestrear y analizar mediante métodos técnicos normalizados, variables físicas, químicas y biológicas seleccionadas con los siguientes objetivos (VRBA, SOBLSEK. 1988, en VARGAS, 2010):

- Capturar, procesar y analizar los datos sobre la cantidad y calidad de las aguas meteóricas, superficiales y subterráneas, que permitan tener una línea base de conocimiento sobre el estado y las tendencias de los procesos naturales e impactos de las actividades antrópicas en tiempo y espacio.

- Suministrar información para el mejoramiento en la planeación y diseño de políticas y sistemas de aprovechamiento, protección y conservación de los recursos hídricos.

De la anterior definición son de destacar dos características del monitoreo: se basa en métodos técnicos normalizados, y se usa para la planeación y el diseño de sistemas de aprovechamiento y conservación de los recursos hídricos.

Si un dato, por ejemplo, el caudal de un río, no se mide mediante una técnica normalizada, ese dato sólo podrá entenderlo y usarlo quien lo mide, porque el mismo dato podrá ser entendido de manera diferente por otras personas y, por tanto, podrá llevar a equivocaciones en su uso.

Esta es la razón de los protocolos de monitoreo de los recursos hídricos: que un dato, trátese de altura, nivel, caudal o concentración, pueda ser medido de la misma manera por todos, o por lo menos con métodos equivalentes. Porque sólo así tendrá el mismo significado para todos y podrá ser utilizado de la misma forma para resolver los diferentes problemas relativos al aprovechamiento, protección o conservación del recurso.

3.4.3. Variables e indicadores

De acuerdo con lo expuesto, la tabla 21 muestra las variables e indicadores básicos objeto del monitoreo de cada uno de los componentes básicos del balance hídrico.

Tabla 21. Variables e indicadores para monitoreo del recurso hídrico red nacional (cantidad)

Componente ciclo hidrológico	Variable	Indicador
Precipitación	Altura de precipitación	Total diario (mm/día)
		Total mensual (mm/mes)
		Total anual (mm/año)
Evaporación	Altura de evaporación	Total diario (mm/día)
		Total mensual (mm/mes)
		Total anual (mm/año)
Aguas superficiales: niveles y caudales	Nivel del agua	Promedio diario (msnm)
		Promedio mensual (msnm)
		Promedio anual (msnm)
	Caudal	Promedio diario (m^3/s)
		Promedio mensual (m^3/s)
		Promedio anual (m^3/s)
Sedimentos (carga sólida)	Concentración superficial	mg/l, o kg/ m^3
	Concentración media	mg/l, o kg/ m^3
	Transporte	kg/día, o ton/año
Aguas subterráneas	Nivel estático	Promedio mensual, trimestral o anual (msnm)
Calidad del agua	Concentración o nivel	Promedio mensual, trimestral o anual (mg/l u otro)
Temperatura	Nivel de temperatura	Promedio diario ($^{\circ}C$)
		Promedio mensual ($^{\circ}C$)
		Promedio anual ($^{\circ}C$)
		Máxima diaria ($^{\circ}C$)
		Mínima diaria ($^{\circ}C$)

Los detalles de cada una de estas variables e indicadores y la forma como se miden y procesan, están descritos en los respectivos protocolos.

3.4.4. Estrategia de monitoreo

El rediseño de la red es el primer paso para el monitoreo. Este rediseño debe determinar las zonas donde se presenta redundancia de estaciones del IDEAM, CAR y EAB, o por lo menos sobredotación, y recomendar eliminar aquellas que estén en una de tales condiciones. En el Producto 1 de este contrato se presenta una descripción general de los métodos de rediseño de redes a nivel regional.

Las estaciones eliminadas en una subzona por redundantes o sobredotación podrán ser trasladadas a otras zonas donde, de acuerdo con el rediseño, hagan falta estaciones, o a las subzonas donde no haya estaciones. No obstante, antes de eliminarla, se debe evaluar si la estación sirve propósitos específicos como pronóstico de inundaciones o planificación de riego, casos en los cuales no debería ser eliminada, pero podría buscarse trasladarle su administración a las entidades con responsabilidades en el tema (CARs, distritos de riego y drenaje, empresas de servicio, oficinas municipales de prevención y atención de desastres).

En las subzonas donde hagan falta estaciones o donde no las haya por parte de las tres entidades (IDEAM, CAR y EAB), se deberá buscar, mediante el Convenio 011 de 2013 u otro que en el futuro se suscriba, acordar las responsabilidades de su financiación, instalación, operación y mantenimiento.

Como se anotó arriba, en los casos de estaciones de otras entidades asignadas a la red nacional, las responsabilidades deben ser:

- Se debe suscribir un convenio específico entre el IDEAM, la CAR y la EAB, con participación del IDIGER para fines de red de alertas tempranas y la SDA para las cuencas urbanas, en que consten las obligaciones de cada una para cada estación o conjunto de estaciones.
- La entidad propietaria asume los costos y realiza la operación y mantenimiento de la estación, de acuerdo con sus recursos presupuestales.
- La entidad propietaria debe enviar la información capturada al Sistema de Información Regional del Recurso Hídrico SIRRH, con la periodicidad indicada en el protocolo nacional.
- El IDEAM no podrá vender la información diaria correspondiente a una estación de otra entidad que forme parte de la red regional (SIRRH).
- La entidad propietaria de una estación asignada a la red regional debe adoptar los protocolos de medición, procesamiento y control de calidad definidos por el IDEAM.

Esta estrategia es válida para las redes de precipitación, evaporación, niveles y caudales, sedimentos y calidad del agua, con algunas especificidades menores. Para el caso de la red regional de monitoreo de aguas subterráneas, las entidades podrán combinar las redes de pozos de observación propios (CAR, SDA), junto con pozos de producción de usuarios del recurso, así como la rehabilitación de pozos abandonados.

3.4.5. Contenido y alcance de los protocolos

Aunque presentan algunas diferencias secundarias ligadas a la especificidad de cada variable, los protocolos de monitoreo tienen un cuerpo de contenido común, alrededor de los siguientes temas básicos (IDEAM – EPAM, 2011):

- Objeto y objetivos
- Aspectos generales del monitoreo de niveles: dónde medir, frecuencias y horarios de lectura, parámetros a medir y unidades de medida

- Medición de niveles: instrumentos, instalación del instrumental de medición, mantenimiento de estaciones, métodos de observación.
- Registro y procesamiento de datos: registro de datos, entrada de datos al sistema, cálculos y procesamiento de datos, salida de datos, estaciones con telemetría y automáticas.
- Validación de datos: control de calidad, posibles fallas y causas de errores en los instrumentos de lectura directa y de registro continuo, validación de datos
- Almacenamiento y difusión

Los procedimientos incluidos en los protocolos contienen los elementos básicos de un programa de monitoreo. No obstante, el lector podrá encontrar dentro del texto indicaciones o fuentes de dónde puede encontrar desarrollos específicos de algunos de los temas tratados.

3.4.6. Caso específico del protocolo del Sistema de Información Regional del Recurso Hídrico SIRRH

En el Producto 4 de este contrato se han propuesto tres alternativas para el SIRRH:

A1: Alternativa orientada a indicadores ERA. Es la más sencilla de las alternativas. Consiste en que cada entidad abre un módulo o visor dentro de su página web, titulado “Indicadores ERA”, en el cual cuelga la información de los indicadores ERA de cada una de las cuencas, en la medida en que la ERA se vaya desarrollando en las distintas cuencas bajo la responsabilidad de cada entidad (ver sección 3.2.3).

A2. Alternativa orientada a servicios. Alternativa de solución para un Sistema de Información descentralizado, donde cada participante o entidad productora es dueña de sus datos, exponiendo/compartiendo a su criterio y según sus procesos internos, información como servicios para el beneficio de la comunidad interesada.

A3. Alternativa de repositorio central. Alternativa de solución para un Sistema de Información centralizado, al cual cada una de las entidades participantes envía los datos que genera, y donde se clasifica, se organiza, se procesa y finalmente se publica la información para el consumo de las entidades participantes y la comunidad.

A4. Alternativa de repositorio central en entidad. Se diferencia de la Alternativa A3 en que para la conformación del sistema interoperable se parte de un sistema existente en una de las entidades socias del Convenio 011/2013, que podría llamarse la entidad líder, que ya tenga en marcha un sistema de compartir información hidrometeorológica con otra u otras entidades. De esta forma, el trabajo consistiría en construir y poner en operación nuevos formatos y aplicativos para el ingreso de la información de los temas que haga falta.

Evidentemente, cada alternativa exige un tipo particular de protocolo, el cual debe ser definido en detalle en la etapa de diseño. Por las razones que son explicadas en el Producto 4, la presente consultoría recomienda la Alternativa 2 y, en caso de que la entidad líder acepte, lo más indicado sería implementar la Alternativa 4, con una etapa inicial de montaje de la Alternativa 1, en cualquiera de los casos. Los elementos básicos del protocolo a seguir de aquí en adelante para el desarrollo del SIRRH serán:

Alternativa A1:

Diseño:

1. Selección del sitio de la página web de cada entidad donde se colgará el módulo ERA
2. Diseño del módulo ERA. Se sugiere que éste sea común para todas las entidades, para que adquiera reconocimiento por los usuarios. El contenido mínimo del módulo ERA debe ser:
 - Mapa de la cuenca y su localización en la Región Capital
 - Descripción, significado, valor y mapa de cada indicador en la cuenca

- Datos básicos empleados para el cálculo del indicador, por ejemplo, ETR, ETP, temperatura y precipitación media anual, en el caso del índice de aridez). En lo posible, mapas de los parámetros básicos empleados.
 - Variación histórica del indicador (en el primer año de ERA sólo habrá un dato)
3. Montaje del módulo en la página de cada entidad.
 4. Operación del módulo:
 - Subida de la información de los indicadores ERA de la primera cuenca (Tunjuelo).
 - Subida de la información de los indicadores ERA de las demás cuencas, en la medida en que las entidades responsables los entreguen (CAR, EAB, SDA).
 - Actualización anual de la información de los indicadores ERA de cada cuenca, en la medida en que las entidades entreguen la información actualizada.
 5. Seguimiento y evaluación anual, a cargo de una comisión técnica del Convenio 011 de 2013.

Alternativa A2:

1. Licitación para la contratación del diseño del SIRRH (EAB) (2 meses)
2. Contratación del diseño del SIRRH (2 meses)
3. Ejecución del contrato de diseño (18 meses). El diseño debe tener en cuenta las siguientes características del sistema

Productores y consumidores: Son entidades (Inicialmente públicas) que a través de sus procesos internos producen información ambiental, y también en su actividad diaria necesitan información de otras organizaciones.

Para esta alternativa de solución, para las entidades que se integren y deseen compartir/consumir información, se hace necesario desarrollar un mecanismo de adaptación para exponer parte de la información generada; cabe anotar que deben ser adaptadores externos a sus aplicaciones misionales y no deben generar impacto en los sistemas de información de cada entidad.

Existen quienes solo consumen información como la academia, personas naturales, organizaciones internacionales y otras, las cuales podrían consumir los servicios prestados, previa explicación de lo expuesto (origen de la información, el tratamiento formulas y demás mecanismos utilizados para su producción etc.).

Integración: Se propone una capa de integración donde se organiza, se listan y se enrutan los diferentes servicios que exponen o comparten las entidades participantes, dejando disponible a la comunidad en general.

La capa de integración debe permitir la interoperabilidad entre las entidades, en tal forma que las diferentes plataformas tecnológicas utilizadas por éstas no generen ninguna restricción para compartir y consumir dichos servicios.

También debe contemplar un componente de seguridad, con el cual se asegura la información y servicios compartidos o expuestos por las entidades, para que ésta no sea alterada por entes externos y sea confiable para su consumo

Dentro de esta capa se debe realizar los procesos y/o procedimientos enfocados a la ERA, donde se alimenta de los servicios expuestos por las diferentes entidades generadoras de indicadores y demás información para la evaluación regional del agua.

Infraestructura: Plataforma tecnológica que soporta la capa de integración y a su vez toda la alternativa de solución propuesta.

Adoptando un estilo de arquitectura orientada a servicios, transforma la forma de trabajar de los stakeholder y cómo ellos participan dentro de los procesos de la entidad y la integración con otras entidades, exponiendo y consumiendo servicios para lograr sus objetivos.

Para su adopción se debe contemplar una infraestructura que cuente con servidores, balanceadores, unidades de discos, una red de datos y demás hardware con capacidades aceptables que cumplan los requerimientos de las herramientas de software que soportan un estilo SOA.

Estas herramientas son ofrecidas en el mercado por diferentes proveedores, entre los cuales se listan los más comunes en entidades del estado y privadas en Colombia como los son: IBM, Oracle, Redhat, Microsoft.

Estándares: Es una capa transversal de la alternativa de solución propuesta donde se debe establecer y adoptar estándares para un óptima comprensión entre las entidades; también es necesario que las entidades definan en lo posible términos comunes utilizados en sus actividades diarias y compartirlos con la comunicada.

Gobierno: Para soportar toda la alternativa de solución es de suma importancia y carácter obligatorio una gobernabilidad de la solución, externa al tema técnico.

En esta capa de gobierno se deben establecer lineamientos para las entidades participantes, donde se consigne presupuesto para soportar la operación y futuras actualizaciones y/o adaptaciones a cambios de cualquier índole, resolver diferencias y demás temas que se generan en la integración, que al aumentar los participantes se torna más compleja.

De acuerdo con lo expuesto, a continuación se describen las especificaciones funcionales y no funcionales del sistema a diseñar:

Especificaciones funcionales: Según necesidades de información de cada entidad, el inventario técnico recopilado de las diferentes entidades y las intervenciones técnicas de los funcionarios, es necesario que en la ejecución del proyecto se realice como parte de la ingeniería de software la especificación de los requerimientos funcionales que conllevan a los casos de uso, donde se debe plasmar la adopción de estándares y homologación de procedimientos de procesamiento, revisión, verificación y validación de datos, en forma tal que la información cumpla con los estándares, especificaciones y objetivos de las entidades para una óptima comprensión entre las mismas, y también es necesario que las estas entidades definan en lo posible términos comunes utilizados en sus actividades diarias, estos casos de uso y requerimientos serán evaluados por el equipo técnico de la interventoría con una gran participación los usuarios finales.

Requerimientos no funcionales: Son atributos de calidad que especifican criterios que pueden usarse para juzgar la operación de un sistema en lugar de sus comportamientos específicos, ya que éstos corresponden a los requisitos funcionales. Por tanto, se refieren a todos los requisitos que no describen información a guardar, ni funciones a realizar. Los requisitos no funcionales que se pueden aplicar son los siguientes:

- ✓ Seguridad
- ✓ Rendimiento
- ✓ Interfaz externa
- ✓ Disponibilidad
- ✓ Accesibilidad
- ✓ Usabilidad
- ✓ Estabilidad
- ✓ Estándares y políticas preestablecidos

- ✓ Confiabilidad
- ✓ Escalabilidad
- ✓ Interoperabilidad
- ✓ Mantenibilidad
- ✓ Conurrencia

El sistema de información debe cumplir con dichos requerimientos funcionales y no funcionales los cuales determinan el alcance de sistema de información; dentro del diagnóstico realizado se evidencia la necesidad de algunas funcionalidades bases del sistema como son:

Seguridad: La necesidad de cumplir con roles/perfiles de acceso al sistema o a los servicios prestados por cada entidad o participante (entidades, temáticos, comunidad).

Administración: Se debe cumplir con una funcionalidad de administración de los servicios expuestos por cada entidad o participante donde se pueda realizar el registro, actualización y eliminación de perfiles, usuarios, servicios a publicar entre otros detectados en la fase de concepción.

Monitoreo: Es necesario contar con un monitoreo constante donde sea fácil identificar el estado (Activo, Inactivo) de los servicios expuestos, estadísticas de uso, rendimiento, accesibilidad entre otros detectados en la fase de concepción.

Publicación: La publicación de los datos relevantes identificados en los servicios expuestos de interés general y en el caso de ser geográficos que sean de fácil visualización.

Es importante que dentro de la propuesta de diseño, dada su fase temprana, se contemplen, adopten y difundan buenas prácticas, como la utilización de patrones arquitectónicos que se adapten a la construcción de los diferentes componentes de software, y la utilización de notaciones de modelado de software, donde se empleen herramientas y lenguajes de modelado, como lo hace UML, y con las cuales se pueda elaborar diferentes vistas del sistema de información.

Es igualmente importante contextualizar una arquitectura candidata de solución, cuyos puntos se puedan discutir con los líderes técnicos de cada uno de las entidades, y evidenciar posibles riesgos que se puedan presentar antes de iniciar el desarrollo de un componente de alto impacto en la solución y donde también se puedan evidenciar los componentes colaborativos que se pueden encontrar en cada una de las entidades (ver diagnóstico de sistemas de información) a disposición de la solución.

Se espera una descripción del hardware y plataforma de software (se evaluará costo beneficio) con el cual se construirá y se desplegará el sistema de información.

El diseño debe contemplar diagramas de diseño con plantilla para su elaboración, donde el arquitecto de software del proyecto tendrá la decisión de seleccionar las vistas más representativas del sistema de información.

Diagrama de componentes lógicos. Los componentes lógicos deben mostrar las dependencias lógicas entre componentes software, sean éstos componentes fuentes, binarios o ejecutables, ilustrar las piezas del software, controladores embebidos, etc. Los diagramas de componentes prevalecen en el campo de la arquitectura de software pero pueden ser usados para modelar y documentar cualquier arquitectura de sistema, es decir para describir la vista de implementación estática de un sistema. Para el sistema se han de construir una serie de diagramas que modelan tanto la parte estática, como dinámica, pero llegado el momento, todo esto se debe materializar en un sistema implementado. Los diagramas que se recomiendan modelar son:

Contexto: Muestra a través de flujos de datos las interacciones existentes entre los agentes externos y el sistema, sin describir en ningún momento la estructura del sistema de información.

Vista funcional de procesos: Representa gráficamente las actividades que conforma cada proceso.

Vista lógica: Muestra el diseño de la funcionalidad del sistema en sus dos aspectos esenciales: su estructura, es decir, los componentes que lo integran, y su comportamiento, expresado en términos de la dinámica de interacción de dichos componentes.

Vista de diseño: Muestra el espacio del problema y el espacio de la solución es una abstracción de la realidad. Utiliza los diagramas de clases, de objetos, de estados y de actividades.

Diagramas de infraestructura: Modela los nodos de la topología de mapeo del software al hardware sobre la que se ejecuta el sistema y refleja su aspecto distribuido.

Vista de despliegue: Los diagramas de despliegue muestran las relaciones físicas de los distintos nodos que componen un sistema y el reparto de los componentes sobre dichos nodos.

Diagrama entidad-relación: Es una herramienta para el modelado de datos que permite representar las entidades relevantes de un sistema de información así como sus interrelaciones y propiedades; a partir de ello se obtiene una serie de esquemas que permite almacenar información sin redundancia y de fácil acceso aplicando las formas normales y así lograr un buen diseño.

En el Producto 4 se detallan las fases, alcances y actividades a ejecutar en el diseño.

4. Implementación del sistema. Una vez diseñado el sistema, se debe proceder a su implementación en cada una de las entidades, para lo cual se deben cumplir las siguientes actividades:
 - Acuerdo al interior del Convenio 011 de 2013, de la distribución de costos y responsabilidades.
 - Montaje del sistema de administración del sistema (gobernabilidad).
 - Montaje del hardware y software a nivel de cada entidad.
5. Operación y mantenimiento
 - Subida mensual y anual de la información objeto del SIRRH (oferta, demanda, calidad y riesgo del sistema hídrico), según sea entregada por cada entidad.
 - Estimación de los indicadores ERA a nivel de cada una de las cuencas de la Región Capital.
 - Actualización mensual y anual de la información sobre el recurso hídrico y de la estimación de los indicadores ERA de cada cuenca.
6. Seguimiento y evaluación, a cargo de una comisión técnica del Convenio 011 de 2013.

Alternativa A4:

1. Selección de la entidad líder.
2. Negociación y suscripción del Convenio o adenda al Convenio 011/2013 y determinación de la gobernanza del sistema a cargo de la entidad líder.
3. Contratación del diseño de los formatos de ingreso y salida de la información que no está aún en el sistema compartido de la entidad líder. Estos formatos tendrán el mismo tipo de los formatos del actual SIRH del IDEAM.
4. Agregar nuevos usuarios al actual sistema compartido.

5. Cada entidad que ingrese como nuevo usuario debe implementar el uso de los formatos y rutinas para ingreso y salida de su información al sistema (la mayoría ya los tiene, como CAR, EAB).
6. Agregar (ingresar) información.
7. Conformación de la base de datos interoperable.
8. Estimación de los indicadores ERA a partir de la base de datos.
9. Utilización de la información de la base de datos para los fines propios de cada entidad.
10. Generación de informes mensuales y anuales.

3.4.7. Necesidad de articulación interinstitucional

Tal como se menciona en el Producto 1 de este contrato, los programas locales y regionales de monitoreo complementan el programa nacional de monitoreo pero tienen propósitos diferentes, orientados al seguimiento de actividades de uso de los recursos hídricos, bien sea como fuente de suministro o como vehículo de desperdicios (vertimientos), con el fin de determinar medidas de protección y conservación adecuadas.

Ahora bien, la heterogeneidad de las jurisdicciones de las entidades regionales y locales de control ambiental obligan a una doble articulación desde el punto de vista del monitoreo del recurso hídrico: integración vertical e integración horizontal.

Integración vertical

La integración vertical obedece a la existencia de redes de tres niveles jerárquicos: la red nacional, las redes regionales y las redes locales, todas las cuales requieren estar relacionadas en un sistema nacional integrado (ver Producto 1).

La racionalización de recursos técnicos y económicos obliga a que la optimización de la red nacional pueda utilizar algunas estaciones de las redes regionales y locales. Asimismo, el diseño de las redes regionales debe partir de la localización de las estaciones de la red nacional, y las redes locales deben considerar las redes regionales y la red nacional. En particular, la red nacional es una red de largo plazo, mientras que las redes regionales y locales pueden ser de carácter temporal, que requieren establecer correlaciones con las estaciones de la red nacional de referencia, en especial para alargar sus series y estimar lluvias y/o caudales de diseño de obras de infraestructura.

La integración vertical debe ser, por tanto, de doble vía, desde la red nacional (IDEAM) para buscar la forma de integrar estaciones regionales y locales para completar la red nacional, y desde las redes regionales y locales, para utilizar la información de las estaciones de la red nacional para sus propósitos de control y/o diseño.

La integración es crítica en el caso de la red nacional de aguas subterráneas, la cual debe partir de las redes regionales y locales.

Integración horizontal

Los programas regionales de monitoreo del recurso hídrico tienen por objeto hacer seguimiento a problemas específicos de aprovechamiento o contaminación del recurso, con el fin de adoptar programas adecuados de

control. Eventualmente, el monitoreo a nivel regional puede desarrollarse como elemento básico para la planificación y el diseño de un proyecto de aprovechamiento de agua a nivel regional, como embalses para fines de generación eléctrica, control de inundaciones, suministro de agua para riego y/o consumo humano, navegación fluvial y recreación, entre otros. Por estas razones, estos tipos de monitoreos deben estar en cabeza de las autoridades ambientales regionales (CARs).

Ahora bien, dado que las jurisdicciones de las Corporaciones Autónomas Regionales (CARs) están comprendidas en general por límites municipales y/o departamentales y muy escasamente por límites naturales como divisorias de cuencas hidrográficas o ecosistemas, es importante que, de acuerdo con la naturaleza del problema o proyecto, las CARs armonicen o coordinen sus programas de monitoreo, con el fin de evitar duplicidad de esfuerzos. Es el caso particular de corporaciones a las que un río les sirve como límite, o aquellas que comparten una cuenca (una con jurisdicción en la parte alta y otra en la parte media y baja, por ejemplo). Este último caso puede ser crítico en los casos de cuencas rural-urbanas, en las cuales la parte alta de la cuenca está bajo la jurisdicción de una CAR, la parte media en jurisdicción de una Autoridad Ambiental Urbana (AAU) y la parte baja nuevamente en jurisdicción de una CAR (la misma u otra), lo que sucede, entre otras, en las cuencas que atraviesan la ciudad de Bogotá.

El control adecuado de las concesiones y vertimientos y, en general, la planificación del uso y manejo del recurso hídrico, exigen que las funciones de las CARs en estos cuerpos de agua se realicen de manera coordinada y conjunta. Para este fin se pueden utilizar algunos mecanismos previstos en las leyes o aquellos que se muestren más adecuados a la naturaleza del problema por resolver. Entre ellos son de mencionar: a) la creación de comisiones conjuntas entre las corporaciones limítrofes o que comparten ríos; b) la elaboración y ejecución coordinada de planes de ordenación y manejo de las cuencas compartidas (POMCAs); c) el diseño, instalación y operación de redes de monitoreo comunes.

En este sentido, si bien en el Convenio 011 de 2013 sólo participan la CAR y la SDA, como autoridades ambientales, es necesario integrar en el futuro a otras autoridades con jurisdicción en la cuenca del río Bogotá (CORPOGUAVIO) y en otras cuencas de Cundinamarca (CORPOCHIVOR, CAS, CORPOGUAVIO y CORPORINOQUIA, principalmente)

3.4.8. ¿A quiénes van dirigidos los protocolos?

Los protocolos están dirigidos a las autoridades ambientales regionales y locales que deben montar y operar redes de monitoreo del recurso hídrico, como soporte para el estudio y otorgamiento de concesiones de agua, permisos de vertimiento, licencias ambientales y/o para la planeación de programas y proyectos de control de inundaciones, control de inestabilidad de tierras, previsión y control de incendios de vegetación, riego y drenaje, de acuerdo con sus funciones legales.

La aplicación de los protocolos por parte de todas las entidades con funciones de monitoreo permitirá homologar procedimientos de medición, procesamiento y validación de la información generada, en forma tal que los datos producidos por todas ellas sean comparables entre sí.

3.4.9. Glosario de términos

Aunque en cada uno de los protocolos se presenta la definición de los términos técnicos utilizados, es posible acceder a fuentes internacionales con glosarios aceptados a nivel internacional. Entre ellas se cita especialmente:

UNESCO. Glosario Hidrológico Internacional. Paris. 2011.

<http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/glossary/glu/HINDES.HTM>

3.5. NUEVOS INDICADORES DEL RECURSO HÍDRICO PARA LA REGIÓN CAPITAL

En la sección 3.2.6 y en el Anexo 2 del Producto 1, se presenta una propuesta de modificación de algunos de los actuales indicadores de la ERA, junto con el diseño de otros ocho (8) indicadores nuevos para su validación en fases posteriores de la ERA.

No obstante, es necesario anotar que en desarrollo del presente proyecto se ha comprobado que ninguna de las entidades de la Región Capital estima los indicadores básicos propuestos por el IDEAM para la evaluación regional del agua (ERA). Además, sólo para muy contados indicadores existe la información necesaria para su cálculo. Por tanto, la prioridad del programa ERA debiera ser la generación de la información necesaria para la estimación de los indicadores ERA al nivel de las cuencas subsiguientes al de subzona hidrográfica. No se justifica en el estado actual de conocimiento implementar nuevos indicadores cuando no es posible estimar los ya propuestos por el IDEAM.

No obstante lo anterior, en el desarrollo del Producto 3 se vio la necesidad de modificar dos de los indicadores propuestos por el IDEAM, a saber:

- IACAL, debido fundamentalmente a que las escalas propuestas para este indicador no se adaptan al nivel de cuenca subsiguiente, aunque sí lo puedan ser para el nivel de subzona hidrográfica, para el cual fueron diseñados.
- IVET, debido al cambio de su significado con el cambio de escala y a la dificultad para el cálculo del subíndice de variabilidad.

En el Anexo 2 del Producto 1 (secciones 6.1 a 6.2 y tablas 10 a 17), se presentan en detalle las modificaciones propuestas y las razones de las mismas.

De otro lado, dado que EPAM ya había comenzado a trabajar en nuevos indicadores antes de la validación de los indicadores ERA en la cuenca piloto, en las secciones 6.3 a 6.10 (tablas 18 a 25) del Anexo 2 del Producto 1, se presentan igualmente las propuestas para un nuevo indicador de amenaza al sistema hídrico por pérdida de ecosistemas reguladores, 6 indicadores de amenaza de eventos torrenciales y 1 indicador de amenaza por variabilidad y cambio climático¹, así:

- Propuesta de índice de amenaza de crecidas torrenciales con base en tiempo de concentración IACT1
- Propuesta de índice de amenaza de crecidas torrenciales con base en tiempo al pico IACT2
- Propuesta de índice de amenaza de flujos torrenciales de fase líquida con base en pendiente crítica IAFL1
- Propuesta de índice de amenaza de flujos torrenciales de fase líquida con base en número de Melton IAFL2
- Propuesta de índice de amenaza de flujos torrenciales de fase sólida en el cauce IAFS1
- Propuesta de índice de amenaza de flujos torrenciales de fase sólida en laderas IAFS2
- Propuesta de índice de amenaza al sistema hídrico por pérdida de ecosistemas reguladores IAPER
- Propuesta de índice simplificado de seguimiento a la variabilidad y al cambio climático (ISVCC)

¹ Los índices de crecidas y flujos torrenciales se toman del proyecto FOPAE – ERA elaborado por EPAM (2014)

3.6. LÍNEA BASE DEL RECURSO HÍDRICO EN LA REGIÓN CAPITAL

3.6.1. Marco legal e institucional

A. Marco legal

De acuerdo con el Diagnóstico de la SDA sobre marco legal, actualizado en este producto, la tabla 22 muestra las principales normas sobre el recurso hídrico aplicables a la ERA.

Tabla 22. Marco legal para la ERA (SDA, 2012; y este estudio)

Norma	Descripción	Aplicación ERA
NORMATIVIDAD NACIONAL		
Constitución Política de Colombia, 1991	Art. 8 Corresponsabilidad Estado – Comunidad de las riquezas naturales de la nación.	General
	Art. 49 Saneamiento ambiental como servicio público	General
	Art. 58 Función ecológica de la propiedad	General
	Art. 79 Derecho a un ambiente sano	General
	Art. 80 Planificación de los recursos naturales a cargo del estado.	General
	Art. 82 Las entidades públicas participarán en la plusvalía que genere su acción urbanística y regularán la utilización del suelo y del espacio aéreo urbano en defensa del interés común.	General
	Art. 95 Deber de los colombianos de proteger y conservar el medio ambiente.	General
Ley 23 1973	Plantea la necesidad de proteger los recursos naturales renovables, fija límites mínimos de contaminación y establece sanciones por violación de las normas. Se faculta al Presidente de la República para expedir el Código de los Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente.	General
Decreto Ley 2811 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.	General
Decreto 1541 1978	Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973.	Oferta, demanda, riesgos
Resolución 372 de 1998 MMA	Actualiza las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos y se dictan otras disposiciones. Vigencia confirmada por el decreto 3100 de 2003 del MAVDT y la resolución 2650 de 2006 del DAMA.	Calidad
Ley 9 de 1979	Código Sanitario Nacional. Los artículos 3° al 9° tratan sobre el control sanitario de los usos del agua y los artículos 10° al 21 sobre los residuos líquidos.	Demandada, calidad
Decreto 1594 1984	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.	Calidad
Ley 99 1993	Por la cual se crea el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental - SINA- y se dictan otras disposiciones	General
Ley 142 de 1994	Marco general para la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica,	General

Norma	Descripción	Aplicación ERA
	distribución de gas combustible, telefonía fija pública básica conmutada y telefonía local móvil en el sector rural.	
Decreto 1600 1994	Por el cual se reglamenta parcialmente el Sistema Nacional Ambiental -SINA- en relación con los Sistemas Nacionales de Investigación Ambiental y de Información Ambiental	General
Decreto 1933 1994	Por el cual se reglamenta el artículo 45 de la Ley 99 de 1993 relacionado con energía hidroeléctrica o termoeléctrica	Demanda
Ley 373 de 1997	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.	Demanda
Ley 388 de 1997	Establece el marco conceptual e instrumental para formular y ejecutar planes municipales y distritales de ordenamiento territorial. Derogó y modificó buena parte del contenido de la Ley 9 de 1989.	General
Resolución 1096 de 2000 CRA	Adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico - RAS. El Título E fija los criterios básicos y requisitos mínimos que deben reunir los diferentes procesos involucrados en la conceptualización, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, la puesta en marcha, la operación y el mantenimiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales que se desarrollen en la República de Colombia, con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia, sostenibilidad y redundancia dentro de un nivel de complejidad determinado.	Calidad, riesgo
Decreto 1729 2002	Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del artículo 5° de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones.	Oferta, demanda, calidad, riesgos
Decreto 1604 2002	Por el cual se reglamenta el párrafo 30. del artículo 33 de la Ley 99 de 1993 de las comisiones conjuntas.	General
Decreto 3100 2003	Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones.	Demanda
Decreto 155 2004	Por el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones.	Demanda
Decreto 3440 de 2004	Por el cual se modifica el Decreto 3100 de 2003 en aspectos de la implementación de la tasa retributiva.	Demanda
Resolución 240 de 2004	Por la cual se definen las bases para el cálculo de la depreciación y se establece la tarifa mínima de la tasa por utilización de aguas.	Demanda
Resolución 865 2004	Por la cual se adopta la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales a que se refiere el Decreto 155 de 2004 y se adoptan otras disposiciones.	Oferta, demanda
Resolución 1433 de 2004	Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones	Calidad
Resolución 2145 de 2005	Modifica parcialmente la Resolución 1433 de 2004 del MAVDT, en cuanto a los plazos para la presentación de los PSMV por parte de las entidades operadoras del sistema de alcantarillado.	Calidad
Decreto 4742 2005	Por el cual se modifica el artículo 12 del Decreto 155 de 2004 y se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas.	Demanda
Decreto 1900 2006	Por el cual se reglamenta el párrafo del artículo 43 de la ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones.	General

Norma	Descripción	Aplicación ERA
Resolución 872 de 2006	Por la cual se establece la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas subterráneas a que se refiere el Decreto 155 de 2004 y se adoptan otras disposiciones.	Oferta, demanda
Ley 1151 de 2007	Plan Nacional de Desarrollo. Modifica los artículos 42, 44, 46, 111 de la Ley 99 de 1993.	General
Decreto 1323 de 2007	Por el cual se crea el Sistema de Información del Recurso Hídrico - SIRH.	Sistema Información
Decreto 1324 de 2007	Por el cual se crea el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico y se dictan otras disposiciones	Sistema información
Decreto 1480 de 2007	Por el cual se priorizan a nivel nacional el ordenamiento y la intervención de algunas cuencas hidrográficas y se dictan otras disposiciones	Oferta, demanda, riesgos
Decreto 1575 de 2007	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la calidad del agua para consumo humano.	Calidad
Resolución 2115 de 2007	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.	Calidad
Ley 1333 de 2009	Establece el procedimiento sancionatorio ambiental.	General
Decreto 2820 de 2010	Reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales.	Demanda
Decreto 3930 de 2010	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI-Parte III- Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidas y se dictan otras disposiciones.	Demanda
Decreto 4728 de 2010	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010.	Demanda
Decreto 303 de 2012 MADS	Por el cual se reglamenta parcialmente el artículo 64 del decreto - ley 2811 de 1974 en relación con el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico y se dictan otras disposiciones.	Demanda
Decreto 2667 de 2012 MADS	Se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales. Deroga los Decretos 3100 de 2003 y 3440 de 2004. Mantiene la vigencia de las tarifas de la Resolución 372 de 1998 del MMA.	Calidad
Decreto 1640 de 2012 MADS	Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones: Reglamenta en especial la competencia de las ERA.	Oferta, demanda, calidad, riesgo, sistemas de información
Ley 1523 de 2012	Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.	Riesgo
Decreto 3050 de 2013 MVCT	Por el cual se establecen las condiciones para el trámite de las solicitudes de viabilidad y disponibilidad de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado	Demanda
NORMATIVIDAD DISTRITAL		
Decreto 469 de 2003	Modifica el Decreto 619 de 2000 por el cual se adoptó el POT del Distrito Capital. El artículo 159 adoptó el nuevo esquema de tratamiento con dos plantas, una en el Salitre y la otra en el sector de Canoas, en Soacha. El artículo 106 definió el nuevo programa de tratamiento de aguas residuales en las dos plantas y estableció que la primera fase de la PTAR Canoas sería tratamiento primario químicamente asistido (TPQA).	General

Norma	Descripción	Aplicación ERA
Resolución 2650 de 2006	Por la cual se implementa la tarifa mínima de la tasa retributiva por vertimientos puntuales en la jurisdicción del DAMA (hoy, Secretaría Distrital de Ambiente – SDA).	Calidad
Decreto 456 de 2008	Por el cual se reforma el Plan de Gestión Ambiental del Distrito Capital y se dictan otras disposiciones	General
Resolución SDA 3956 de 2009	Por la cual se establece la norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados al recurso hídrico en el Distrito Capital	Calidad
Resolución SDA 3957 de 2009	Por la cual se establece la norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados a la red de alcantarillado público en el Distrito Capital	Calidad
Decreto 485 de 2011	Por el cual se adopta el Plan Distrital del Agua	Oferta, demanda, calidad, riesgos
Decreto 64 de 2012	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 485 de 2011, se reconoce el derecho al consumo mínimo vital de agua potable a los Estratos 1 y 2 de uso residencial y mixto y se toman otras determinaciones	Demanda
NORMATIVIDAD CAR		
Acuerdo 58 de 1987 Derogado por el acuerdo 15 del 2000	Por el cual se dictan normas para el manejo, administración y control de la calidad del recurso hídrico de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Bogotá, Ubaté y Suárez "CAR"	Calidad
Resolución 250 de 1997	Por la cual se fijan tasas para el aprovechamiento de aguas subterráneas	Oferta, demanda
Resolución 1074 de 1997	Por la cual se establecen estándares ambientales en materia de vertimientos	Calidad
Acuerdo 15 de 2000	Por medio del cual se fija la meta de reducción de la carga contaminante por vertimientos puntuales en las cuencas de la jurisdicción de la Corporación	Calidad
Acuerdo 43 de 2006	Establece los objetivos de calidad para la cuenca del río Bogotá, a lograr en el año 2020.	Calidad
CAR	Diligenciar el Formulario Único Nacional de Solicitud de Permiso de Vertimientos, ESA-PR-01-FR-05.	Calidad
Resolución 3194 de 2006	Por el cual se aprueba el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá y se toman otras determinaciones	Oferta, demanda, calidad, riesgo
Resolución 3484 de 2006	Por el cual se aprueba el Plan de Ordenación y Manejo de las Cuencas Hidrográficas de tercer orden: Río Magdalena (sector Nariño), Río Seco, Río Magdalena (sector Beltrán), Río Seco de Las Palmas, Quebrada Seca - Doña Inés, Río Chaguaní, Río Magdalena (sector Guaduas), Río Seco Norte, Río Magdalena (sector Puerto Salgar) y Río Negrito, y se toman otras determinaciones.	Oferta, demanda, calidad, riesgo
Resolución CAR 542 de 2009 Resolución CAR-CAS conjunta 1 de 2009	Por medio de la cual se aprueba el plan de ordenación y manejo de la cuenca del Río Minero en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca	Oferta, demanda, calidad, riesgo
Resolución conjunta CAR-CORPOBOYACÁ-CORPOCHIVOR 1 de 2006	Por la cual se aprueba el plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Garagoa y se toman otras determinaciones	Oferta, demanda, calidad, riesgo
Resolución 3493 de 2006	Por la cual se aprueba parcialmente el plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Ubaté - Suárez y se toman otras determinaciones	Oferta, demanda, calidad, riesgo

Norma	Descripción	Aplicación ERA
Resolución 327 de 2009	Por medio de la cual se aprueba el plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Negro, en jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca	Oferta, demanda, calidad, riesgo
Resolución CAR 1255 de 2012 Resolución conjunta PNNC-CORPOGUAVIO-CAR-CORPORINOQUIA-CORMACARENA 2 de 2012	Por medio de la cual se aprueba y adopta el plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Blanco - Negro - Guayuriba y se toman otras determinaciones	Oferta, demanda, calidad, riesgo
POLÍTICAS NACIONALES		
Conpes 3177/2002	Acciones prioritarias y lineamientos para la formulación del Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales (PMAR)	Calidad
Conpes 3320/2004	Estrategia para el manejo ambiental del río Bogotá.	Calidad
Conpes 3381/2005	Importancia estratégica de los recursos de inversión regional - Agua potable y saneamiento básico	Calidad
Conpes 3383/2005	Plan de desarrollo del sector de acueducto y alcantarillado	Oferta, demanda, calidad
2004 MAVDT-DNP	Plan nacional de manejo de aguas residuales municipales de Colombia – PMAR.	Calidad
2010 MAVDT	Política nacional para la gestión integral del recurso hídrico (PNGRH)	Oferta, demanda, calidad, riesgo, sistemas de información
NORMAS TÉCNICAS Y GUÍAS		
Norma Técnica Colombiana NTC 5167 (ICONTEC)	Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo. Esta norma establece los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben ser sometidos los productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y como enmiendas o acondicionadores de suelos. La información contenida en esta Norma Técnica es de utilidad para estudiar los requisitos normativos en la opción de aplicación de los biosólidos al suelo como abonos o complementos de ellos.	Calidad
40 CFR 503 (EPA)	Estándares para el uso y disposición de lodo proveniente del tratamiento de aguas residuales: Reducción de patógenos, de vectores, estándar para aplicación en terrenos, para disposición superficial, para incineración.	Calidad
NFU 44-095 (Unión Europea)	Estándares de calidad del lodo proveniente del tratamiento de aguas residuales para elaboración del compost.	Calidad
86/278/CE (Unión Europea)	Utilización de lodos en agricultura. (metales)	Calidad
IDEAM	Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas. Guía técnico científica del IDEAM	Calidad
IDEAM	Guía meteorológica para la protección integral de aguas subterráneas	Demanda, calidad
IDEAM	(MESOCA) meteorología simplificada para el establecimiento de objeto de calidad	Calidad
IDEAM. 2013	Lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua	Oferta, demanda, calidad, riesgo, sistemas de información.

Norma	Descripción	Aplicación ERA
Norma NS-039 EAAB	Vertimiento de residuos líquidos.	Calidad
Norma NS-126 EAB	Permisos ambientales.	General

B. Marco institucional

En relación con el marco institucional, la tabla 23 muestra las entidades y sus competencias en materia de agua en la región.

Tabla 23. Entidades regionales relacionadas con la gestión del agua y sus competencias

Entidad	Competencias	Aplicación ERA
Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR	Autoridad ambiental regional Mayor parte del departamento de Cundinamarca y parte de Boyacá)	Oferta, demanda, calidad, riesgo, sistemas de información
Corporación Autónoma Regional del Guavio CORPOGUAVIO	Autoridad ambiental regional (parte del departamento de Cundinamarca)	Oferta, demanda, calidad, riesgo, sistemas de información
Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia CORPORINOQUIA	Autoridad ambiental regional (parte del departamento de Cundinamarca)	Oferta, demanda, calidad, riesgo, sistemas de información
Corporación Autónoma Regional de Chivor CORPOCHIVOR	Autoridad ambiental regional (parte del departamento de Cundinamarca)	Oferta, demanda, calidad, riesgo, sistemas de información
Corporación Autónoma Regional de La Macarena CORMACARENA	Autoridad ambiental regional (parte del departamento de Cundinamarca)	Oferta, demanda, calidad, riesgo, sistemas de información
Parque Nacional Natural Páramo de Chingaza PNNC (UAESPNN)	Autoridad ambiental al interior del Parque Nacional Natural Chingaza	Oferta, demanda, calidad, riesgo, sistemas de información
Gobernación de Cundinamarca	Primera autoridad político administrativa regional (a nivel del departamento)	Oferta, riesgo
Secretaría Distrital de Ambiente SDA	Autoridad ambiental urbana de Bogotá D.C.	Oferta, demanda, calidad, riesgo, sistemas de información
Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá EAB	Usuaria del agua. Responsable del suministro de agua potable para la ciudad de Bogotá y 11 municipios vecinos, del alcantarillado urbano y del sistema de tratamiento de las aguas residuales de Bogotá	Oferta, demanda, calidad, riesgo, sistemas de información
Fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá FOPAE	Responsable de la prevención y atención de emergencias y desastres (inundaciones, avenidas torrenciales, incendios forestales, remoción en masa, otros)	Riesgo, sistemas de información

C. Modificación excepcional del plan de ordenamiento territorial de Bogotá D.C. Decreto 364 de 2013.

La modificación del Plan de Ordenamiento Territorial² cubre numerosos aspectos, pero, para fines de este producto, se hará referencia sólo a los relativos a la gestión del riesgo. Este tema, por primera vez, es abordado en forma integrada con el manejo de la gestión del cambio climático, lo cual le imprime una importancia muy grande para los fines de la evaluación regional del agua y de la gestión integral del agua en general. A continuación se enumeran los artículos en los cuales se toman determinaciones sobre estos aspectos. No se hace una descripción de cada uno de ellos, pues se sale del alcance de este producto.

² Este plan se encuentra en este momento suspendido por orden del Consejo de Estado.

Subcapítulo I. COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA ECOLÓGICA PRINCIPAL

Sección 3. Elementos conectores complementarios

Artículo 86. Parques especiales de protección par riesgo

Artículo 87. Régimen de usos de los parques especiales de protección por riesgo.

CAPÍTULO VI. GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

Sección 1. Principios, definiciones y determinantes de gestión de riesgos

Artículo 94. Gestión de riesgos

Artículo 95. Definiciones de la gestión de riesgos asociadas al cambio climático.

Artículo 96. Objetivos de la gestión de riesgos

Artículo 97. Determinantes de riesgo para el ordenamiento

Artículo 98. Acciones derivadas de la incorporación efectiva de la gestión de riesgos en las decisiones del ordenamiento territorial

Sección 2. Sistema Distrital de Gestión de Riesgos

Subsección 1. Sistema Distrital de Gestión de Riesgos

Artículo 99. Sistema Distrital de Gestión de Riesgo

Artículo 100. Actualización del Sistema Distrital de Prevención y Atención de Emergencias SDPAE Artículo 101.

Conocimiento del riesgo

Artículo 102. Generación de información de nuevas amenazas

Artículo 103. Análisis de vulnerabilidad

Artículo 104. Análisis específicos de riesgo y planes de contingencia

Artículo 105. Gestión integral del riesgo para las redes de los servicios públicos domiciliarios y las tecnologías de información y las comunicaciones-TIC

Artículo 106. Identificación y acciones en suelos con presunción de contaminación o contaminados Subsección 2, Reducción de riesgos

Artículo 107. Armonización y articulación de la información hidrometeorológica

Artículo 108. Estrategias para el monitoreo de amenazas

Artículo 109. Adopción del mapa de suelos de protección por riesgos

Sección 3. Decisiones de ordenamiento territorial asociadas a condiciones de riesgos

Subsección 1. Amenazas por fenómenos de remoción en masa

Artículo 110. Zonas o áreas en amenaza por fenómenos de remoción en masa

Artículo 111. Categorías de amenaza por fenómenos de remoción en masa

Artículo 112. Condicionamientos para adelantar procesos de urbanización, parcelación y/o construcción de obra nueva en zonas o áreas de amenaza alta, media y baja por fenómenos de remoción en masa Artículo 113.

Condicionamientos por riesgo para procesos de licencias de construcción en desarrollos urbanos que han sido objeto de legalización o regularización .

Artículo 114. Áreas prioritarias para intervención gestión de riesgos

Subsección 2. Amenazas de inundación

Artículo 115. Zonas o áreas en amenaza por fenómenos de inundación por desbordamiento

Artículo 116. Categorías de amenaza por fenómenos de inundación por desbordamiento

Artículo 117. Condicionamientos para adelantar procesos de urbanización, parcelación y/o construcción en zonas o áreas de amenaza alta, media y baja por fenómenos de inundación

Subsección 3. Amenaza sísmica

Artículo 118. Amenaza sísmica

Artículo 119. Categorías de la microzonificación sísmica

Subsección 4. Amenazas de incendios forestales

Artículo 120. Zonas o áreas en amenaza de incendios forestales

Artículo 121. Condiciones y restricciones para desarrollos en área de amenaza por incendios forestales

Artículo 122. Prohibición de nuevas actividades exploratorias y extractivas en el suelo y subsuelo

Artículo 123. Zonas de transición y de recuperación morfológica, paisajística y/o ambiental de áreas afectadas por actividades extractivas

- Artículo 124. Disposiciones aplicables a las áreas afectadas por actividad extractiva.
- Artículo 125. Escenarios de transición
- Artículo 126. Gestión integral del riesgo en suelo rural
- Artículo 127. Acciones asociadas a pasivos ambientales
- Sección 4. Lineamientos de urbanismo y construcción segura y sostenible
- Artículo 128. Seguridad territorial
- Subsección 1. Lineamientos de adaptación frente a la variabilidad climática y los efectos del cambio climático
- Artículo 129. Lineamientos para la adaptación basada en ecosistemas
- Artículo 130. Lineamientos frente al riesgo por desabastecimiento de agua
- Artículo 131. Lineamientos frente al riesgo por islas de calor
- Artículo 132. Lineamientos para recuperar el proceso hidrológico natural del suelo urbano.
- Artículo 133. Lineamientos frente al riesgo por desabastecimiento energético
- Artículo 134. Lineamientos generales de adaptación en suelo rural
- Subsección 2. Lineamientos de mitigación frente al cambio climático
- Artículo 135. Lineamientos para la mitigación de gases efecto invernadero (GEI)
- Artículo 136. Lineamientos para la mitigación de gases efecto invernadero (GEI) en el área rural.
- Sección 5. Instrumentos y mecanismos para la gestión de riesgos y la adaptación y mitigación ante el cambio climático
- Artículo 137. Instrumentos
- Artículo 138. Política de ecorurbanismo y construcción sostenible
- Artículo 139. Incentivos a la construcción sostenible
- Artículo 140. Implementación de construcción sostenible
- Artículo 141. Plan Distrital de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático
- Artículo 142. Plan Distrital de Gestión de Riesgos
- Artículo 143. Plan Regional de Cambio Climático para la Región Capital Bogotá - Cundinamarca- PRICC
- Artículo 144. Plan Distrital de Gestión del Riesgo por Incendios Forestales

Para la gestión del riesgo en el Distrito Capital, el POT acoge los mapas de amenaza por inundaciones, remoción en masa e incendios forestales que se transcriben en las figuras 150, 151 y 152 del numeral 4.8.2. de esta misma sección.

3.6.2. Oferta regional de aguas superficiales

No existen estudios comprensivos sobre la oferta hídrica a nivel de toda la región. El más reciente estudio elaborado para la CAR (DARE – EPAM, 2014), permite obtener las siguientes conclusiones a nivel de la jurisdicción de la CAR:

- *Provincia de Almeidas*: La precipitación anual media es del orden de 968 mm anuales, la evapotranspiración real es del orden de 716 mm anuales.
- *Provincia de Sabana Occidente*: La precipitación anual media es del orden de 930 mm anuales, la evapotranspiración real es del orden de 683 mm anuales.
- *Provincia de Soacha*: La precipitación anual media es del orden de 966 mm anuales, la evapotranspiración real es del orden de 712 mm anuales.
- *Provincia de Sumapaz*: La precipitación anual media es del orden de 922 mm anuales, la evapotranspiración real es del orden de 653 mm anuales.
- *Provincia de Tequendama*: La precipitación anual media es del orden de 932 mm anuales, la evapotranspiración real es del orden de 747 mm anuales.
- *Provincia de Ubaté*: La precipitación anual media es del orden de 963 mm anuales, la evapotranspiración real es del orden de 711 mm anuales.
- *Provincia de Alto Magdalena*: La precipitación anual media es del orden de 1022 mm anuales, la evapotranspiración real es del orden de 897 mm anuales.
- *Provincia de Bajo Magdalena*: La precipitación anual media es del orden de 934 mm anuales, la evapotranspiración real es del orden de 857 mm anuales.
- *Provincia de Bogotá y La Calera*: La precipitación anual media es del orden de 965 mm anuales, la evapotranspiración real es del orden de 714 mm anuales.
- *Provincia de Chiquinquirá*: La precipitación anual media es del orden de 967 mm anuales, la evapotranspiración real es del orden de 717 mm anuales.
- *Provincia de Gualivá*: La precipitación anual media es del orden de 942 mm anuales, la evapotranspiración real es del orden de 733 mm anuales.
- *Provincia de Magdalena Centro*: La precipitación anual media es del orden de 968 mm anuales, la evapotranspiración real es del orden de 818 mm anuales.
- *Provincia de Rionegro*: La precipitación anual media es del orden de 930 mm anuales, la evapotranspiración real es del orden de 706 mm anuales.
- *Provincia de Sabana Centro*: La precipitación anual media es del orden de 952 mm anuales, la evapotranspiración real es del orden de 692 mm anuales.

Los mapas de las figuras 6 a 10 muestran la precipitación promedio multianual, la precipitación media del 2012, la escorrentía promedio multianual, la escorrentía anual del 2012 y los excedentes de escorrentía, respectivamente. El mapa de escorrentía total multianual, indicador de la oferta hídrica, permite observar que las zonas de mayor escorrentía se localizan alrededor de los municipios de Sasaima – Villeta – Chaguaní (1.576-1.871 mm) y Silvania – Tibacuy – Fusagasugá (1.576-1.994 mm), mientras las de menor escorrentía están en la sabana de Bogotá y alrededor de Suesca – Cucunubá (menos de 186 mm). Los páramos (Sumapaz en este caso) presentan escorrentías intermedias a altas (1.464-1.667). El resto de la jurisdicción de la CAR presenta condiciones intermedias.

Figura 6. Mapa de precipitación promedio multianual en mm.

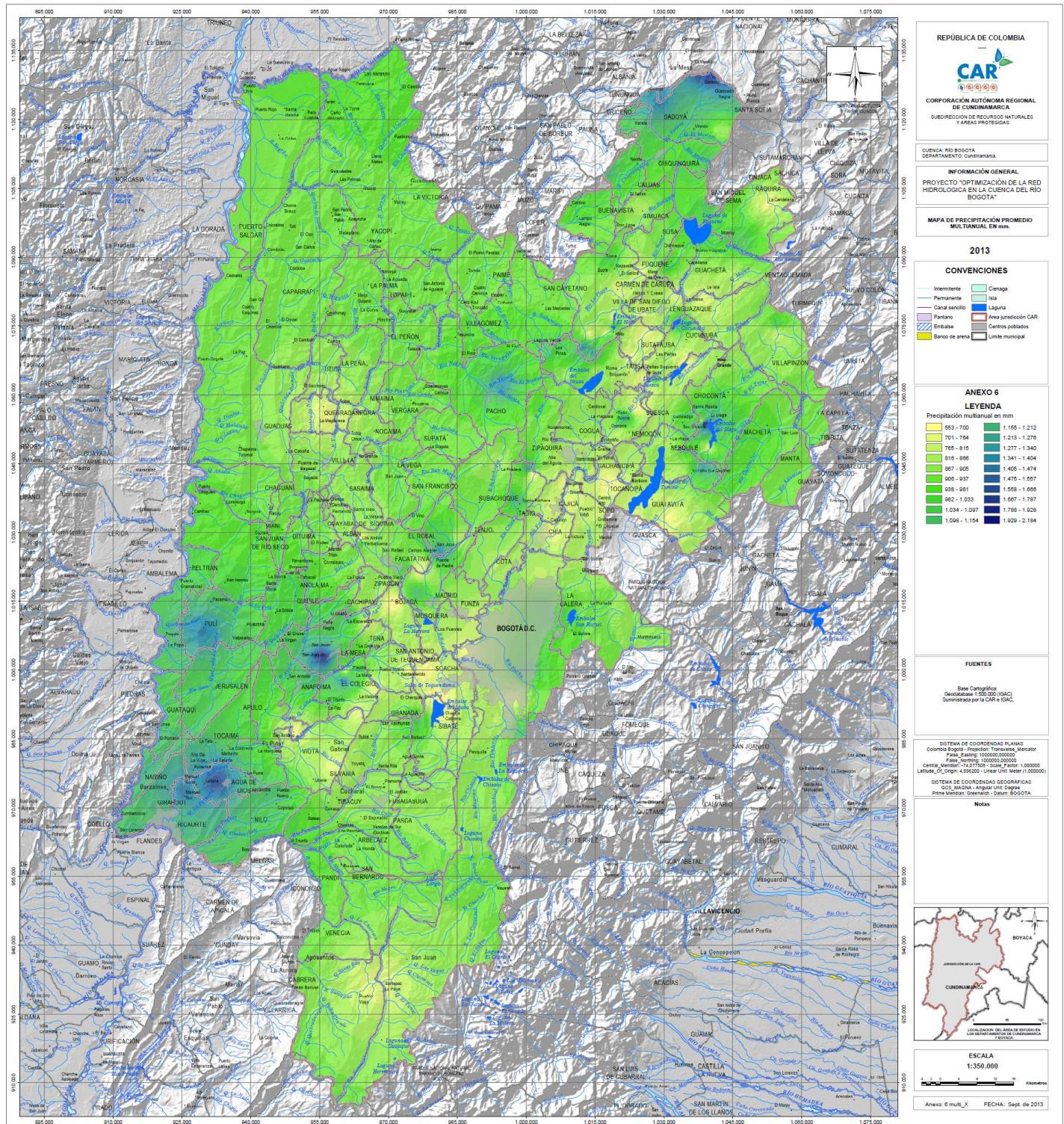


Figura 7. Precipitación total anual año 2012.

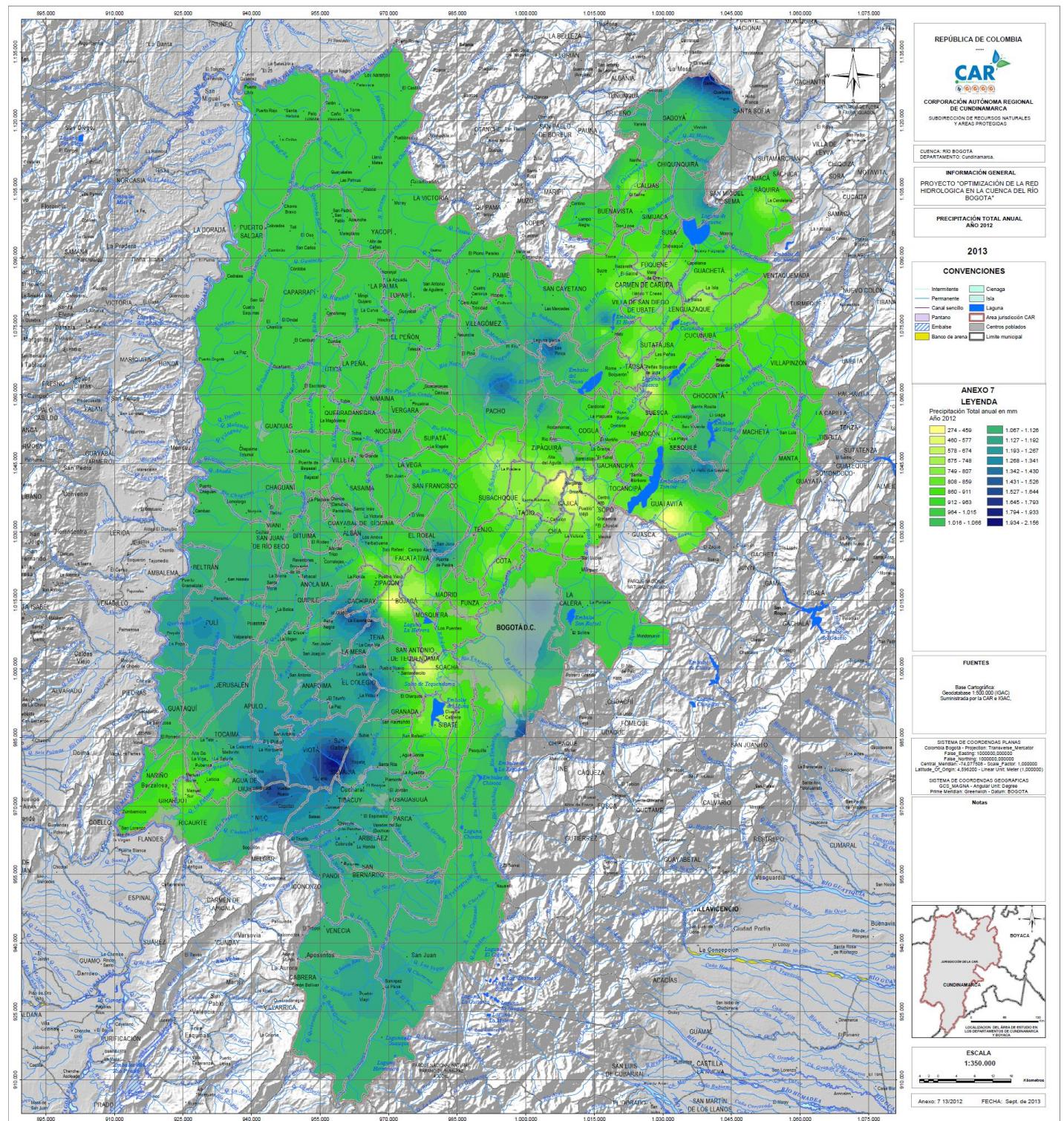


Figura 8. Mapa de escorrentía promedio multianual en mm.

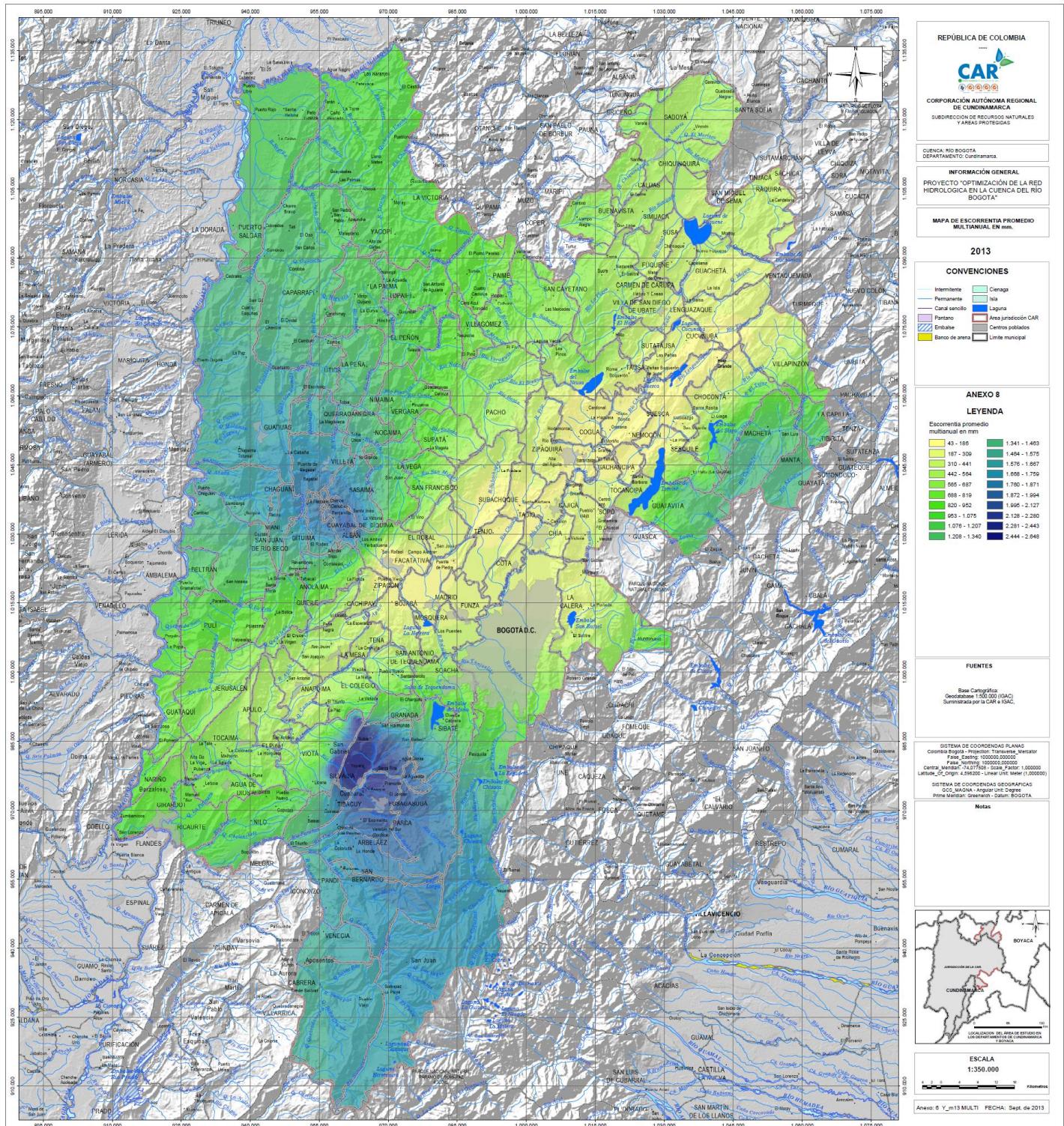


Figura 9. Mapa de escorrentía total en mm año 2012

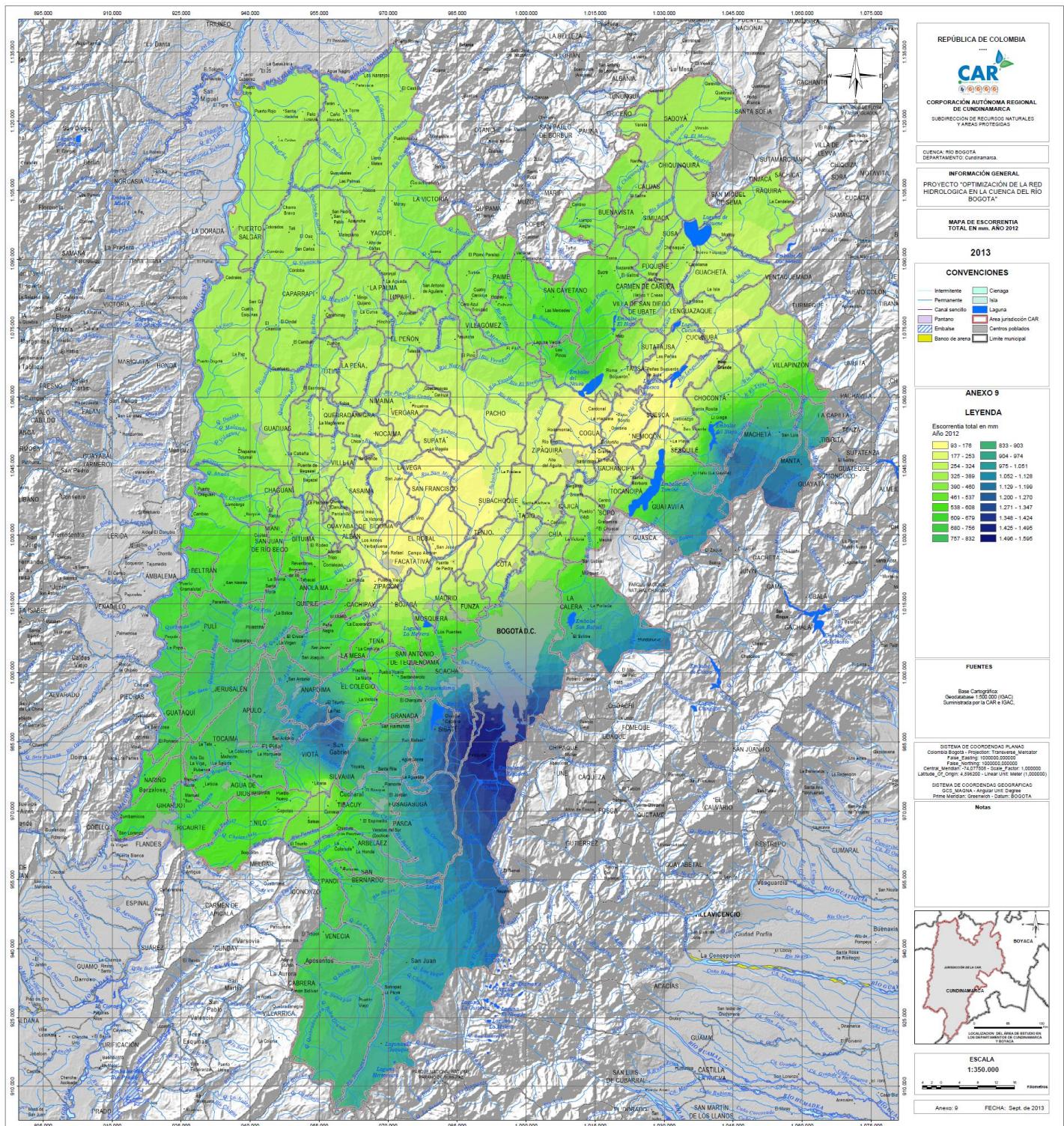
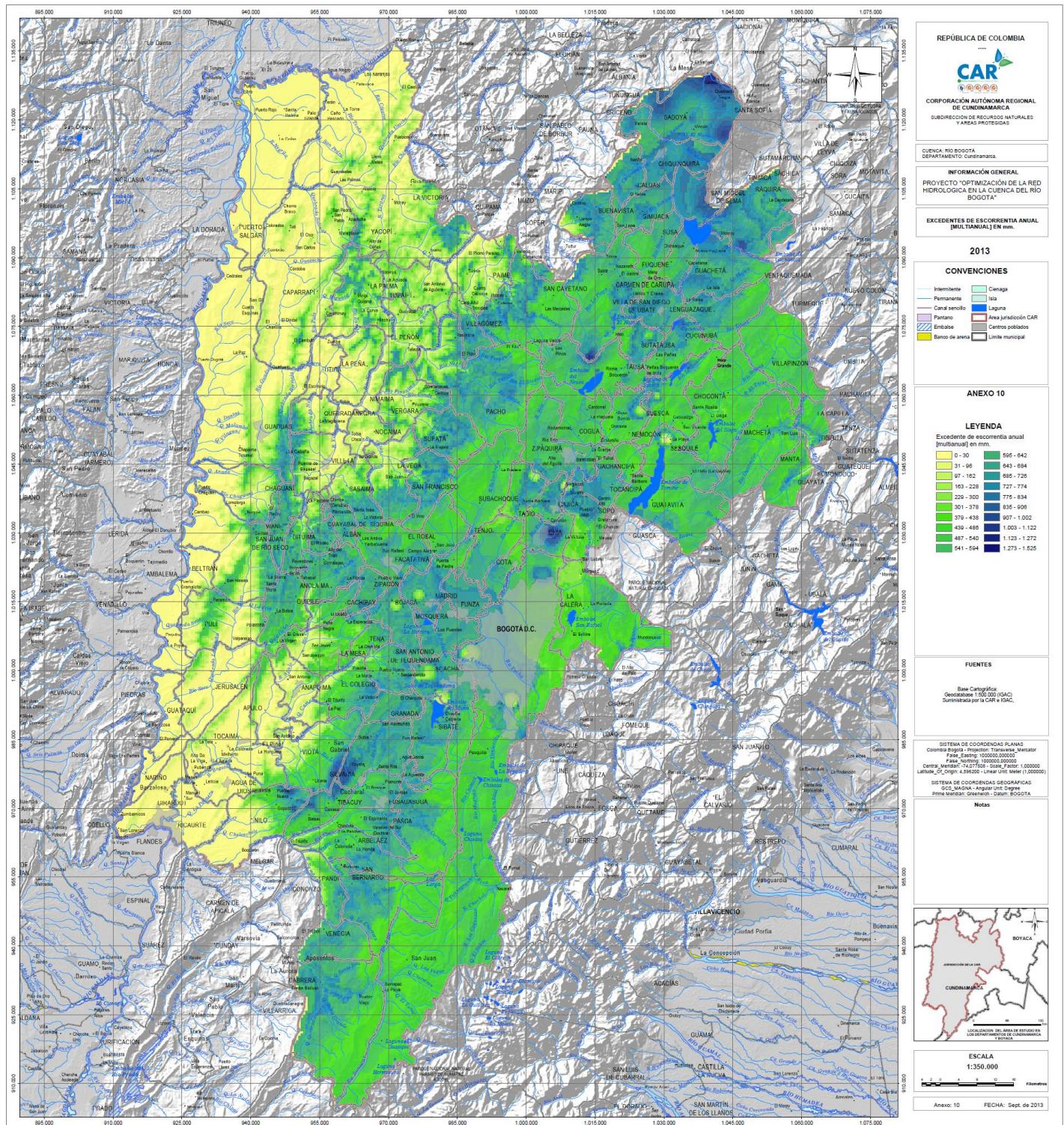


Figura 10. Excedentes de escorrentía anual (multianual) en mm.



A. SISTEMA DE ABSTECIMIENTO ACTUAL

Oferta actual. La oferta actual de agua de la ciudad está dada por el Sistema Chingaza, el río Bogotá y los ríos Tunjuelo y San Cristóbal (afluentes del Bogotá). La figura 11 muestra la conformación del sistema de suministro de agua de la ciudad y la figura 12 muestra la localización de la infraestructura de aprovechamiento. En resumen, el abastecimiento de agua está compuesto por tres sistemas:

- El Sistema Agregado Norte, o Sistema Tibitoc, conformado por el río Bogotá y los embalses de Sisga, Tominé y Neusa y Aposentos
- El Sistema Chingaza, conformado por el alto río Guatiquía, el embalse de Chuza, las cabeceras del río Blanco y el Alto Teusacá
- El Sistema Agregado Sur, o Sistema La Regadera, conformado por los ríos Tunjuelo, San Cristóbal y Q. Yomasa, todos de la cuenca del río Bogotá

Para asegurar una oferta confiable, se ha construido el sistema de embalses que se muestra en la tabla 24, con un volumen total de 1.241 millones de metros cúbicos.

Tabla 24. Embalses de la cuenca del río Bogotá (JICA, 2009; EAAB, 2006. EEB; en Guhl – Quinaxi – EAB, 2013)

Embalse	Entidad	Río	MM3	Corrientes Reguladas	Funciones
Tominé	CAR	Tominé	691	Ríos Aves, Siecha, Chipatá	Abastecimiento, control de inundaciones y generación eléctrica
Sisga	CAR	Sisga	101,2	Río Sisga	Irrigación y abastecimiento.
Neusa	EEB	Neusa	101	Río Neusa	Abastecimiento e irrigación.
Aposentos	EAAB	Teusacá	0,8	Río Teusacá	Abastecimiento.
Chuza	EAAB	Chuza	223	Ríos Chuza, Guatiquía, Q. Golillas	Abastecimiento.
San Rafael	EAAB	Teusacá	70	Río Teusacá	Abastecimiento.
La Regadera	EAAB	Tunjuelo	3,7	Ríos Curubital y Chisacá	Abastecimiento.
Chisacá	EAAB	Tunjuelo	6,7	Ríos Chisacá y Mugroso	Abastecimiento
Laguna los Tunjos	EAAB	Tunjuelo	2,4	Nacimiento río Chisacá	Abastecimiento.
Muña	EEB	Muña	41,2	Río Muña y Q. Honda	Generación eléctrica.
TOTAL			1.241		

La tabla 25 muestra los principales parámetros del sistema. Se observa que, bajo estas condiciones, el sistema de abastecimiento permitiría un suministro confiable continuo de 21,04 m³/s y un máximo diario de 26,15 m³/s. Tal como se muestra en la figura 13, en caudal promedio, el sistema de suministro actual depende en un 64% del sistema Chingaza y un 36% del río Bogotá.

En el Anexo 5 se presenta una descripción de mayor detalle de cada uno de los componentes del sistema de abastecimiento de agua de Bogotá y los municipios vecinos.

Figura 11. Sistemas de abastecimiento de agua de Bogotá y municipios vecinos (INGETEC, 2004; Gino González - EAB, 2014)

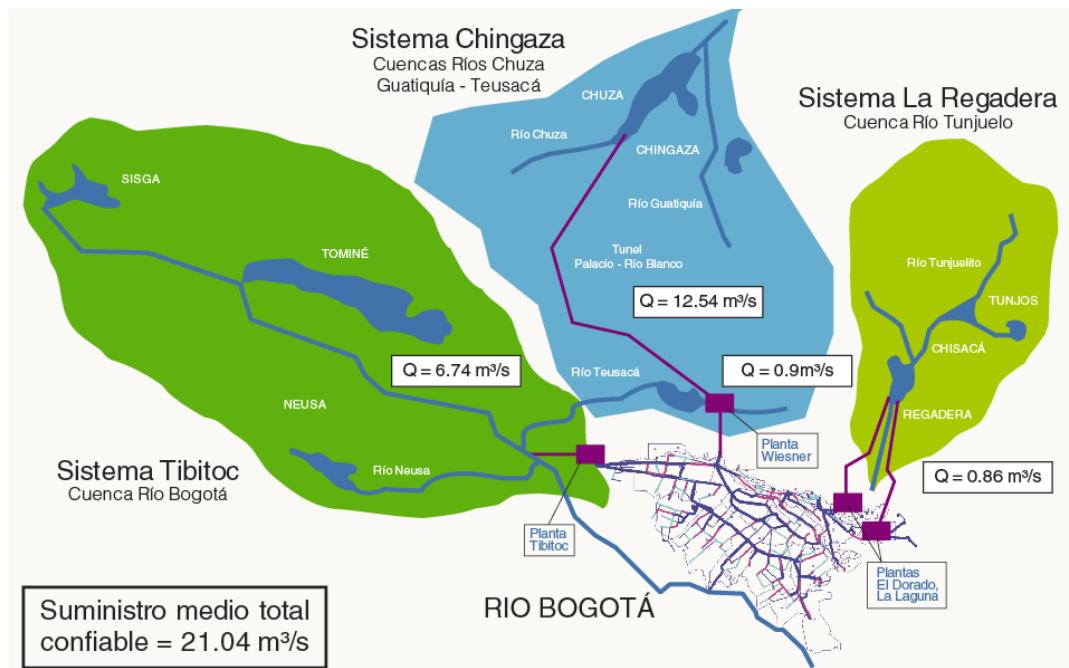


Tabla 25. Sistema de abastecimiento actual del acueducto de Bogotá (EAB, 2013)

Parámetro	Unidad	R. Bogotá	Chingaza	R. Tunjuelo		S. Cristóbal	Total
		Tibitoc	Wiesner	La Laguna	El Dorado	Vitelma	
Caudal confiable continuo de la fuente	m^3/s	6,95	14,05	0,88		0	21,88
Capacidad máxima de producción	m^3/s	12,00	14,00	0,50	0,60	1,50	28,60
Consumo interno/producción	%	3%	4%	3%	2%	2%	
Recirculación del caudal consumido	m^3/s	NO	SI	NO	NO	NO	
Caudal confiable continuo de agua cruda	m^3/s	6,95	14,00	0,88		0	21,83
Capacidad máxima de suministro	m^3/s	11,64	13,44	0,48	0,59	1,47	27,62
Suministro confiable máximo diario	m^3/s	11,64	13,44	0,48	0,59	0	26,15
Suministro confiable continuo	m^3/s	6,74	13,44	0,86		0	21,04

Figura 12. Oferta actual de agua de la ciudad (INGETEC-EAAB, 2004; GSM, 2012)

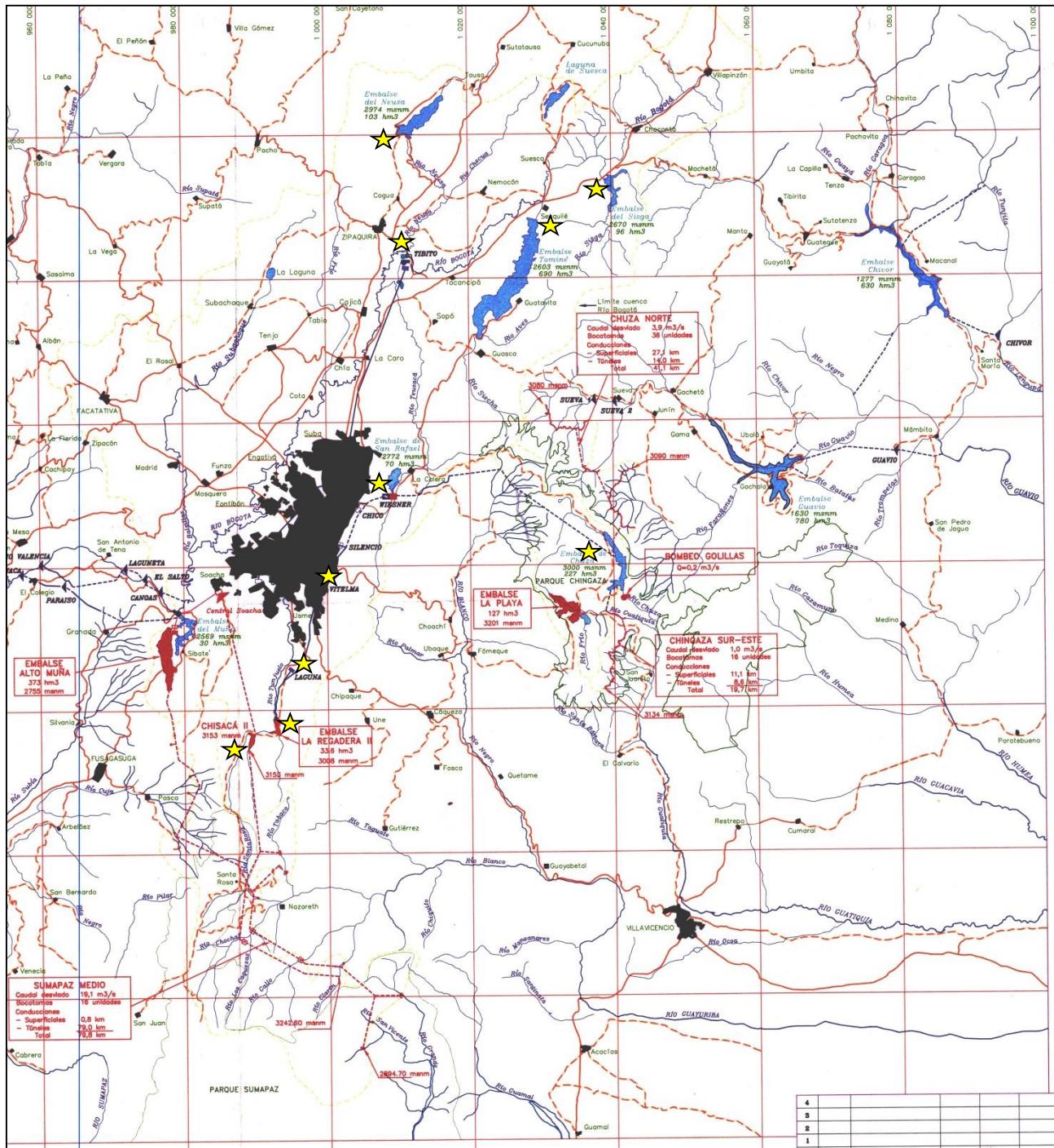
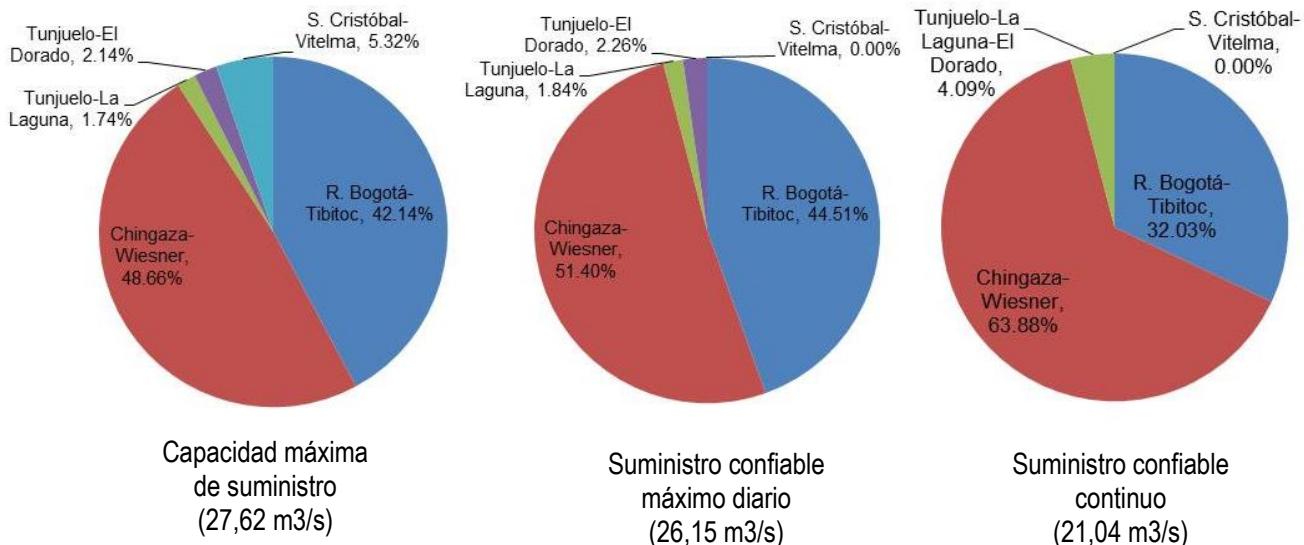


Figura 13. Distribución de diferentes parámetros de la oferta (EAB, 2013)



La oferta actual no sólo está dada por el caudal disponible en la fuente sino por la capacidad de tratamiento. La tabla 26 muestra que la capacidad media de tratamiento ($15,46 \text{ m}^3/\text{s}$) está ligeramente por encima de la demanda actual de la ciudad de Bogotá ($15,01 \text{ m}^3/\text{s}$, ver más adelante, Demanda), lo que implica un déficit técnico, pues el sistema no estaría preparado para una contingencia.

El caso crítico se presenta en la planta de Tibitoc, donde, a pesar de un caudal continuo confiable en la fuente de $6,95 \text{ m}^3/\text{s}$, sólo se pudo tratar un promedio de $5,53 \text{ m}^3/\text{s}$ en el 2011, es decir, hay un caudal promedio no tratable de $1,42 \text{ m}^3/\text{s}$ (desaprovechado) (ver tabla 27).

Tabla 26. Capacidad del sistema de tratamiento actual del acueducto de Bogotá (EAB, 2013)

Planta de tratamiento	Fuentes de agua	Año inicio	Capacidad nominal (m^3/s)	Capacidad promedio (m^3/s) (4)
Tibitoc	Sistema Agregado Norte	1959	12,000	4,600
Wiesner	Sistema Chingaza	1996	14,000	10,000
El Dorado (1)	Sistema Agregado Sur	2001	1,600	0,400
La Laguna (1)	Sistema Agregado Sur	1985	0,450	0,450
Vitelma (3)	Sistema Agregado Sur	1938	1,400	0
San Diego	Sistema Agregado Sur	1943	0,210	0
Yornasa (2)	Sistema Agregado Sur	2003	0,025	0,010
Total			29,685	15,46

(1) El Dorado y La Laguna tienen la misma fuente de agua y operan la una o la otra, según las necesidades. Capacidad de El Dorado está limitada por capacidad de conducción de $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$.
(2) Abastece a Juan Rey, separado del Sistema de Abastecimiento de Bogotá.
(3) Planta de contingencia.
(4) Operación normal

De otro lado, desde el punto de vista legal, el caudal concesionado proviene de los sistemas Chingaza ($13,5 \text{ m}^3/\text{s}$) y río Bogotá Sur ($0,54 \text{ m}^3/\text{s}$) y Norte ($8,0 \text{ m}^3/\text{s}$), para un total de $22,04 \text{ m}^3/\text{s}$ (ver tabla 28) (en trámite otros

1,818, para un total previsto de 23,8619 m³/s). La figura 14 muestra que el caudal medio concesionado (22,04 m³/s) es suficiente para sostener el caudal medio confiable del sistema de suministro (21,01 m³/s).

Tabla 27. Ejemplo de limitación a disponibilidad por calidad del agua

Caso Tibitoc		
Caudal confiable continuo de agua cruda	m ³ /s	6,95
Suministro confiable máximo diario	m ³ /s	11,64
Año 2011		
Caudal medio tratado	m ³ /s	5,53
Caudal máximo tratado	m ³ /s	7,5
Desviación estándar		1,86
Varianza		3,44

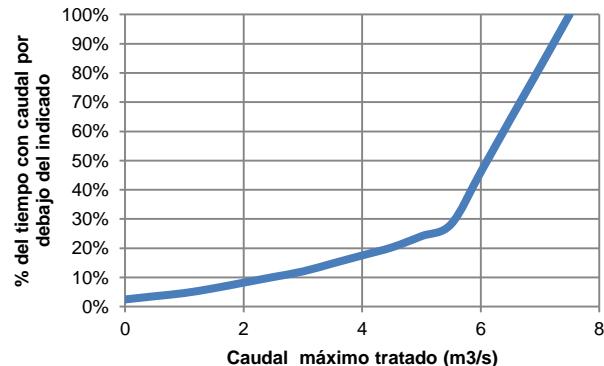


Tabla 28. Fuentes de agua superficial utilizadas por la EAAB en los sistemas de abastecimiento de la ciudad de Bogotá y municipios vecinos. Estado de la concesión (Dirección de abastecimiento EAAB, 2013)

Sistema	Subsistema	Fuente de agua superficial	Municipio	Autoridad ambiental	Caudal concesionado (m ³ /s)	
Sistema Chingaza	Chuza	R. Guatiquía	Fómeque	UAESPNN	5,248	
		R. Chuza			5,933	
		Q. Leticia			0,3	
	Río Blanco	Q. El Mangón	La Calera	Corporinoquia	0,0839	
		Q. Blanca	Choachí		0,09	
		Q. Siberia I			0,085	
		Q. Siberia II			0,006	
		Q. Plumareña			0,023	
		Q. Colorada I			0,073	
		Q. Colorada II			0,103	
		Q. Cortadera	Guasca	Corpoguavio	0,073	
		Q. Horqueta			0,082	
		Q. Piedras Gordas			0,179	
		Q. Buitrago (Palacios)			0,322	
	Teusacá	R. Teusacá (Embalse San Rafael)	La Calera	CAR	0,9	
Agregado Norte	Tibitoc-Aposentos	R. Bogotá (sector Tibitoc)	Tocancipá		8	
		R. Teusacá (Embalse Aposentos)*	Sopó		1,5	
Sistema Sur	Cerros Orientales	Q. Yomasa*	Usme (Bogotá)	CAR	0,018	
		R. San Cristóbal*	S. Cristóbal (Bogotá)		0,3	
	Sumapaz	R. Curubital y Chisacá (Tunjuelo)	Usme (Bogotá)		0,543	
Concesiones vigentes					22,0439	

* En trámite de renovación (pendiente acto administrativo). UAESPNN: Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales.

La disponibilidad por calidad se muestra esquemáticamente en la figura 15, donde se observa que en el año 2011, de los 365 días del año, en 9 días el agua no se pudo tratar, en otros 9 se presentaron condiciones de alto riesgo que obligan a usar químicos especiales no previstos en la tarifa inicial, y en otros 85 días se presentó riesgo de afectación por calidad que obligó a usar químicos especiales no previstos en la tarifa inicial. Es decir, sólo en 262 días, la calidad de las aguas captadas del río presentó condiciones aceptables para el tratamiento instalado en la PTAP Tibitoc.

Figura 14. Distribución de los caudales concesionados

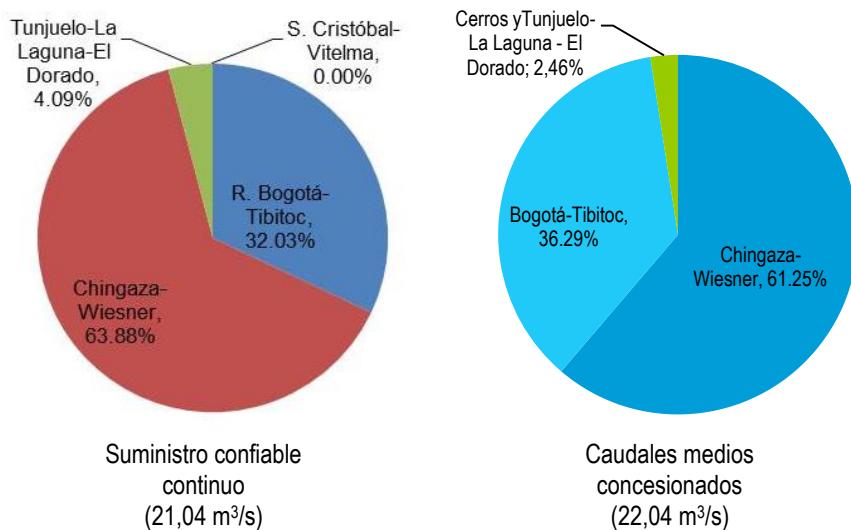


Figura 15. Tratabilidad del agua que llega a Tibitoc (EAAB, 2011)

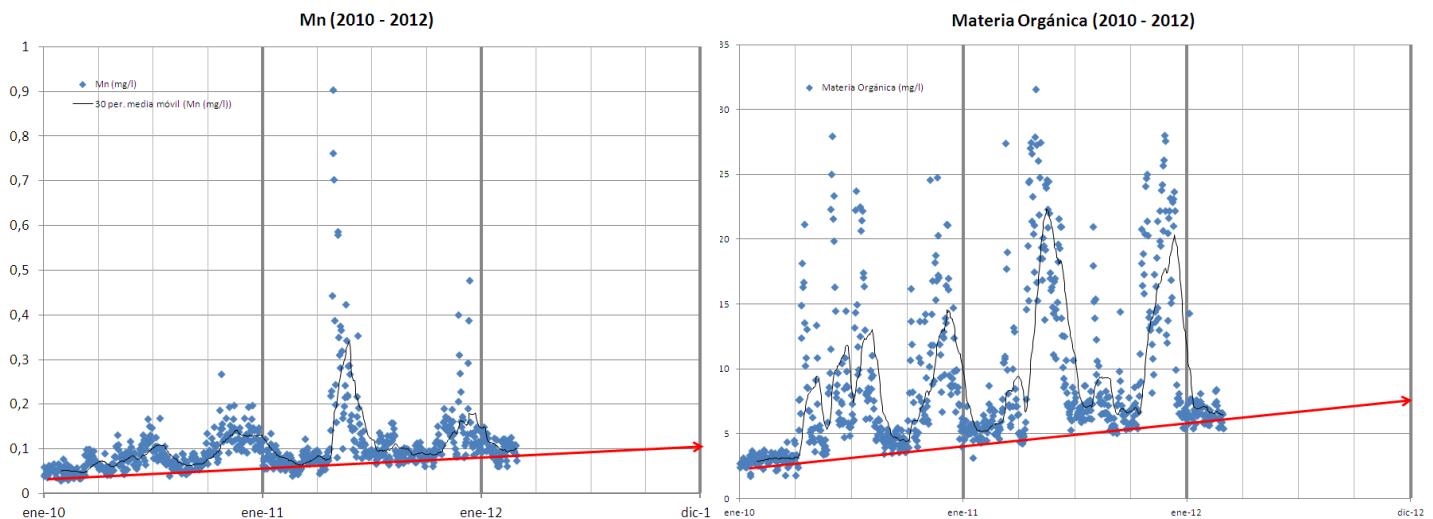
Rango de Caudales Suministrados (m ³ /s)	Concentración Materia Orgánica (mg/l)	Concentración Manganese (mg/l)	Frecuencia de ocurrencia en # días/año (datos del 2011)
5,5 - 7,5	< 10	< 0,1	262
4,5 - 5,5	< 15	< 0,2	29
3,0 - 4,5	< 15	< 0,3	30
1,2 - 3,0	< 20	< 0,3	26
Hasta 1,2	< 22	< 0,3	9
Recomendable para la planta	> 22	> 0,3	9

- Condiciones aceptables
- Riesgo de afectación de la calidad del agua y tratamiento usando insumos químicos especiales no previstos en la tarifa inicial.
- Alto riesgo de afectación de la calidad del agua y tratamiento usando insumos químicos especiales no previstos en la tarifa inicial.
- Recomendable cerrar la planta.

Complementariamente, la figura 16 muestra el comportamiento de la materia orgánica y el manganeso de las aguas afluentes a Tibitoc, durante los últimos años. Se observa una tendencia creciente de estos parámetros.

En la planta Wiesner, la situación, aunque menos grave, tiene la misma tendencia, debido a la suburbanización creciente de la cuenca del alto Teusacá, aguas arriba del embalse de San Rafael. Éste, concebido inicialmente como embalse contingencia para almacenar agua procedente de Chingaza para atender una emergencia por fallas en el sistema, presenta un deterioro creciente en su calidad debido a que parte de las aguas que almacenan provienen de su cuenca alta en proceso de suburbanización acelerada, por lo cual la tratabilidad de las aguas combinadas del embalse es cada vez más exigente. De continuar esta tendencia, la EAAB ha contemplado la posibilidad de construir un túnel bypass que evite el ingreso de las aguas del río al embalse, con lo cual se perdería la posibilidad de utilizar su caudal en el sistema.

Figura 16. Comportamiento de la materia orgánica y el manganeso en el afluente de la PTAP de Tibitoc durante los últimos años.

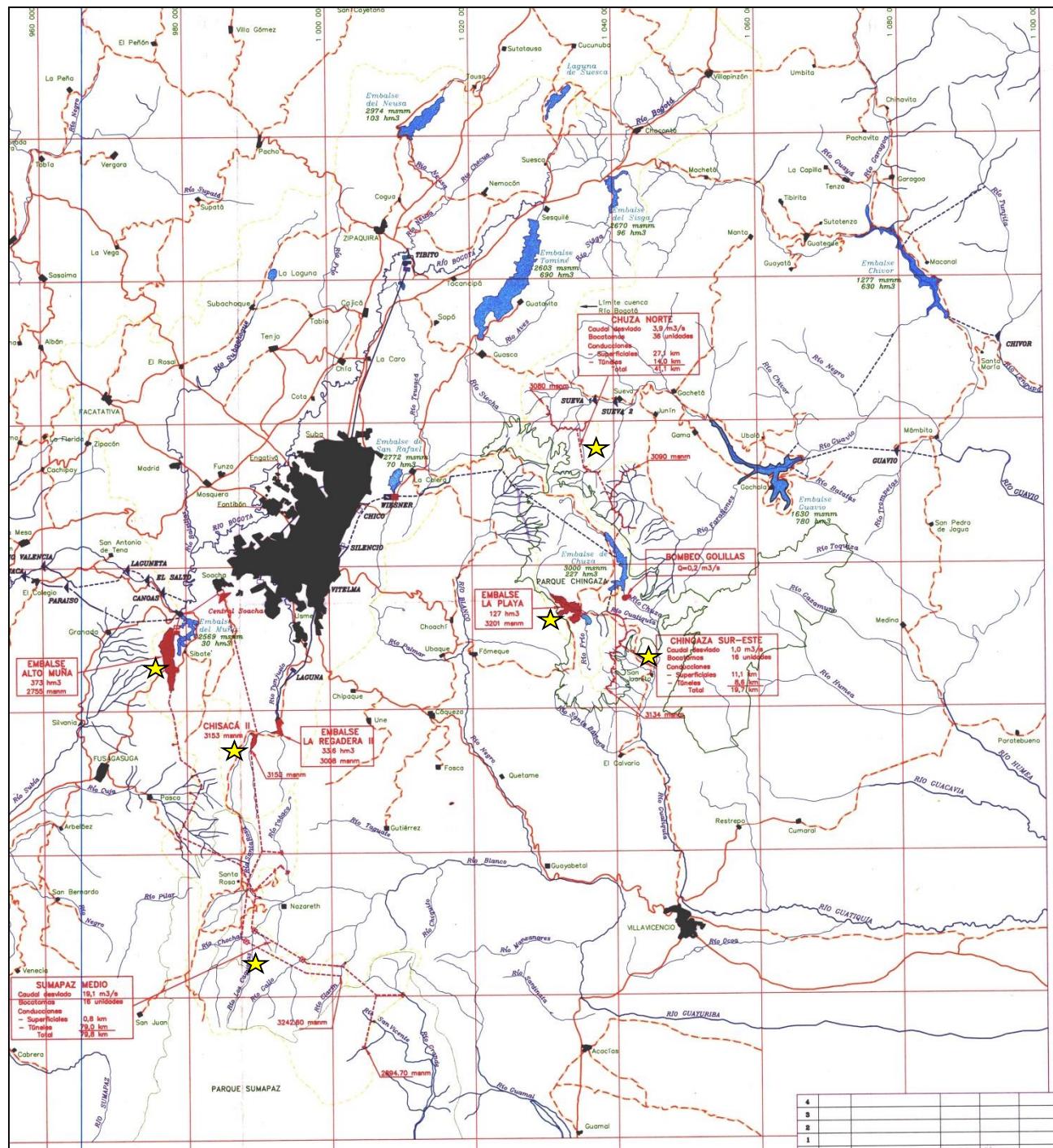


B. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO FUTURO

Oferta futura. De acuerdo con el último estudio de Actualización del Plan Maestro de Abastecimiento de agua para la ciudad de Bogotá y municipios vecinos, ejecutado por la EAAB en el año 2004-2005, a través de la firma Ingetec S. A., existe en la región una serie de proyectos para el abastecimiento futuro de la ciudad y municipios vecinos. No obstante, dado el comportamiento de la demanda y las posibilidades de ampliación de los sistemas actuales, hasta el momento, la EAAB no tiene contemplado la ejecución de estos proyectos. Los proyectos de expansión previstos se muestran en el plano de la figura 17 y corresponden a:

- Ampliación del Sistema Chingaza
 - Bombeo Golillas (*)
 - Desviación Chuza Norte
 - Embalse La Playa
 - Desviación Chingaza Sureste
- Ampliación del Sistema del río Tunjuelo
 - Embalse de la Regadera II
- Aprovechamiento del Macizo de Sumapaz
 - Sumapaz Alto
 - Sumapaz Medio
- Aprovechamiento de las Aguas Subterráneas

Figura 17. La oferta futura de agua para Bogotá y los municipios atendidos (INGETEC – EAAB, 2004)



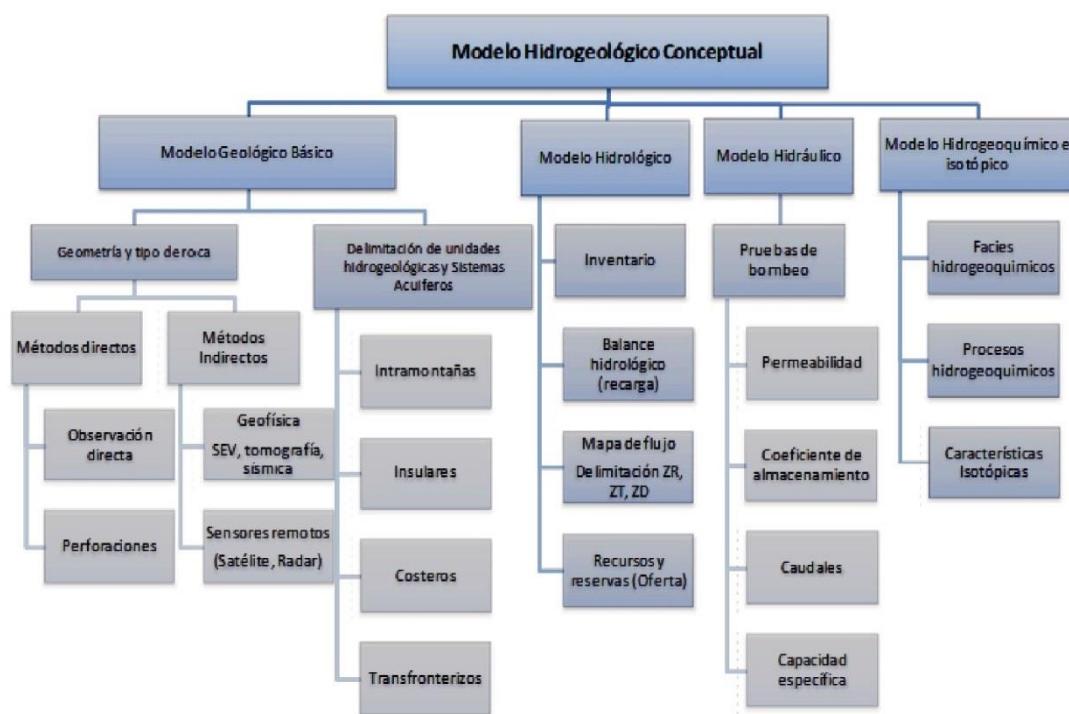
3.6.3. Oferta regional de aguas subterráneas

Procedimiento

Los procedimientos seguidos para adelantar la evaluación de los sistemas acuíferos en el marco de las ERA, se hallan detallados en el “Marco conceptual y metodológico para las evaluaciones regionales del agua”, elaborado por el IDEAM (2013).

Para desarrollar el componente de aguas subterráneas de manera ordenada y sistemática, es necesario elaborar el modelo hidrogeológico conceptual (MHC), que se presenta en la figura 18 con sus diferentes componentes.

Figura 18. Procedimiento general para desarrollar el Modelo Hidrogeológico Conceptual.



La reconstrucción de la geometría de los acuíferos, que se hace identificando la estructura geológica del área de estudio y su zona de influencia, es el primero y más importante paso de toda investigación y evaluación hidrogeológica, lo cual se debe hacer siguiendo la metodología que se presenta en la figura 19, con el fin de evaluar la oferta de aguas subterráneas.

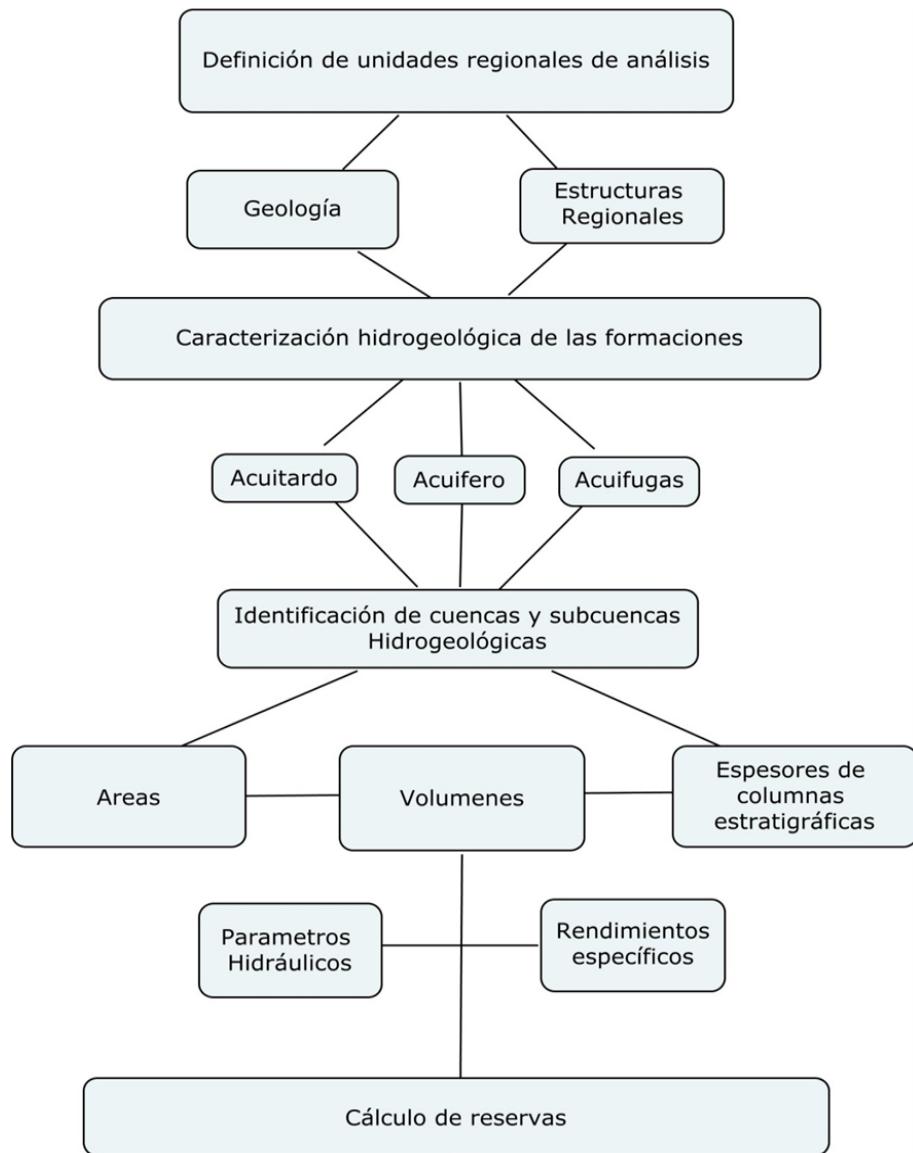
Geología

Las unidades regionales de análisis se evalúan con base en la información geológica disponible (estratigrafía y estructura geológica)

Estratigrafía

La estratigrafía general de la cordillera oriental que incluye la Sabana de Bogotá y la Región Capital, se presenta en la figura 20, incluyendo las unidades hidrogeológicas y el tipo de material predominante.

Figura 19. Flujograma para evaluar la oferta de aguas subterráneas



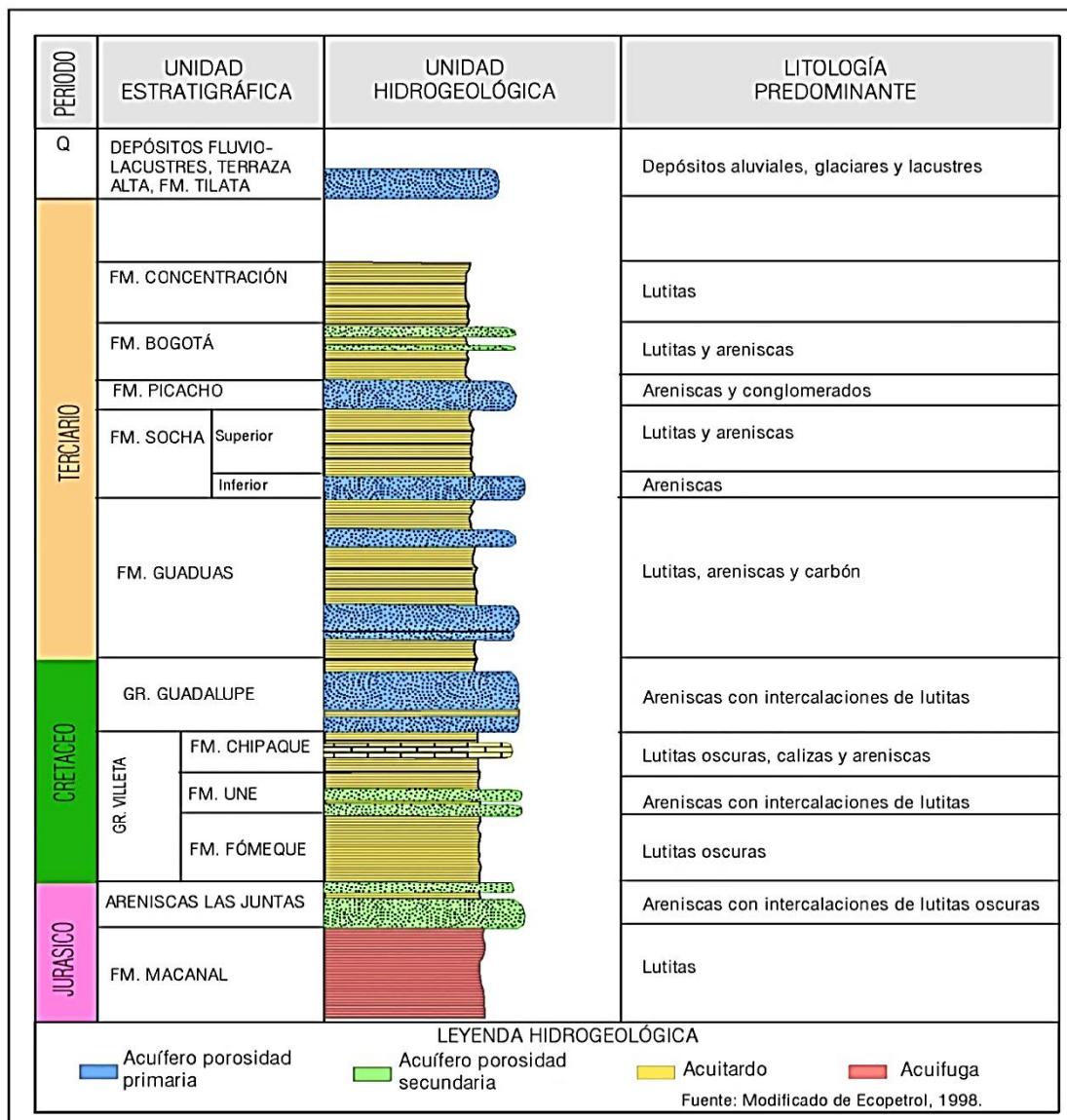
En la figura 21 se presenta el mapa geológico de la Sabana de Bogotá que incluye el área de interés a evaluar, que es la Región Capital. En el mapa se traza de manera general, el Distrito Capital.

Geología estructural

En el mapa geológico elaborado por INGEOMINAS, se puede apreciar que el Distrito Capital y la mayor parte de la Región Capital se encuentra en el la cuenca del Sinclinal de Chía. Esta cuenca se continúa hacia el norte con el Sinclinal de Chocua y hacia el sur con el sinclinal del Tunjuelo. Esta estructura sinclinal ha sido identificada y denominada por la CAR, como el sinclinal Chía-Chocua en cumplimiento del ERA - CAR. Incluyendo el Distrito Capital, se podría denominar el Sinclinal Tunjuelo-Chía-Chocua.

En las convenciones incluidas en el mapa se presentan de, manera sucinta, las principales formaciones geológicas presentes en la Región Capital.

Figura 20. Columna estratigráfica general y unidades hidrogeológicas caracterizadas en la región.



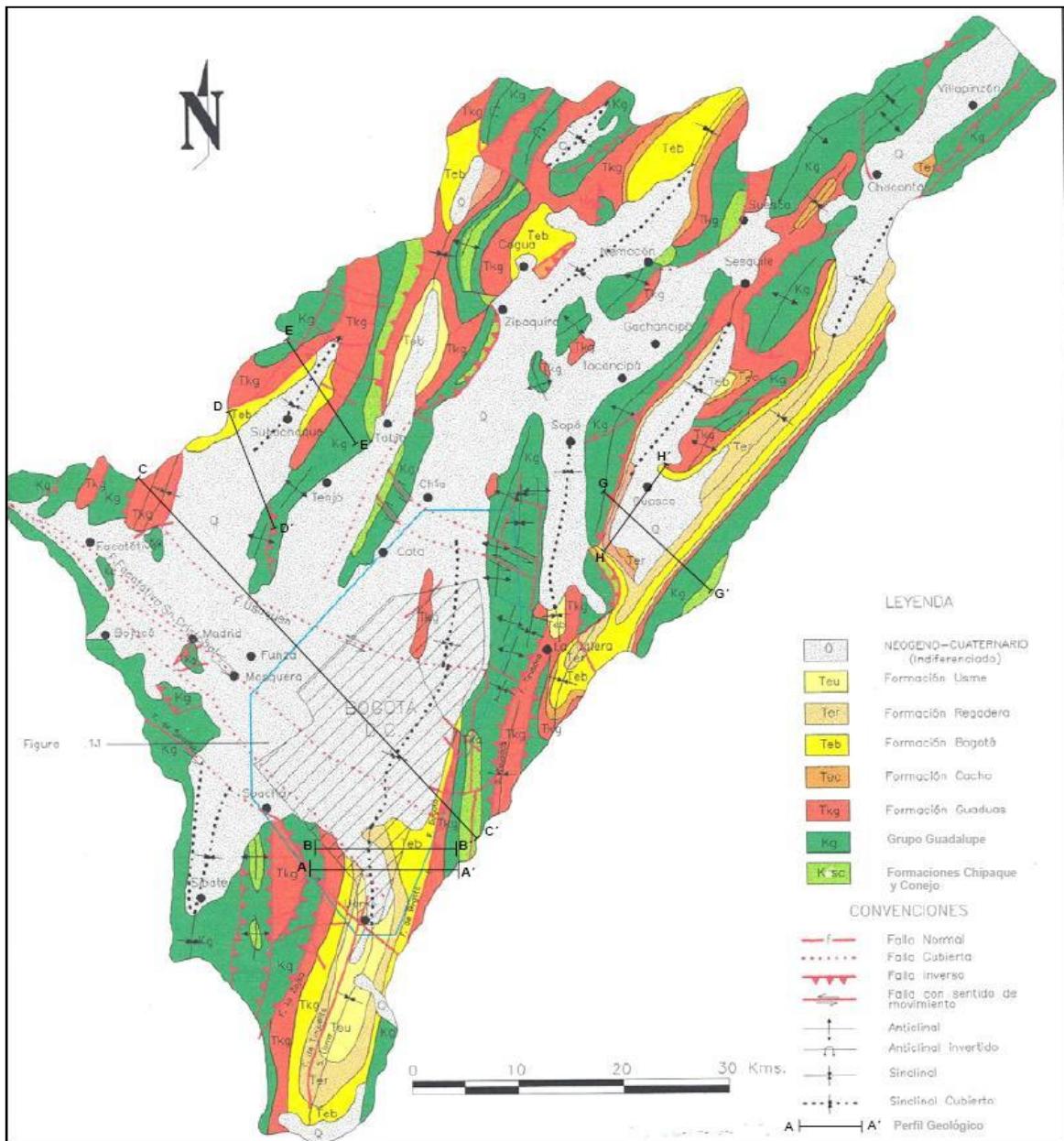
Las formaciones geológicas que han sido caracterizadas como acuíferos en la Región Capital, son las siguientes

Caracterización hidrogeológica de las formaciones.

Acuíferos de porosidad primaria

Conformados por las formaciones presentes en la Sabana, compuestas por rocas que poseen porosidad primaria. En los mapas hidrogeológicos (figuras 22 y 23), se representan por color azul, en diferentes tonalidades, dependiendo de su importancia:

Figura 21. Mapa geológico general de la Sabana de Bogotá (Zonificación Geomecánica, INGEOMINAS, 2004)



- Depósitos aluviales: Forman acuíferos discontinuos de extensión regional, libres o confinados, con delgados espesores saturados.
- Depósitos fluvio lacustres de la Formación Sabana: Están constituidos por lentes de arena que no tienen continuidad lateral ni en profundidad y se hallan generalmente aislados dentro de los depósitos de arcillas predominantes.
- Depósitos de terraza: Forman acuíferos discontinuos de extensión regional, confinados y eventualmente libres, con moderados espesores saturados.
- Formación Tilatá: La Formación Tilatá forma acuíferos discontinuos de extensión subregional, confinados, libres en algunos sectores, con grandes a moderados espesores saturados.

En los depósitos cuaternarios se hallan más del 75% de los pozos que extraen aguas subterráneas en el Distrito Capital

Acuíferos de porosidad secundaria

La porosidad de estos acuíferos fue desarrollada después de la formación de la roca y se da principalmente por fracturamiento. En los mapas hidrogeológicos, se representan con color verde (figuras 22 y 23), en diferentes gamas, según su grado de importancia hidrogeológica. Fueron clasificados como tales, los siguientes:

- *Formación Cacho*: Esta unidad constituye un acuífero de porosidad secundaria, en aquellas zonas en donde, por efecto de tectonismo, se encuentra fuertemente fracturada. Forma acuíferos discontinuos de extensión local, confinada o libre, con moderados a delgados espesores saturados, transmisividad muy alta. Potencial de explotación medio a bajo.
- *Formación Plaeners*: Es considerado como un acuífero de porosidad secundaria.
- *Formación Arenisca Dura*: Forman acuíferos discontinuos de extensión subregional, confinados, con grandes o moderados espesores saturados, transmisividad media a baja en función del grado de fracturamiento y compactación. Se considera un acuífero de porosidad secundaria.

En la Sabana se presentan las Areniscas de la formación Labor y Tierna, las cuales constituyen un acuífero de porosidad primaria y secundaria. Éstas areniscas forman acuíferos discontinuos de extensión regional, confinados o semiconfinados con grandes espesores saturados, transmisividad variable, generalmente alta, en función del grado de fracturamiento, cementación y compactación. Se considera el principal acuífero de la Sabana. Produce caudales muy superiores a los obtenidos de los acuíferos cuaternarios.

Las areniscas del grupo Guadalupe (Dura, Tierna y de Labor), constituyen el principal acuífero de la Provincia Hidrogeológica de la cordillera Oriental, en cuanto a las reservas calculadas y, por lo tanto, debe ser la prioridad en cuanto a su exploración y evaluación, en toda la Región Capital.

En algunos mapas, por razones cartográficas, generalmente se presenta conjuntamente con la Arenisca Dura, para integrarlo como un solo acuífero, conocido como el “complejo acuífero del Guadalupe” (ver el mapa hidrogeológico adjunto, INGEOMINAS, 2000.)

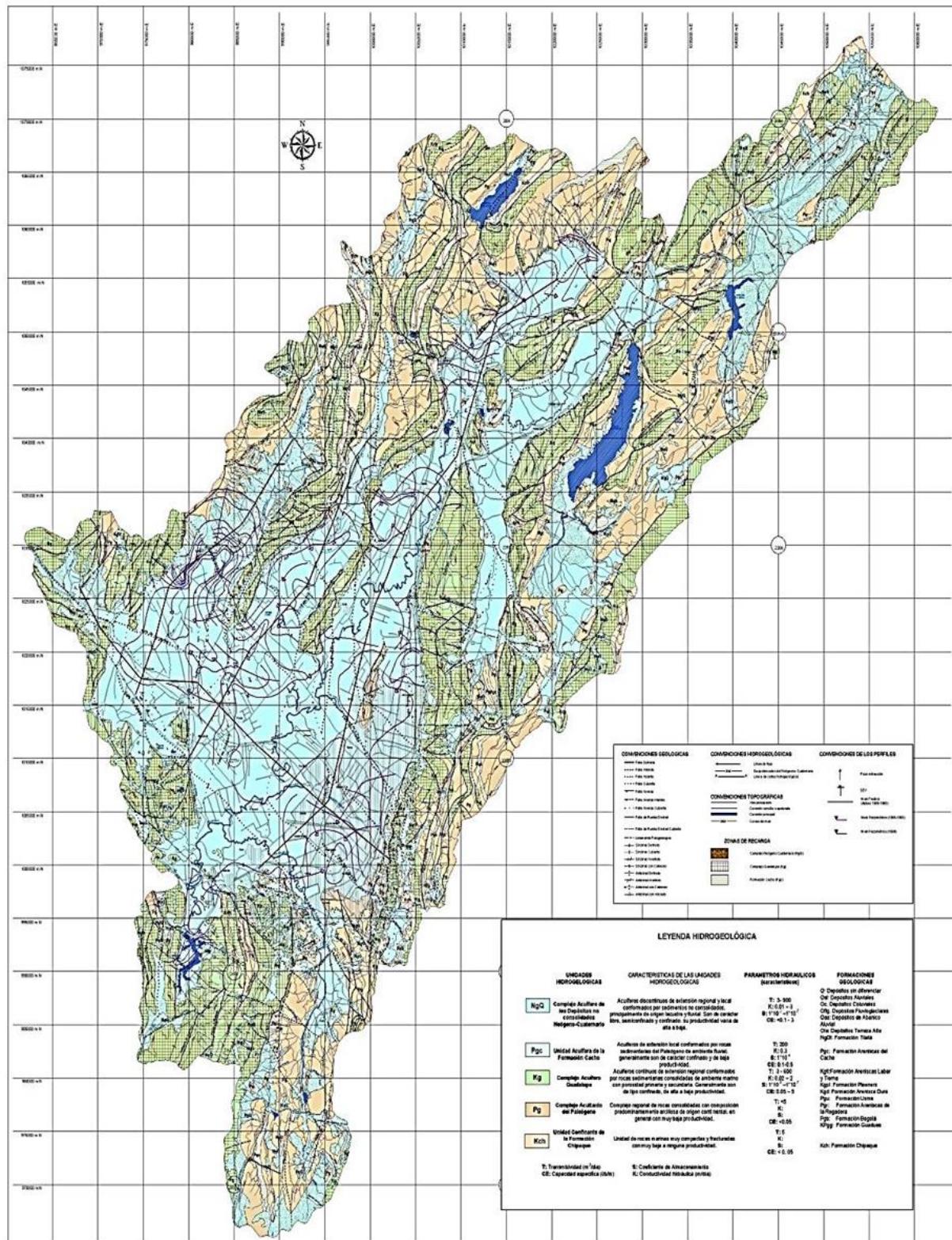
Acuitardos

Son rocas de muy baja permeabilidad que almacenan agua pero no permiten el flujo de ella en cantidades significativas. Se representan en colores amarillos a ocre.

En la zona de estudio se identificaron los siguientes:

- Depósitos fluvio glaciares
- Formación Usme
- Formación Bogotá
- Formación Arenisca la Regadera
- Formación Guaduas
- Formación Chipaque.

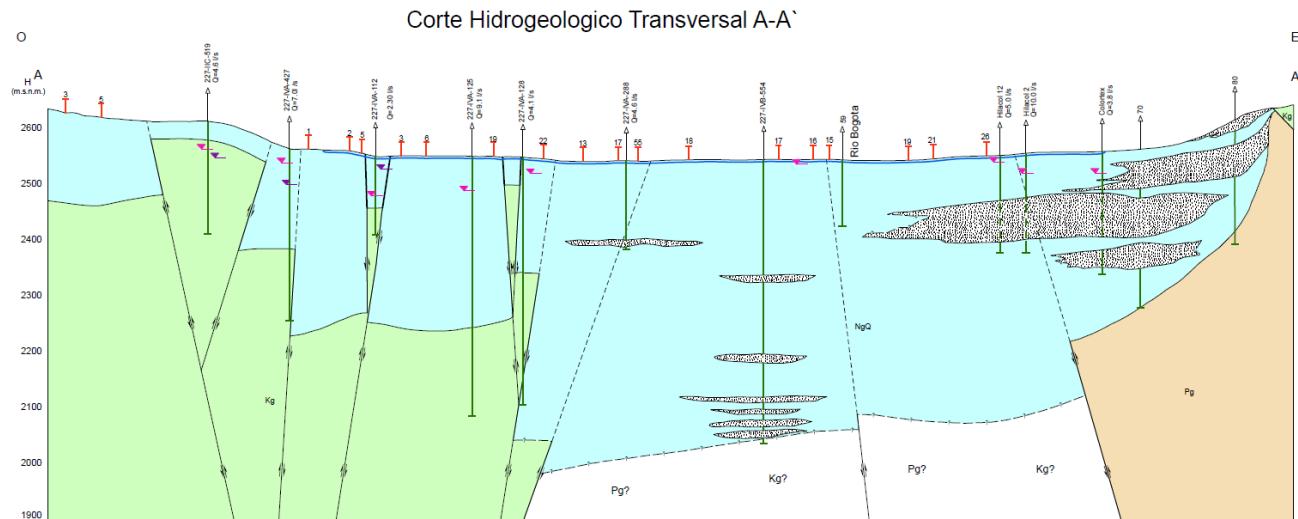
Figura 22. Mapa hidrogeológico de la Sabana de Bogotá (INGEOMINAS, 2000)



Acuifugas

Son rocas impermeables que no almacenan ni permiten el flujo de agua subterránea. Se representan con colores rojizos. En el área de estudio no afloran acuifugas.

Figura 23. Sección AA' del mapa hidrogeológico Bogotá - Facatativá de la figura 120 (INGEOMINAS, 2000)



Mapa de cuencas hidrogeológicas de la sabana de Bogotá y de la Región Capital.

Una mirada general a la geología regional y a secciones geológicas locales, de los departamentos de Cundinamarca y de Boyacá, indica que las estructuras geológicas tienen continuidad hacia el norte y hacia el sur de la Sabana de Bogotá, lo cual ha permitido identificar la presencia de nueve cuencas hidrogeológicas en la Sabana de Bogotá, a saber (de oriente a occidente):

- 1) Anticlinal de Machetá.
- 2) Sinclinal Siecha – Sisga – Chocontá.
- 3) Sinclinal Sesquilé.
- 4) Sinclinal Teusacá – Suesca.
- 5) Sinclinal Chía – Checua.
- 6) Sinclinal Neusa.
- 7) Sinclinal Chicú – Río Frio.
- 8) Sinclinal Subachoque.
- 9) Complejo estructural de Facatativá

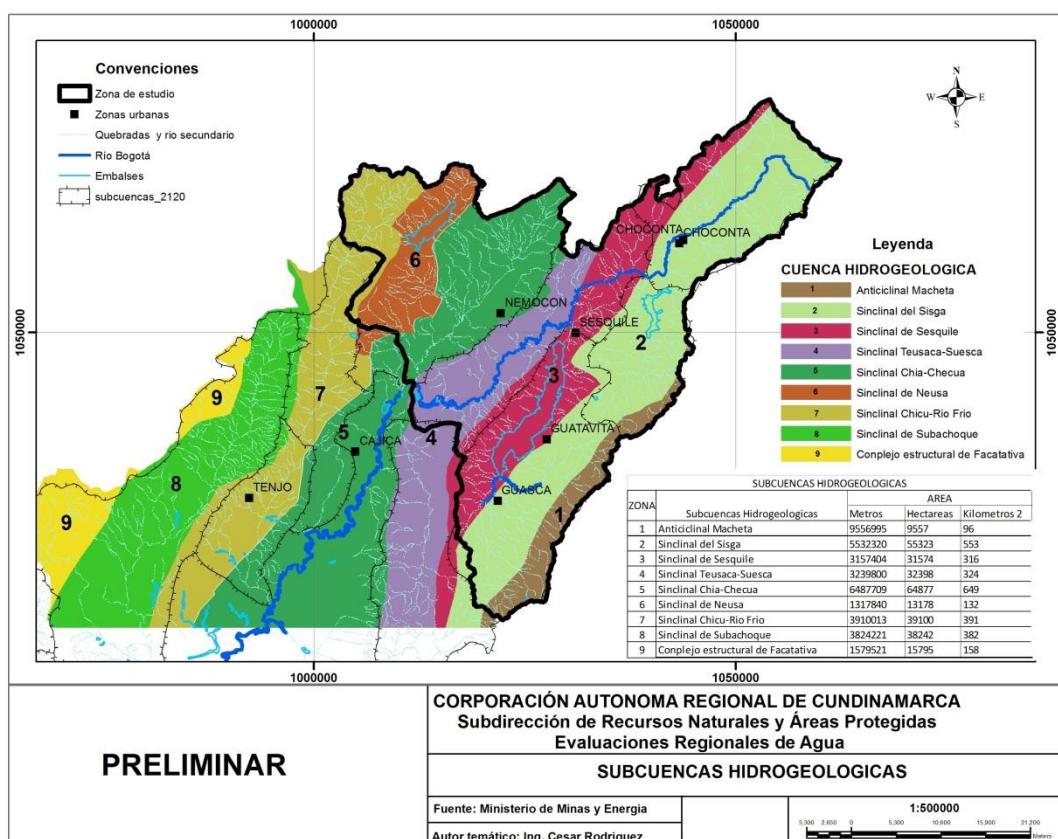
En la figura 24 se presenta el primer borrador del mapa de cuencas hidrogeológicas de la Sabana de Bogotá (elaborado por la CAR), para la evaluación de la “cuenca Piloto” (seleccionada con el fin de hacer la primera ERA), en la cuenca del río Bogotá, aguas arriba de Tocancipá.

La identificación y delimitación de las cuencas hidrogeológicas se hizo por elaboración, correlación e integración de secciones geológicas transversales a la Sabana de Bogotá (perpendicularmente al rumbo de la estructura regional.) La confiabilidad de las secciones geológicas es relativamente buena ya que las principales formaciones geológicas afloran en toda la región, como puede observarse en los mapas (geológico, figura 21, e hidrogeológico, figura 22)

En el caso de la mayor parte del área plana de la Región Capital, la estructura geológica por debajo del relleno plio-cuaternario, particularmente en el Distrito Capital, es aún una gran incógnita, lo que no permite definir claramente la geometría detallada de los acuíferos profundos.

Sin embargo, es de esperarse que el modelo geológico regional (presentado en la figura 24), se mantenga en las direcciones norte y sur, aunque puede existir una mayor complejidad, por la posible presencia de plegamientos y fallas tanto longitudinales como trasversales.

Figura 24. Mapa de cuencas hidrogeológicas de la Sabana de Bogotá (primer borrador - de la coordenada N-1.014.000 hacia el norte.)



Parece ser que la cuenca hidrogeológica del sinclinal Chía-Checuá se amplía del municipio de Cota hacia el sur, continuando hacia el sinclinal del Tunjuelo. Sin embargo tres perforaciones realizadas por la EAAB (2001), en inmediaciones de Suba, señalan la presencia de una estructura anticinal y dos fallas que podrían subdividir la citada cuenca hidrogeológica en dos subcuenca separadas hidráulicamente

El subsuelo del Distrito Capital debe estar integrado al menos por dos de las cuencas hidrogeológicas. En la mayor parte del Distrito, por el sinclinal del Tunjuelo-Chía-Checuá, y en una parte muy pequeña (al sur de la ciudad), por el sinclinal Chicú-Río Frío, que también debe continuarse en dirección sur hacia el sinclinal de Sibaté, y se halla cubierto por la formación Sabana (v.gr, al occidente de Bosa).

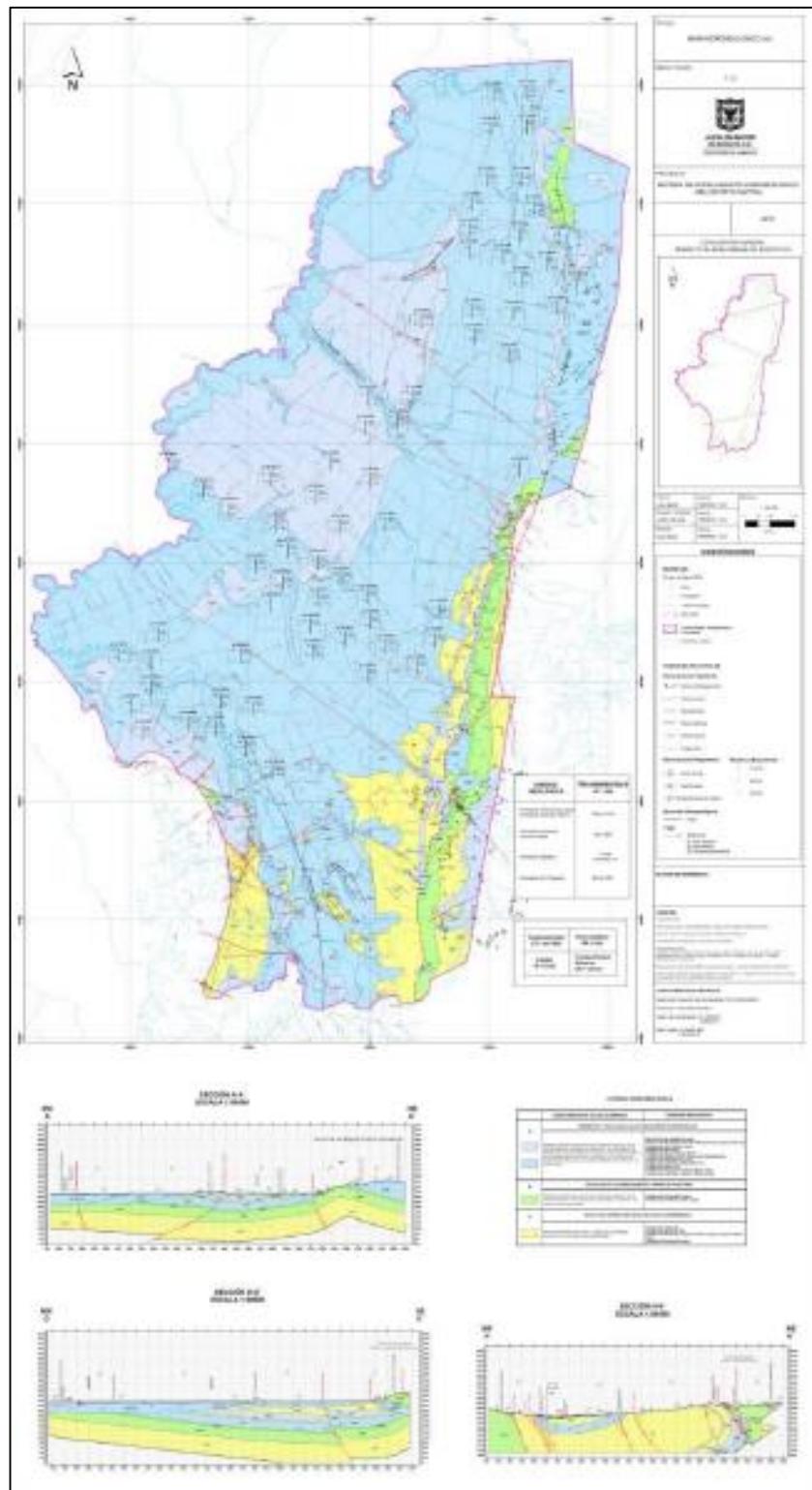
Estas estructuras, su delimitación y continuidad, deben ser investigadas sistemáticamente (a corto, mediano y largo plazo), primero con métodos geofísicos y, posteriormente, con perforaciones, que permitan determinar y

confirmar espesores, profundidad, y características estructurales del subsuelo, desconocidas en la actualidad, dado que se hallan enmascaradas por el relleno cuaternario de la formación Sabana.

Algunas investigaciones y perforaciones hechas por la CAR e INGEOMINAS en la parte plana, señalan que el tope del acuífero principal (areniscas del Grupo Guadalupe) se puede encontrar a profundidades superiores a los 800 m, en varios sectores.

Teniendo en cuenta las reservas calculadas en varios estudios, las areniscas del grupo Guadalupe (Dura, Tierna y de Labor), constituyen el principal acuífero de la Provincia Hidrogeológica de la cordillera Oriental. Por lo tanto, deben ser la prioridad en la planeación de las diferentes etapas de exploración, evaluación, aprovechamiento y gestión de aguas subterráneas, en toda la Región Capital. A manera de información, en la figura 25 se ha incluido el mapa hidrogeológico del área del Distrito Capital, elaborado por el Ing. Jairo Veloza para la SDA en 2013.

Figura 25. Mapa hidrogeológico (Veloza, SDA, 2013)

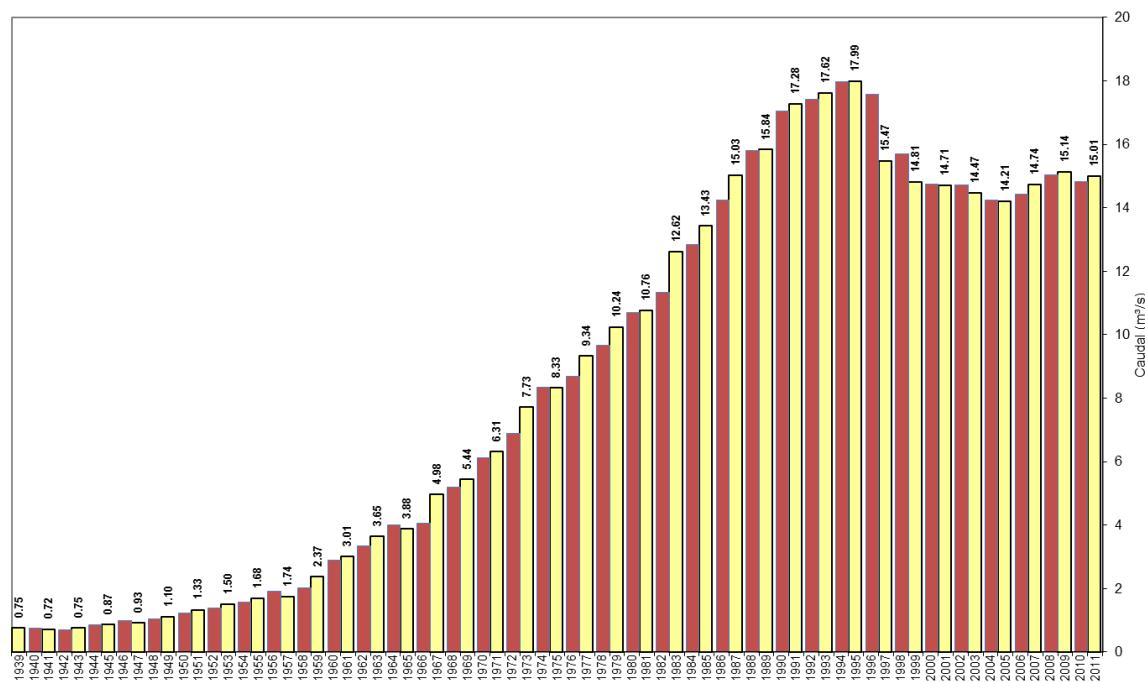


3.6.4. Demanda hídrica

A. Demanda de aguas superficiales

La figura 26 muestra que el consumo de la ciudad creció en forma sostenida hasta 1991. Luego se presentó una desaceleración, y desde 1995 un descenso que sólo se paró en 2005. Esta desaceleración se debió en parte a la crisis del sistema Chingaza en 1995, que obligó a ahorrar agua, y, en parte a la sensibilización de la población sobre el ahorro y uso eficiente del agua. Las estadísticas muestran, en efecto, que los consumos industriales han permanecido estáticos o con tendencia a la baja, como resultado de la puesta en marcha en las empresas de programas de uso eficiente y ahorro del agua.

Figura 26. Evolución histórica de la demanda de agua de Bogotá y los municipios atendidos



La tabla 29 muestra que la demanda actual (2014) de agua de Bogotá y los municipios actualmente atendidos es de 15,35 m³/s, y hacia el 2030 se estima que llegue a 20,07 m³/s. La tabla 30 muestra el detalle de la demanda de los municipios atendidos. Las figuras 27, 28 y 29 muestran la demanda esperada de los municipios atendidos, de Bogotá y del conjunto Bogota – Municipios, hasta el año 2030. El consumo actual de la ciudad (2014) es de 13,64 m³/s y hacia el 2030 se estima que llegue a 15,51 m³/s. El consumo actual de los municipios es de 1,37 m³/s y hacia el 2030 se estima que llegue a 3,38 m³/s. En suma, el consumo actual de la ciudad y los municipios es de 15,35 m³/s y hacia el 2030 se estima que llegue a 20,07 m³/s.

Tabla 29. Consumo de agua de Bogotá y los municipios vecinos (EAB, 2014)

-Año	Bogotá (m ³ /s)	Municipios (m ³ /s)	Total Bogotá y municipios (m ³ /s)
2011	13,640	1,370	15,010
2012	13,660	1,600	15,260
2014	13,715	1,633	15,348
2020	14,198	3,464	17,662

-Año	Bogotá (m³/s)	Municipios (m³/s)	Total Bogotá y municipios (m³/s)
2025	14,720	4,278	18,998
2030	15,513	4,559	20,072

Tabla 30. Demanda actual y futura de agua de los municipios atendidos (EAB, 2014)

Año	Gachancipá	Tocancipá	Sopó	Cajicá	Chía	La Calera	Funza	Mosquera
2011	0,011	0,038	0,034	0,099	0,284	0,006	0,075	0,143
2012	0,010	0,068	0,040	0,111	0,279	0,027	0,123	0,148
2014	0,010	0,047	0,036	0,130	0,310	0,008	0,062	0,164
2020	0,013	0,111	0,060	0,164	0,435	0,032	0,243	0,269
2025	0,017	0,144	0,075	0,201	0,548	0,043	0,281	0,360
2030	0,020	0,161	0,082	0,219	0,605	0,051	0,302	0,414

Año	Madrid	Soacha	Cota	Tenjo	Anapoima	La Mesa	P. Ind. Tocancipá	Coca Cola-Sab Miller
2011	0,047	0,630						
2012	0,123	0,668						
2014	0,079	0,756	0,031					
2020	0,154	1,283	0,099	0,035	0,050	0,116	0,050	0,350
2025	0,251	1,601	0,123	0,037	0,059	0,138	0,050	0,350
2030	0,312	1,601	0,140	0,038	0,064	0,150	0,050	0,350

Las figuras 27, 28 y 29 muestran la evolución de la demanda futura de los municipios, Bogotá y Bogotá + los municipios atendidos y próximos a atender (Tequendama). Se debe aclarar que la demanda considerada en estas figuras y tablas corresponde a la estimada por la EAB en el caso de Bogotá, y a las proyecciones de las solicitudes de los municipios, toda vez que la demanda estimada para los municipios con base en las tasas y proyecciones del DANE son inferiores a las indicadas en cerca de un 27,9% en promedio para 2020-2030. Esto se debe a que las proyecciones de las solicitudes de los municipios obedecen a supuestos de expansión urbana ligados a las políticas de crecimiento de cada municipio y cada alcaldía.

Figura 27. Demanda actual y futura de agua de los municipios atendidos

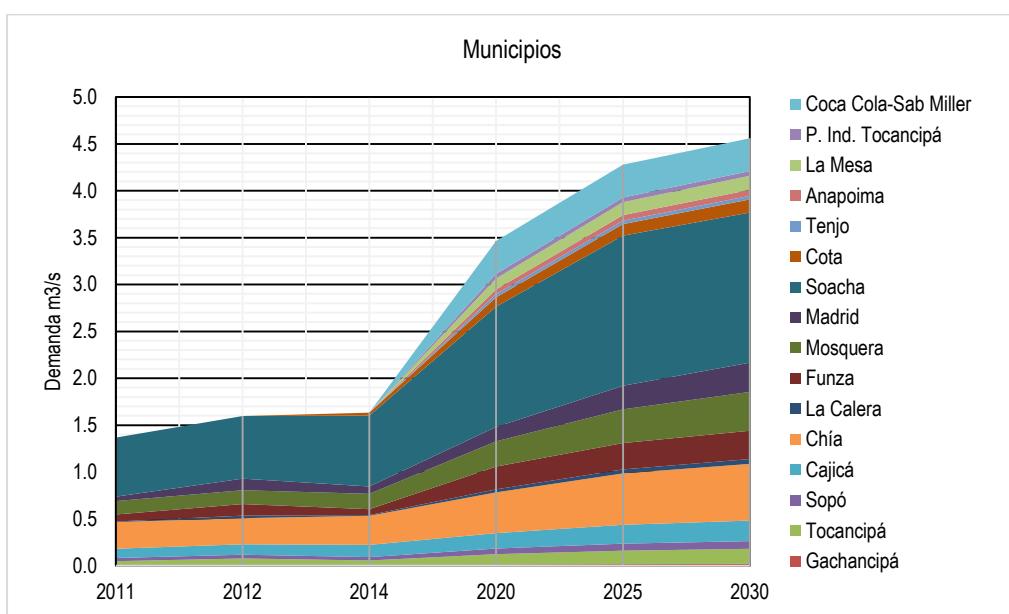


Figura 28. Demanda actual y futura de agua de Bogotá

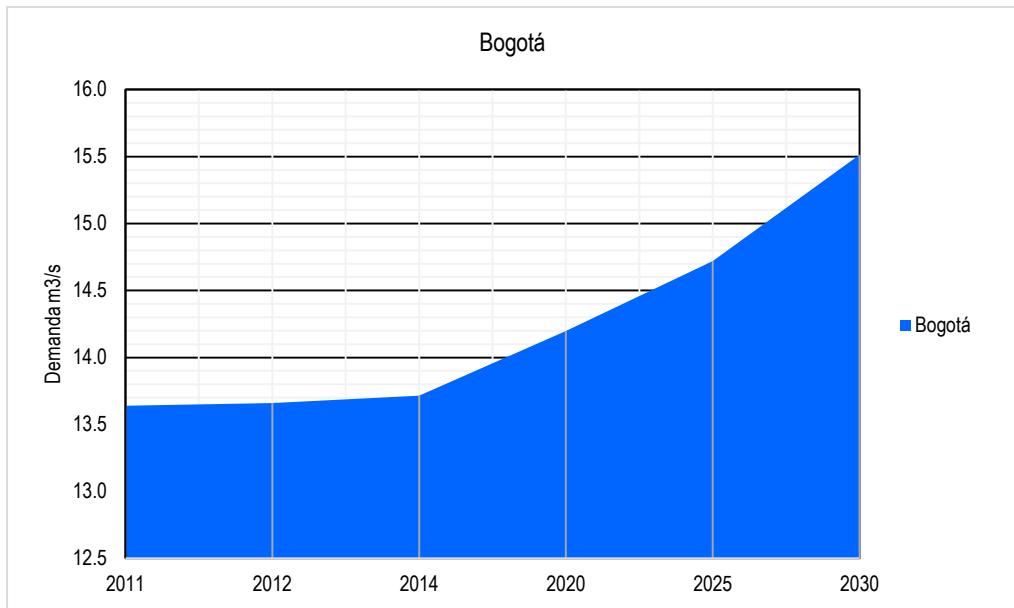
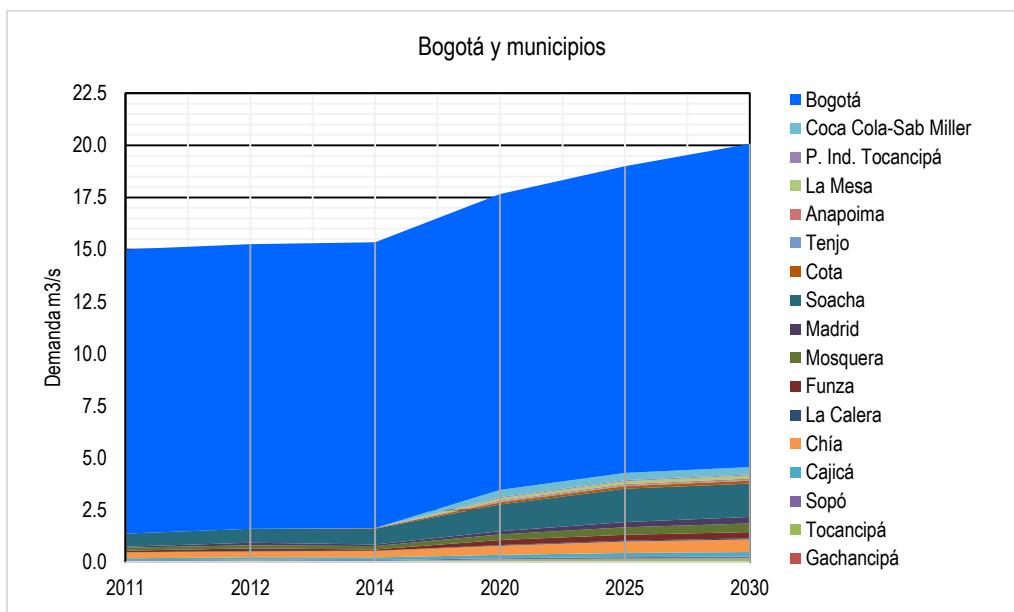


Figura 29. Demanda actual y futura de agua de Bogotá y los municipios atendidos



De otro lado, las figuras 31 y 32 muestran la evolución histórica y proyectada de la oferta y la demanda, incluida la demanda de Bogotá y los municipios. Se observa que a partir del año 2014 se espera un crecimiento continuo de la demanda, ya que es muy poco probable que los consumos unitarios por habitante día decrezcan más de los que están hoy en día, por lo cual el crecimiento será proporcional al crecimiento de la población. La figura 31 se ha construido con base sólo en oferta cuantitativa; en este caso, la necesidad de entrada en operación de un nuevo proyecto sería para el próximo decenio. No obstante, si se considera las restricciones existentes en el actual sistema de tratamiento de agua (figura 32), la decisión de entrada de un nuevo proyecto es urgente,

toda vez que la capacidad actual del sistema amenaza con volverse deficitaria y, el tiempo que tarda un proyecto en entrar en operación desde el momento en que se toma la decisión de implementarlo, es del orden del decenio.

Figura 30. Importancia relativa de la demanda actual y futura de agua de Bogotá y los municipios atendidos

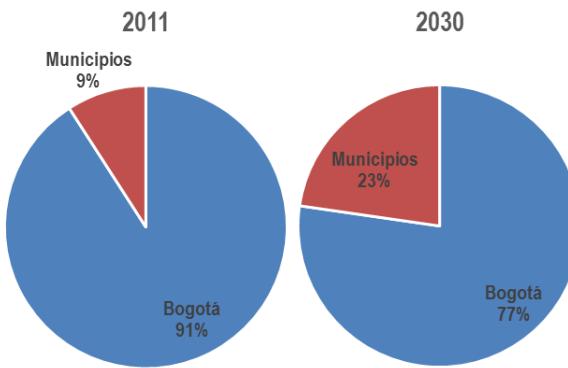


Figura 31. Evolución histórica y futura de la demanda de agua de Bogotá y los municipios atendidos. Entrada nuevo proyecto según oferta cuantitativa del recurso hídrico (Gino González – EAB, 2014)

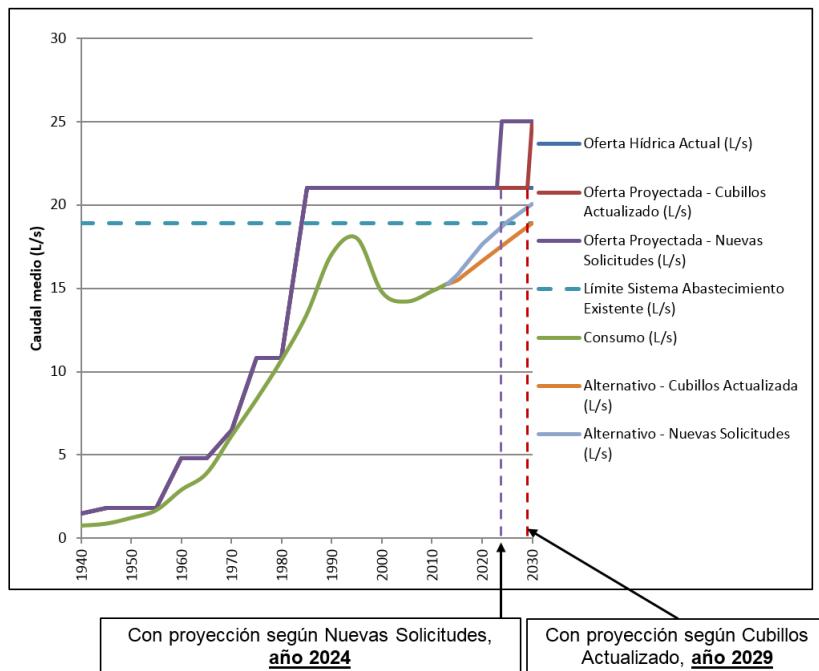
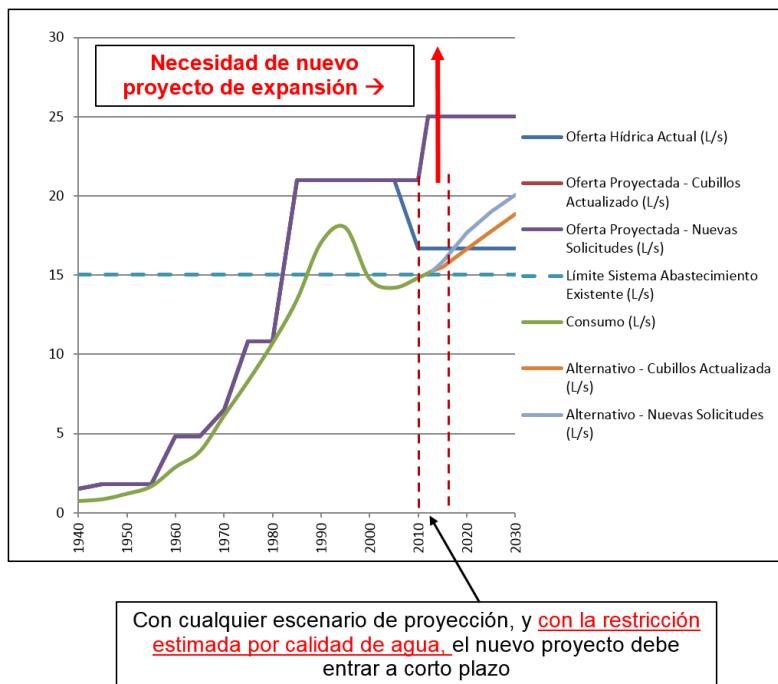


Figura 32. Evolución histórica y futura de la demanda de agua de Bogotá y los municipios atendidos. Entrada nuevo proyecto según calidad del agua (Gino González – EAB, 2014)



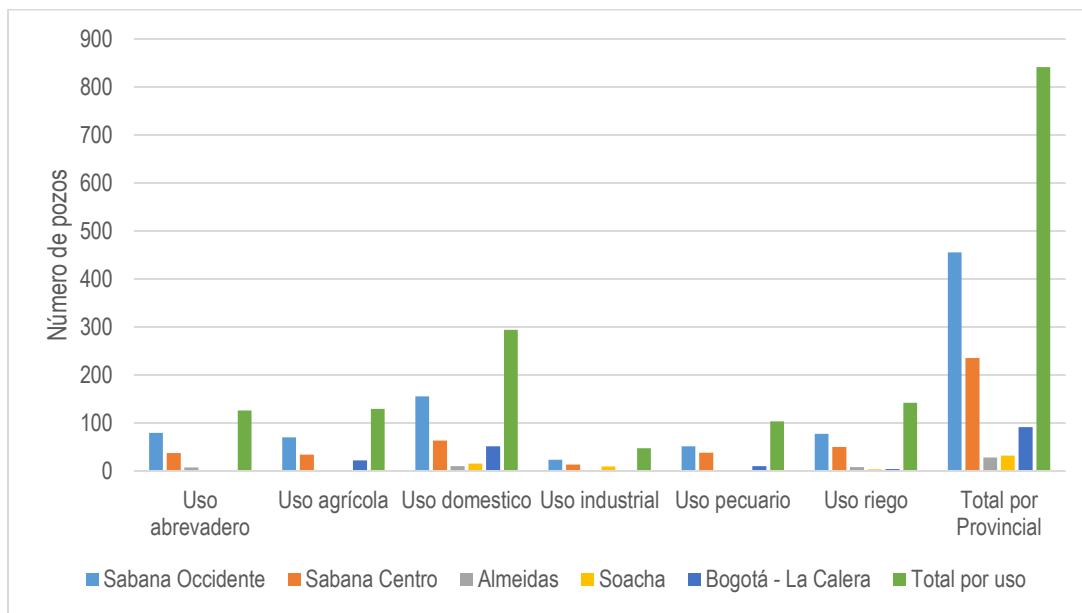
B. Demanda de aguas subterráneas

De acuerdo con el informe “Meta 8.3 Formular dos (2) planes de manejo de acuíferos priorizados, Contrato de prestación de servicios 2013” (CAR, 2014), existen en la cuenca del río Bogotá 841 pozos de producción de agua subterránea, distribuidos como se muestra en la tabla 30 A y en la figura 32 A. Estos pozos tienen un caudal concesionado total de 774,23 L/s.

Tabla 30 A. Usos de agua subterránea autorizados por provincial de la CAR en la cuenca alta y media del río Bogotá (CAR, 2013)

Provincial CAR	Uso abrevadero	Uso agrícola	Uso doméstico	Uso industrial	Uso pecuario	Uso riego	Total por provincial
Sabana Occidente	79	70	155	23	51	77	455
Sabana Centro	37	34	63	13	38	50	235
Almeidas	7	1	10	0	2	8	28
Soacha	1	2	15	9	2	3	32
Bogotá - La Calera	2	22	51	2	10	4	91
Total por uso	126	129	294	47	103	142	841

Figura 33. Usos de agua subterránea autorizados por provincial de la CAR en la cuenca alta y media del río Bogotá (CAR, 2013)



Demanda de agua para consumo humano de la Región Capital

No existen estudios sobre demanda de agua para toda la región Bogotá – Cundinamarca. No obstante, para suplir esta deficiencia, en el marco del presente estudio se realizó una estimación, con base en la información más reciente sobre población y sobre módulos de consumo per cápita a nivel urbano. En el Anexo 7 se presenta una tabla con la información utilizada por municipio. En resumen, la situación es la siguiente, considerando demanda para consumo humano, industrial, comercial y de servicios:

Demanda actual de Bogotá (EAB, 2014): $13,715 \text{ m}^3/\text{s}$

Demanda actual de los 13 municipios servidos por la EAB (EAB, 2014): $1,633 \text{ m}^3/\text{s}$

Demanda actual del resto de municipios de Cundinamarca (SUI, 2013): $1,727 \text{ m}^3/\text{s}$

Demanda total actual: $17,075 \text{ m}^3/\text{s}$

No es posible dar un dato confiable sobre la oferta total de agua para la región. Sin embargo, la experiencia permite formular la hipótesis de que la oferta es suficiente para atender la demanda actual y de los próximos decenios, si bien la distribución de la oferta del recurso hídrico no guarda una relación directa con la distribución de la demanda, lo cual hace necesario adelantar proyectos de regulación hidráulica mediante embalses, y de conducción hasta las zonas de demanda. Específicamente, en la zona de la CAR existen estudios a nivel de factibilidad para tres embalses adicionales a los existentes: Tibita (en Lenguazaque – Villapinzón), San José (en Carmen de Carupa) y Calandaima (en El Colegio), los cuales se encuentran detenidos debido a la presión de pequeños grupos de interés que no representan el interés general de la región. También existen proyectos de ampliación de la oferta en los macizos de Chingaza y Sumapaz, tal como se mencionó arriba (3.6.2 B).

Vacíos de información de demanda

En el estudio de la cuenca piloto del río Tunjuelo (ver Producto 3 de este estudio) se evidenciaron los siguientes vacíos de la información sobre demanda:

- 1) El dato mejor soportado es, por lo general, el de dotación de agua para consumo humano, en especial para ciudades grandes y medianas. En las ciudades pequeñas y centros locales este dato es muy incierto. Lo mismo se puede decir de la dotación de agua para consumo de la población rural, toda vez que los acueductos rurales no tienen este dato, o lo tienen mezclado con el consumo agrícola y pecuario, por lo cual no es posible discriminar el consumo para los diferentes usos.
- 2) No hay datos suficientes que permitan estimar con un buen nivel de precisión los consumos industriales, comerciales y de servicios. Incluso en ciudades como Bogotá, el consumo para estos sectores se presenta agregado para toda la ciudad y, por lo general, se calcula como un porcentaje del consumo doméstico urbano.
- 3) La SDA tiene algunos muestreos que permiten determinar el consumo unitario para las principales industrias, por tipos de tamaño. Pero no se tiene un dato confiable del número de industrias.
- 4) Obtener el consumo industrial, comercial y de servicios en el caso de Bogotá sería relativamente fácil, a partir de la facturación de la EAB. Pero, desafortunadamente, la empresa no tiene los datos organizados en tal forma que sea posible estimar para toda la ciudad o para parte de ella (UPZ, cuencas) el consumo para cada uno de estos sectores.
- 5) En el sector rural, el consumo industrial y comercial se estima por lo general a partir de las concesiones de agua de las CARs. No obstante, es bien sabido que sólo una parte de las captaciones y consumos están legalizados.
- 6) De igual manera, el consumo agrícola y pecuario se puede obtener a través de los módulos de consumo establecidos por las CARs. Pero estos datos son teóricos y no concuerdan necesariamente con el consumo real. Además, no se dispone de mapas anuales sobre distribución de los diferentes cultivos y pastos, que permitan calcular el consumo con base en dichos módulos.
- 7) Tampoco existen datos confiables sobre consumo minero, tanto en las fases de extracción como de beneficio y actividades relacionadas.
- 8) La normatividad y metodologías de estimación de caudales ambientales no concuerdan con la realidad y no hay claridad sobre la forma de estimarlos. Las metodologías en curso de desarrollo son muy teóricas y no contemplan el hecho de que la vegetación ribereña y la biota acuática tiene ciclos naturales adaptados a la variación natural de los caudales y de las lluvias, por lo cual no se debiera estimar el caudal ambiental a partir de promedios anuales. Además, se estima por igual para cuencas reguladas y no reguladas, lo que implica castigar los esfuerzos de las entidades para regular los caudales de los ríos.
- 9) No hay datos suficientes para estimar el consumo real de actividades como la piscicultura en estanques, ni para estimar el consumo energético, de navegación, recreación activa y pasiva y otros usos contemplados en la metodología ERA-

Todo lo anterior implica que las entidades deben desarrollar un esfuerzo importante de investigación a nivel de los usuarios, para tener datos confiables de consumo, que permitan estimar indicadores confiables de demanda.

3.6.5. Calidad del agua

A. Contaminación en la región

Como queda dicho en el análisis de las fuentes de información, son varias las entidades que tienen programas permanentes de monitoreo de la calidad del agua en la región. Entre ellas, la de mayor cobertura es la CAR, para la totalidad del área de su jurisdicción. En el análisis de la fuente de información correspondiente (Anexo 1, referencia 52) se presentan los mapas más recientes de algunos de los parámetros monitoreados. De igual manera, la EAB mantiene una red, orientada específicamente a la medición de la calidad del agua de las fuentes que aprovecha y en los sitios próximos a sus captaciones. La SDA mantiene igualmente una red de medición de calidad del agua de los ríos urbanos (ver Anexo 1, referencias 49, 53, 56 y 59, entre otras).

En esta sección, se ha tomado como referencia un estudio adelantado por la EAB con la Universidad Nacional entre 2008 y 2011, el cual realizó un importante monitoreo de la calidad del agua del río Bogotá y de sus tributarios, orientado a alimentar el modelo dinámico de calidad del agua del río Bogotá (Anexo 1, referencia 54). Las figuras 33 a 44 muestran los resultados principales de dicho estudio, así:

- Las figuras 33 a 36 muestran la variación de los niveles medios, máximos y mínimos de caudal, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y temperatura del agua del río desde Villapinzón (cerca a su nacimiento) hasta inmediatamente aguas arriba su desembocadura en el río Magdalena (Salsipuedes).
- Las figuras 37 a 41 muestran la variación de las concentraciones medias y la fluctuación total para los principales parámetros de calidad del río, igualmente desde su nacimiento hasta su desembocadura, y su comparación con las normas vigentes (Decreto 1594 de 1984 y Acuerdo 43 de 2006 de la CAR). Estos perfiles muestran asimismo la comparación entre los valores de 2002 con los valores de 2009, base del estudio.
- Las figuras 42 a 44 muestran la variación del Índice de Calidad ICA (calculado según la norma holandesa) para la cuenca alta, media y baja del río Bogotá.
- Asimismo, el Anexo 6 muestra los datos promedios obtenidos para cada punto y su comparación con las normas.

De la observación de estas figuras y tablas, se pueden obtener algunas conclusiones comunes (ver en especial los gráficos del ICA):

- La contaminación varía entre *moderada* y *severa* desde Villapinzón hasta el embalse del Sisga. Este tramo, como se sabe, fue objeto de descargas altamente contaminadas de numerosas industrias de curtidores, además de las aguas residuales de Villapinzón.
- Desde el embalse del Sisga hasta aguas arriba de Tocancipá, la contaminación es *incipiente*, debido al efecto de dilución de las descargas del embalse del Sisga.
- Desde Tocancipá hasta Sopó (aguas abajo de la desembocadura del río Teusacá), la contaminación varía entre *moderada* y *severa*. Es importante anotar que, en este tramo, el río Bogotá recibe a los ríos Neusa y Negro, éste último receptor de las aguas residuales de Zipaquirá.
- Desde Sopó hasta Cota, la contaminación varía entre *severa* y *muy severa*. Esto es debido a que, en este tramo, el río recibe las descargas de las aguas residuales de Cajicá, Chía y Cota.
- Desde Cota hasta inmediatamente aguas arriba de la desembocadura del río Salitre, antes de la primera gran descarga de aguas residuales de la ciudad de Bogotá, la contaminación disminuye a *severa*, debido a que, en este tramo, no hay descargas de importancia.
- Desde la descarga del río Salitre hasta el Salto de Tequendama, la contaminación crece de manera drástica, debido a las descargas de aguas residuales de la ciudad de Bogotá, alcanzando en todo este tramo la categoría de *muy severa*.

- A partir del Salto de Tequendama y hasta la desembocadura del río Calandaima, la oxigenación debida a la fuerte pendiente del río, hace que el oxígeno disuelto aumente, por lo cual la contaminación disminuye a severa.
- Desde la desembocadura del río Calandaima hasta el final del río, en su desembocadura en el Magdalena, la débil pendiente del cauce hace que el OD se reduzca de nuevo y la contaminación aumente de nuevo a *muy severa*.

La figura 34 muestra de manera especial cómo el oxígeno disuelto disminuye drásticamente en la cuenca media, debido a las descargas de aguas residuales de Cajicá, Chía, Cota y, especialmente, de Bogotá. Luego se observa una recuperación al inicio de la cuenca baja y de nuevo una caída en la parte final del río. La conductividad eléctrica aumenta igualmente en la cuenca media (figura 35), mientras la temperatura guarda una relación con la disminución de la altitud (figura 36).

Las figuras 37 a 41 muestran otras características que conviene resaltar:

- Las concentraciones de oxígeno disuelto cumplen parcialmente las normas nacionales y regionales (CAR) en la cuenca alta, pero las incumplen en la cuenca media y baja, aunque aguas abajo de Agua de Dios las cumplen. Con respecto al 2002, la contaminación ha disminuido en la cuenca baja.
- El nitrógeno amoniacal cumple parcialmente las normas en la cuenca alta pero las incumple en la cuenca media y baja. Las concentraciones aumentan drásticamente a partir de la ciudad, y se han incrementado con respecto a 2002.
- Los sulfatos igualmente incrementan sus concentraciones a partir de la ciudad.
- Los sólidos suspendidos totales incumplen las normas para todas las clases de la CAR en la cuenca media y baja y las cumplen parcialmente en la cuenca alta. Con respecto a 2002, la contaminación ha aumentado en la cuenca media y ha disminuido en la cuenca baja.
- La demanda biológica de oxígeno (DBO_5) cumple parcialmente las normas CAR en la cuenca alta, pero las incumple en la cuenca media y baja. Con respecto a 2002, las concentraciones se han mantenido en la cuenca alta, pero han aumentado en la cuenca media y baja.
- Los nitratos cumplen las normas para clase 3 CAR en todo el río. Con respecto a 2002, las concentraciones han disminuido en la cuenca alta, se han mantenido en la cuenca media y han disminuido en la cuenca baja.
- El fósforo total incumple las normas CAR en todo el recorrido. Con respecto a 2002, las concentraciones han aumentado en todo el recorrido del río, en especial en la cuenca media y baja.
- La conductividad eléctrica aumenta fuertemente desde la confluencia del río Teusacá y sigue aumentando en la cuenca media. Con respecto a 2002, ha aumentado aguas arriba de Saucio, en la cuenca alta, y luego en la cuenca media, pero ha disminuido en la cuenca baja.
- Los sólidos disueltos totales presentan el mismo comportamiento de la conductividad eléctrica.
- La demanda química de oxígeno (DQO) ha disminuido en la cuenca alta, ha aumentado en la cuenca media y ha disminuido en gran parte de la cuenca baja, con respecto a los valores de 2002.
- El nitrógeno total K se ha mantenido en la cuenca alta, pero ha aumentado en la cuenca media y baja, con respecto a 2002.
- Los ortofosfatos aumentan drásticamente en la cuenca media, con respecto a los valores de la cuenca alta.
- Los coliformes totales se mantienen en promedio por debajo del millón de UFC/100 mg/l en la cuenca alta, pero suben a más de 10 millones en la cuenca media.
- E. coli se mantienen por debajo del millón de UFC/100 mg/l en la cuenca alta, pero aumentan entre 1 y 10 millones en la cuenca media y baja.

Todo lo anterior hace ver el muy grande papel que sobre la calidad de las aguas del río tienen las descargas de Bogotá, muy por encima de la contaminación causada por los demás centros urbanos y actividades

económicas de la cuenca. Esto significa que la recuperación integral del río debe pasar, obligatoriamente, por el tratamiento de las aguas residuales de Bogotá, a niveles superiores al previsto en las sentencias judiciales existentes y en el POT de la ciudad.

B. Contaminación en la ciudad

De acuerdo con lo establecido en la campaña de muestreo de los ríos urbanos en 2011-2012 (ver Anexo 1, referencia 49), los ríos urbanos también se encuentran fuertemente contaminados, como resultado de los vertimientos de domésticos, industriales, comerciales e institucionales que se realizan en su recorrido. Es así como (ver figura 45):

- El río Torca, el menos contaminado de los ríos urbanos, presenta una calidad marginal en la mayor parte de su recorrido, y sólo en su porción superior presenta calidad buena, según el ICA empleado. Este río se encuentra principalmente afectado por descargas de establecimientos institucionales y comerciales localizados a lo largo de la Autopista Norte y en sectores aledaños, así como por barrios o viviendas aisladas no conectados a la red de alcantarillado.
- El río Salitre presenta una calidad pobre en todo su recorrido hasta el piedemonte de los Cerros Orientales, en el borde occidental del Parque Nacional. Sólo en su recorrido por el parque y aguas arriba, el río presenta una calidad buena. Las principales fuentes de contaminación de este río son las conexiones erradas de barrios y establecimientos localizados en su cuenca.
- El río Fucha presenta cuatro (4) tramos de diferente calidad: desde su desembocadura en el río Bogotá hasta la Avenida Boyacá, con calidad pobre; desde la Avenida Boyacá hasta aguas arriba de la Avenida Las Américas, con calidad marginal; desde la Avenida Las Américas hasta la Carrera 7, con calidad pobre; y aguas arriba de la Carrera 7, con calidad buena. Este río es afectado por descargas y/o conexiones erradas de barrios o viviendas y del sector industrial del centro occidente de Bogotá
- El río Tunjuelo presenta una calidad pobre desde su desembocadura en el río Bogotá hasta el relleno Doña Juana, donde recibe las descargas de la planta de lixiviados del relleno; desde Doña Juana hasta la confluencia de la quebrada Yomasa, con calidad marginal; y desde Yomasa hasta La Regadera, de calidad regular. Además de las descargas de lixiviados de Doña Juana, este río recibe numerosas descargas y/o conexiones erradas de barrios o viviendas, industrias artesanales, industrias extractivas y zonas erosionadas.

Figura 33. Comportamiento de los caudales a lo largo del río Bogotá (2002-2009) (UNAL-EAB, 2011)

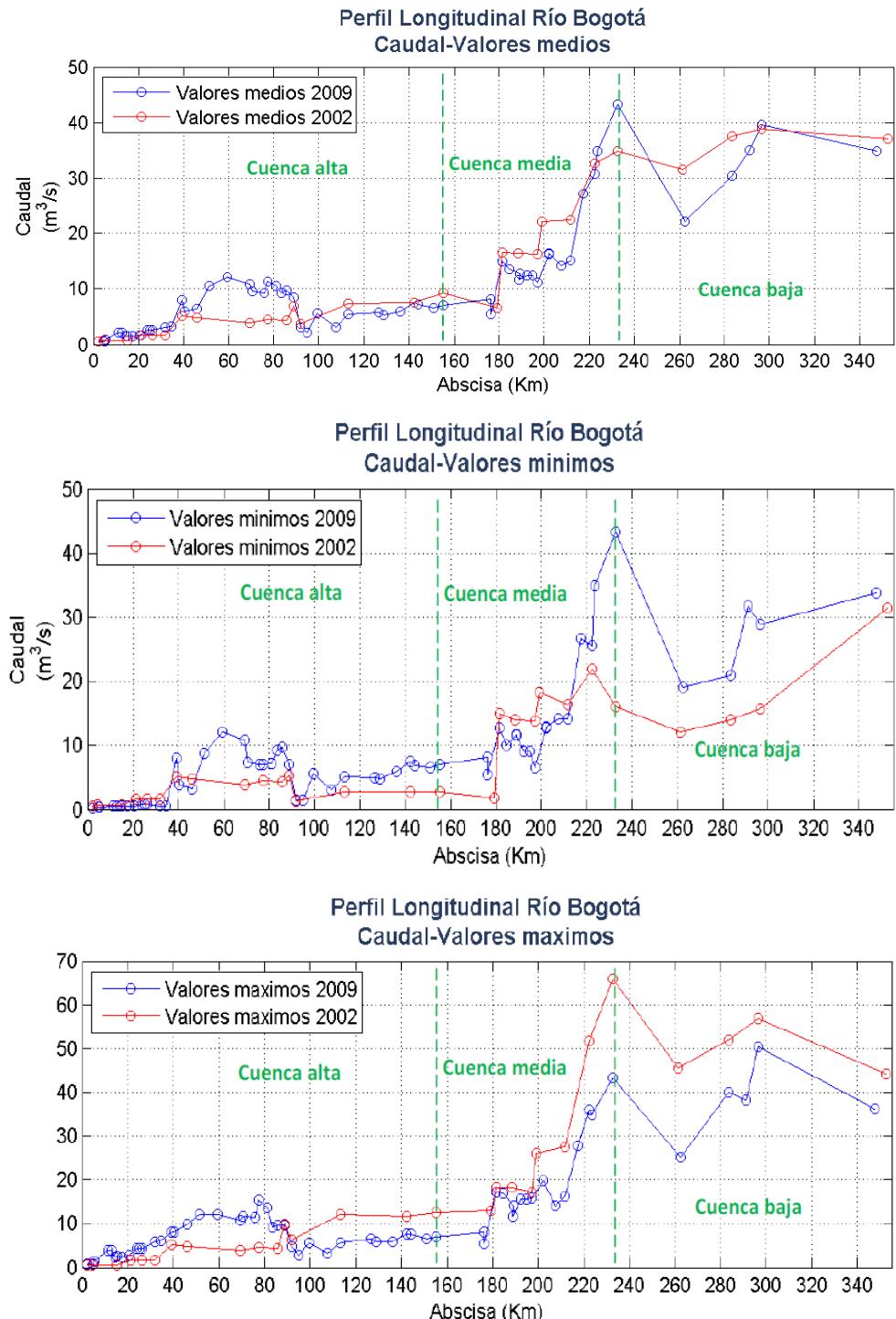


Figura 34. Comportamiento del oxígeno disuelto a lo largo del río Bogotá (2002-2009) (UNAL-EAB, 2011)

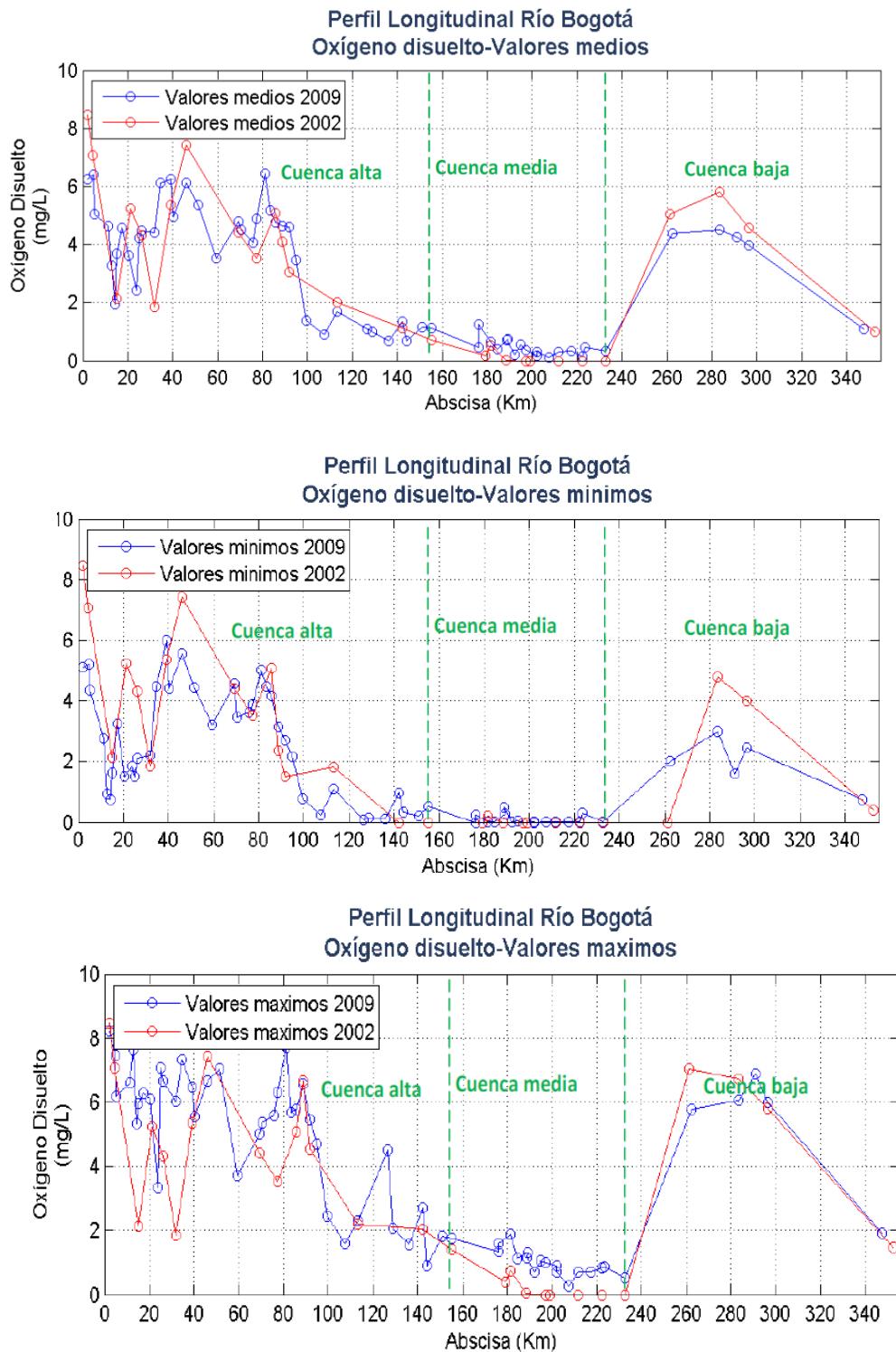


Figura 35. Comportamiento de la conductividad a lo largo del río Bogotá (2002-2009) (UNAL-EAB, 2011)

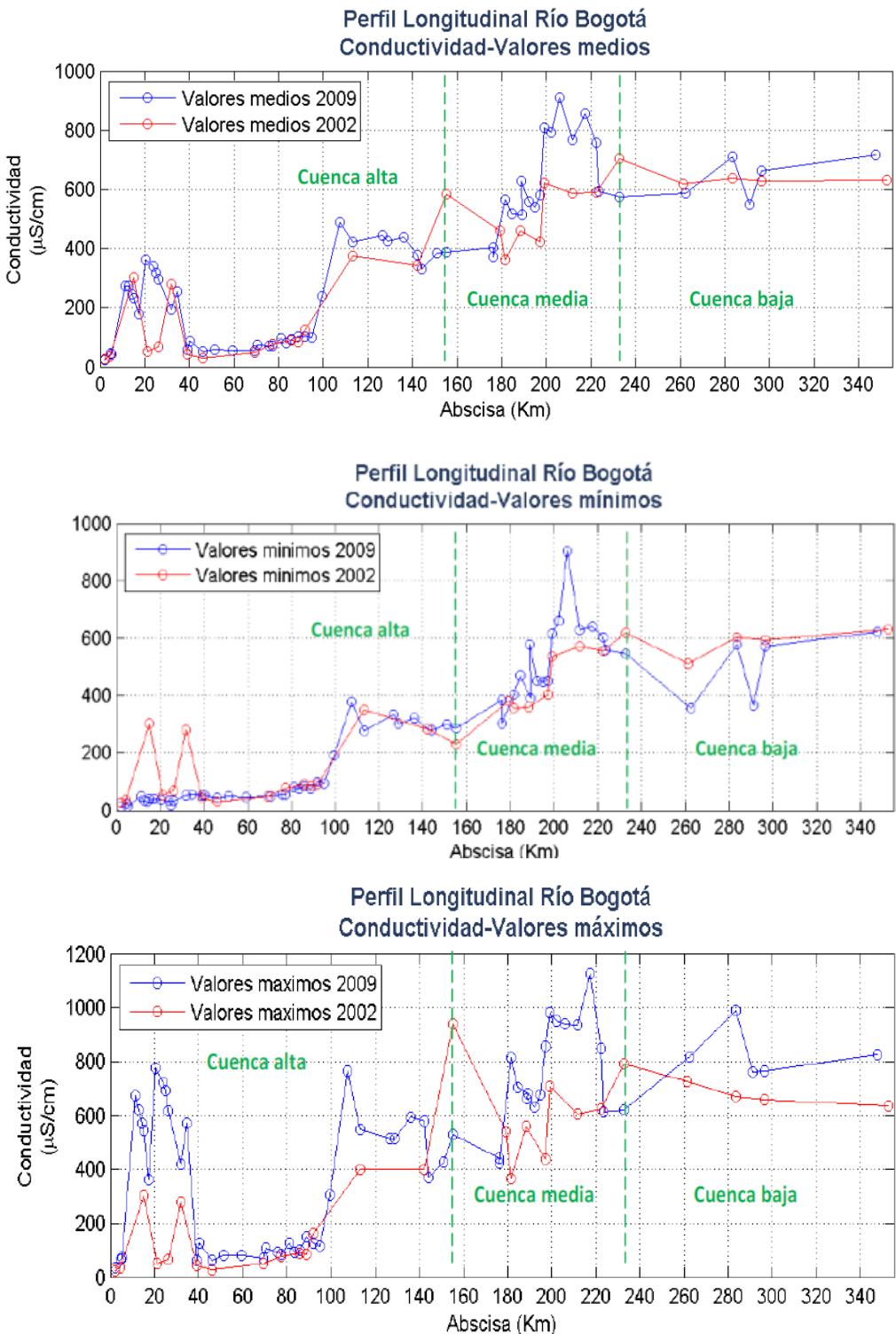


Figura 36. Comportamiento de la temperatura a lo largo del río Bogotá (2002-2009) (UNAL-EAB, 2011)

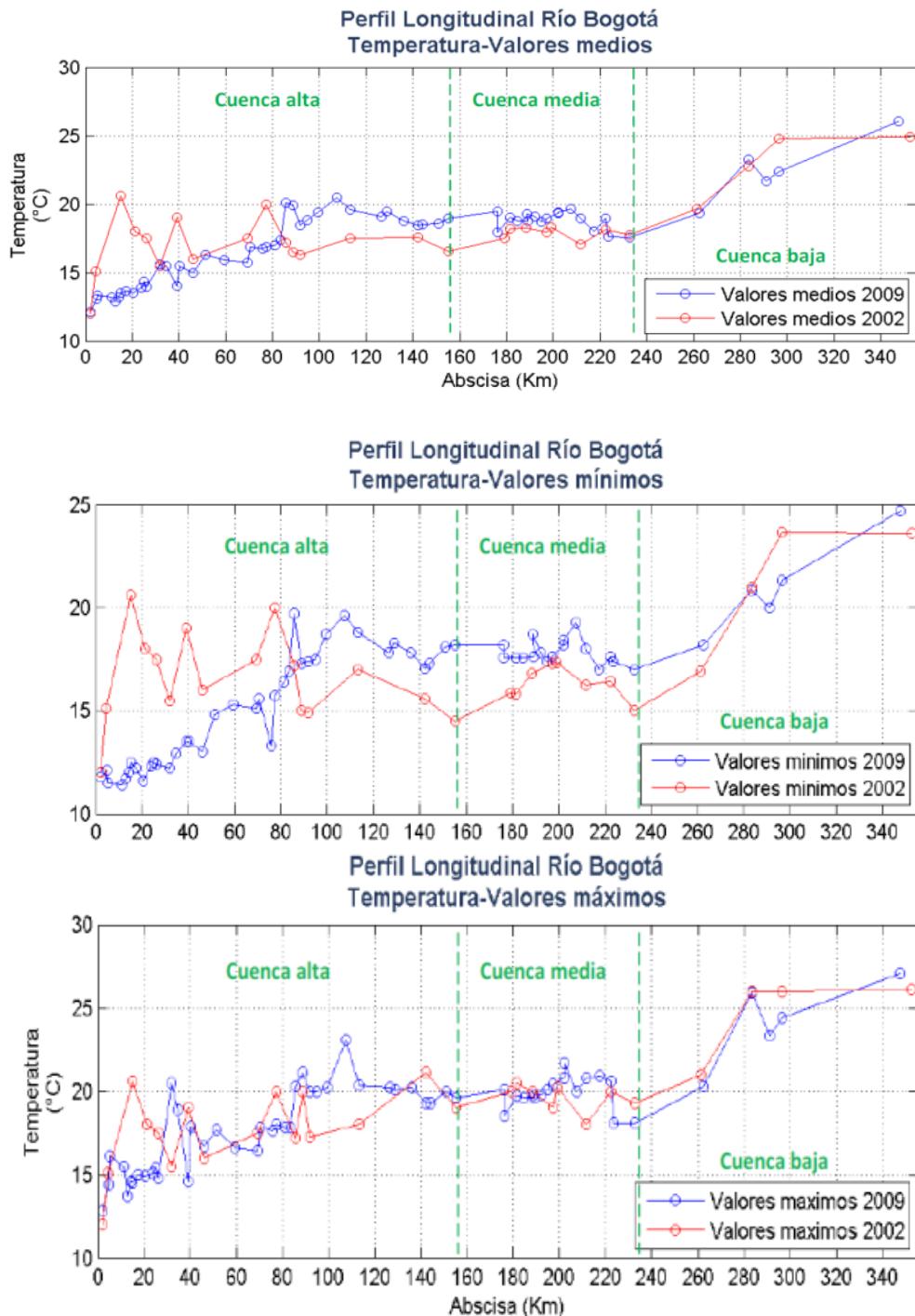
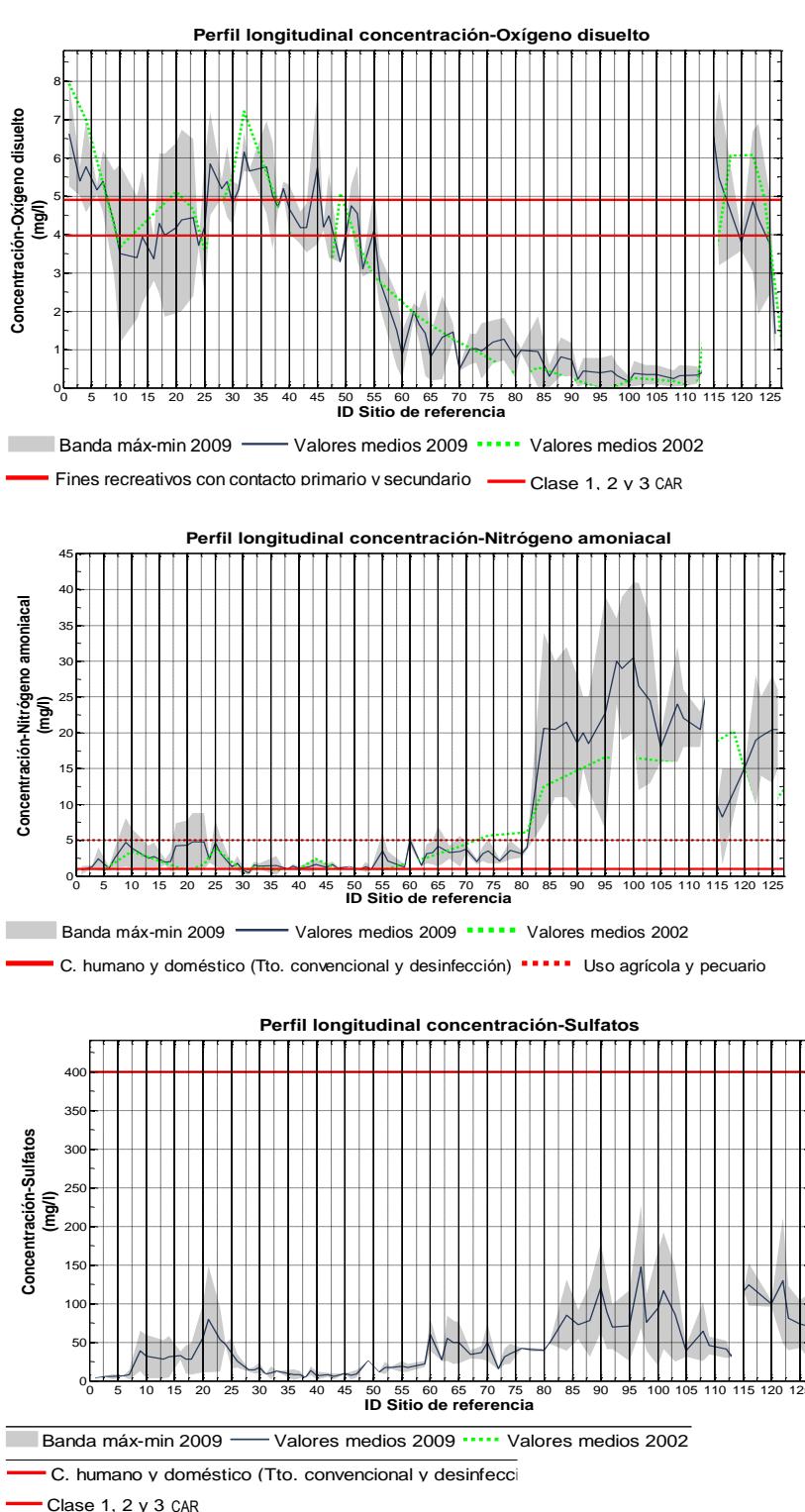


Figura 37. Oxígeno disuelto, nitrógeno amoniacal y sulfatos a lo largo del río Bogotá (2002-2009), y normas para diferentes usos del agua según Decreto 1594/84 y clases de calidad CAR (UNAL-EAB, 2011)



ID	ESTACIÓN	ABSISADO
1	R.B. aguas arriba Vía Alfonso López	K024+280
2	R.B. aguas arriba Vía Chiquitá	K024+441
3	R.B. aguas abajo Querubada Chiquitá	K024+497
4	R.B. Puente plaza de mercado V/pinzón	K024+696
5	Confluencia Querubada Quinchá	K024+691
6	R.B. aguas arriba descarga alcantarillado V/pinzón	K025+095
7	R.B. Puente última descarga alcantarillado V/pinzón	K025+226
8	Confluencia Querubada San Pedro	K027+016
9	R.B. Puente acceso Stock 4-80	K011+156
10	R.B. aguas arriba Vía Alfonso López Q. Chingaúco	K024+466
11	R.B. Descarga punte de madera curvibres	K012+966
12	Descarga curtible Puente de madera	K013+026
13	R.B. Puente Hacienda-Pto. intermedio	K014+466
14	R.B. Agregados Chiconzá	K015+241
15	Descargas Agregados Chiconzá	K015+246
16	R.B. aguas abajo Agregados Chiconzá	K015+796
17	R.B. Puente de madera Tarabita-Pto. intermedio	K017+291
18	R.B. Puente aguas arriba Rio Tejar	K024+556
19	R.B. aguas arriba Vía Chiconzá	K014+556
20	R.B. aguas vía Chiconzá - Cucunubá (2002: Pte. Telecom)	K024+051
21	R.B. Puente aguas arriba PTAR Chocantá	K024+087
22	Descarga PTAR Chocantá	K024+092
23	R.B. aguas abajo PTAR Chocantá	K026+156
24	R.B. Pto. Intermedio arriba Saúco	K028+200
25	R.B. Estación Telemétrica Saúco	K024+056
26	R.B. aguas arriba Vía Chiconzá	K014+056
27	Confluencia Rio Sisga (2002: D. embalse Sisga)	K024+056
28	R.B. aguas abajo Confluencia Rio Sisga	K024+045
29	R.B. Pte. vehicular vía Santa Rosita	K029+195
30	R.B. Estación Hidrológica Santa Rosita	K040+095
31	R.B. Pto. Intermedio Sta. Rosita - Pte. Santander	K045+750
32	R.B. Puente Santander	K045+750
33	R.B. aguas arriba Pilar Suesca	K046+475
34	R.B. aguas arriba Vía Chocantá	K046+475
35	Confluencia Rio Tominé	K024+448
36	R.B. Compuerta Achurá	K011+443
37	R.B. Pto. Intermedio arriba Papeleras y Molinos	K024+443
38	R.B. aguas arriba Papeleras y Molinos	K029+143
38.1	Descarga Papeleras y Molinos (solo 2002)	K029+148
39	R.B. Pte. Florencia	K011+043
40	R.B. Puente Gachancipá	K070+333
40.1	By pista PTAR Gachancipá (solo 2002)	K070+338
41	R.B. aguas arriba Vía Chiconzá	K014+443
42	R.B. aguas vehicular vía ECOPETROL	K075+443
43	R.B. Puente Tulio Botero	K077+183
44	Descarga PTAR Tocancipá	K077+053
45	R.B. aguas arriba descarga Barranquilla	K050+045
46	R.B. aguas arriba Termozipa	K011+023
47	R.B. aguas arriba Termozipa	K023+320
48	Descarga Termozipa - Cenizas	K023+320
49	R.B. aguas arriba Vía Chiconzá - Gratas	K023+320
50	Descarga Termozipa - Gratas	K024+220
51	R.B. Pto. L. Termozipa - Panaca (2002: A. abajo Termozipa)	K058+420
52	R.B. Parque Panaca (2002: El Trunfo)	K058+563
53	R.B. aguas abajo Barranca Carrereta a Zipa	K029+259
54	Confluencia Rio Neusa (2002: Río Barandillas)	K050+013
55	R.B. Estación El Espino	K051+013
56	R.B. aguas arriba Confluencia Rio Negro	K054+063
57	R.B. aguas arriba Vía Chiconzá	K054+063
58	V.I. Descarga Familia Sancala	K029+253
59	R.B. aguas arriba Refusal	K029+003
60	R.B. aguas arriba Confluencia Rio Teusaca	K107+463
61	Confluencia Rio Teusaca	K107+468
62	R.B. aguas abajo Confluencia Rio Teusaca	K107+472
63	R.B. Estación LG Puente Vargas	K113+223
64	R.B. Puente del Común	K126+298
65	R.B. aguas arriba Descarga PTAR Chía	K126+298
66	Descarga PTAR Chía	K126+313
67	R.B. aguas arriba Confluencia Canal Torca	K125+987
68	Confluencia Canal Torca	K125+987
69	R.B. Puente la Balsa	K142+231
70	R.B. aguas arriba Confluencia Rio Frio	K143+092
71	Confluencia Rio Frio	K143+097
72	R.B. aguas abajo Rio Frio	K143+097
73	R.B. aguas arriba Rio - Virgen	K140+045
74	R.B. Puente la Virgen	K140+045
75	Descarga PTAR Cola	K155+090
76	R.B. aguas arriba Concejerá	K174+084
77	Confluencia Humedal La Concejerá	K174+019
78	R.B. aguas arriba Confluencia Rio Chicú	K176+019
79	Confluencia Rio Chicú	K176+024
80	R.B. aguas abajo Rio Chicú	K176+024
81	R.B. Estación Río Fria	K179+033
82	R.B. aguas arriba Río Fria (2002: Río Fria)	K179+033
83	Descarga PTAR Salitre (2002: Canal agua tratada)	K160+088
84	R.B. Estación LG Corinto	K181+454
85	Descarga Colector Villa Gladis	K182+154
86	R.B. Pte. Humedal Jaboque (Parque La Florida)	K154+469
87	R.B. Descarga aguas bajas Pte. Amaní	K165+129
88	R.B. Pte. Amaní aguas abajo Humedal Jaboque	K165+149
89	Descarga Vertimiento Engativá	K165+154
90	R.B. aguas arriba Rio Fria	K143+044
91	R.B. Puente Carrizalito	K162+290
92	R.B. Puente zona Francia K123	K165+090
93	Descarga Estación Navarra	K165+070
94	Descarga Estación Rivera	K166+770
95	R.B. Puente acceso Hacienda San Francisco	K167+023
96	Confluencia Rio Fucha	K167+096
97	R.B. Fontibón	K167+096
98	R.B. aguas arriba Sausalito (2002: A. arriba Sausalito II)	K169+016
99	R.B. aguas arriba Cibulitas	K169+033
100	R.B. Estación de bombas Giraltar (2002: más B. Patiño Bonito)	K201+087
100.1	R.B. Pto. Intermedio aguas arriba La Isla	K206+084
101	R.B. Estación LG La Isla	K211+079
102	Confluencia Rio Turquielo	K212+206
103	R.B. aguas arriba Rio Balillas	K217+368
104	Confluencia Rio Balillas	K217+468
105	R.B. aguas arriba Rio Balillas	K221+068
106	R.B. aguas arriba Rio Soacha	K221+021
107	Confluencia Rio Soacha	K221+221
108	R.B. Estación de Calidad Las Huertas	K222+278
109	R.B. Pte. Industrial	K223+078
110	D. colectores Soacha I (2002: Soacha II)	K225+013
111	D. colectores Soacha II (2002: D.o. Soacha)	K225+018
112	R.B. Puente Mondolledo (2002: Variante Mondolledo)	K222+781
113	R.B. aguas arriba Vía Alfonso López	K225+081
114	R.B. aguas abajo Charquito	K225+083
115	R.B. Vía Medellín - La Mesa	K241+094
116	R.B. Puente colegiate aguas arriba La Guacá	K261+179
117	Descarga La Guacá	K261+059
118	Confluencia querubada Santa Marta	K261+069
119	C. Río Calandíma (2002: R. B. abajo Q. Santa Marta)	K277+009
120	R.B. aguas abajo Confluencia Calandíma	K279+159
121	Confluencia Rio Apulo	K282+709
122	R.B. Pte. Arriba aguas abajo Rio Apulo	K282+714
123	R.B. Puente Portillo	K290+724
124	D. Tocaima (2002: D. Tocaima I, II, III y IIIA)	K295+438
125	R.B. Puentey Agua de Dios	K295+058
126	R.B. Puentey Salisipuedes	K346+070
127	R.B. Desembocadura R.B. (solo 2002)	K400+946

Figura 38. Sólidos suspendidos totales, DBO_5 y nitratos a lo largo del río Bogotá (2002-2009), y normas para diferentes usos del agua según clases de calidad CAR (UNAL-EAB, 2011)

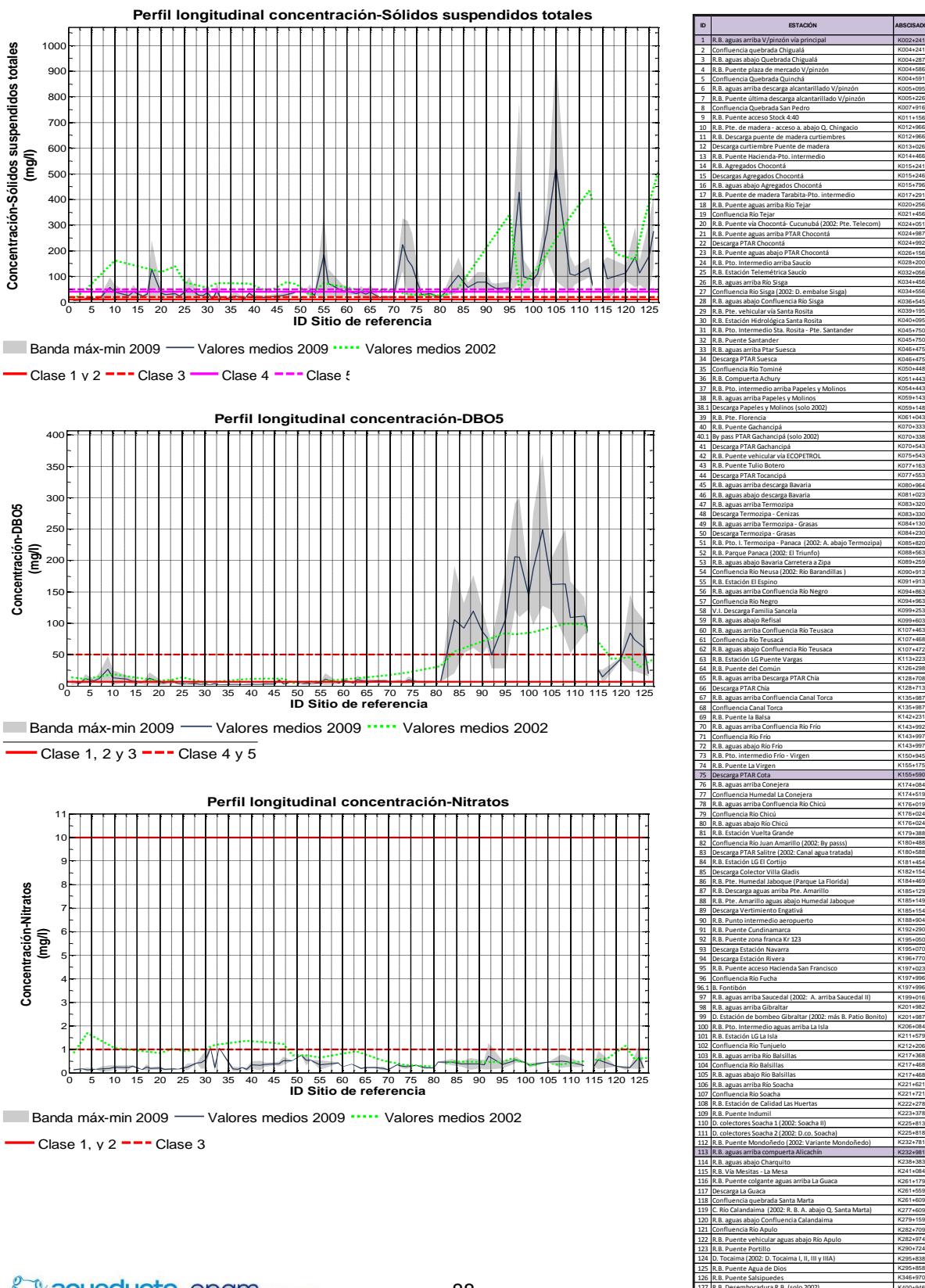


Figura 39. Fósforo total, conductividad y sólidos disueltos totales a lo largo del río Bogotá (2002-2009), y normas para diferentes usos del agua según clases de calidad CAR (UNAL-EAB, 2011)

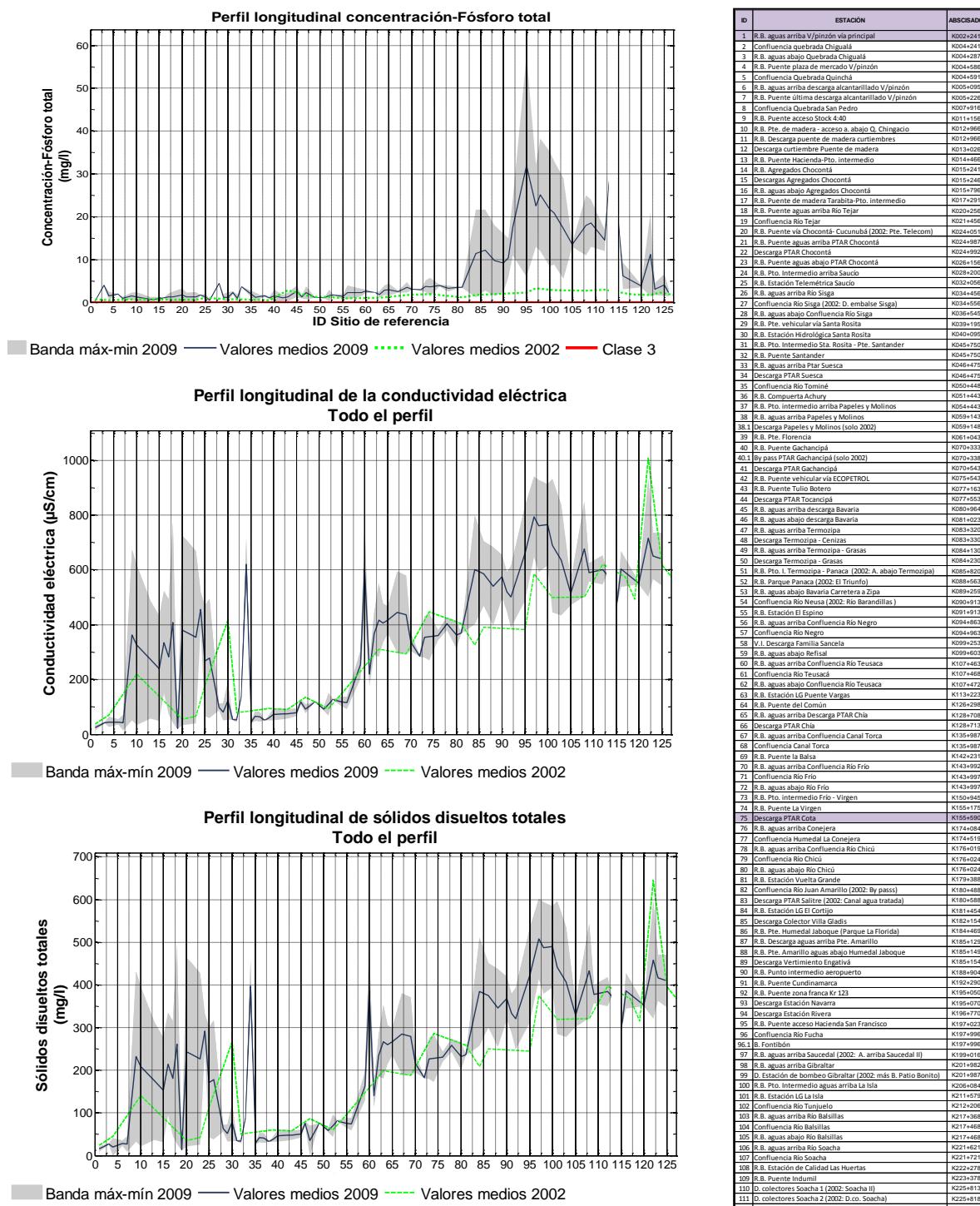


Figura 40. DQO, NTK y ortofosfatos a lo largo del río Bogotá (2002-2009) (UNAL-EAB, 2011)

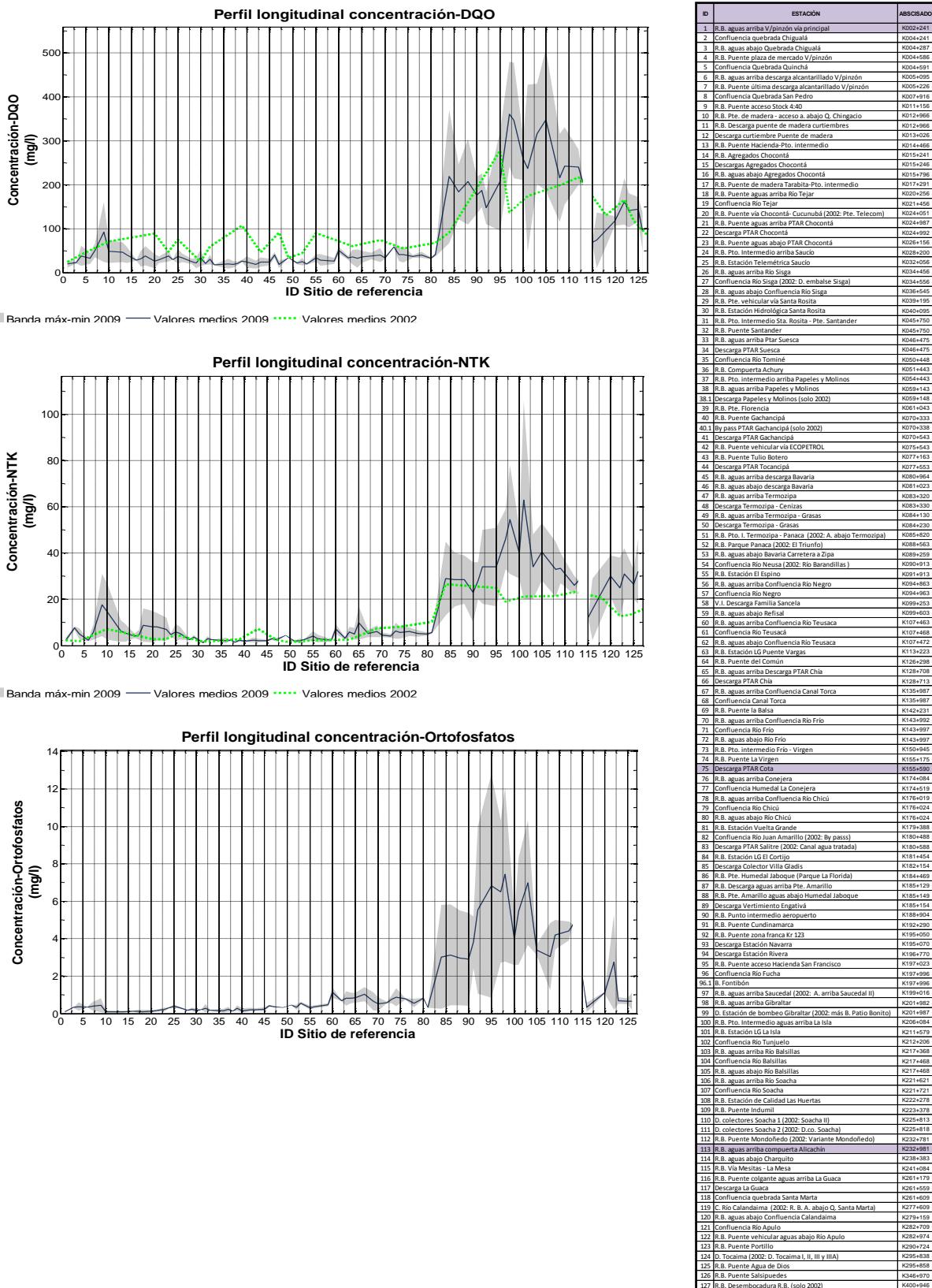


Figura 41. Coliformes totales, *Escherichia coli* y temperatura del agua y el aire a lo largo del río Bogotá (2009) (UNAL-EAB, 2011)

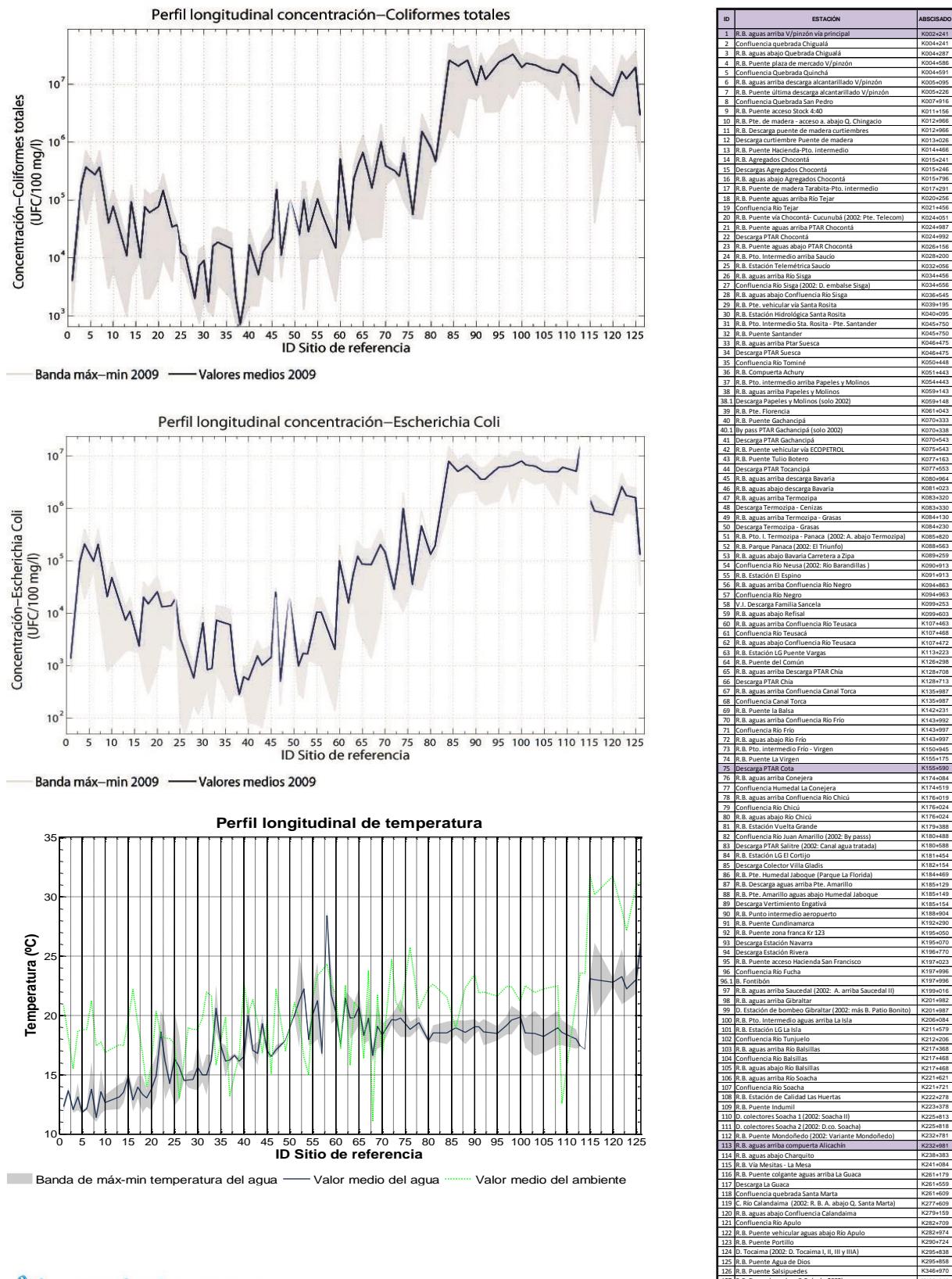


Figura 42. Índice de calidad del agua ICA (según norma holandesa), cuenca alta del río Bogotá (UNAL-EAB, 2011)

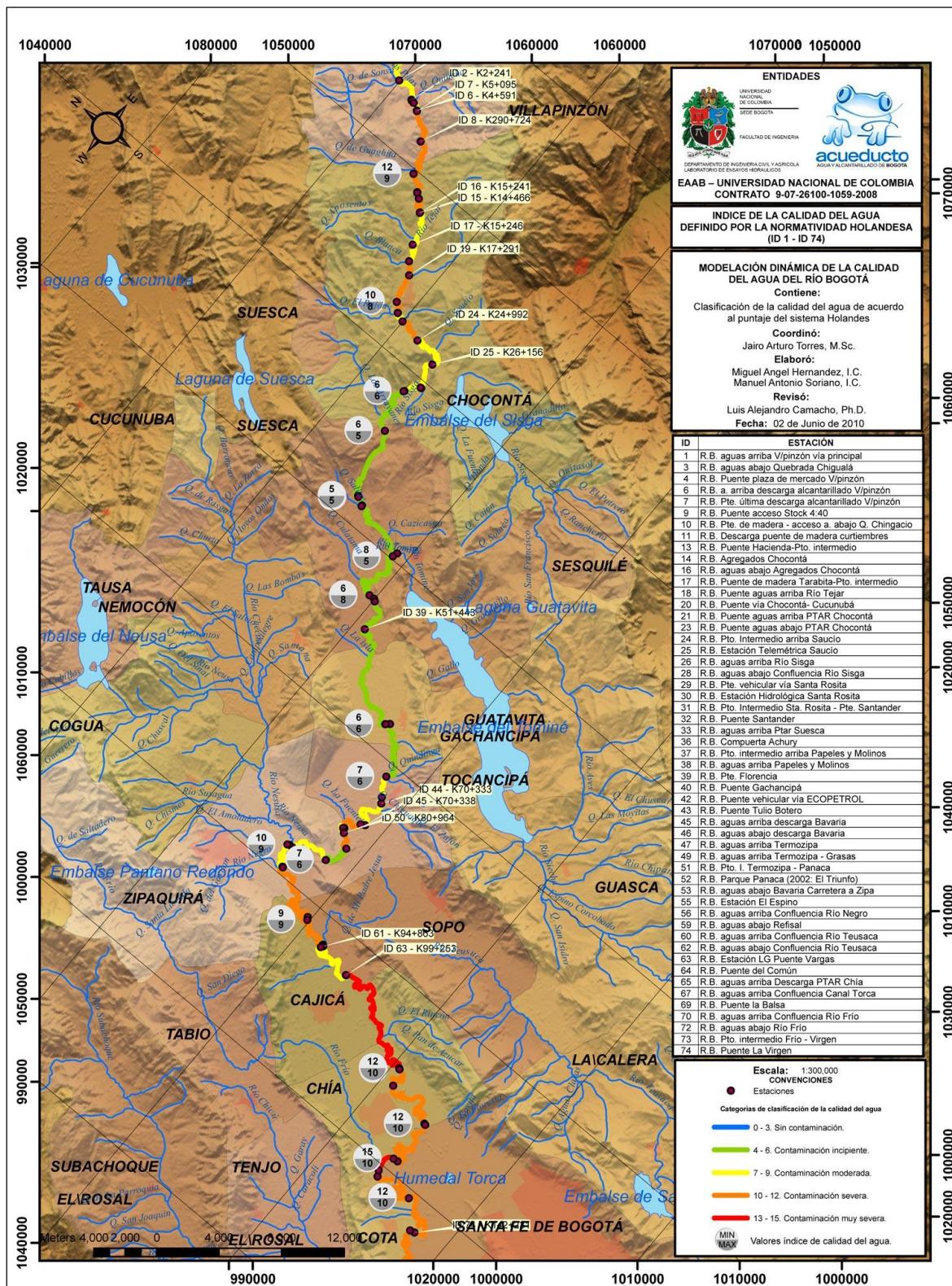


Figura 43. Índice de calidad del agua ICA (según norma holandesa), cuenca media del río Bogotá (UNAL-EAB, 2011)

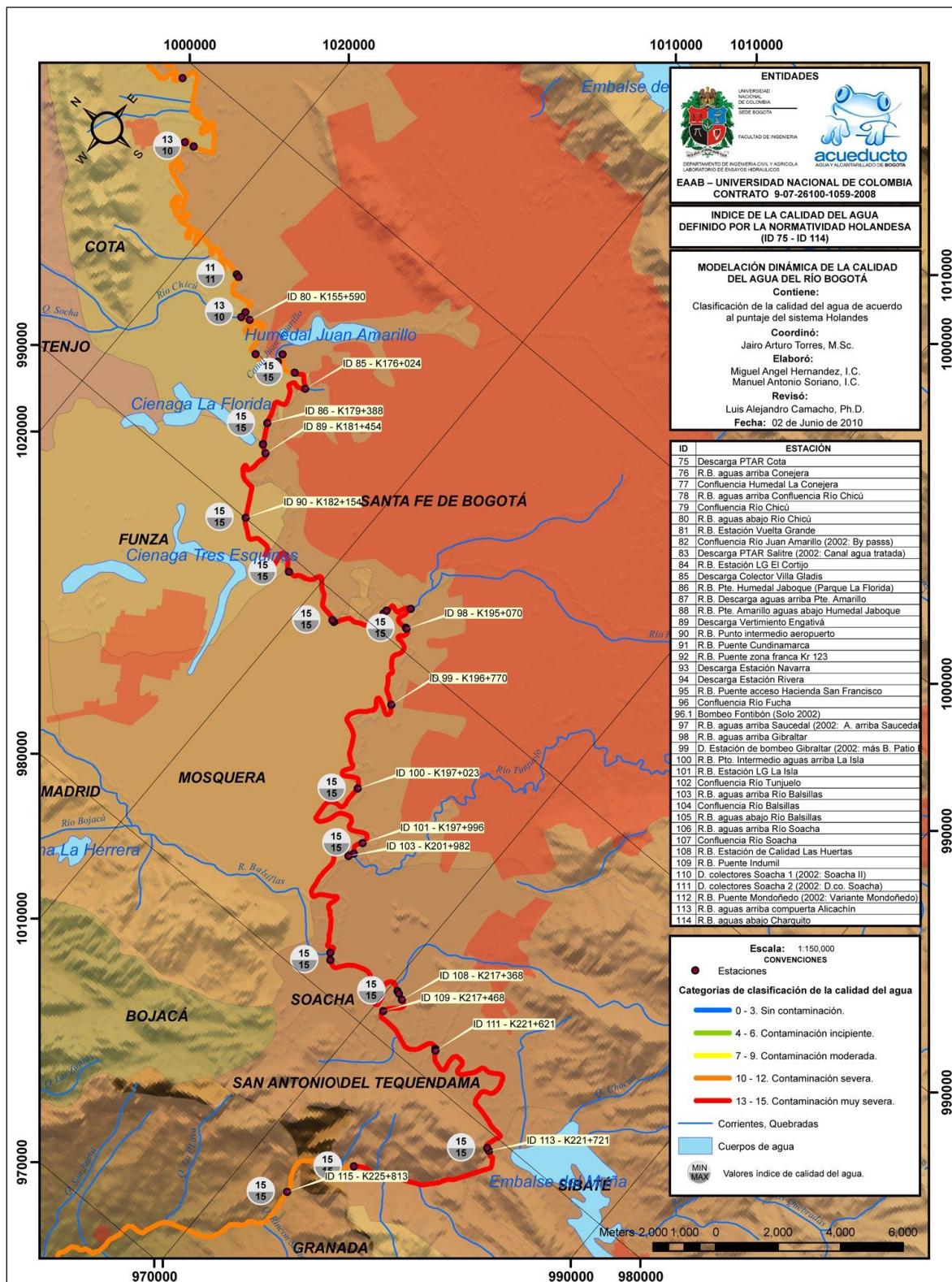


Figura 44. Índice de calidad del agua ICA (según norma holandesa), cuenca baja del río Bogotá (UNAL-EAB, 2011)

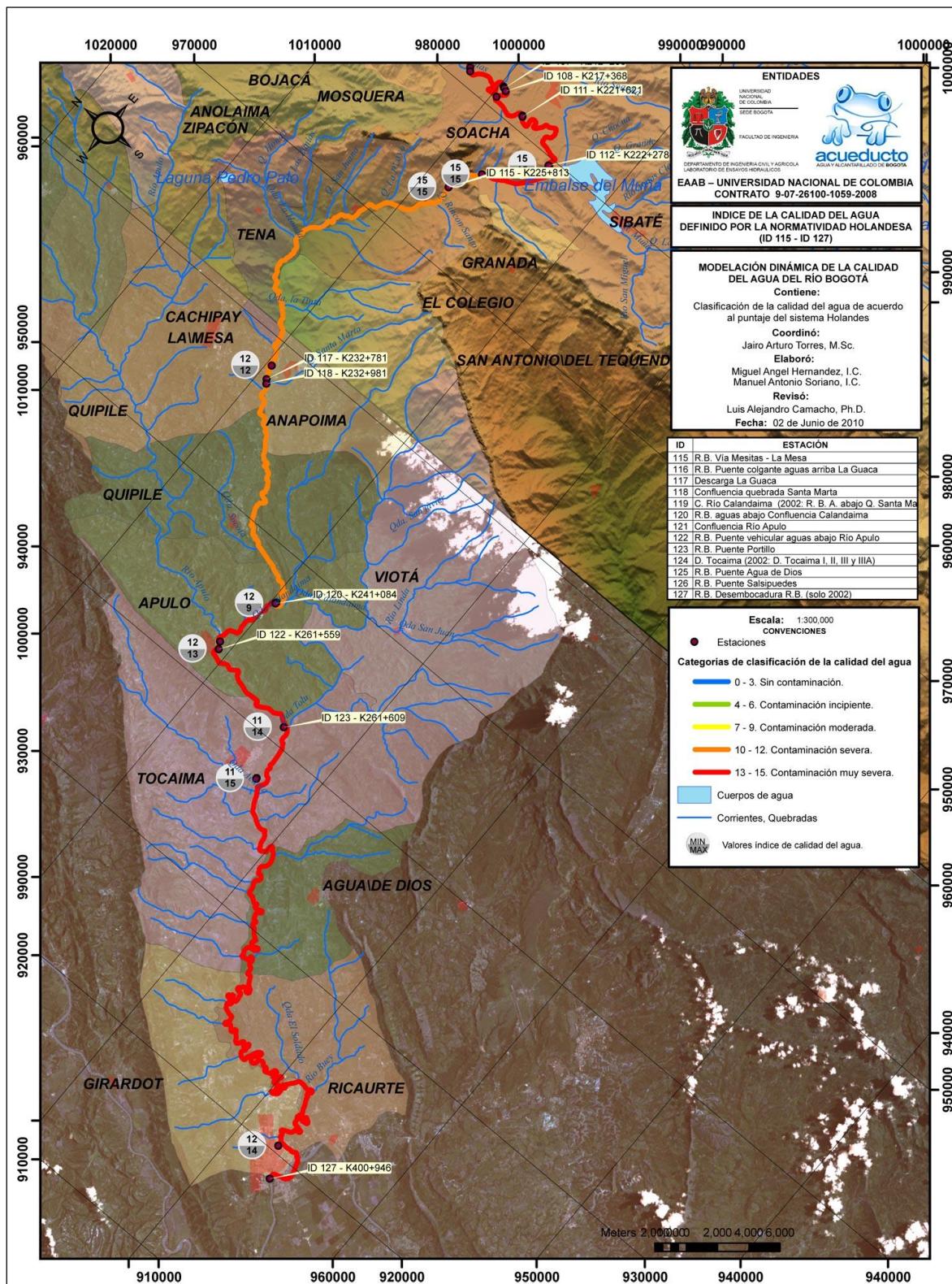
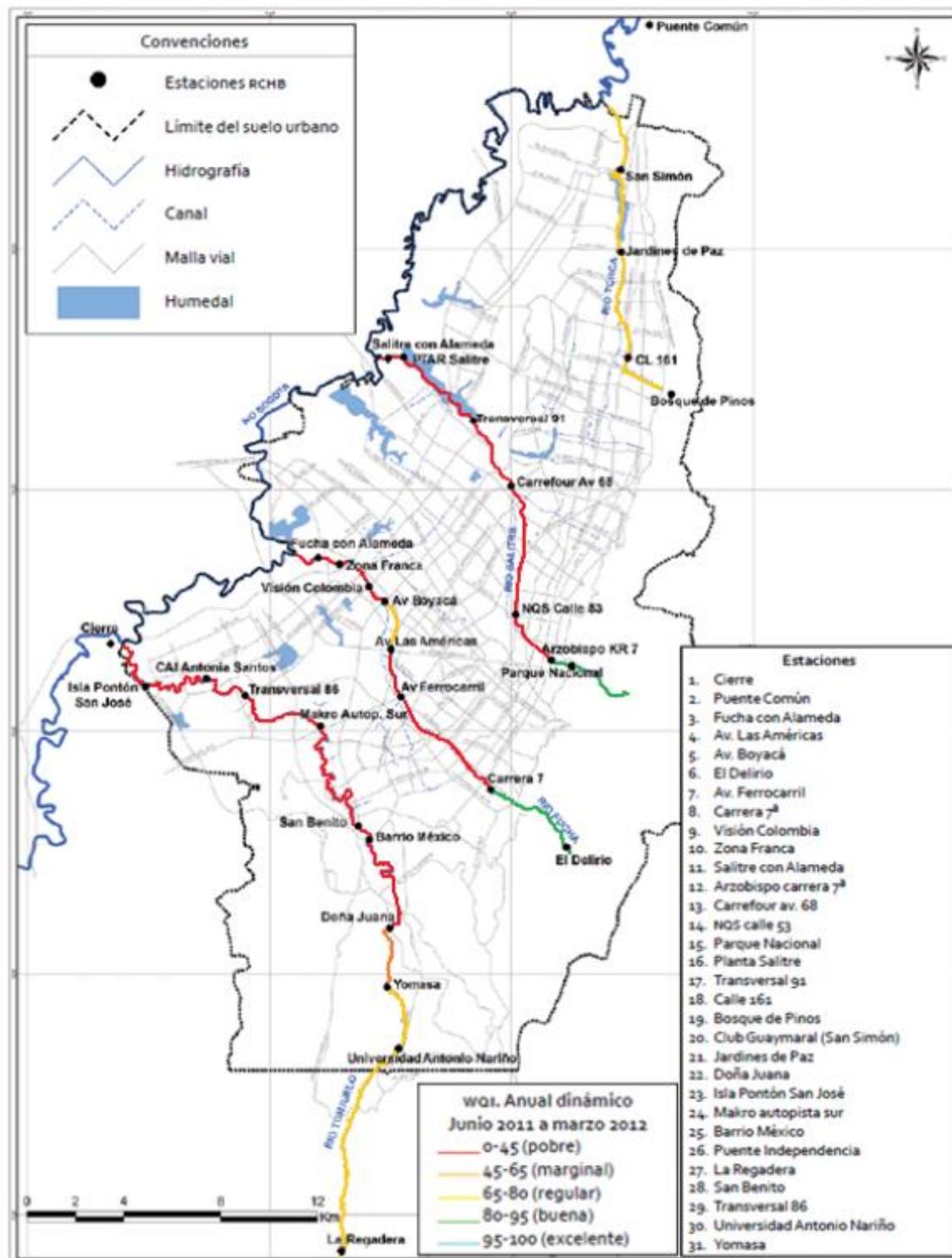


Figura 45. Índice de calidad del agua ICA en los ríos urbanos de Bogotá (U. Andes – SDA, 2012)



3.6.6. Riegos del sistema hídrico

En la presente sección se presenta la línea base del conocimiento de la situación actual de la región en materia de amenazas naturales. En la primera parte se hace referencia a las amenazas en el departamento de Cundinamarca (A) y en la segunda a las amenazas a nivel del Distrito Capital (B).

A. Amenazas en la región

El contexto

Antes de presentar las amenazas, se hará referencia al contexto físico – biótico regional, con base en el más reciente estudio integral sobre el tema. Es posible que algunas de las cifras hayan cambiado ligeramente en los últimos años, después de realizado el estudio, pero en términos generales, la situación general permanece. Tal es el caso de las coberturas vegetales principalmente. Pero en otros temas, como los ecosistemas naturales básicos y las amenazas geomorfodinámicas, la situación es sensiblemente la misma.

Los ecosistemas naturales básicos son aquellos que debieran existir si no hubiera intervención humana. Ellos constituyen la línea de base ecológica para los programas de planificación y restauración a nivel macroregional (ver tabla 31 y mapa de la figura 46). La cobertura vegetal actual resulta de la influencia de los ecosistemas naturales básicos y la intervención antrópica (ver tabla 32) y mapa de la figura 47). Si se compara la extensión de los ecosistemas posiblemente originales y la cobertura vegetal actual, se puede observar (ver tabla 33) el retroceso o la pérdida de superficie de cada tipo de ecosistema natural básico. Complementariamente, el mapa de la figura 48 muestra la aptitud natural de uso del suelo en el departamento. Si este mapa de cruza con el mapa de cobertura vegetal actual, se obtiene el mapa de conflictos por uso del suelo que se muestra en la figura 49.

Para resolver o tratar estos conflictos, se propone la regionalización que se muestra en el mapa de la figura 50. Finalmente, como resultado de esta regionalización, se propone el mapa de Estructura Ecológica Principal Regional que se muestra en la figura 51, el cual permite apreciar las zonas de preservación, las zonas de restauración y las zonas de amortiguación de las coberturas vegetales naturales del departamento.

Amenazas naturales

La cartografía de amenazas naturales se ha hecho con base en varias fuentes secundarias, las cuales fueron procesadas para los fines del presente estudio. Se han distinguido tres grandes grupos de amenazas: por remoción en maza, por erosión hídrica superficial y por inundaciones y flujos torrenciales.

Amenazas por remoción en masa

Se trata de movimientos en masa de las tierras, bien sea lentos, como la soliflucción plástica, o rápidos, como los derrumbes y ciertos tipos de deslizamientos. Teniendo en cuenta su intensidad actual, se han distinguido tres categorías:

- *Movimientos de remoción en masa de intensidad muy fuerte.* Se trata de soliflucción³ generalizada, flujos de barro⁴ y/o deslizamientos de gran magnitud, los cuales se desarrollan preferentemente sobre alteritas

³ La soliflucción se define como el movimiento de los terrenos, por influencia combinada de la gravedad y de la humedad. En sentido amplio, incluye los deslizamientos y derrumbes. En sentido estricto, solo abarca el movimiento lento de los terrenos en forma de lupas, sin ruptura de la capa superficial (soliflucción plástica) o con ruptura (soliflucción líquida). Si se agrava el fenómeno se pasa a deslizamientos, los cuales pueden tener diferentes formas.

⁴ Los flujos de barro: movimiento semiliquido de materiales saturados de agua.

espesas o sobre antiguos depósitos de vertiente, como sucede en la cuenca del río Aguacías, arriba de Manta. Afectan 1.636 ha, equivalentes al 0,1% de la región.

- *Movimientos de remoción en masa de intensidad moderada a fuerte.* Se trata de soliflucción superficial y deslizamientos localizados, a veces de cierta magnitud, los cuales tienen lugar, especialmente, en la franja altitudinal comprendida entre los 1.800 y 2.500 msnm, en sectores de clima húmedo y litología a base de arcillolitas y/o lutitas; también pueden ocurrir, aunque más localizados, en zonas muy húmedas, con precipitación superior a 2.000 mm anuales y litología arcillosa, por debajo de la mencionada franja altitudinal, como es el caso de grandes sectores del noroccidente (entre Nocaima, Pacho y Yacopí). Afectan un total de 523.905 ha, equivalentes al 21,5% de la región.
- *Movimientos de remoción en masa de intensidad leve a mediana.* Se trata de zonas con presencia de pequeños deslizamientos localizados y superficiales, y/o de terracetas o caminos de ganado debidos al sobrepastoreo. Ocurren preferentemente en climas húmedos a muy húmedos, sobre formaciones arcillosas o arenos arcillosas y/o sobre alteritas de rocas ígneo-metamórficas, en particular con cobertura vegetal de pastos, aunque también ocurren bajo bosque en forma de pequeños movimientos en forma de "golpes de cuchara", especialmente en pendientes fuertes, los cuales son escondidos por el bosque. Se encuentran en algunos sectores de colinas del noroccidente (Yacopí), occidente (estribaciones de la cordillera entre El Dindal (Caparrapí), Guaduas y San Juan de Rioseco), y de la bota oriental (estribaciones de la cordillera en la zona al norte de Medina). Afectan un total de 245.676 ha, equivalentes al 10,1% de la región.

Tabla 31. Principales formaciones vegetales naturales de Cundinamarca (Pérez Preciado, 2002)

Formaciones vegetales naturales	Ramal occidental (rangos altitudinales msnm)		Ramal oriental (rangos altitudinales msnm)		Área (ha)*
	Vertiente exterior	Vertiente interior seca	Vertiente interior seca	Vertiente exterior húmeda	
1. Páramo de pajonales dominantes (PPS)	> 3.600/3.700	> 3.400/3.500	> 3.400		56.193
2. Páramo de chuscales dominantes (PPH)				> 3.400	73.810
3. Subpáramo de piojito y pajonales (SPS)	3.400/3.600 – 3.600/3.700	3.200/3.400 – 3.400/3.500	3.200/3.250 – 3.400		29.682
4. Subpáramo de chorotico, piojito o amarguero con chuscales (SPH)				3.200/3.250 – 3.400	44.803
5. Bosque altoandino húmedo a muy húmedo de encenillo, canelo, granizo y cedrillo (BAAH)	2.800 – 3.400/3.600			2.800 – 3.200/3.250	159.509
6. Bosque altoandino húmedo a seco de encenillo, amarillo y gaque (BAAS)		2.800 – 3.200/3.400	2.800 – 3.200/3.250		134.532
7. Bosque altoandino y andino de roble (BAR).	2.800 - 3.400/3.600	2.800 - 3.200/3.400			68.883
8. Bosque andino húmedo de amarillo, quina y palmas (BAH)	2.000 – 2.800			2.000-2.800	393.697
9. Bosque andino intracordillerano seco de palo blanco, raque, arrayán, aliso y otros (BAS)		2.500-2.800	2.500-2.800		130.710
10. Bosque andino intracordillerano seco de corono, espino y raque, con matorrales xerofíticos secundarios de tuna y hayuelo (BASX)		2.500 – 2.800	2.500 – 2.800		121.668
11. Bosque andino de valles inundables, con aliso y sauce (BAV)		2.500 – 2.600	2.500 – 2.600		33.257
11. Matorral xerofítico andino de tuna, hayuelo y otros (MAX).		2.00-2.800			18.460

Formaciones vegetales naturales	Ramal occidental (rangos altitudinales msnm)		Ramal oriental (rangos altitudinales msnm)		Área (ha)*
	Vertiente exterior	Vertiente interior seca	Vertiente interior seca	Vertiente exterior húmeda	
12. Bosque subandino húmedo de cedro, Dendropanax, yarumo, nogal, Billia y palmas (BSH).	1.000 – 2.300			1.000-2.300	512.837
13. Bosque ecuatorial y subecuatorial ombrófilo (BESH)	100 – 1.000			100 – 1.000	247.438
14. Bosque ecuatorial y subecuatorial seco (BESS)	100 – 1.000				303.909
15. Bosque ecuatorial y subecuatorial seco, con matorrales xerofíticos secundarios (MXE)	100- 1.000				51.784
15. Sabanas inundables de origen eólico (SI)	400- 600				39.328
16. Humedales (lagunas y embalses) (H)	Varias	Varias	Varias	Varias	14.330
TOTAL					2.434.831

Fuente: Este estudio.

Tabla 32. La cobertura vegetal actual de Cundinamarca (Pérez Preciado, 2002)

Tipo de cobertura: gran grupo			Tipo de cobertura: grupo		
Tipo	Área (ha)	%	Tipo	Área (ha)	%
1. Zonas urbanizadas	41.913	1,7	1.1 Infraestructuras urbanas 2.1. Cultivos agrícolas temporales 2.2. Cultivos agrícolas permanentes 2.3. Cultivos agrícolas bajo invernadero 2.4. Pastos naturales 2.5. Pastos manejados 2.6. Tierras mixtas agropecuarias	41.913	1,7
2. Tierras agropecuarias	1.514.712	62,2	2.1. Cultivos agrícolas temporales	179.118	7,4
			2.2. Cultivos agrícolas permanentes	203.860	8,4
			2.3. Cultivos agrícolas bajo invernadero	3.141	0,1
			2.4. Pastos naturales	398.971	16,4
			2.5. Pastos manejados	391.230	16,1
			2.6. Tierras mixtas agropecuarias	338.392	13,9
			3.1.Silvopastoril	43.159	1,8
3. Tierras agroforestales	43.159	1,8	4.1. Bosque natural	351.246	14,4
			4.2. Rastrojos y pastos entremezclados	263.350	10,8
			4.3. Bosque plantado	12.894	0,5
			5.1. Páramos y subpáramos	177.138	7,3
4. Bosques	182.880	7,5	5.2. Matorral xerofítico	5.742	0,2
			6.1. Suelo desnudo por erosión provocada	10.347	0,4
5. Formas especiales de vegetación natural ⁵	10.347	0,4	7.1. Lagunas y embalses	14.330	0,6
6. Tierras eriales	14.330	0,6			
TOTAL	2.434.831	100,0		2.434.831	100,0

Fuentes: 1) INGEOMINAS, 2001, Mapa de cobertura vegetal de Cundinamarca. 2) ECOFOREST-CAR, Inventario de recursos naturales de la jurisdicción de la CAR. 3) Van der Hammen Th., Mapa de cobertura vegetal y uso actual del suelo de la sabana de Bogotá, CAR. 4) URPA-Cundinamarca, 1999, Mapa de uso actual del suelo a escala 1:25.000 de Cundinamarca. 5) Este estudio: interpretación de imagen Landsat TM 1997, falso color RGB 453 suministrada por CAR para zona centro-oriental del departamento.

Tabla 33. Balance entre vegetación original y actual (Pérez Preciado, 2002)

Tipos de cobertura	Original	Actual	Diferencia
Páramos y subpáramos	204.488	177.138	- 27.350
Bosques *	2.106.440	627.490*	- 1.478.950
Sabanas	39.328	0	- 39.328
Matorrales xerofíticos	70.244	5.742	- 64.502
Humedales **	14.330	14.330	0
Pastos y cultivos		1.514.712	+ 1.514.712

⁵ Es importante hacer notar que en los estudios de uso del suelo se incluye en el páramo al subpáramo y a los páramos secundarios producto de la paramización, o avance de la vegetación de páramo en las zonas donde el bosque altoandino ha sido talado. Por esta razón puede suceder que zonas que en el mapa de ecosistemas básicos están como zonas de bosque, en el mapa de cobertura vegetal aparezcan como páramos.

Tipos de cobertura	Original	Actual	Diferencia
Tierras agroforestales		43.159	+ 43.159
Tierras eriales		10.347	+ 10.347
Tierras urbanizadas		41.913	+ 41.913
TOTAL	2.434.831	2.434.831	0

* Incluye los mosaicos de rastrojo altos y/o bajos con pastos, con dominancia de los primeros.

** Los humedales eran mucho más grandes en el pasado (incluso hace unos 100 años). No obstante, ante la falta de datos disponibles, se asume la misma área actual. Fuente: este estudio.

Amenazas por erosión hídrica superficial

La erosión hídrica superficial es ocasionada por el agua que escurre sobre la superficie durante e inmediatamente después de los aguaceros, al contrario de los movimientos de remoción en masa, que son generados por el agua que se infiltra y satura los terrenos. En la presente zonificación, se han considerado cinco grandes categorías, según su gravedad.

- *Erosión por escurrimiento difuso intenso generalizado y cárcavas*⁶, de intensidad fuerte a muy fuerte. En general estos procesos se desarrollan en climas secos a muy secos sobre materiales arcillosos o limosos y sin una cobertura vegetal adecuada que proteja el suelo. Ejemplos de ellos se encuentran en los alrededores de Guatavita, Checua y algunos sectores de Tausa y Sutatausa, así como al sur de Bogotá. Afectan un total de 24.273 ha, que representan el 1,0% de la región.
- *Erosión por escurrimiento difuso intenso localizado*, de intensidad mediana a fuerte. Estos procesos se encuentran entremezclados con las zonas de fuerte erosión anteriormente mencionadas, en climas secos y de estación seca larga, con litologías de arcillas, lutitas, plaeners y/o areniscas, bajo cultivos, pastos y/o matorral xerofítico, aunque también afectan las laderas fuertemente inclinadas del cañón de Cáqueza y de la zona de Tibirita-Manta. Afectan un total de 30.417 ha, equivalentes al 1,2% de la región.
- *Erosión por escurrimiento difuso normal y/o erosión laminar*, de intensidad leve a mediana. Se desarrolla igualmente en climas secos, o en climas de lluvias abundantes pero con estación seca marcada, sobre arcillas, lutitas y arenas, y bajo cultivos de diferente naturaleza, pastos, rastrojos, bosques de eucalipto y pino y similares. Toda la zona de colinas cercana al río Magdalena, desde Pandi hasta Guaduas está afectada por este tipo de procesos. Afectan un total de 191.863 ha, que representan el 7,9% de la región.
- *Reptación acelerada y erosión pluvial* de intensidad escasa a leve⁷. Ocurre en terrenos inclinados, especialmente desprotegidos de vegetación protectora y en suelos poco cohesionados, bajo climas secos o húmedos; o en terrenos con una protección vegetal adecuada, pero de pendientes fuertes y climas secos. En esta condición se encuentra la mayor parte de los cerros del interior de la sabana y los terrenos suavemente ondulados del altiplano. Afectan un total de 855.411 ha, que representan el 35,1% de la región.

⁶ La erosión por escurrimiento difuso es una forma de arrastre caracterizada por proceso de escurrimiento en hilitos de agua que a menudo se dividen en brazos que difuyen y confluyen continuamente y se infiltran después de pocos metros, depositando el material fino acarreado. Cuando los hilitos recorren más espacio, se profundizan y acarrean más material, dando lugar al escurrimiento difuso intenso, pero los surquitos desaparecen entre los aguaceros. Cuando los surquitos no se borran entre los aguaceros, se profundizan y dan lugar al escurrimiento concentrado, cuya forma extrema son las cárcavas o barrancos.

⁷ La erosión laminar se produce durante los aguaceros, cuando el suelo, libre de obstáculos, ya está saturado de agua y ésta escurre sobre la superficie produciendo un "raspado" uniforme de la misma. La reptación es el movimiento lento de partículas sobre un suelo inclinado, sin modificación topográfica apreciable ni aparición de cárcavas (es un escurrimiento difuso leve e incipiente).

Figura 46. Ecosistemas naturales básicos en el departamento de Cundinamarca (Pérez Preciado A – UE – Gobernación Cundinamarca, 2002)

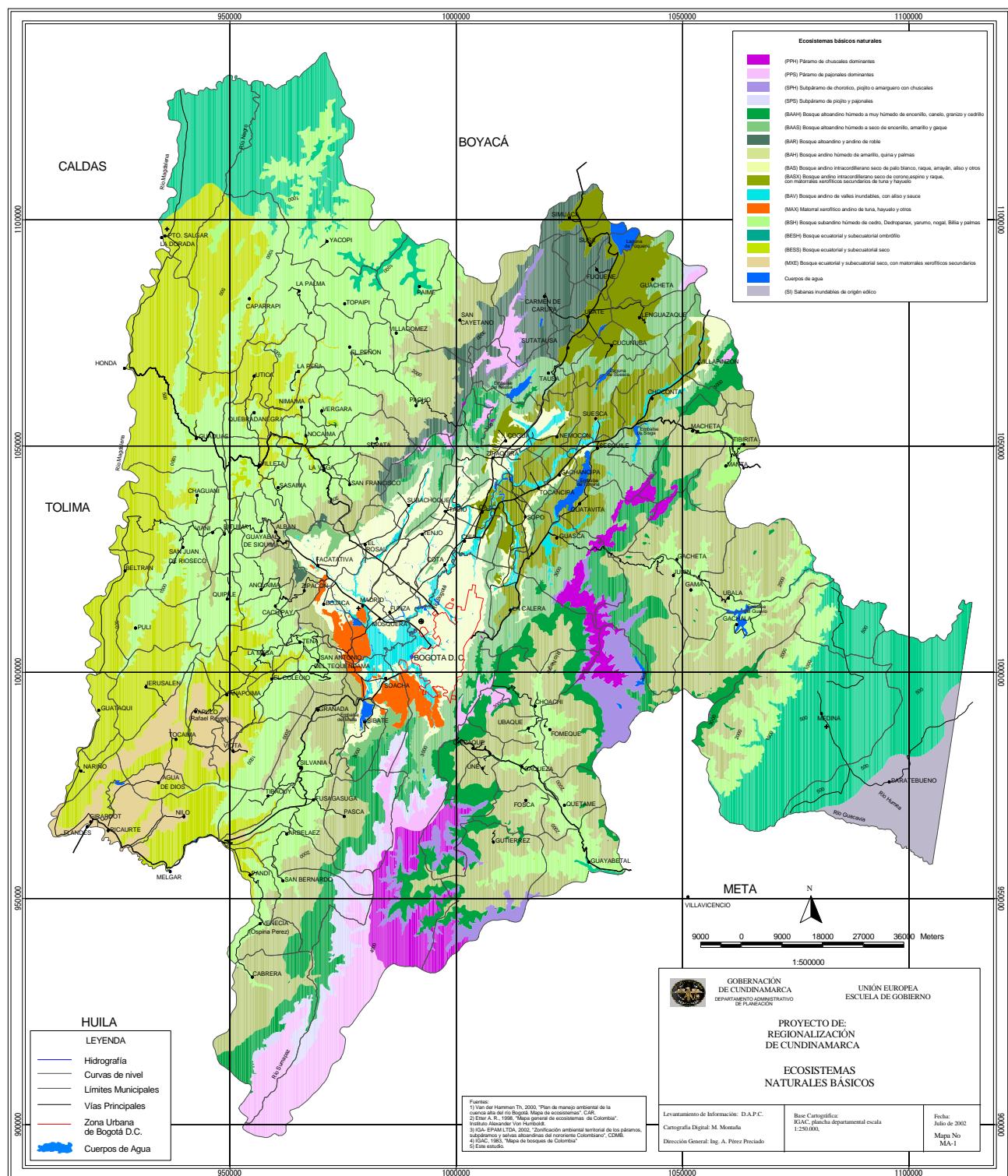


Figura 47. Cobertura vegetal actual del departamento de Cundinamarca (Pérez Preciado A – UE – Gobernación Cundinamarca, 2002)

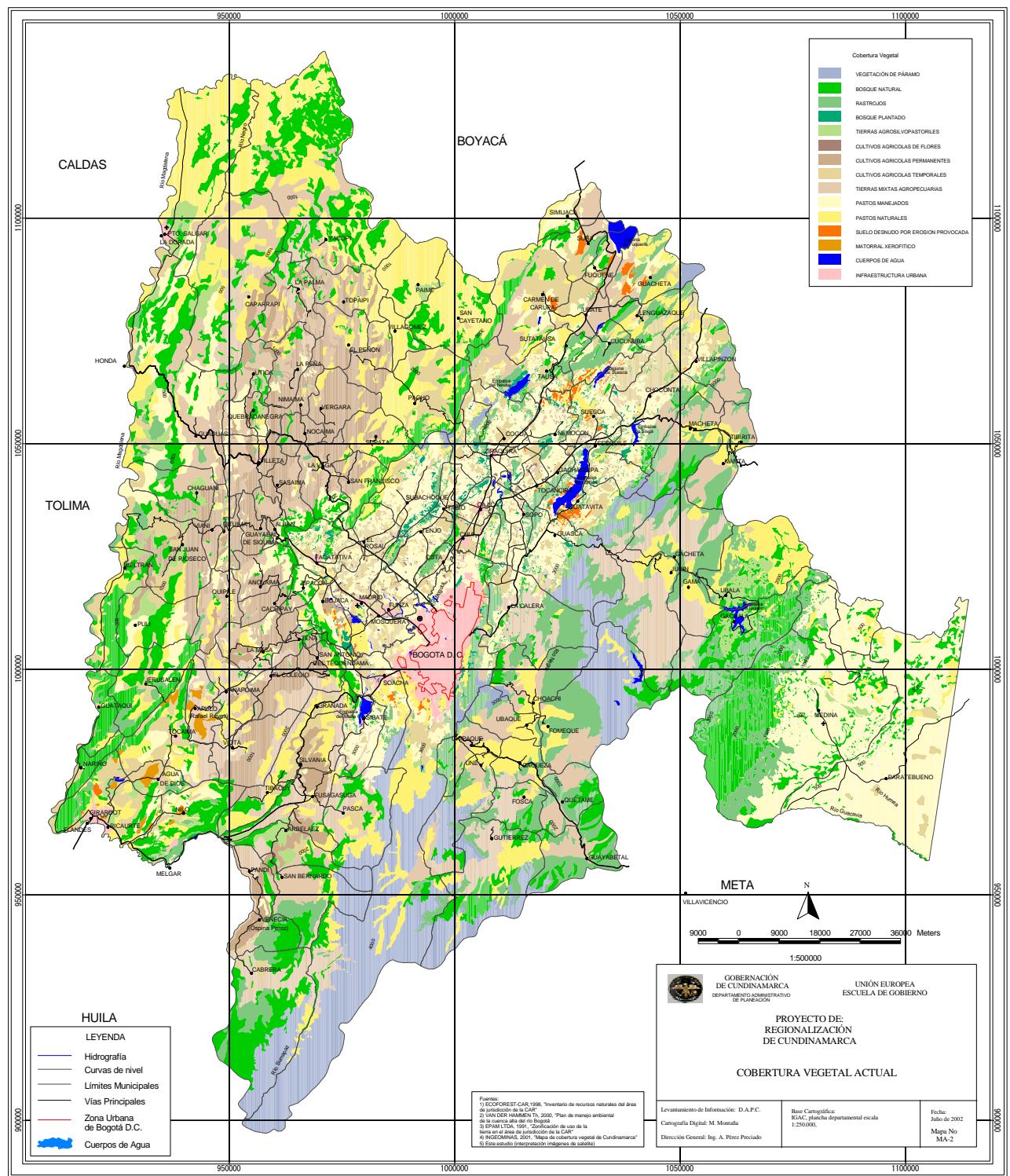


Figura 48. Aptitud de uso del suelo en el departamento de Cundinamarca (Pérez Preciado A – UE – Gobernación Cundinamarca, 2002)

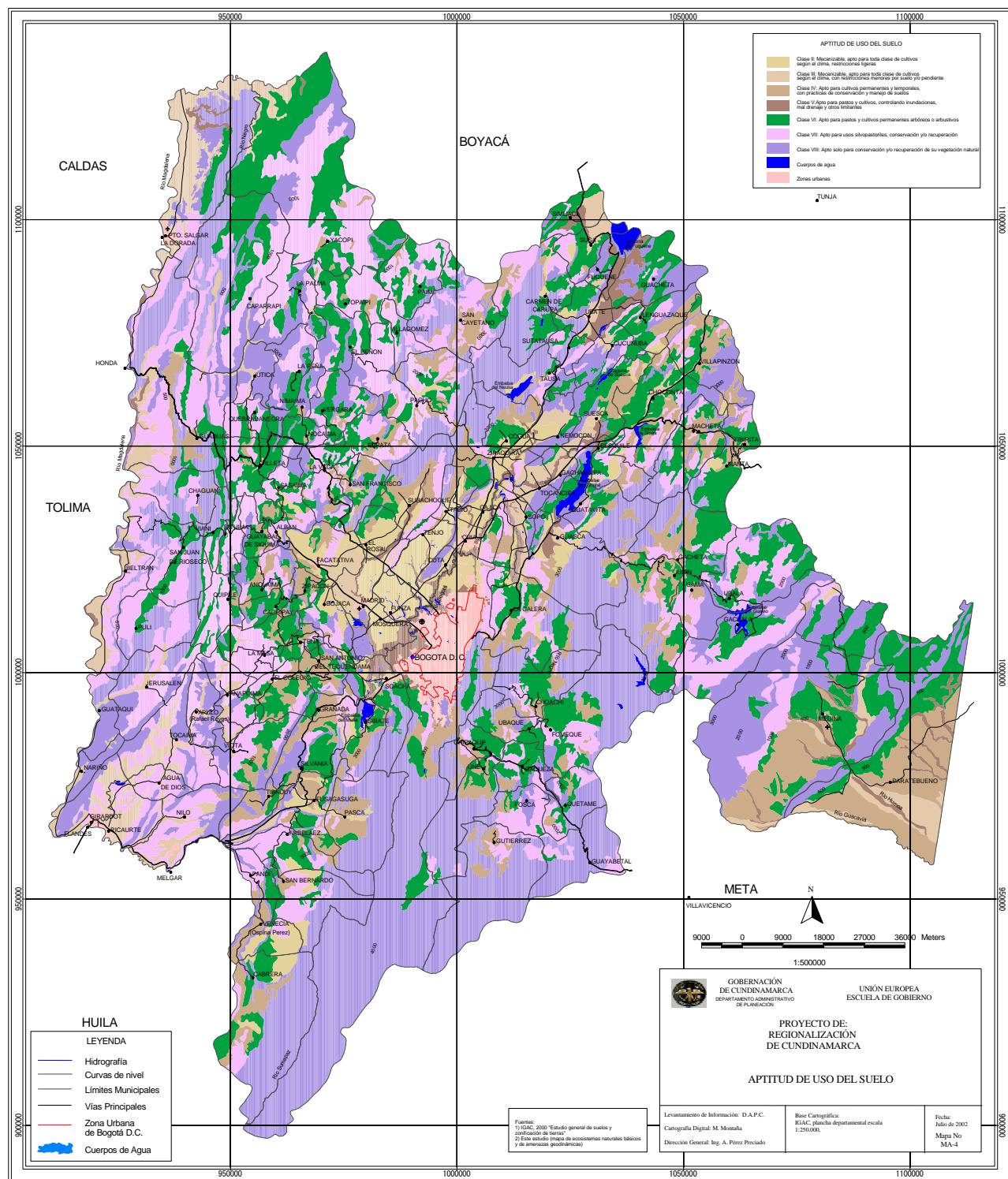


Figura 49. Conflictos de uso del suelo en el departamento de Cundinamarca (Pérez Preciado A – UE – Gobernación Cundinamarca, 2002)

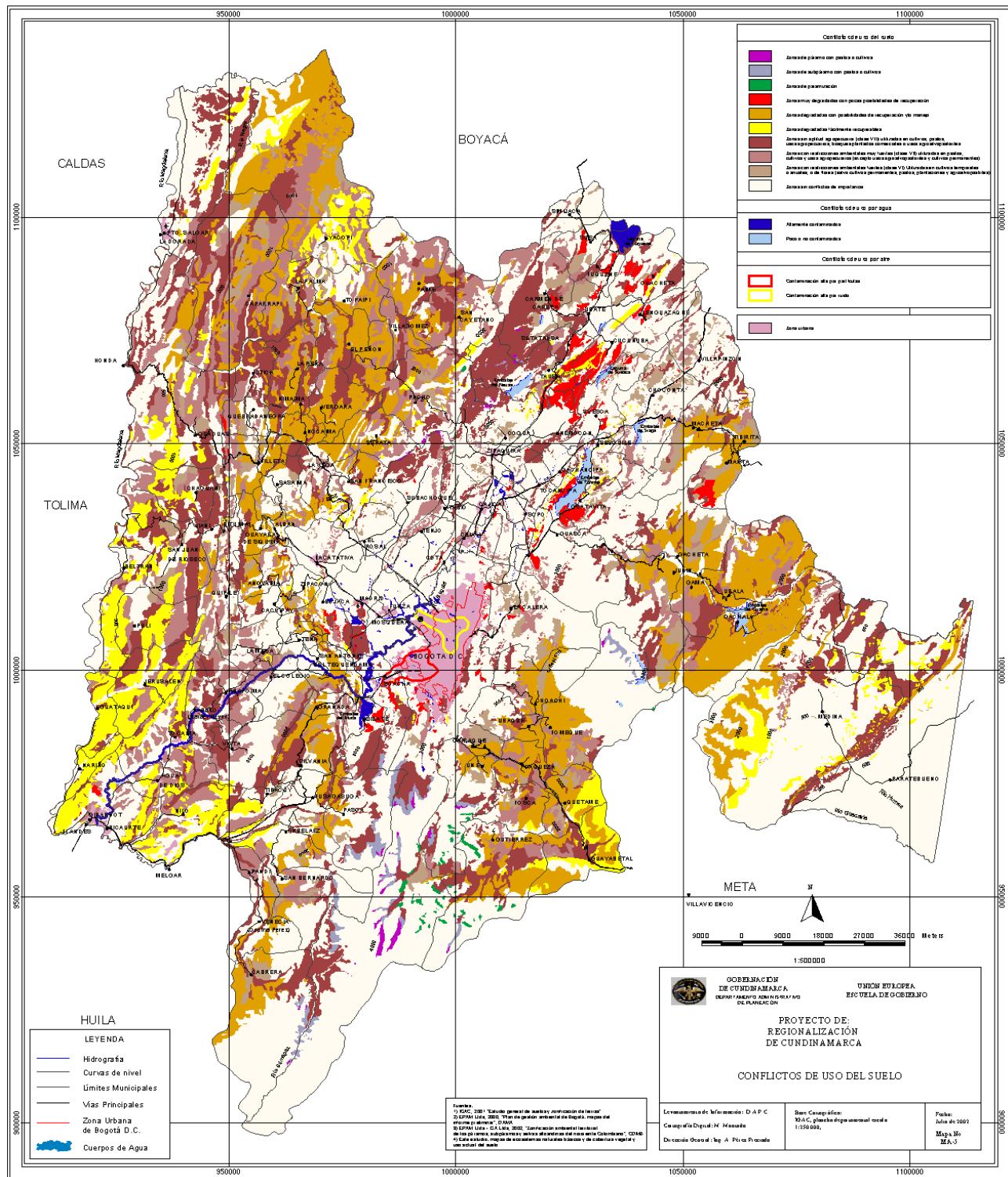


Figura 50. Propuesta de regionalización ambiental en el departamento de Cundinamarca (Pérez Preciado A – UE – Gobernación Cundinamarca, 2002)

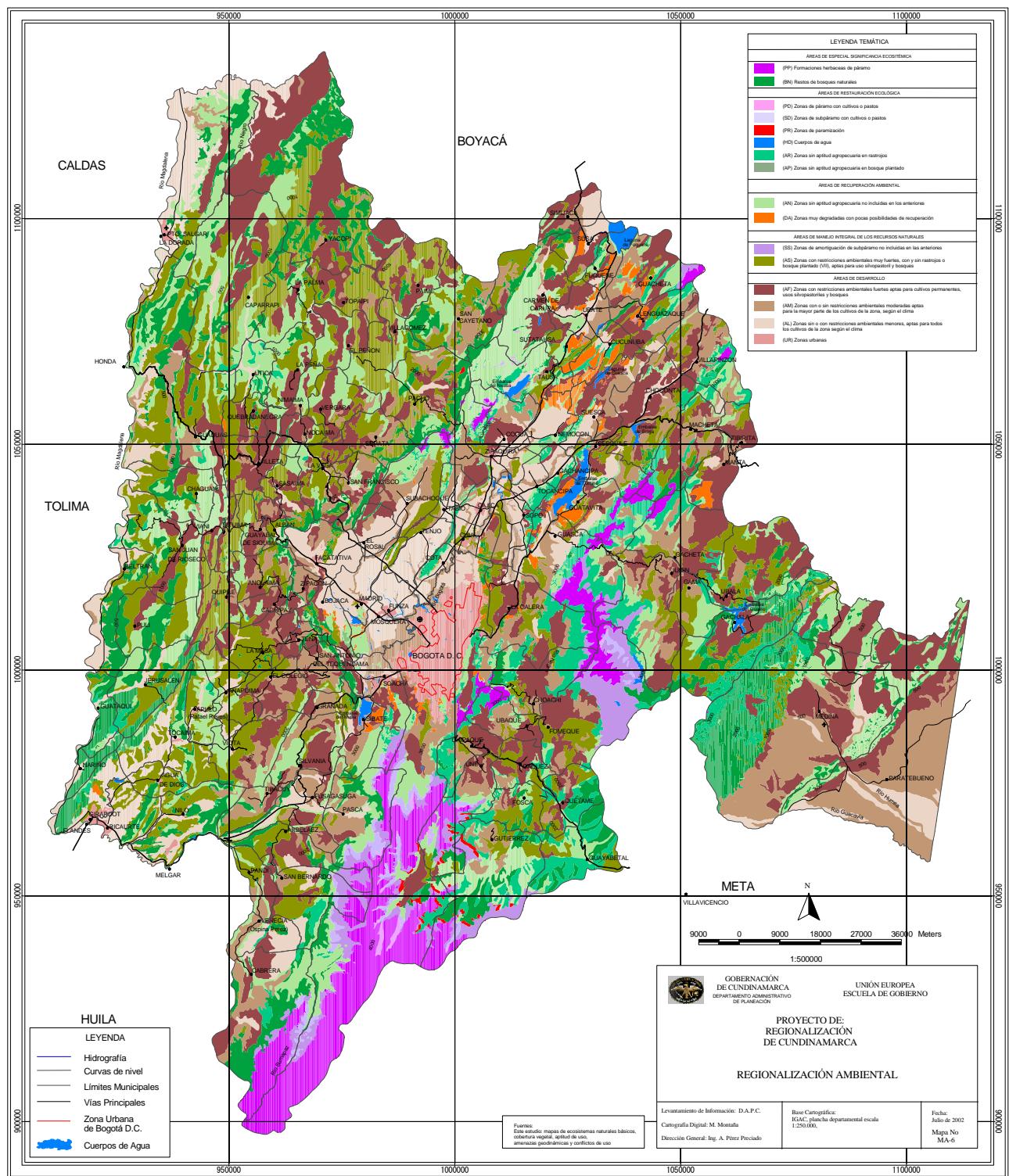
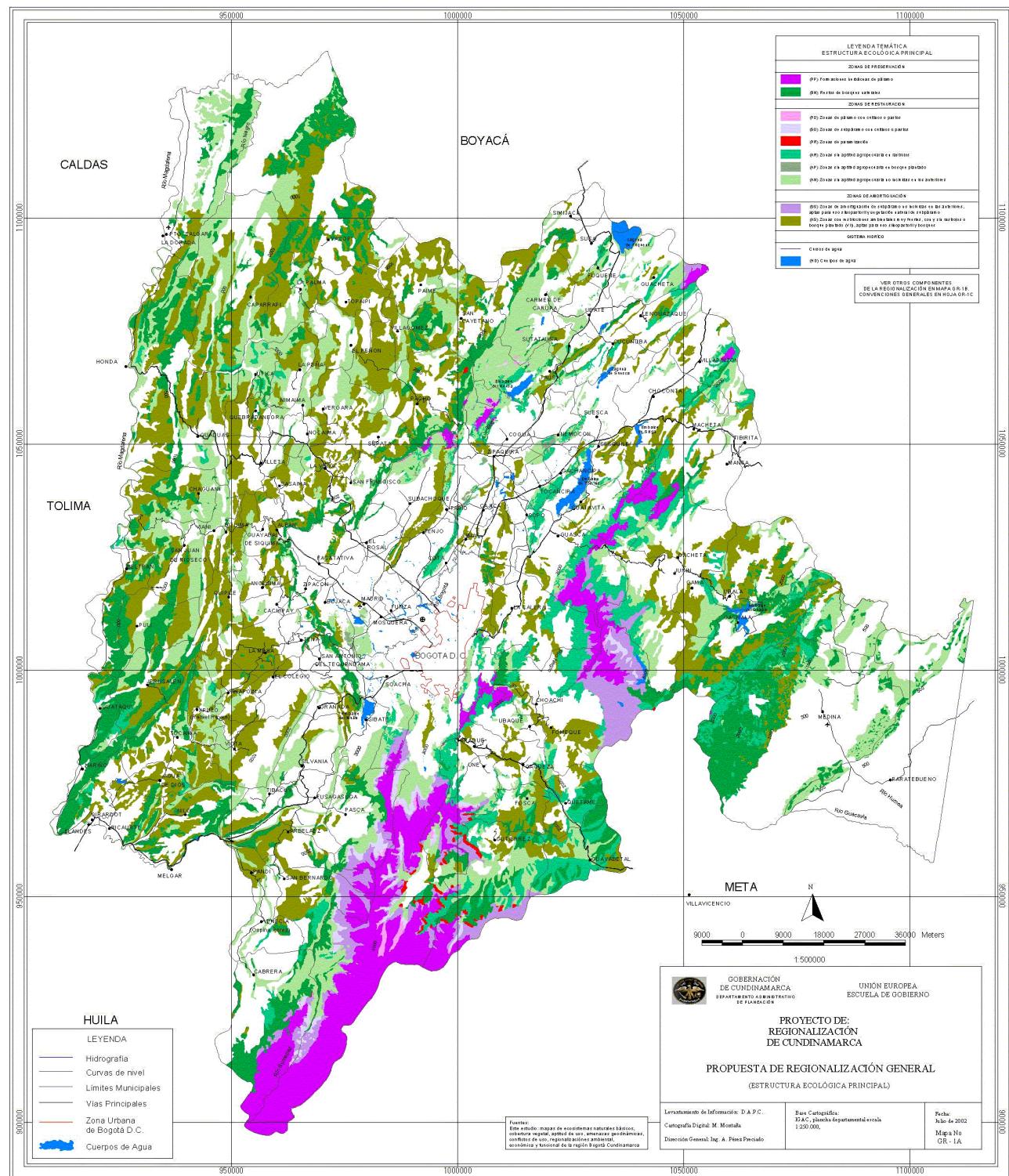


Figura 51. Propuesta de Estructura Ecológica Principal Regional para el departamento de Cundinamarca
(Pérez Preciado A – UE – Gobernación Cundinamarca, 2002)



- El resto del territorio *no presenta problemas morfodinámicos de consideración*, aunque, por sus condiciones geomorfológicas pueden subdividirse en tres clases:

- * Valles y terrazas altas y abanicos aluviales (244.559 ha, 10,0%)
- * Valles aluviales inundables (56.369 ha, 2,3%)
- * Páramos y otras formaciones montañosas (204.479 ha, 8,4%)

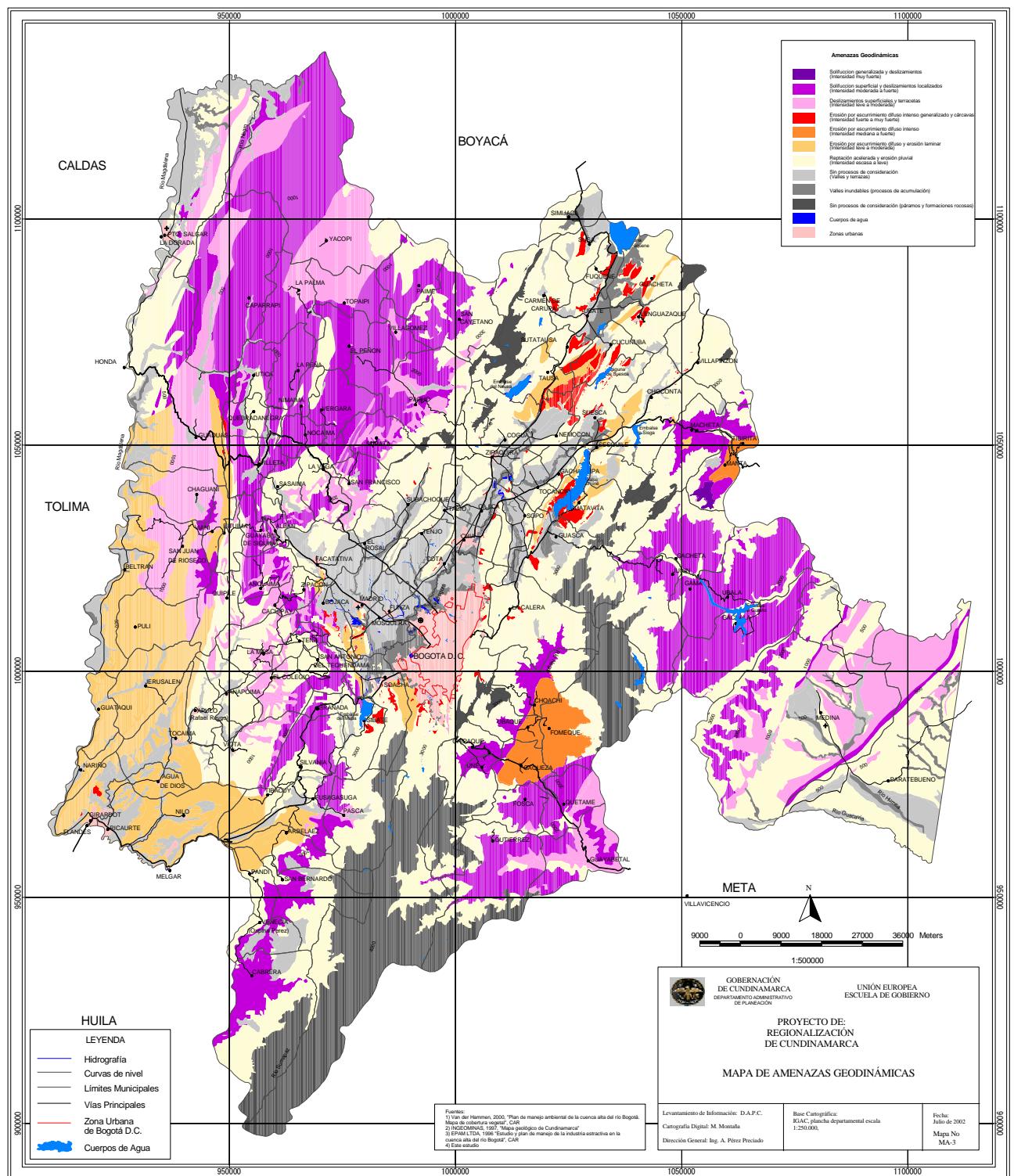
La tabla 34 muestra un resumen de la situación general del departamento en función de las amenazas geomorfodinámicas. El mapa de la figura 52 muestra la distribución espacial de los diferentes tipos de amenazas. Se observa que cerca de 771.217 ha, equivalentes al 31,7% de la región presentan amenazas por remoción en masa, aunque sólo 1.636 (0,1%) de intensidad muy fuerte y 523.905 (21,5%) de intensidad moderada a fuerte. Otras 1.101.964 ha, que representan el 45,3% de la región, presentan amenazas por erosión hídrica superficial, aunque solo 24.273 (1,0%) de intensidad fuerte a muy fuerte, 30.417 (1,2%) de intensidad moderada a fuerte y 191.863 (7,9%) de intensidad leve a moderada. La amenaza por inundaciones y flujos torrenciales afecta a 56.369 ha (2,3%). El resto de la región (449.038 ha, equivalentes al 18,4%) no presenta problemas de significación. No obstante, si consideran las tierras con procesos relativamente normales, de intensidad escasa a leve, las tierras no o poco afectadas por procesos morfodinámicos suman 1.304.449 ha, equivalentes al 53,6% del territorio (sin considerar cuerpos de agua ni zonas urbanizadas).

Tabla 34. Clasificación de tierras según el tipo y grado de amenaza morfodinámica en el departamento de Cundinamarca (ha y %) (Pérez Preciado A – UE – Gobernación Cundinamarca, 2002)

Descripción	Superficie (ha)	%	Total grupos	%
Por remoción en masa muy fuerte	1.636	0,1	771.217	31,7
Por remoción en masa de intensidad moderada a fuerte	523.905	21,5		
Por remoción en masa leve a moderada	245.676	10,1		
Por erosión concentrada y en cárcavas, fuerte a muy fuerte	24.273	1,0	1.101.964	45,3
Por escurrimiento difuso intenso, intensidad moderada a fuerte	30.417	1,2		
Por escurrimiento difuso y erosión laminar, intensidad leve a moderada	191.863	7,9		
Por reptación acelerada y erosión pluvial, intensidad escasa a leve	855.411	35,1		
Por inundaciones periódicas y/o flujos torrenciales	56.369	2,3	56.369	2,3
Sin problemas erosivos o hídricos de consideración: valles y terrazas	244.559	10,0	449.038	18,4
Sin problemas erosivos de consideración: páramos y otras	204.479	8,4		
Cuerpos de agua	14.330	0,6	14.330	0,6
Zonas urbanas *	41.913	1,7	41.913	1,7
TOTAL	2.434.831	100,0	2.434.831	100,0

Fuente: este estudio. * Muchas zonas urbanas tienen problemas geodinámicos o hidrológicos, pero no se han considerado en este estudio por la escala regional.

Figura 52. Mapa de amenazas geomorfodinámicas en el departamento de Cundinamarca (Pérez Preciado A - UE – Gobernación Cundinamarca, 2002)



B. Amenazas dentro del Distrito Capital

El Decreto 364 de 2013 adopta, dentro de los mapas que forman parte del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C, los mapas normativos de amenaza de inundaciones, remoción en masa e incendios forestales que se presentan en las figuras 53, 54 y 55. En el texto del decreto 364 de 2013 se determinan los significados de las categorías de amenaza contempladas en los mapas y sus condicionantes de uso (artículos 111, 116 y 119).

No obstante lo anterior, en la actualidad la CAR está ejecutando el proyecto de adecuación hidráulica del río Bogotá, que consiste en la ampliación de la sección del río y el aumento de la altura de los diques a lo largo del río Bogotá. Esta adecuación está calculada para soportar la crecida de período de retorno de 100 años. Por tanto, una vez terminado el sistema de adecuación (en construcción actualmente), el mapa normativo de amenaza de inundaciones quedará desactualizado.

Hacia el futuro, con el nuevo sistema de diques operando, la amenaza de inundaciones podría estar ligada a la ruptura del dique a causa del debilitamiento del mismo por la acción humana (perforaciones para vertimientos, paso de ganados, etc.), tal como ocurrió en la emergencia invernal de 2011 en la zona de Mosquera. La Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo (EAB) ha realizado la modelación del evento de ruptura del dique en cualquier punto del río y la inundación correspondiente sobre la ciudad, considerando la crecida de 100 años. El mapa de amenaza correspondiente se muestra en la figura 56. La comparación del mapa normativo de amenaza de inundaciones y el mapa de amenaza de inundaciones por ruptura muestra que las nuevas zonas de amenaza por ruptura del dique se encuentran distribuidas en varios sectores, siendo el más importante el sector bajo entre los ríos Fucha y Tunjuelo. Además, el humedal de Jaboque y un sector del aeropuerto podrían verse afectados más que en el plano normativo, así como un sector al norte de la desembocadura del Fucha.

Figura 53. Mapa de amenaza por inundación en el Distrito Capital (FOPAE, 2012; POT, 2013)

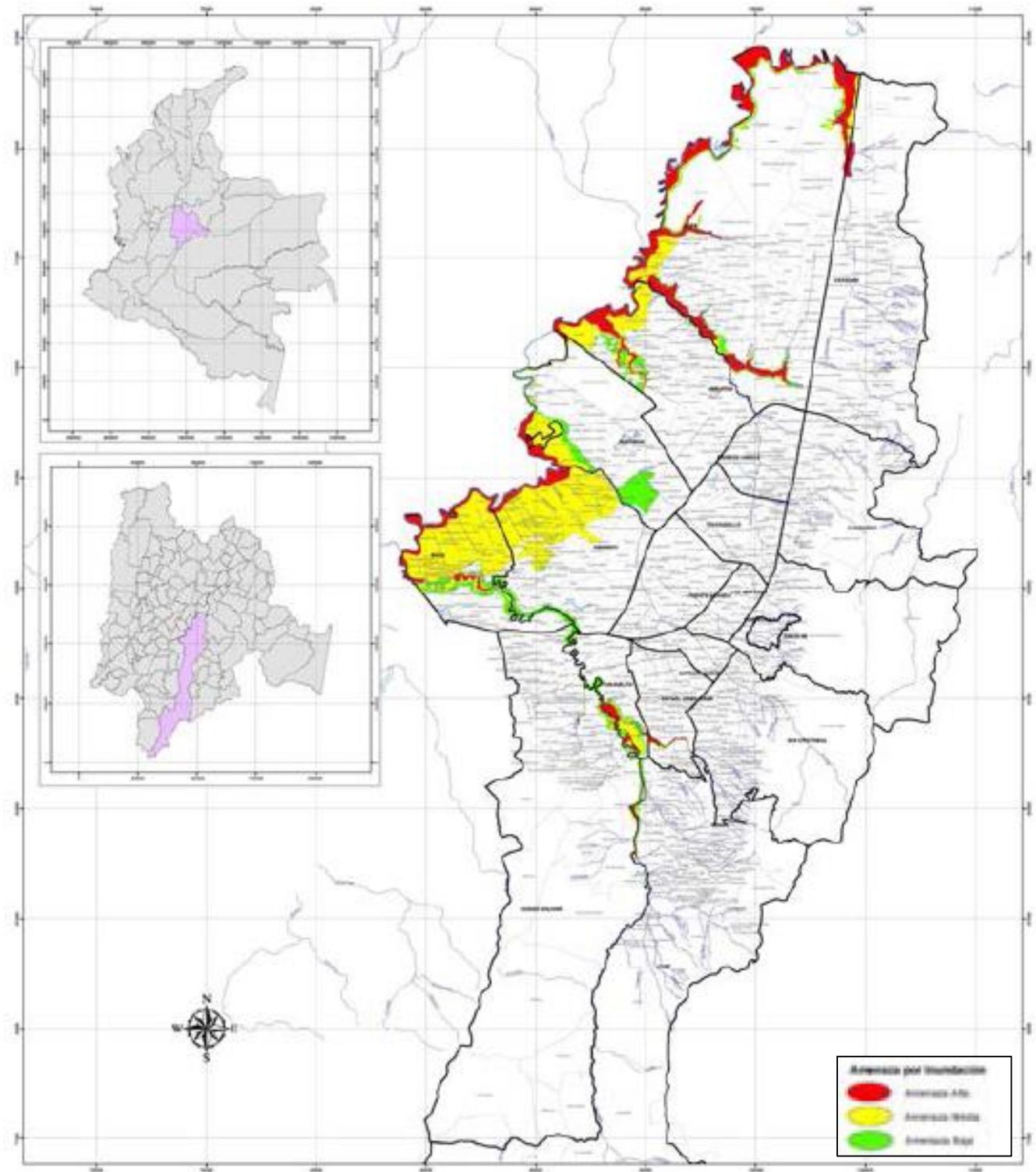


Figura 54. Mapa de amenaza por remoción en masa en el Distrito Capital (FOPAE, 2012; POT, 2013)

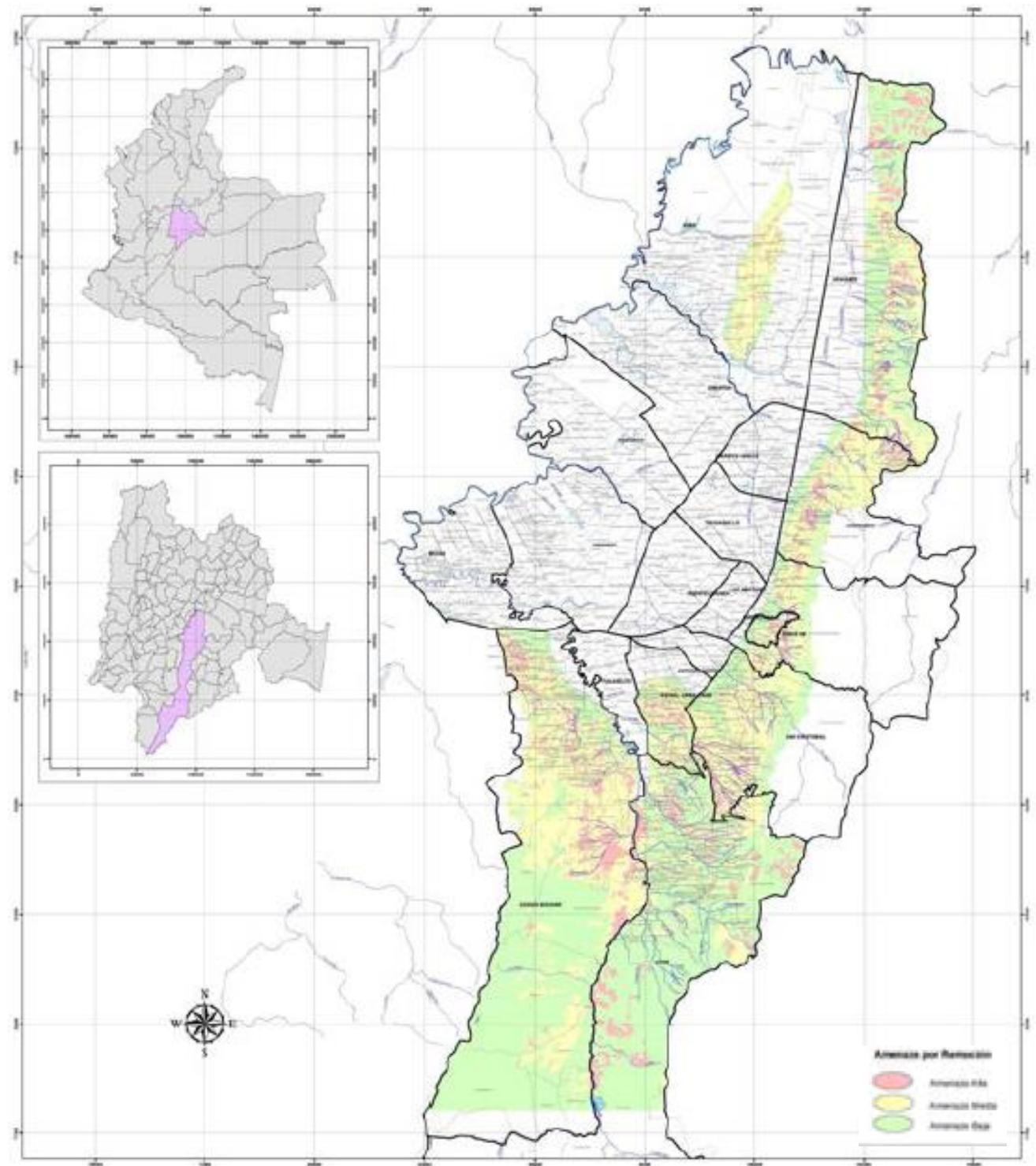


Figura 55. Mapa de amenaza por incendios forestales en el Distrito Capital (FOPAE, 2012; POT, 2013)

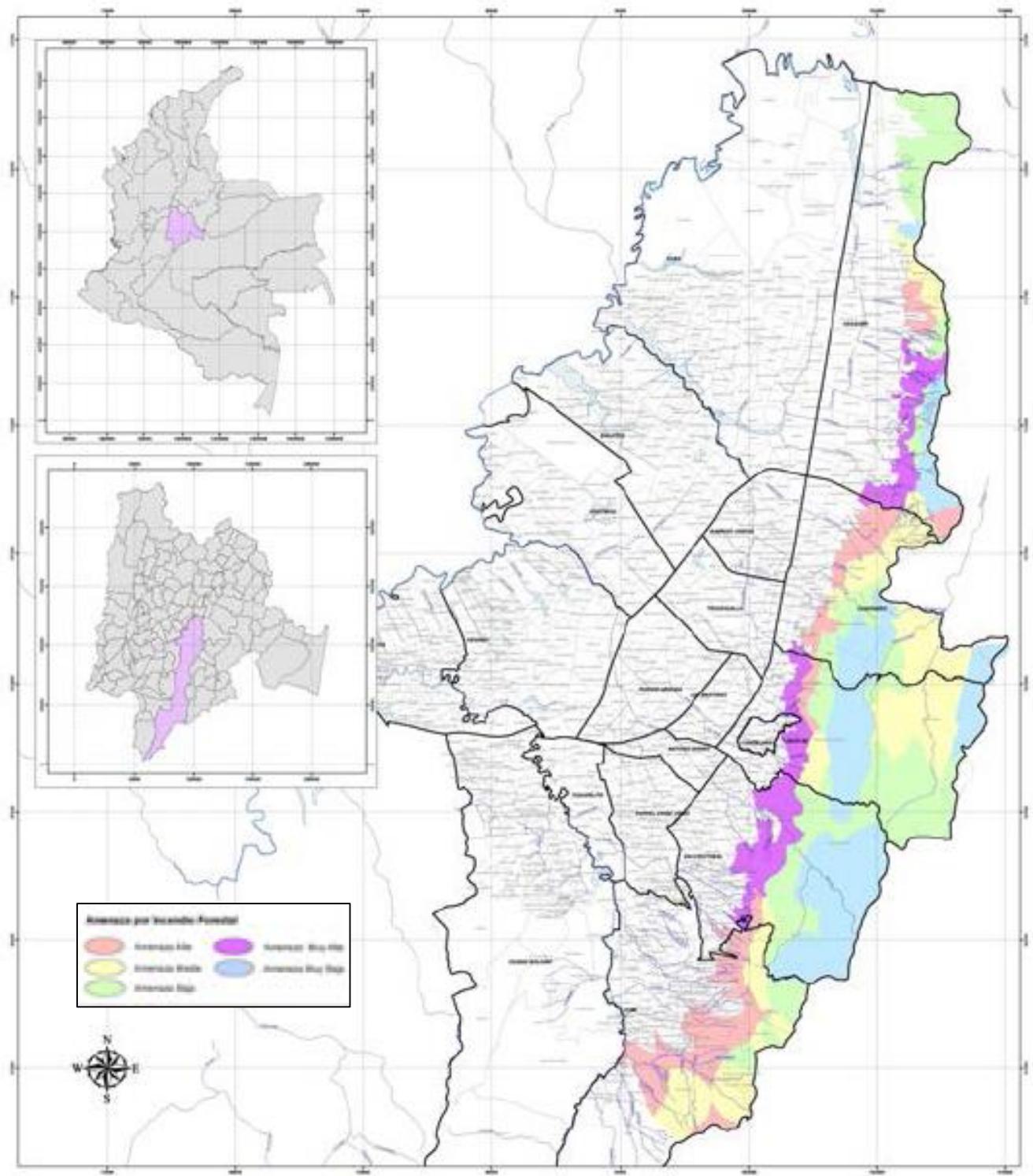
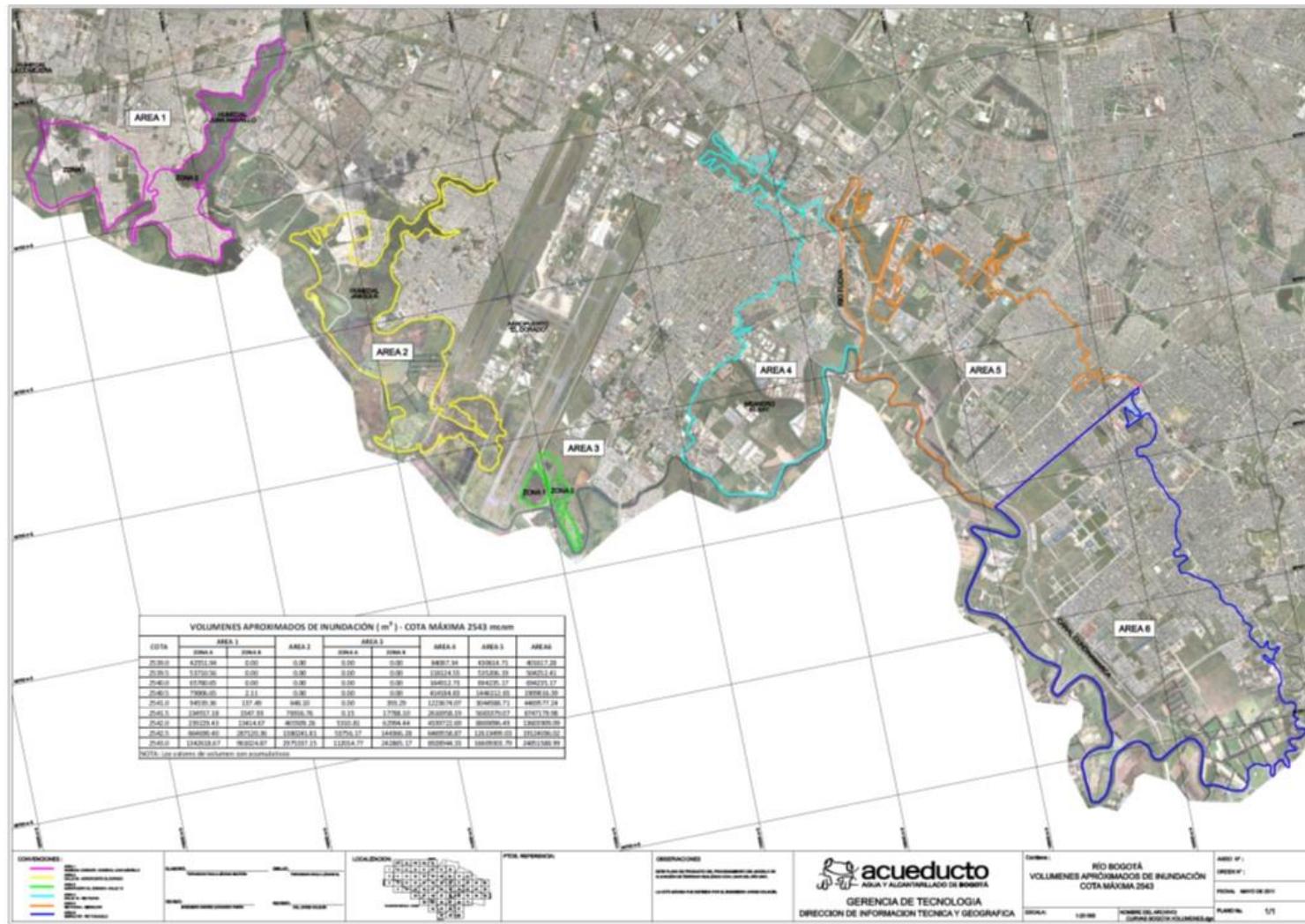


Figura 56. Mapa de amenaza por inundaciones debidas a ruptura de dique del nuevo proyecto de adecuación hidráulica del río Bogotá de la CAR (Alejandro Montes - EAB, 2014)



C. Amenazas por variabilidad climática: las tendencias del clima

De acuerdo con Grajales (ver Anexo 1, fuente 67), los índices de Extremos Climáticos estimados para la región Bogotá-Cundinamarca por medio de los software RClimdex y Stardex para el período 1980 – 2010, muestran importantes tendencias en los aumentos de las temperaturas extremas e importantes tendencias en los valores de precipitación para el período de 31 años analizado. Aunque el modelo RClimdex se aplicó a 19 índices, se han seleccionado los 8 más representativos, que muestran la tendencia de los valores anuales de la precipitación (figuras 57 y 58) y de la temperatura (figuras 59 y 60) en la región. Asimismo, de los 49 índices estimados mediante el modelo Stardex, se han seleccionado 10 como los más representativos, los cuales muestran las tendencias a nivel trimestral, tanto para la precipitación como para la temperatura (ver figuras 61 a 70).

Con base en estos índices y en los mapas correspondientes que se muestran a continuación, el estudio llega a las siguientes conclusiones generales:

Según el modelo RClimdex:

- Se aprecia un aumento en el número de días secos consecutivos al año (índice CDD) con una tendencia máxima de 1,25 día/año.
- La precipitación total anual deja ver una tendencia al aumento sobre la parte central de Cundinamarca, con valores máximos de hasta 49 mm/año. En contraste, en la región oriental del departamento se aprecia con tendencia a la disminución con valores mínimos de hasta -69 mm/año.
- Se aprecia un aumento en la cantidad de días al año con precipitaciones mayores a 20 mm, sobre la región central de Cundinamarca, con tendencias máximas de 0,93 días/año; mientras que se aprecian tendencias a la disminución hacia la parte oriental, con valores mínimos de hasta -1,5 días/año.
- Se aprecia un aumento en las precipitaciones extremadamente fuertes (percentil 99, índice R99p) sobre la región central de Cundinamarca, con tendencias máximas en el orden de los 8 a 10 mm/año.
- Se aprecia un aumento en el máximo anual de precipitación para 1 día (índice RX1day) sobre la región central de Cundinamarca, con tendencias máximas de hasta 1,3 mm/año.
- Se aprecia un aumento en el máximo anual de precipitación para 5 días consecutivos (índice RX5day) sobre la región central de Cundinamarca, con tendencias máximas de hasta 2,1 mm/año. Por el contrario, se aprecia una tendencia a la disminución hacia la parte oriental y norte, con una tendencia mínima de hasta -2,9 mm/año.
- Se aprecia mayor tendencia al aumento en el promedio de precipitación anual (índice SDII) sobre la región central del departamento, con tendencias máximas de hasta 0,22 mm/año. Por el contrario se aprecia una tendencia a la disminución en la región oriental con tendencias mínimas de hasta -0,27 mm/año.
- Se aprecia una tendencia al aumento durante el día en la variable temperatura máxima diaria Tx, con valores máximos de 0,14°C/año en Cundinamarca, aunque en Boyacá se alcanza a registrar 0,28°C/año.

Según el modelo Stardex:

- Se aprecian tendencias al aumento en la variable Tx para todos los períodos analizados y en general para todo Cundinamarca. Se destaca el promedio de Tx (índice txav) en el período DEF con la tendencia más alta con 0,24°C/año. Por su parte los índices txq10 y txq90⁸ también muestran aumentos en la variable Tx. El primero de éstos con la tendencia más alta en el período JJA con 0,13°C/año y el segundo con la tendencia más alta para el período DEF con 0,39°C/año. La disminución más importante la presenta el período MAM en el orden de 0,11°C/año para ambos índices.
- Se aprecian tendencias al aumento en la variable Tn para todos los períodos analizados, aunque principalmente en la parte central del departamento, como lo evidencian los índices tnav, tnq10 y tnq90. Sin embargo, es necesario destacar que en otras zonas del departamento diferentes a la parte central, los valores de Tn tienden a disminuir, incluso de forma más pronunciada que los aumentos, pues mientras en el promedio de Tn (índice tnav) los valores de los aumentos son del orden de 0,16°C/año, la disminución más grande es del orden -0,42°C/año. Por otro lado, los índices tnq10 y tnq90 también muestran disminuciones más pronunciadas que los aumentos, pues para el primer índice se aprecian aumentos de hasta 0,17°C/año, pero disminuciones de hasta -0,63°C/año y para el segundo índice se aprecian aumentos de hasta 0,21°C/año, pero disminuciones de hasta -0,33°C/año.
- Se aprecia una tendencia al aumento en el rango de las temperaturas extremas diarias para la mayor parte de Cundinamarca y para todos los períodos. La tendencia máxima encontrada en el promedio del rango de las temperaturas extremas (índice trav) es de 0,61°C/año, mientras que la tendencia mínima es de -0,17°C/año. Por su lado los índices trq10, trq90 ayudan a corroborar lo anterior, pues el primero tiene aumentos de hasta 0,44°C/año y el segundo aumentos de hasta 0,93°C/año, mientras que la tendencia a la disminución es del orden de -0,12 a -0,21°C/año, dejando ver la mayor influencia de los aumentos. Por último el índice tiaetr muestra tendencias de hasta 1,2°C/año en los máximos y mínimos de los rangos reportados por período.
- La precipitación promedio (índice pav) se aprecia repartida en el departamento y no es igual para los períodos analizados. El período DEF tiende a la disminución y el período MAM tiende al aumento en la cantidad promedio de precipitación, mientras que los demás períodos se encuentran distribuidos en aumentos hacia la región central y disminuciones hacia la parte oriental del departamento. La tendencia más baja encontrada fue de -0,32mm/año y la tendencia más alta encontrada fue de 0,31 mm/año. Por otro lado, el promedio de precipitación, pero únicamente para los días húmedos (índice pint), se aprecia similar en cuanto a la distribución del índice pav, con tendencias máximas de 0,38 mm/año y tendencias mínimas de -0,39mm/año.
- El análisis de los percentiles de días húmedos, desde pq20 hasta pq95, dejan ver un aumento progresivo tanto en aumentos como en disminuciones en las tendencias para los períodos analizados. Esto conlleva a ampliar la tendencia en los extremos de precipitación, es decir, los mínimos se vuelven más negativos en la medida que el pq crece y los máximos aumentan en la medida que el pq crece. El comportamiento de un municipio dado, requiere análisis específico, pues en algunas zonas del departamento la tendencia es al aumento y en otras zonas la tendencia es a la disminución en la precipitación, junto con el análisis por período específico. La tendencia mínima encontrada fue de -1,3 mm/año, mientras que la tendencia máxima encontrada fue de 1,1 mm/año.
- El análisis en las tendencias de precipitación, desde pf20 hasta pf95, dejan ver que en algunas regiones del departamento, cuando llueve, estos valores de precipitación resultan más intensos, mientras que en

⁸ Percentil 10 y percentil 90

otras regiones, cuando llueve, resultan precipitaciones menos intensas. El comportamiento de un municipio dado, requiere análisis específico, pues en algunas zonas del departamento la tendencia es al aumento y en otras zonas la tendencia es a la disminución en la intensidad de la precipitación, conjunto con el análisis por período específico. La tendencia mínima encontrada fue de -0,015, mientras que la tendencia máxima encontrada fue de 0,0261⁹.

- Se aprecian aumentos y disminuciones en los máximos de precipitación para 3, 5 y 10 días consecutivos (índices px3d, px5d y px10d). En el caso de px3d, la tendencia no alcanza a regionalizarse del todo, aunque JJA y SON presentan una clara tendencia al aumento hacia la zona central y occidental del departamento, mientras que los períodos DEF y Anual resultan con aumentos hacia la parte central pero con disminuciones hacia el oriente. Por su parte el índice px5d se aprecia un poco más regionalizado que px3d: aumentos hacia el centro y disminuciones al oriente, con tendencias más marcadas para los períodos JJA y SON y el período Anual ya se aprecia similar. Para este caso el período DEF tiende a la disminución en la mayor parte del departamento. Por último, el índice px10d se aprecia con tendencias aún más marcadas: aumentos hacia el centro y occidente y disminuciones hacia el oriente para los períodos MAM, JJA, SON y Anual, mientras que el período DEF ya se aprecia con una clara tendencia a la disminución en casi todo el departamento.
- Los eventos de precipitación extrema en el largo plazo (índice pn190), se aprecian a la disminución en el período DEF, principalmente para la zona central y oriental del departamento, mientras que en los demás períodos (MAM, JJA, SON y Anual) se aprecian aumentos en los eventos, principalmente hacia el centro y occidente del departamento, pero con fuerte influencia a las disminuciones hacia el oriente del departamento. La tendencia mínima encontrada para los períodos trimestrales fue de -0,34 eventos/año y la tendencia máxima fue de 0,24 eventos/año, mientras que las tendencias mínimas y máximas para el período anual fueron de -0,87 y 0,42 eventos/año, respectivamente.
- El índice pfl90, promedio para las precipitaciones extremas, deja ver unas tendencias mínimas de hasta -1,8 %/año y unas tendencias máximas de hasta 1,3 %/año.
- La duración de las ondas de calor (índice txhw90), se aprecian con una fuerte tendencia al aumento para todos los períodos analizados, con tendencias en el rango de -0,46 a 0,30 días/año. Por su parte la duración de las ondas de frío (índice tncw10), no presentan una tendencia marcada, aunque hacia el centro del departamento se aprecian disminuciones en casi todos los períodos. Estas tendencias tienen un rango entre -0,24 y 0,66días/año. El índice trf10 corresponde a la parte baja de la temperatura mínima (percentil 10) y el índice txf90 corresponde a la parte alta de la temperatura máxima (percentil 90), es decir los extremos de las temperaturas. El primero de estos índices muestra una tendencia a la disminución (en un rango entre -1,3 y 2,7 %/año), aunque repartido por todo el departamento y el segundo de estos índices muestra una fuerte tendencia al aumento en todos los períodos analizados (en un rango entre -1,2 y 2,6 %/año). Esto deja ver un aumento en el rango de las temperaturas extremas diarias.
- El número de días en donde la precipitación es mayor a 10 mm (índice pn10mm) se aprecia con tendencia a la disminución para la parte oriental del departamento, a excepción del período MAM que tiende al aumento y con un valor máximo de 0,63 días/año. La región central del departamento tiende al aumento, principalmente para el período JJA. La tendencia mínima encontrada fue de -0,85 días/año.
- Los períodos de máximo número de días consecutivos húmedos y secos (índices pxcdd y pxcwd), dejan ver una tendencia para el período DEF de aumento en los días consecutivos secos (disminución de los húmedos), mientras que para los períodos MAM, JJA y SON la tendencia es al aumento en el número de

⁹ Para mayor facilidad en la interpretación, se puede multiplicar por 100 cada una de estas tendencias, obteniendo así un% de aumento o disminución de los mm a los que corresponde la sumatoria desde el pf respectivo con respecto a los mm totales de precipitación del período por año.

días consecutivos húmedos (disminución en el número de días consecutivos secos). El rango de tendencias para los períodos trimestrales en el caso del índice pxcdd es de -0,50 a 0,83 días/año, mientras que para el índice pxcwd el rango esta entre -2,0 a 0,92 días/año.

- El promedio de los períodos de días húmedos (índice pwsav) deja ver un aumento para los períodos MAM, JJA, SON y Anual, mientras que el período DEF presenta una fuerte tendencia a la disminución para la mayor parte de Cundinamarca. Por su parte el promedio de los períodos de días secos (índice pdsav) se aprecia contrario al período para los días húmedos: disminución en MAM, JJA, SON y Anual y aumento para DEF. El rango para el índice pwsav se encuentra entre -0,32 a 0,19 días/año, mientras que para el índice pdsav las tendencias se encuentran en el rango entre -0,28 y 0,33 días/año.
- La persistencia de días húmedos (índice ppww) se aprecia con una mayor tendencia para los períodos MAM, JJA, SON y Anual, mientras que el período DEF se aprecia con una menor tendencia a la persistencia. El rango de tendencias esta entre -1,4 y 1,4 %/año. Por su parte, la persistencia de días secos (índice ppdd) se aprecia contraria al ppww, con tendencias entre -1,1 y 1,4 %/año.

Figura 57. Comportamiento de la precipitación: CCD – Mayor número de días secos consecutivos en un año ($p < 1\text{mm}$) (A). CWD – Mayor número de días húmedos consecutivos en el año ($p > 1\text{ mm}$). (Días/año) (B). Modelo RClimate. (Grajales – PRICC, 2013)

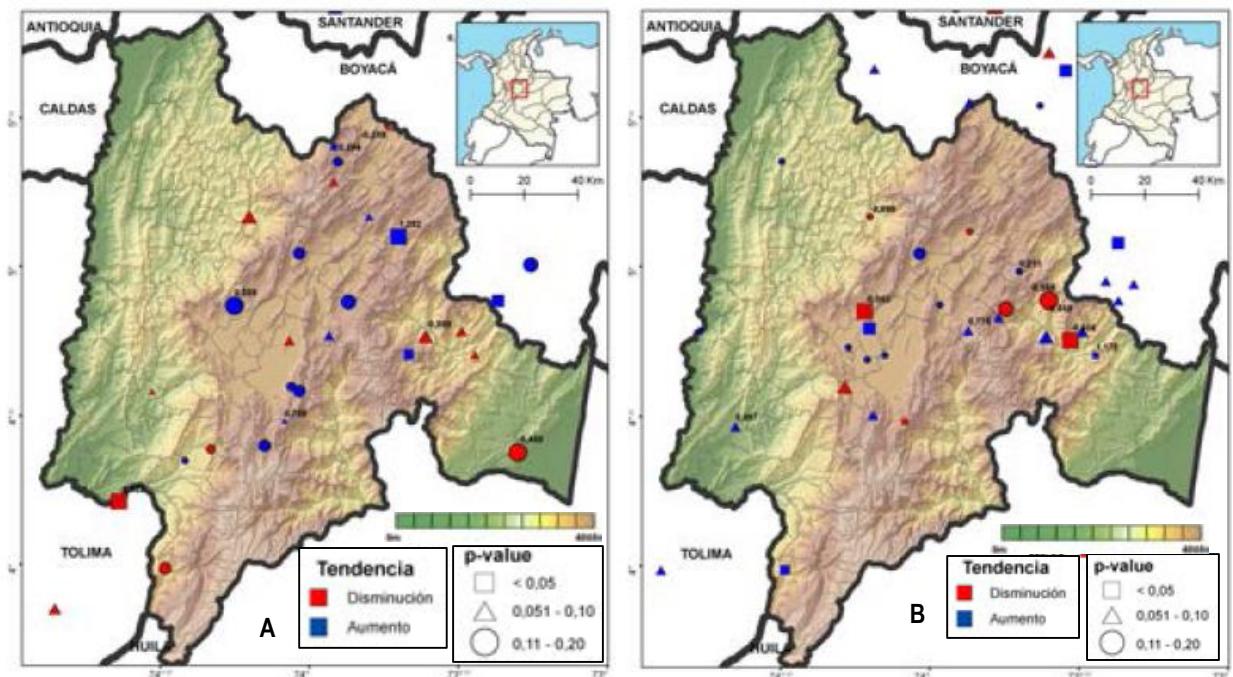


Figura 58. Comportamiento de la precipitación: PRCTOT- Precipitación total al año (mm/año) (A). R99P- Días extremadamente húmedos: Precipitación total al año (mm/año) cuando el valor de lluvia diaria es mayor al percentil 99 (días húmedos Precip >1 mm) (B). Modelo RClimate. (Grajales – PRICC, 2013)

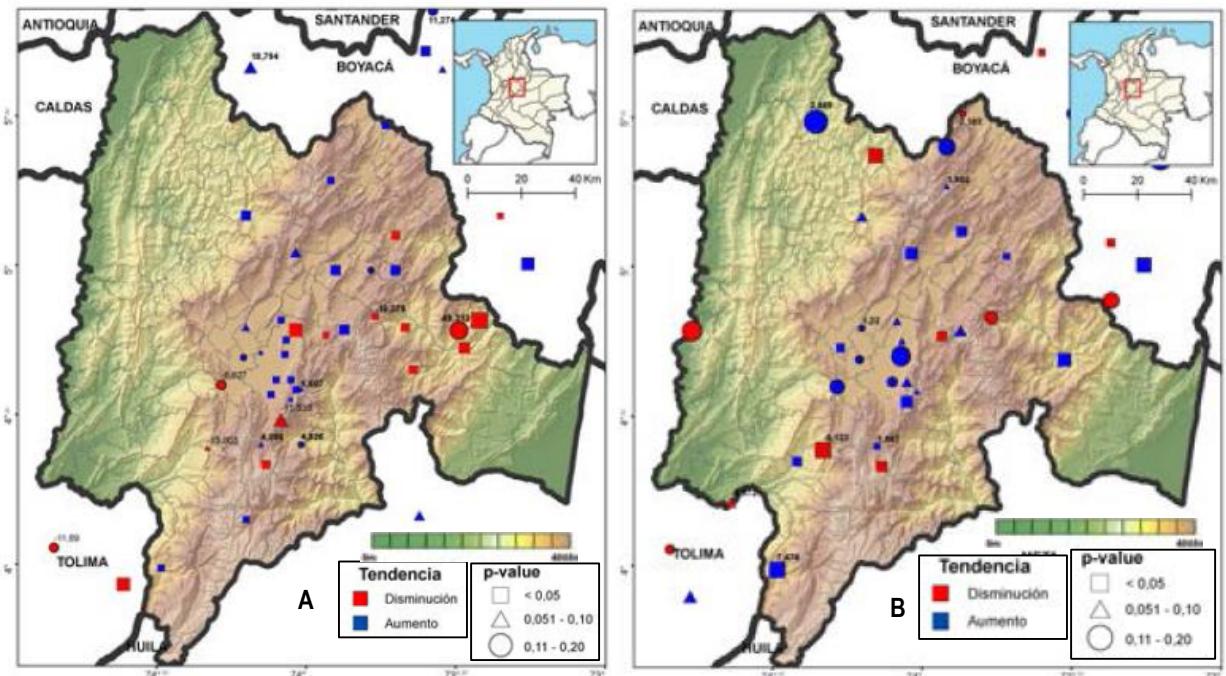


Figura 59. Comportamiento de la precipitación: R20- Número de días en el año con precipitación mayor de 20 mm (días/año) (A). SDII-Precipitación total anual / días con lluvia al año (Precip > 1mm) (mm/día.año) (B). Modelo RClimdex. (Grajales – PRICC, 2013)

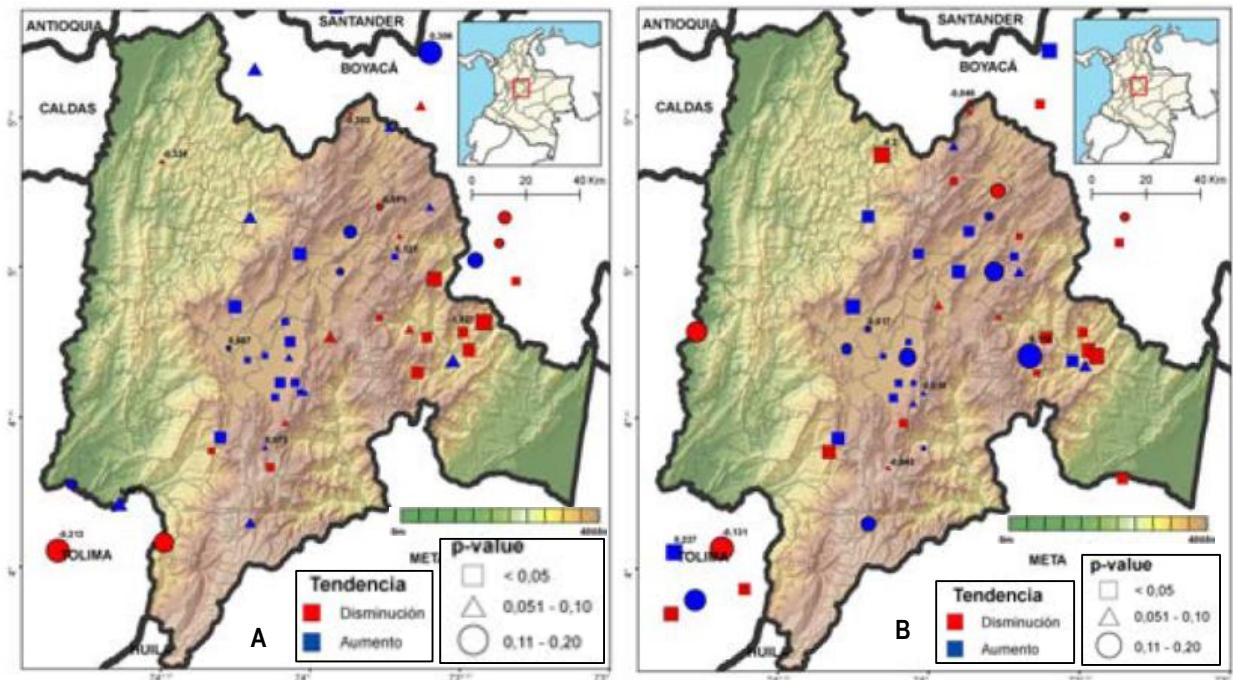


Figura 60. Comportamiento de la precipitación: RX1day-Máximo anual de precipitación para un día (mm/año) (A). RX5day-Máximo anual de precipitación en 5 días consecutivos (mm/año) (B). Modelo RClimdex. (Grajales – PRICC, 2013)

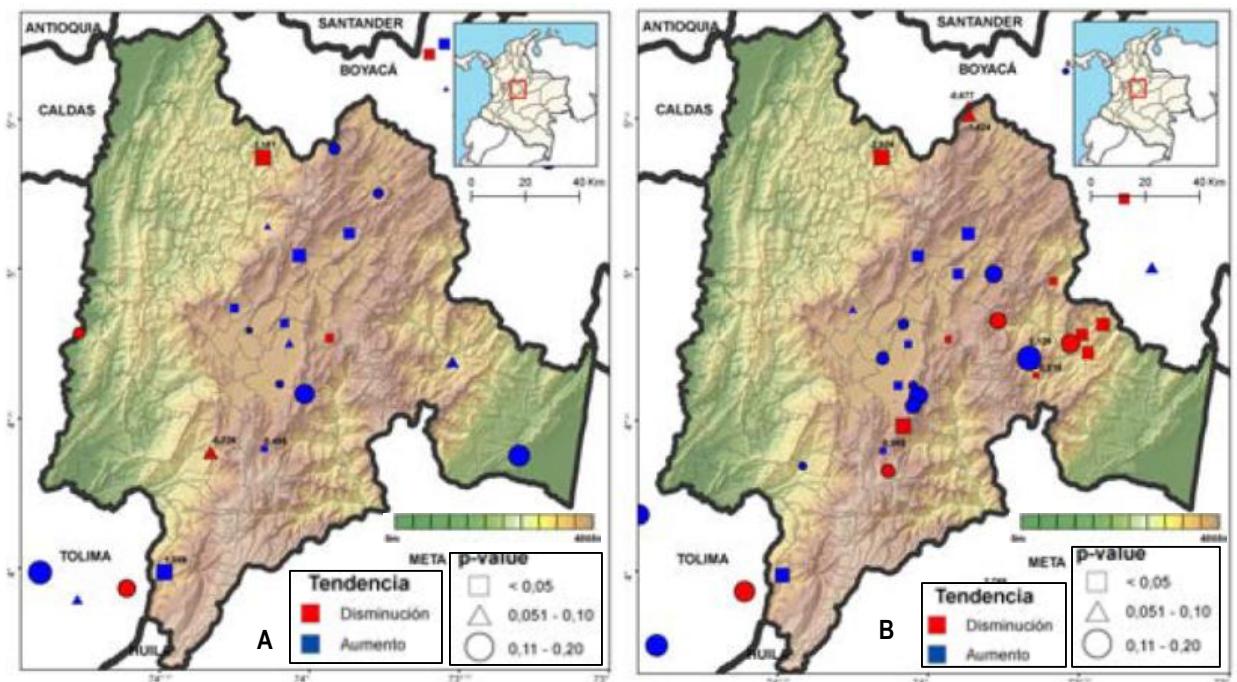


Figura 61. Comportamiento de la precipitación por trimestre: PAV- Promedio de precipitación (mm/día).
Modelo Stardex. (Grajales – PRICC, 2013)

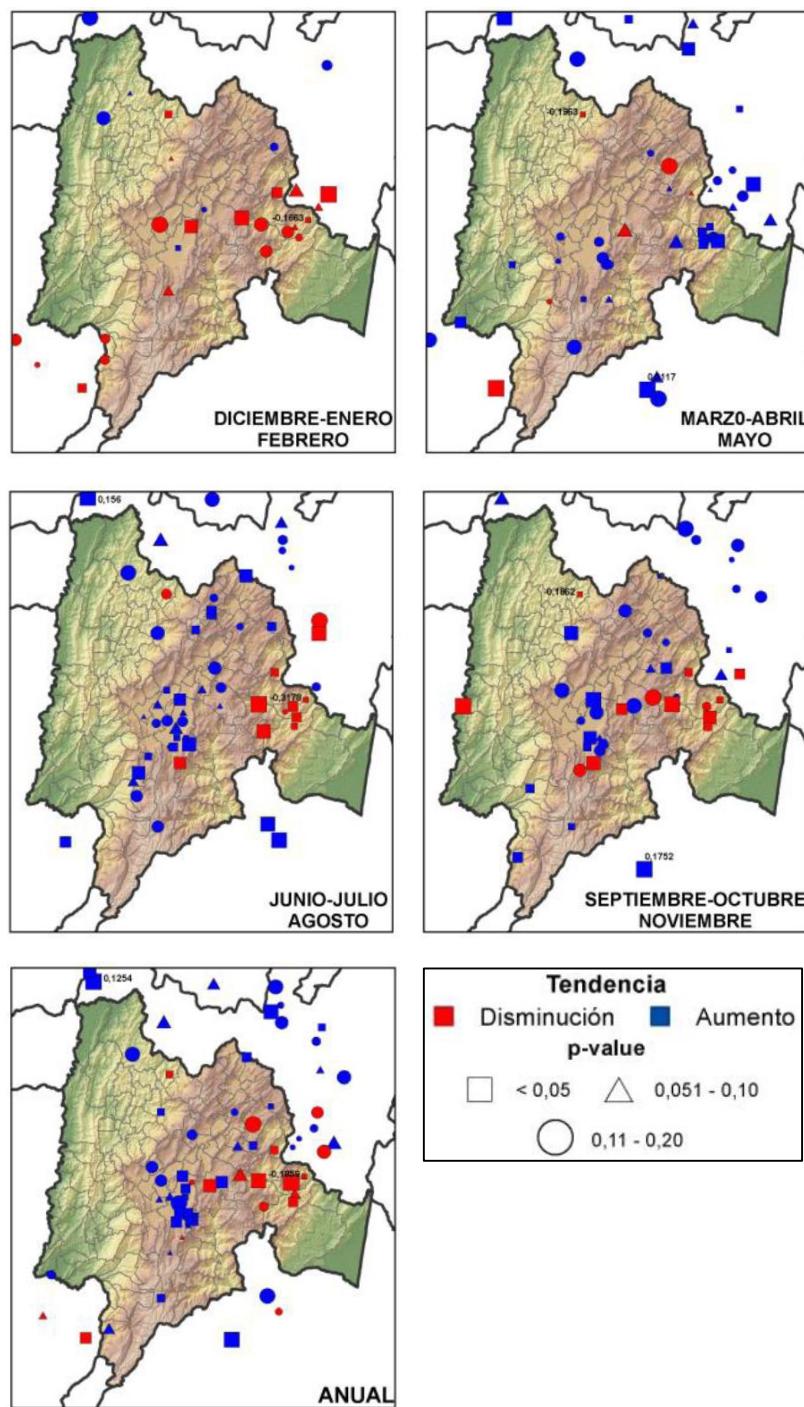


Figura 62. Comportamiento de la temperatura por trimestre: TXAV- Promedio de temperatura máxima diaria (°C). Modelo Stardex. (Grajales – PRICC, 2013)

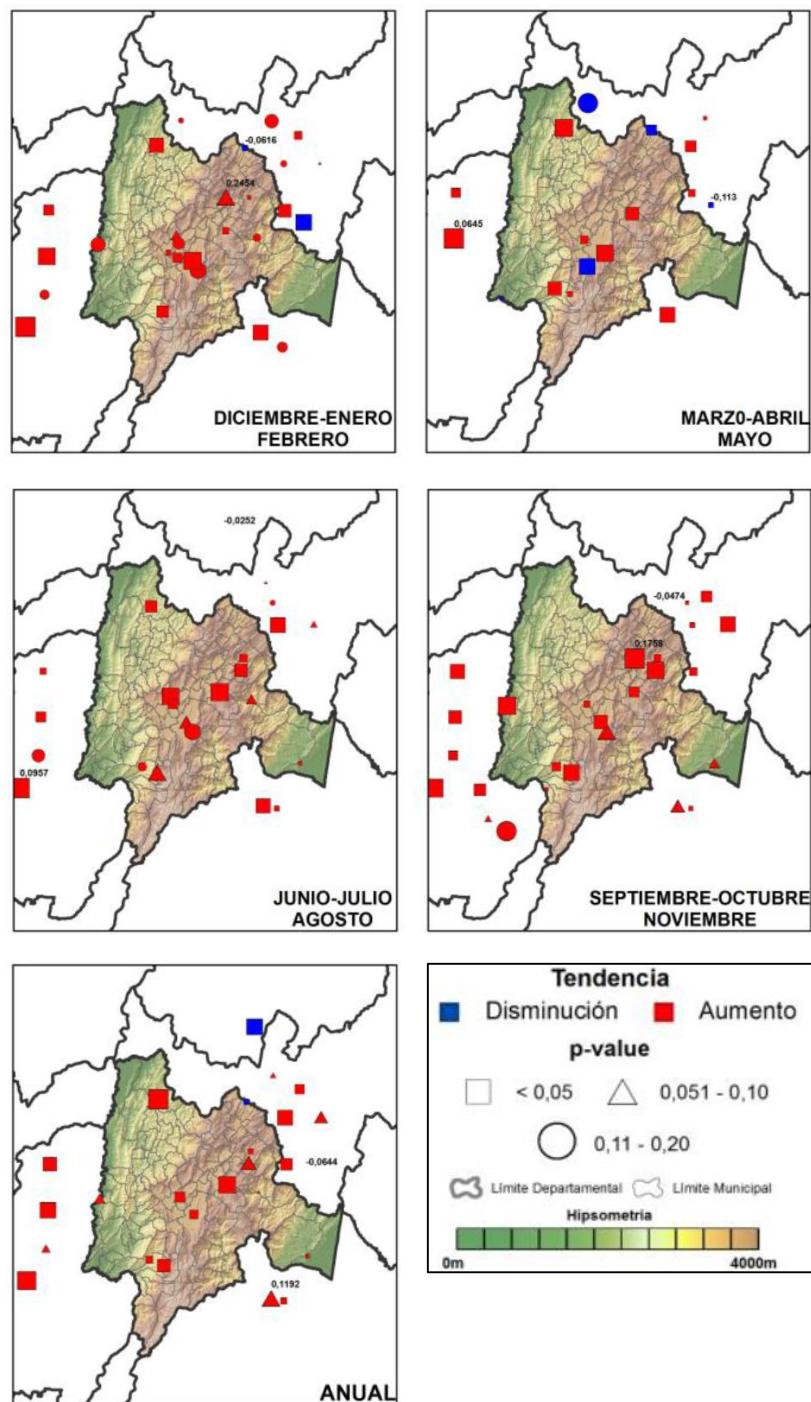


Figura 63. Comportamiento de la temperatura por trimestre: TNAV- Promedio de temperatura mínima diaria (°C). Modelo Stardex. (Grajales – PRICC, 2013)

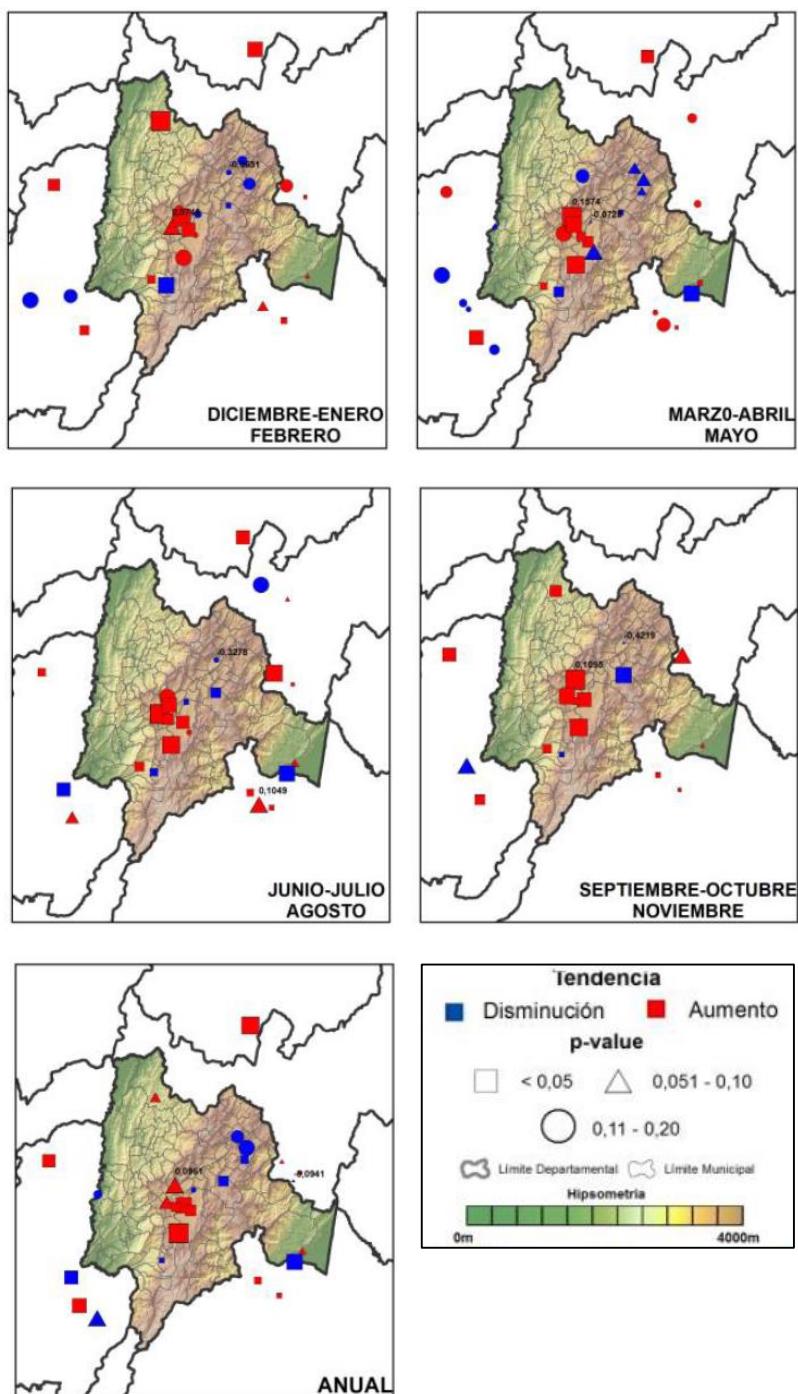


Figura 64. Comportamiento de la precipitación por trimestre: PINT- Promedio de precipitación para días húmedos (mm/día). Modelo Stardex. (Grajales – PRICC, 2013)

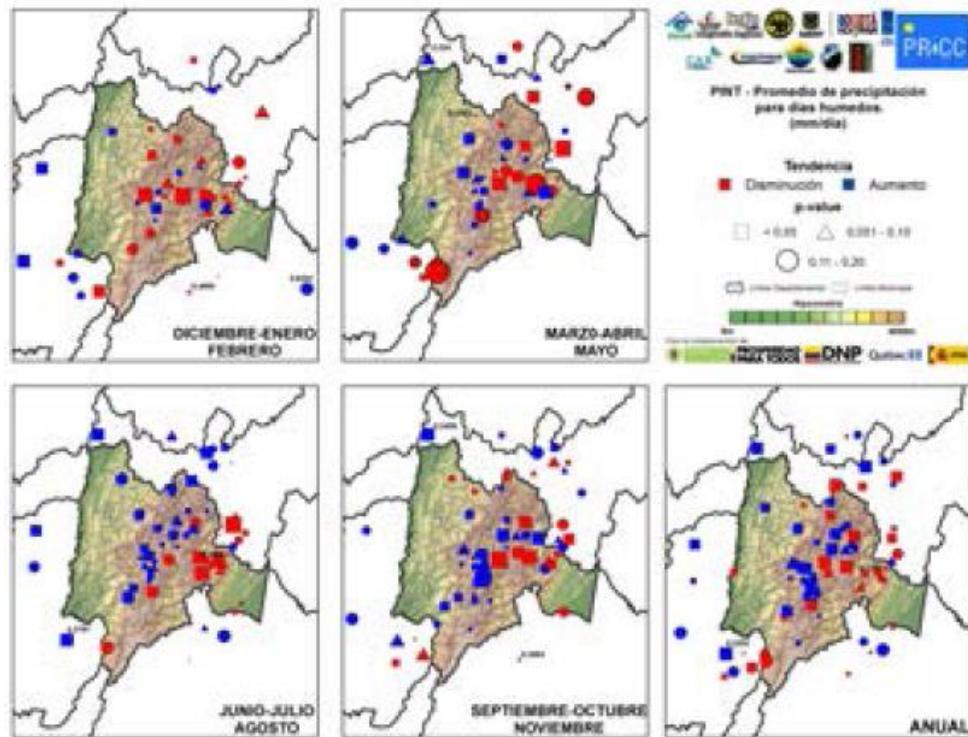


Figura 65. Comportamiento de la precipitación por trimestre: PXCDD- Número máximo de días consecutivos secos (<1mm). Modelo Stardex. (Grajales – PRICC, 2013)

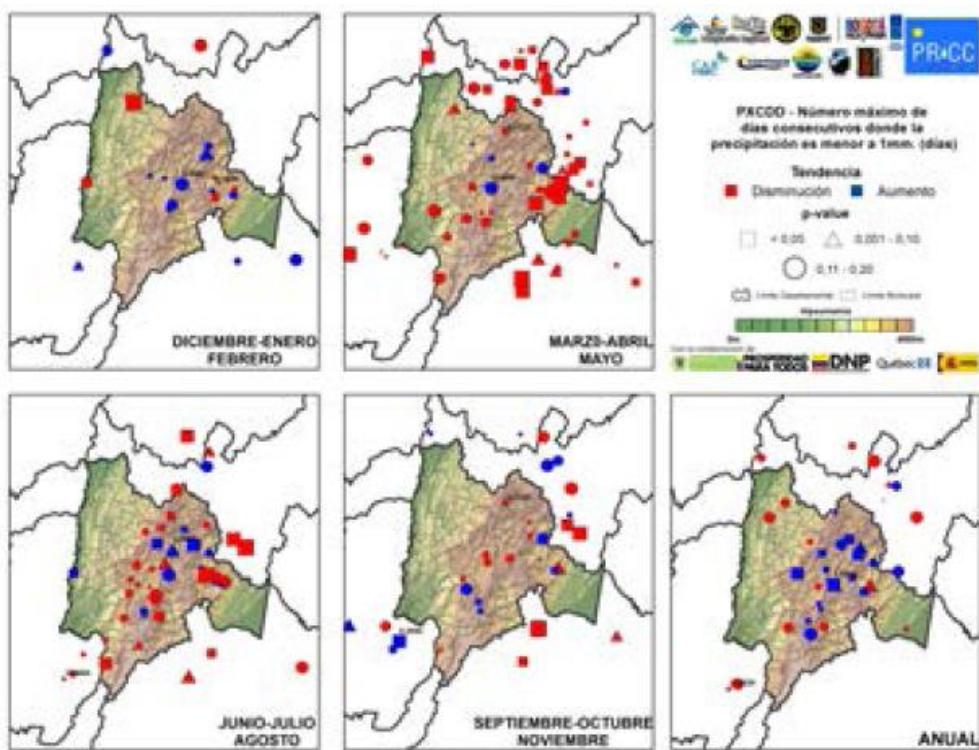


Figura 66. Comportamiento de la precipitación por trimestre: PXCWD- Número máximo de días consecutivos húmedos (>1mm). Modelo Stardex. (Grajales – PRICC, 2013)

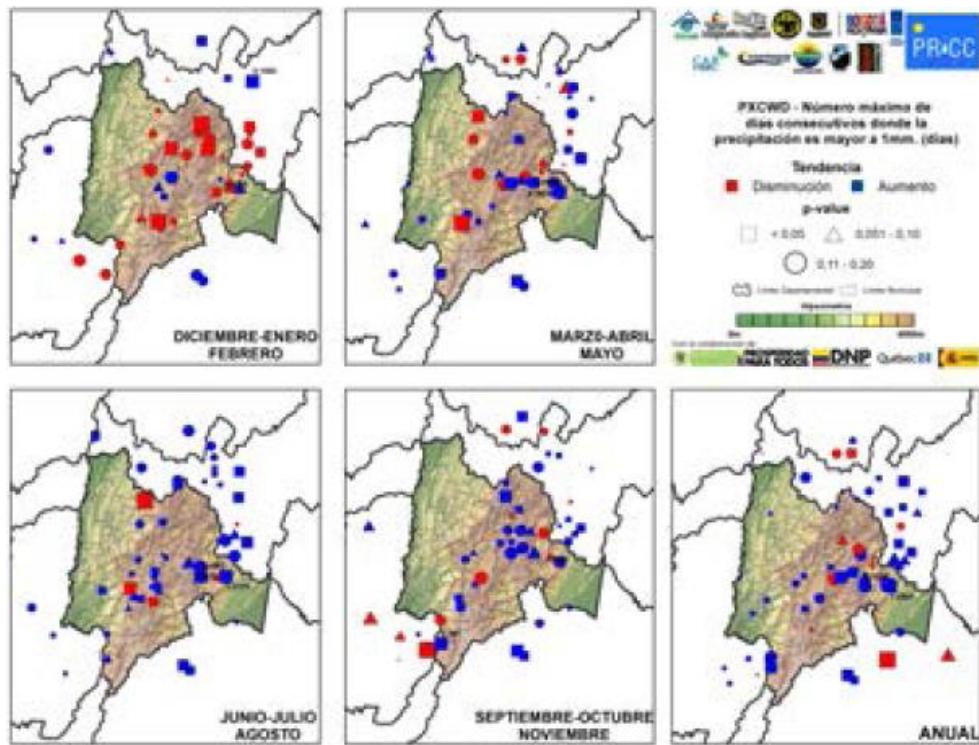


Figura 67. Comportamiento de la precipitación por trimestre: PWSAV- Promedio de los períodos de días húmedos (días >1mm). Modelo Stardex. (Grajales – PRICC, 2013)

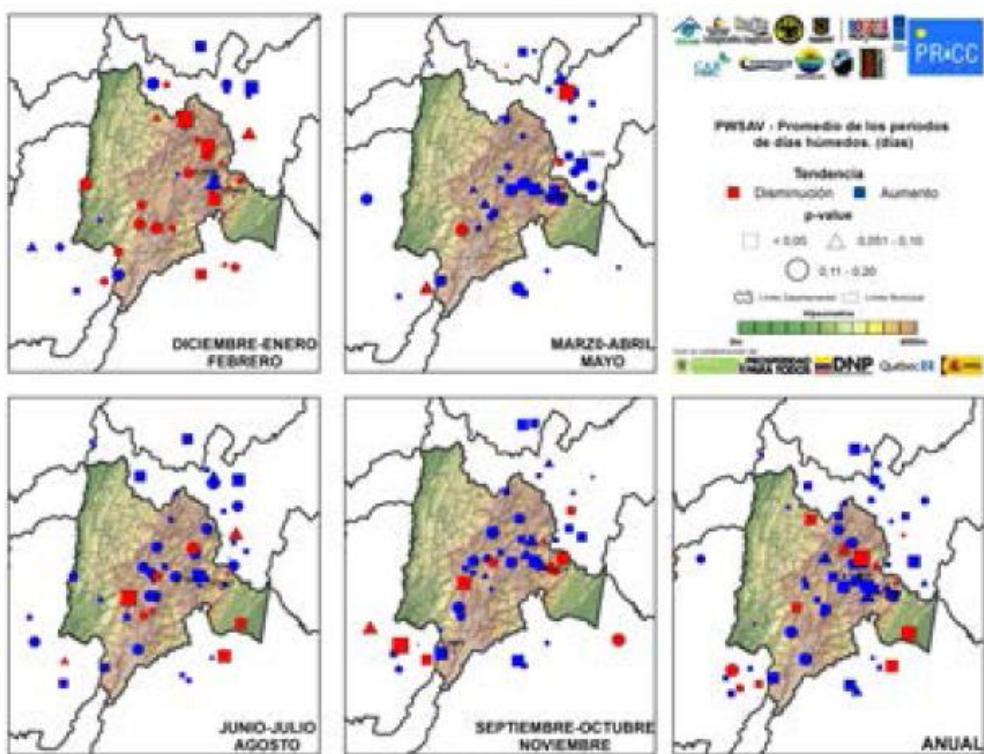


Figura 68. Comportamiento de la precipitación por trimestre: PDSAV- Promedio de los períodos de días secos (días <1mm). Modelo Stardex. (Grajales – PRICC, 2013)

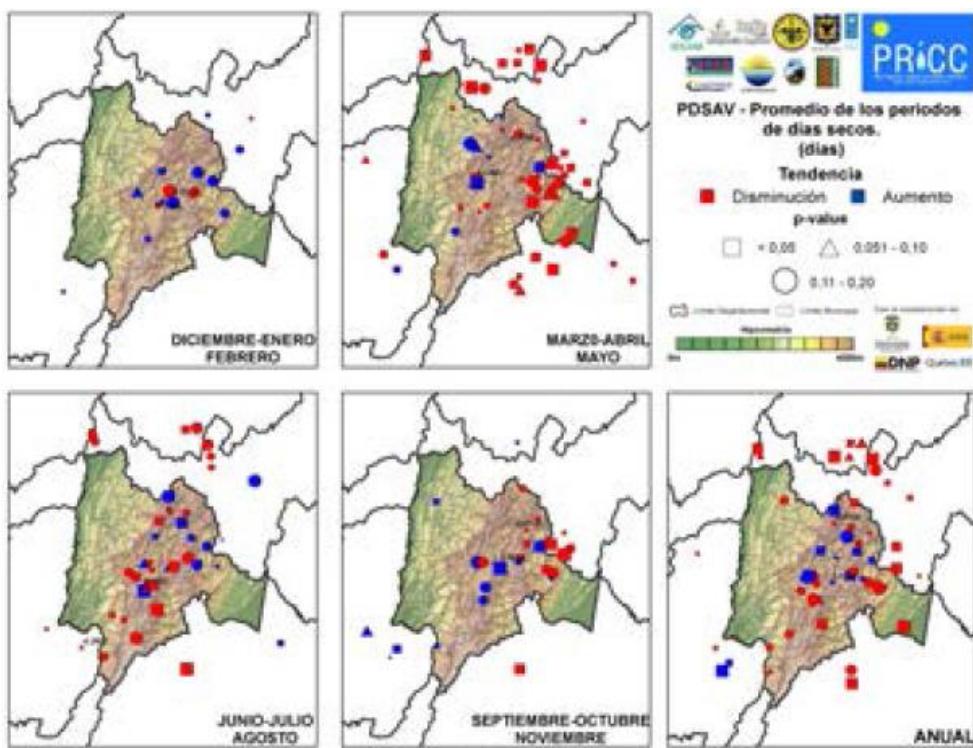


Figura 69. Comportamiento de la precipitación por trimestre: PPWW- Persistencia de días húmedos. Relación entre días consecutivos húmedos y días húmedos. Modelo Stardex. (Grajales – PRICC, 2013)

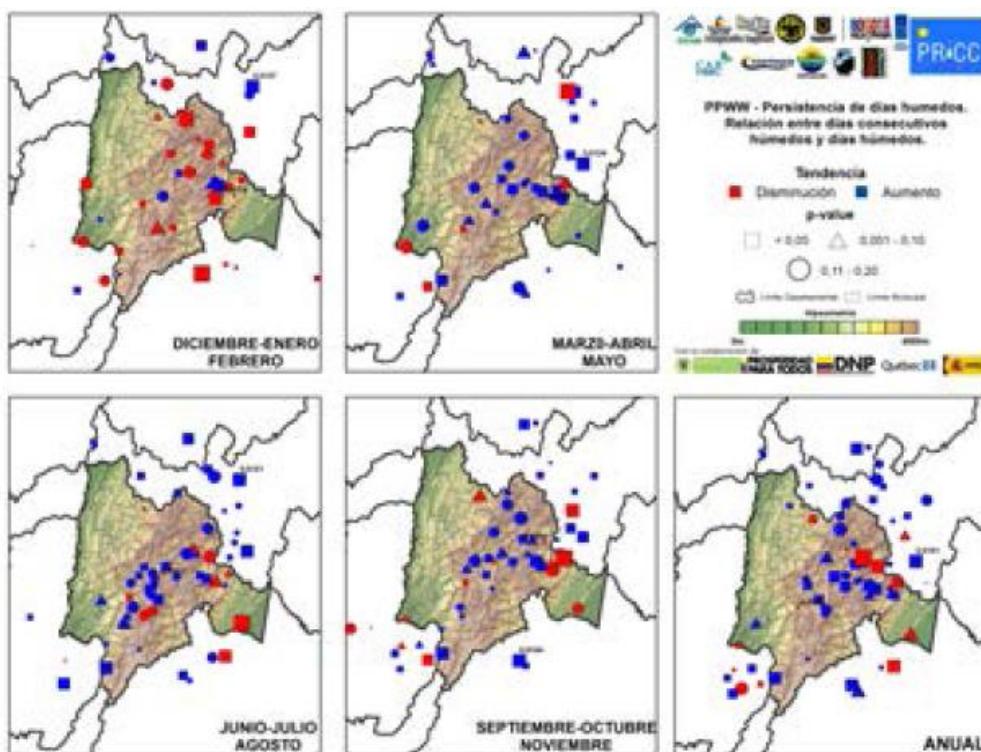
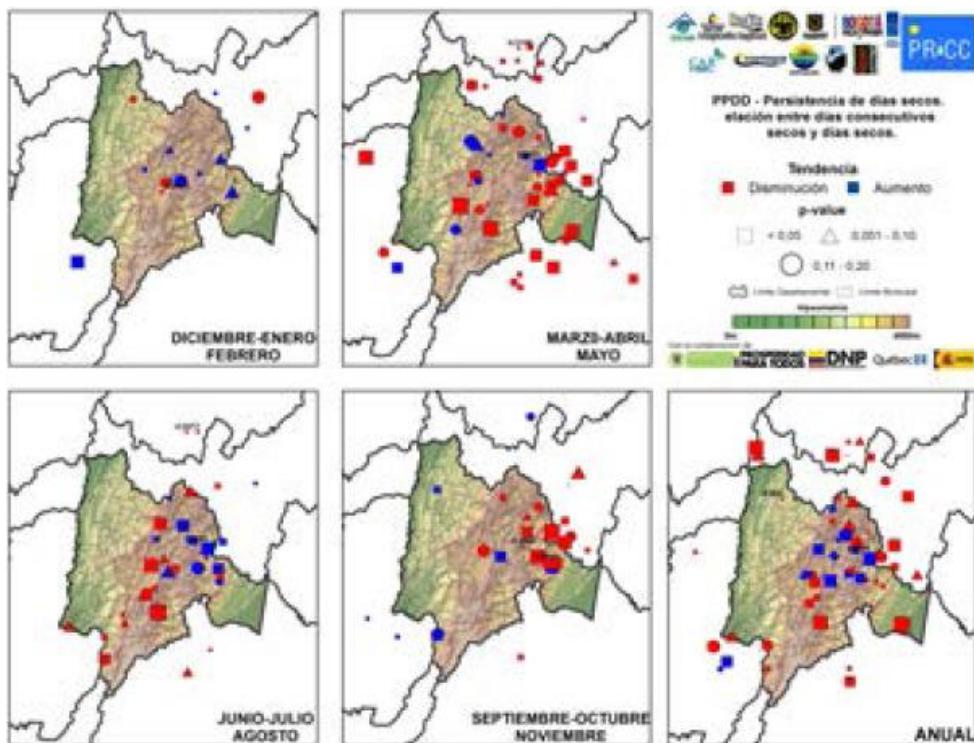


Figura 70. Comportamiento de la precipitación por trimestre: PPDD- Persistencia de días secos. Relación entre días consecutivos secos y días secos. Modelo Stardex. (Grajales – PRICC, 2013)



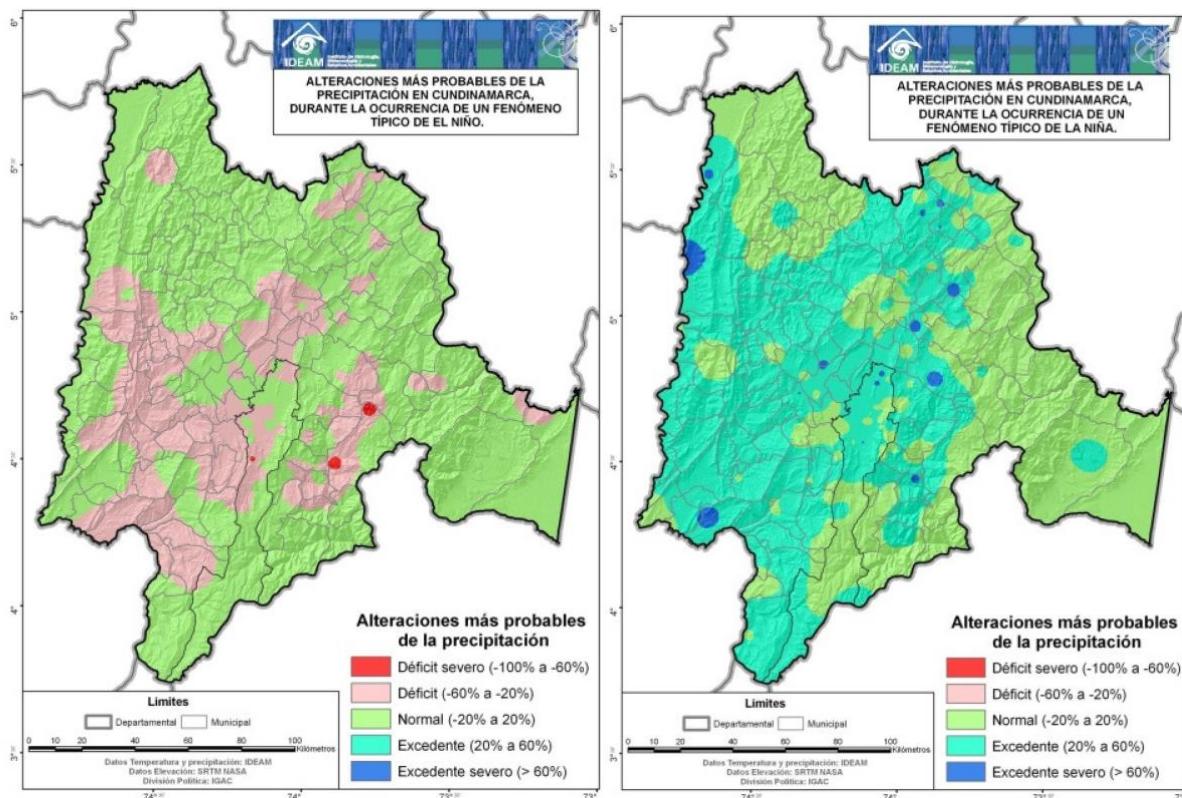
D. Amenazas por variabilidad climática debida a los fenómenos de El Niño y La Niña

De acuerdo con los más recientes estudios disponibles (Montealegre – PRICC – IDEAM, 2012), el análisis integral de la información de precipitación disponible permite establecer que durante la ocurrencia de un fenómeno típico de El Niño predomina la condición de normalidad de forma mayoritaria (68%), mientras que la condición deficitaria se presenta sólo en el 31%. Es importante destacar la ausencia de condiciones extremas, por cuanto los déficits y los excedentes severos sólo ocurren en un 1% del tiempo. En el mapa de la figura 71 (izquierda) se presentan las variaciones anómalas de la precipitación en Cundinamarca durante la ocurrencia de un fenómeno típico de El Niño. Como se puede apreciar, se registran ligeras reducciones de las lluvias (volúmenes mensuales disminuidos entre un 20% y un 60% de lo histórico) en algunos sectores de las regiones del alto y medio Magdalena, Tequendama, sabanas occidental y central, Distrito Capital, región de Oriente y sur de Guavio. En cambio, durante la fase fría (La Niña) del ciclo ENOS, se observa un panorama más generalizado de afectación, con mayor incidencia en los sectores central y occidental del departamento. En pequeñas y muy localizadas áreas del bajo y alto Magdalena se registran excesos de precipitación de carácter severo, como se puede apreciar en el mapa de la figura 168 (derecha). Durante ambas fases, no registra ningún tipo de alteración, en el patrón pluviométrico de la región de Medina. El Anexo 3 muestra los efectos de estos dos fenómenos a nivel trimesstral y estacional.

En relación con la temperatura, los mismos estudios registran un aumento generalizado de la temperatura media del aire en la mayor parte de los sectores occidental y central del departamento, el cual oscila entre 0,2 °C y 0,5 °C, durante los eventos de El Niño. Anomalías positivas superiores a 0,5 °C se observan en la región del valle alto, medio y bajo del Magdalena, Rionegro, Gualivá, Tequendama, Sabana Centro Occidental, Sumapaz, Soacha y el Distrito Capital. Sólo se registra una condición de normalidad en la región de Medina. Durante los períodos de La Niña, se observan descensos importantes en la temperatura media del aire en la mayor parte

del departamento. Las anomalías llegan a superar los 0,5 °C (enfriamientos severos), en la región occidental y algunos sectores de la parte norte del departamento. Igual que ocurre durante El Niño, en la región de Medina no se detectan alteraciones de ninguna índole en el comportamiento de la temperatura del aire durante la ocurrencia del fenómeno La Niña (ver mapas de la figura 72).

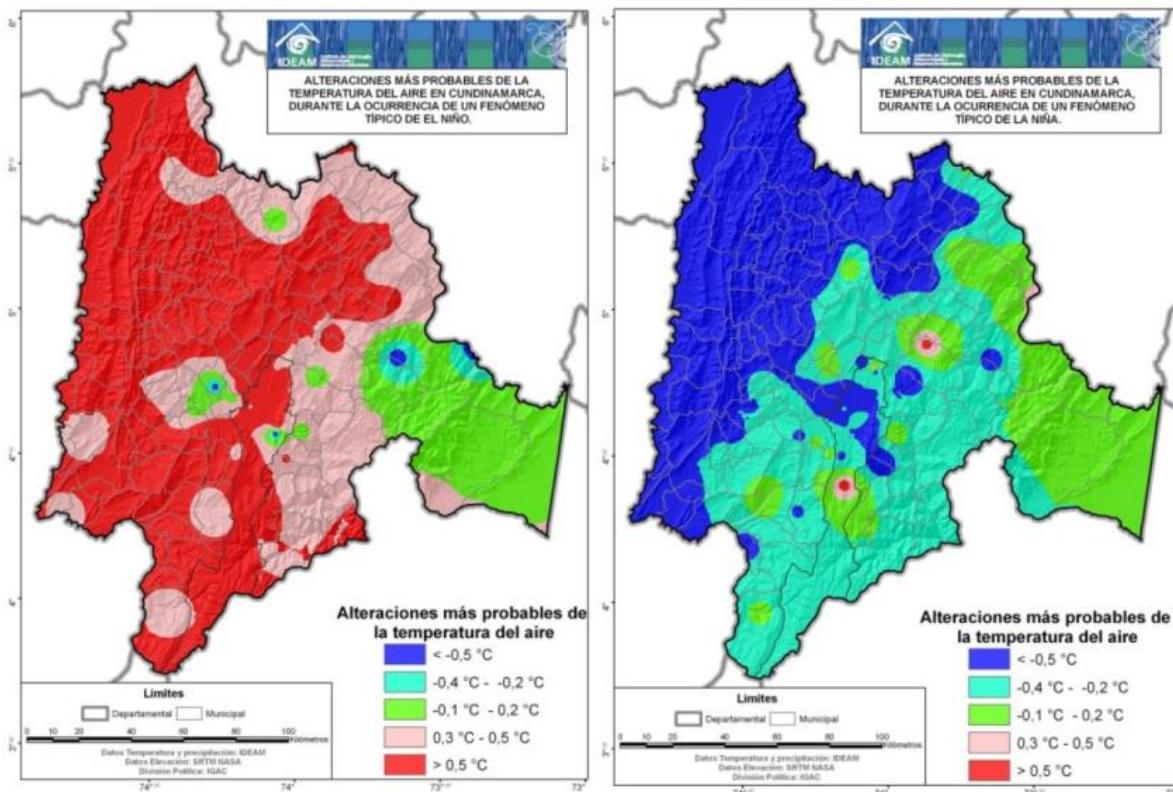
Figura 71. Alteraciones más probables de la precipitación durante la ocurrencia de un fenómeno típico de El Niño (izquierda) y durante la ocurrencia de un fenómeno típico de La Niña (derecha) (Montealegre E.-PRICC, 2012)



Con base en los anteriores resultados y en los presentados a nivel trimestral y estacional (ver Anexo 3), el estudio llega a las siguientes conclusiones:

1. “La señal característica de los fenómenos del Ciclo ENOS en Cundinamarca, reflejada en déficits de precipitación durante El Niño y excedentes de lluvia durante La Niña, se diluye al analizar los eventos típicos, es decir, al estudiar los fenómenos de forma integral, sin considerar la intensidad de las anomalías registradas en la temperatura superficial del Pacífico tropical. En el caso de la fase cálida (El Niño), la deficiencia de precipitación, como condición más probable, aparece tan solo en un 30% del total de observaciones. Durante la fase fría (La Niña), se observa un panorama más generalizado de afectación, aunque los excedentes de agua y el comportamiento normal tienen prácticamente la misma frecuencia de ocurrencia.
2. A nivel trimestral, la señal característica de ENSO para ambas fases, aparece muy bien definida al examinar las anomalías negativas (El Niño) y positivas (La Niña) de precipitación, registradas durante el tercero y cuarto trimestres del primer año y el primer trimestre del segundo año. Adicionalmente, se puede comprobar que el mayor efecto climático ocurre durante el primer trimestre del segundo año, el cual es muchas veces coincidente con la fase madura de los eventos, es decir, cuando se presentan las mayores anomalías en el océano y la atmósfera del Pacífico tropical.

Figura 72. Alteraciones más probables de la temperatura media del aire durante la ocurrencia de un fenómeno típico de El Niño (izquierda) y durante la ocurrencia de un fenómeno típico de La Niña (derecha) (Montealegre E.-PRICC, 2012)



3. En general, el efecto de los fenómenos típicos El Niño y la Niña sobre la *precipitación estacional* de Cundinamarca, es más acentuado en las temporadas secas que en las lluviosas. En la primera temporada seca del segundo año y muy cerca de la fase madura de los eventos, la condición deficitaria durante El Niño, se extiende a casi todo el departamento.
4. El análisis de los períodos *ínter-estacionales*, es decir, aquellos meses en los que se presenta la transición de las temporadas secas a lluviosas (marzo y septiembre) y de las lluviosas a las secas (junio y diciembre), permite comprobar que la señal característica de ENSO permanece muy bien definida, particularmente durante la fase cálida (El Niño). En diciembre, una vez finalizada la segunda temporada lluviosa y coincidiendo con la fase madura de los eventos, se registran las mayores alteraciones del patrón pluviométrico de Cundinamarca.
5. El análisis de las *series termométricas* permite comprobar que la temperatura media de la capa atmosférica baja de Cundinamarca, se ve fuertemente influenciada, en presencia de los fenómenos del Ciclo ENSO. Durante *El Niño* (*La Niña*) típicos, se registran aumentos (disminuciones) en la temperatura del aire, correspondiendo la mayor probabilidad de afectación (cerca del 60%), a la categoría de calentamiento (enfriamiento) severo.
6. A *nivel trimestral*, la señal característica de ENSO para ambas fases, aparece muy bien definida al examinar las anomalías positivas (El Niño) y negativas (La Niña) de la temperatura del aire, registradas durante el tercero y cuarto trimestres del primer año y el primer trimestre del segundo año. Durante este último período se registra la mayor afectación, lo cual corrobora el hecho de que durante la fase madura de los eventos ENSO se presenta esta situación.

7. La señal inducida por los fenómenos del Ciclo ENOS sobre la precipitación y la temperatura del aire, no aparece bien definida en el sector suroriental de Cundinamarca (región de Medina), dado que el ciclo anual de esta área se diferencia del resto del departamento. En consecuencia, el efecto climático derivado de los fenómenos El Niño y La Niña es similar al observado en la región de los Llanos Orientales.
8. El análisis de los resultados mostró que, aunque la relación no es lineal, durante los eventos fríos de La Niña se registran anomalías pluviométricas y termométricas aproximadamente opuestas a las observadas durante los fenómenos cálidos El Niño.

E. Amenazas por cambio climático

En relación con el cambio climático, la incertidumbre es mayor que la debida a la variabilidad climática, como lo muestran los modelos del PRICC (Espejo, 2012; y Grajales, 2013) que se presentan a continuación y el modelo de la CAR presentado en la referencia 80 del Anexo 1 (Pabón – CAR, 2011).

Del modelo de Espejo – PRICC, 2012, “Consolidación de las bases de datos y espacialización del perfil climático para la Región Capital. Informe final”, cabe destacar lo siguiente (ver otros aspectos en Anexo 1, referencia 75):

Las figuras 73 y 74 muestran las condiciones actuales de relieve, temperatura y precipitación. Se observa que la temperatura, dependiente de la altitud, presenta sus valores más altos en los sectores de baja altitud del noroccidente, suroccidente y oriente del departamento (Medina). Los sectores más fríos corresponden parcialmente a los páramos de Sumapaz y Chingaza y algunos sectores de Bogotá y del occidente, centro y norte de la sabana. En cuanto a la precipitación, los sectores más secos corresponden con las cuencas de los ríos Bogotá y Ubaté – Suárez, mientras que los más húmedos se ubican en la zona de Medina y en la vertiente oriental del ramal oriental de la cordillera Oriental, y en el sector noroccidental del departamento. Se observa que el nivel de generalización de estos mapas es excesivamente alto, tal vez debido al modelo empleado, por lo cual, por lo menos el mapa de temperatura no corresponde con la realidad.

Los mapas de la figura 75 muestran el multimodelo o ensamble ponderado de los escenarios A2, B1 y A1B, para la temperatura promedio anual, los cuales ofrecen una mejor relación con los pisos térmicos y con el relieve. Los mapas de la figura 76 muestran, a su vez, el ensamble multimodelo para la precipitación media anual, los cuales siguen, en términos generales, el mismo patrón del mapa actual de precipitación, esto es, con los sectores más secos en las cuencas de los ríos Bogotá y Ubaté – Suárez, y los más húmedos en la zona de Medina y en la vertiente oriental del ramal oriental de la cordillera Oriental, y en el sector noroccidental del departamento.

La figura 77 muestra en la parte superior los mapas de los índices de Caldas y Lang. Como se muestra en el Anexo 4, el índice de Caldas es fundamentalmente térmico y el de Lang es de humedad (lluvia). Por tanto, en el mapa del índice de Caldas se observa la distribución de los pisos térmicos, mientras que en el de Lang se observa claramente la dicotomía entre la vertiente oriental húmeda de la cordillera Oriental (llanura) y el centro de la cordillera y su vertiente occidental, más seca; en especial, se observa que las zonas más secas corresponden a la sabana de Bogotá, la cuenca baja de los ríos Bogotá y Sumapaz y la zona de Ubaté – Suárez, así como algunos sectores limítrofes con el río Magdalena. La humedad aumenta hacia el sector noroccidental del departamento (cuenca baja y media del río Negro), pero sin alcanzar el nivel de humedad de la vertiente oriental.

En la parte inferior de la figura 77 se muestra el mapa climático del índice combinado Caldas – Lang y el resultado del ensamble multimodelo para el índice Caldas – Lang para el período 2071-2100. En términos generales, la comparación de los dos mapas no muestra grandes diferencias. En los bordes de las cuencas de los ríos Bogotá y Ubaté-Suárez aumentan localmente las áreas de páramo bajo semihúmedo, en el noroccidente aumentan las áreas de clima templado semihúmedo a costa del clima templado húmedo, mientras que en el centro occidente aumentan las áreas de clima templado semiárido a costa del templado semihúmedo.

Otras conclusiones de tipo general que surgen de la observación de los multimodelos son las siguientes:

- Los mapas del ensamble multimodelo para temperatura muestran que el cinturón de los climas muy fríos disminuye progresivamente en las tierras altas, en especial en los macizos de Chingaza y Guerrero, donde llegan casi a desparecer en el período 2071-2100.
- Al mismo tiempo, también aumenta la extensión de los climas cálidos, a costa de los climas templados, en especial en el sector noroccidental del departamento.
- Los mapas del ensamble multimodelo para precipitación muestran un aumento progresivo de la precipitación media anual, en especial en la franja occidental del departamento y en la vertiente oriental del macizo de Chingaza.
- Como consecuencia de los cambios combinados de temperatura y precipitación, los mapas del ensamble multimodelo del índice Caldas – Lang muestran un incremento significativo del páramo bajo semihúmedo, en especial en la vertiente oeste de los Cerros Orientales, en la vertiente oeste del macizo de Sumapaz y en la zona del páramo de Guerrero.

Según el modelo de Grajales – PRICC (2013), “Escenarios de cambio climático. Informe final” (ver otros aspectos en Anexo 1, referencia 68), los resultados del modelo RCP4.5 (IDEAM – NASA - Universidad de Columbia) 2041-2070, permiten evidenciar un progresivo aumento en la temperatura media mensual, la cual puede llegar a ser de hasta 2-3°C. En relación a los aumentos en los extremos de precipitación en la Región Andina Colombiana, los valores atípicos aumentan y lo que antes (1975-2004) era un valor atípico, ahora (2041-2070) se podrá encontrar en el promedio. Los aumentos en la parte media de la distribución de las lluvias podrán ser hasta de 8-9 mm/día. Las figuras 78 y 79 muestran los resultados del modelo para temperatura media y precipitación total anual media. Ellas permiten concluir que:

- Para 2071 – 2100: Se espera aumento progresivo entre 2 y 4°C, con respecto de la actual. Los mayores aumentos de temperatura se dan en la zona central del Departamento y Bogotá (3 o 4°C). En las provincias occidentales y Medina, los aumentos serán del orden de los 2 a 3°C. Aumentos de hasta 3°C podrán darse en los páramos (Sumapaz, Cruz Verde, Chingaza, Guerrero, Guacheneque) y bosques altoandinos. Se podría dar una disminución de la precipitación (entre el 10% y 20%) en el occidente del departamento (valle del Magdalena), norte de la Sabana y oriente (Chingaza).
- Para 2041-2070: Se espera aumento de precipitación (20-30%) en la región central de Cundinamarca (Soacha, el Occidente de la Sabana de Bogotá y Gualivá). El aumento de lluvias extremas podrá ser de 6 a 9% por década; en el 50 podrán ser de 30 a 40% más en comparación a lo actual.

No es posible comparar los dos modelos, debido a que el de Espejo contempló un ensamble de los escenarios A2, B1 y A1B (multimodelo), mientras que el de Grajales contempló el multimodelo conjunto de los escenarios A2 y B2. En relación con las modelaciones de la CAR, la comparación tampoco es posible por cuanto éstas simularon los escenarios A2 y B2 por separado, mientras que Grajales – PRICC modeló el escenario multimodelo para el escenario promedio A2-B2, como se anotó. No obstante, en conjunto, el multimodelo de Espejo – PRICC parece arrojar un impacto menor del cambio climático global sobre la temperatura y la precipitación de la región.

Figura 73. Modelo digital de terreno a partir del modelo SRTM de la NASA (Espejo-PRICC, 2012)

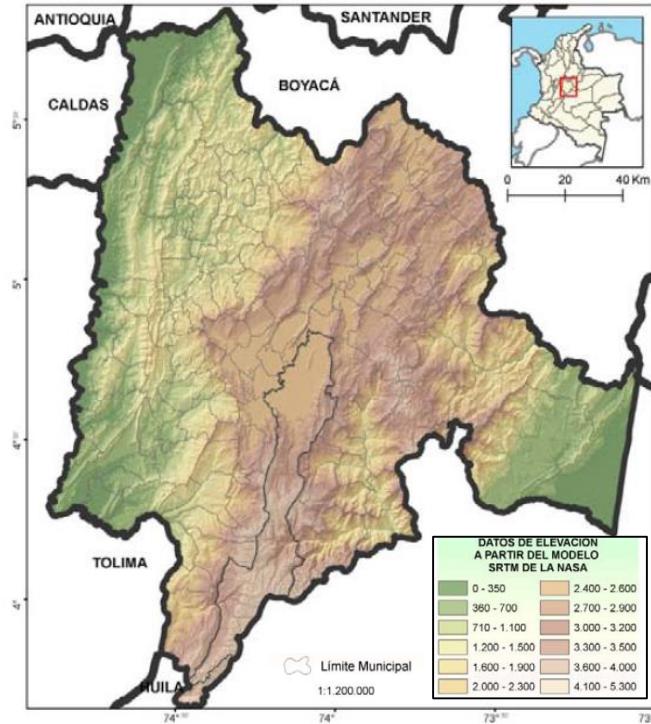


Figura 74. Clima actual: temperatura promedia anual 1980-2010 (°C) y precipitación promedia actual 1980-2009 (mm) (Espejo-PRICC, 2012)

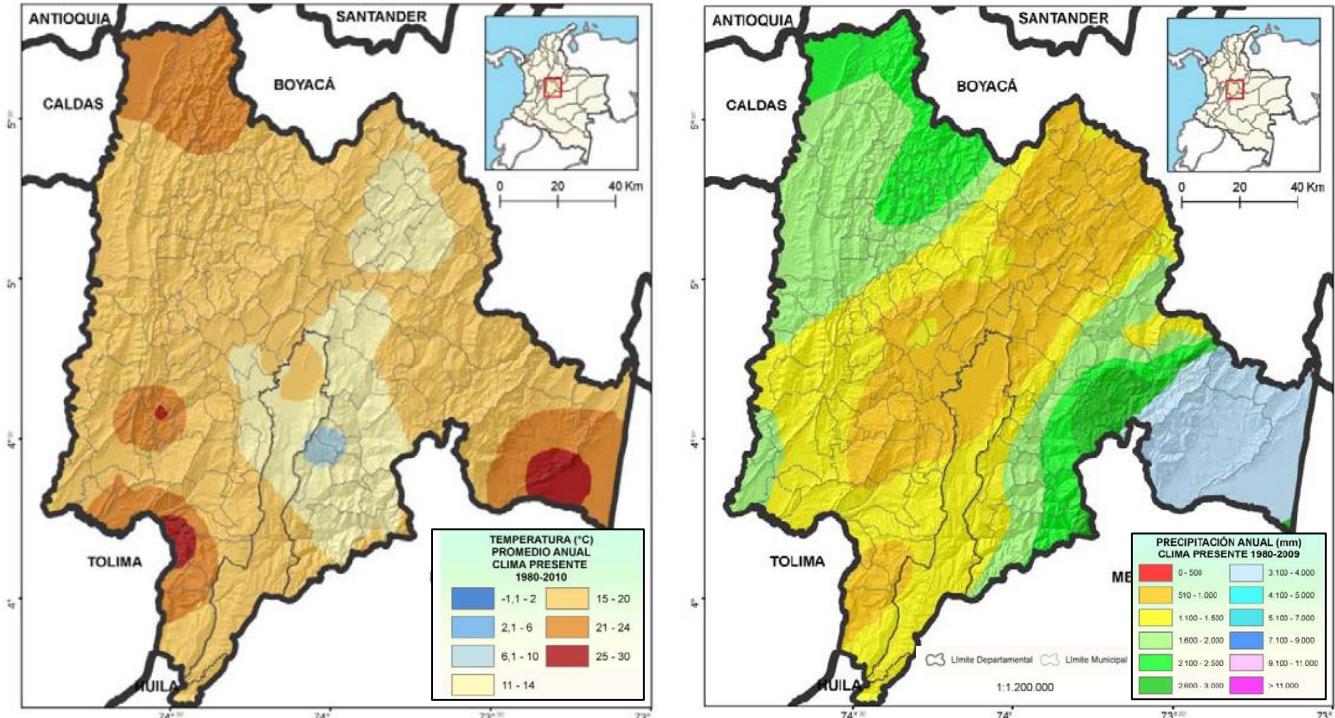


Figura 75. Ensamble multimodelo escenarios A2, B1 y A1B de la temperatura promedio anual (Espejo-PRICC, 2012)

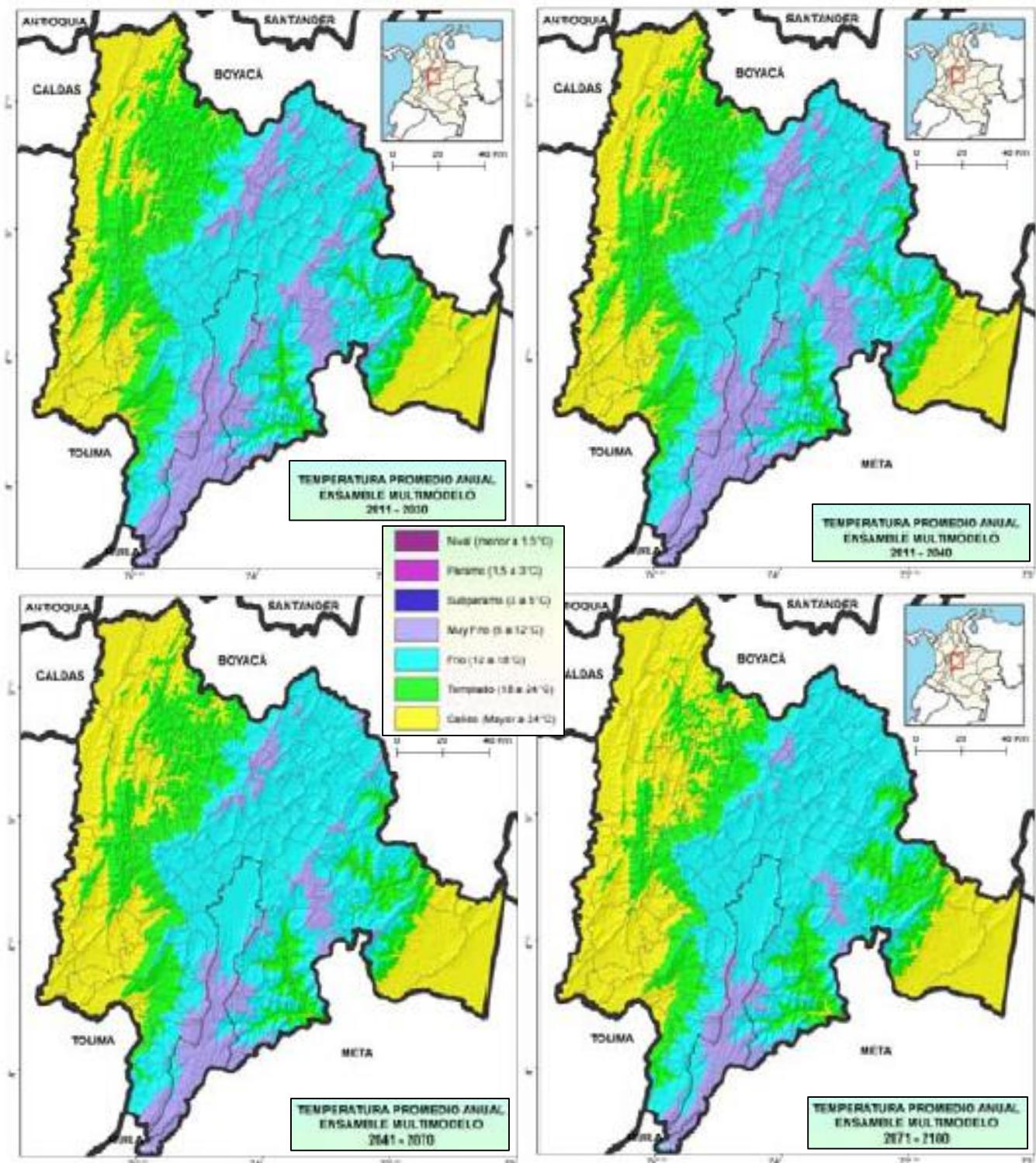


Figura 76. Ensamble multimodelo escenarios A2, B1 y A1B de la precipitación total media anual (mm) (Espejo-PRICC, 2012)

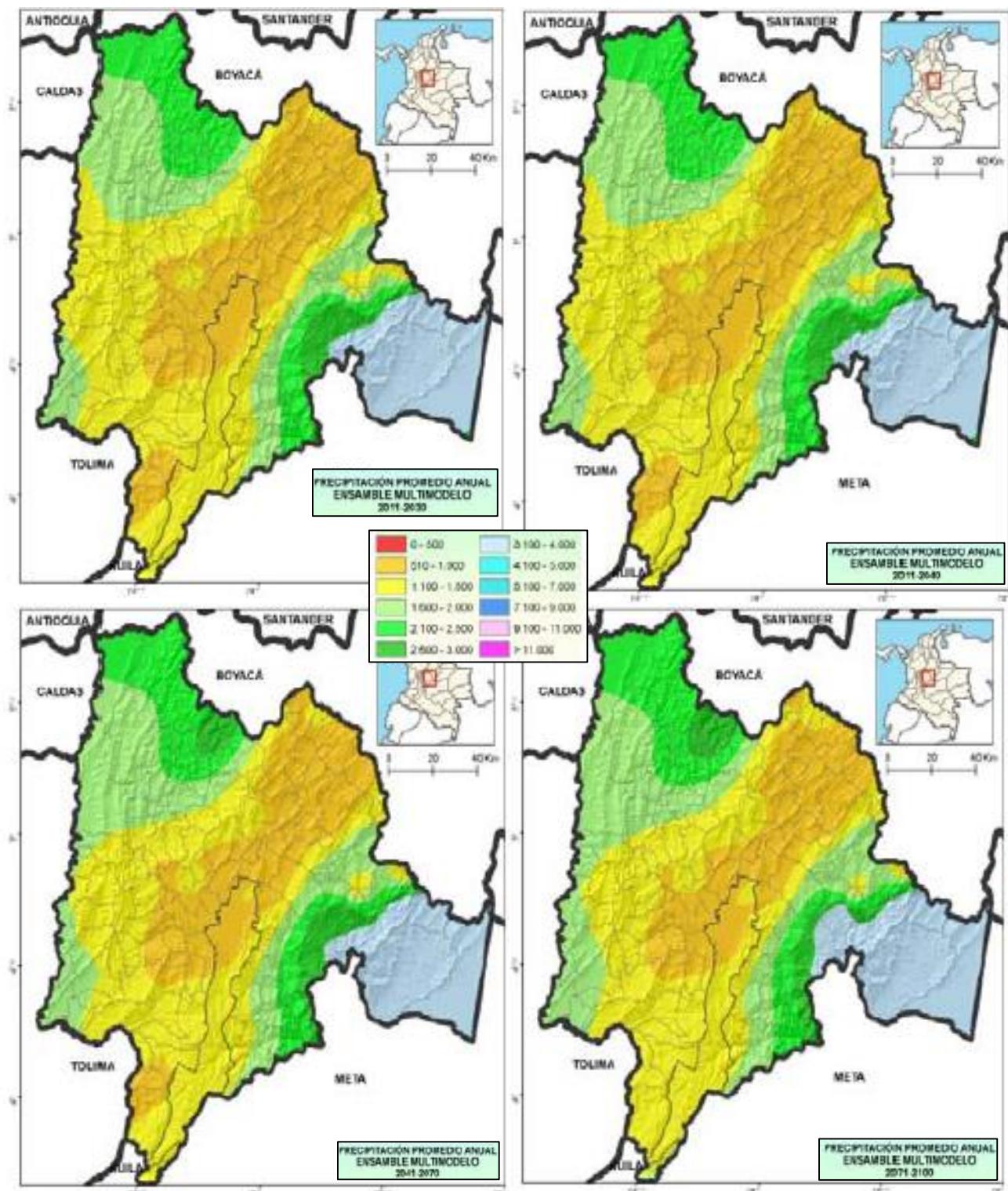


Figura 77. Clasificación climática el clima presente. Índice de Caldas (A). Índice de Lang (B). Índice de Caldas – Lang clima presente (C). Índice de Caldas – Lang ensamble multimodelo escenarios A2, B1 y A1B clima futuro 2071-2100 (Espejo-PRICC, 2012)

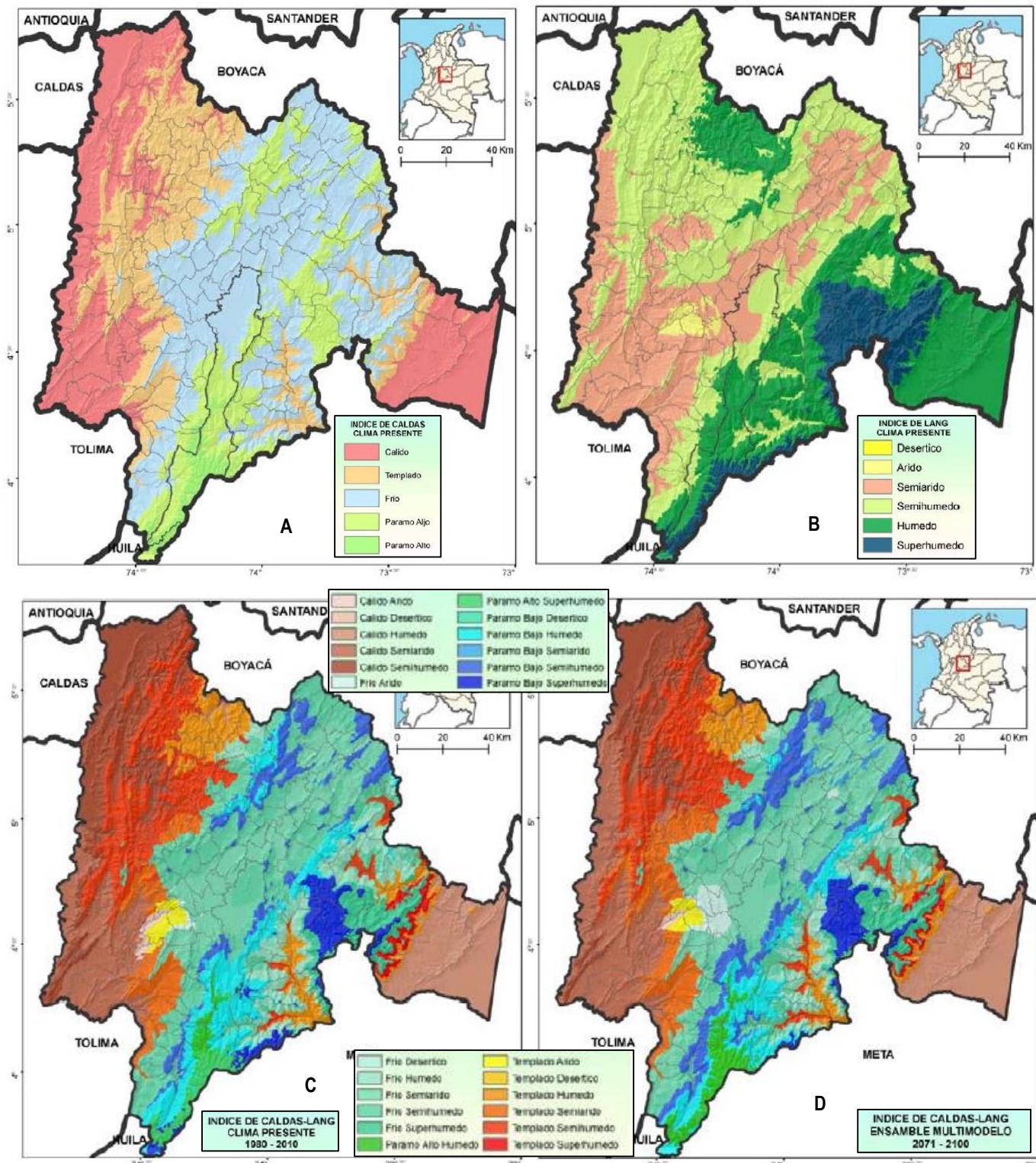


Figura 78. Variación de la temperatura entre el clima presente y el clima futuro para el escenario A2-B2 y para los períodos 2011-40, 2041-70 y 2071-2100, según modelo RCP4.5 (Grajales–PRICC, 2013)

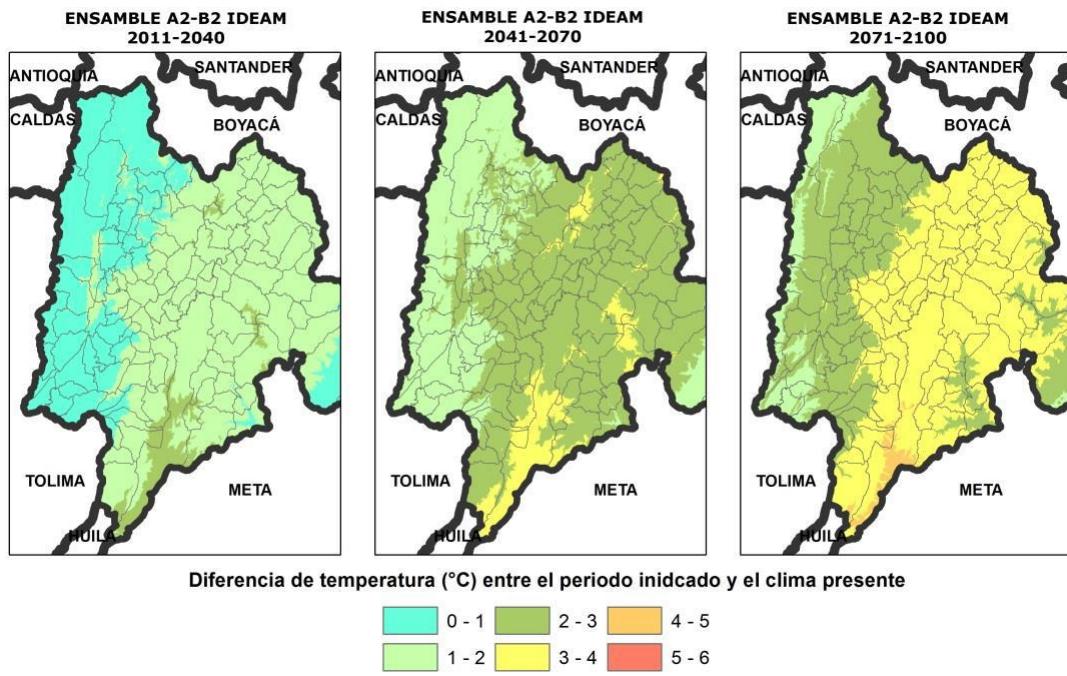
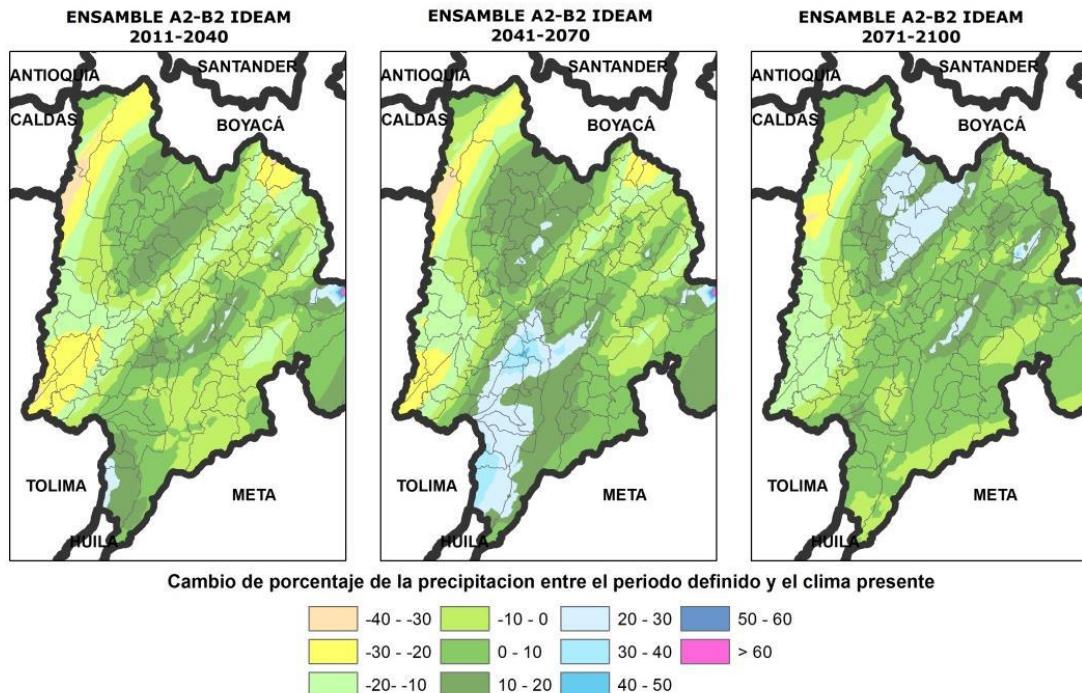


Figura 79. Variación de la precipitación entre el clima presente y el clima futuro para el escenario A2-B2 y para los períodos 2011-40, 2041-70 y 2071-2100, según modelo RCP4.5 (Grajales – PRICC, 2013)



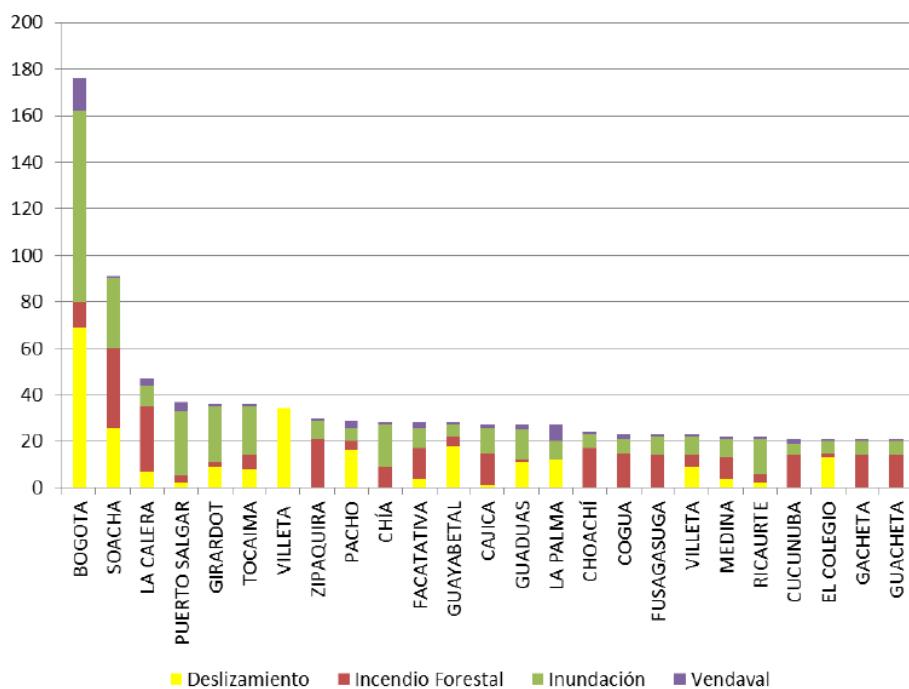
F. Emergencias y desastres por eventos de origen hidrometeorológico en la región

De acuerdo con Pedraza – PRICC (2012), “Documento síntesis sobre incorporación de la información de eventos de emergencia de desastres asociados al clima. Análisis de vulnerabilidad territorial desarrollado por el PRICC. Lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua” (Anexo 1, referencia 73), entre 1980 y 2010 se registró un total de 2.622 eventos de amenaza de origen hidrometeorológico en la región Bogotá – Cundinamarca (ver tabla 35). Estos eventos se distribuyen a nivel municipal como se muestra en la figura 80 y en el Anexo 2. Se observa que Bogotá registra una gran parte de eventos, lo cual es debido, posiblemente, a que tiene los mejores servicios de monitoreo.

Tabla 35. Total de eventos reportados de emergencia y desastre de origen hidrometeorológico ocurridos en la región Bogotá Cundinamarca (1980 – 2012) (PRICC, 2014)

Deslizamientos	Incendios forestales	Inundación	Vendaval	Total
657	1.236	668	61	2.622

Figura 80. Distribución de eventos reportados de emergencias y desastres en la región Bogotá Cundinamarca a nivel municipal (1980-2012) (PRICC, 2014)



Las figuras 81 y 82 muestran, por su parte, la evolución del total de eventos en el período en consideración, y la evolución por tipo de evento (deslizamientos, inundaciones, incendios forestales y vendavales). El salto observado a partir de 2009-2010 se debe, no a que a partir de este año se hayan disparado los eventos, sino a las acciones administrativas y legales que han obligado a las autoridades a llevar registros de los eventos de emergencia. Finalmente, los mapas de la figura 83 muestran el histórico de eventos de inundaciones, deslizamientos, incendios forestales y vendavales a nivel de cada uno de los municipios de Cundinamarca. Se observa que, excepto para incendios forestales, Bogotá ocupa el primer lugar, muy posiblemente por la razón anotada arriba.

Figura 81. Evolución del total de eventos de emergencias y desastres relacionados con eventos climáticos en la región 1980-2012 (deslizamientos, inundaciones, vendavales e incendios forestales) (PRICC, 2014)

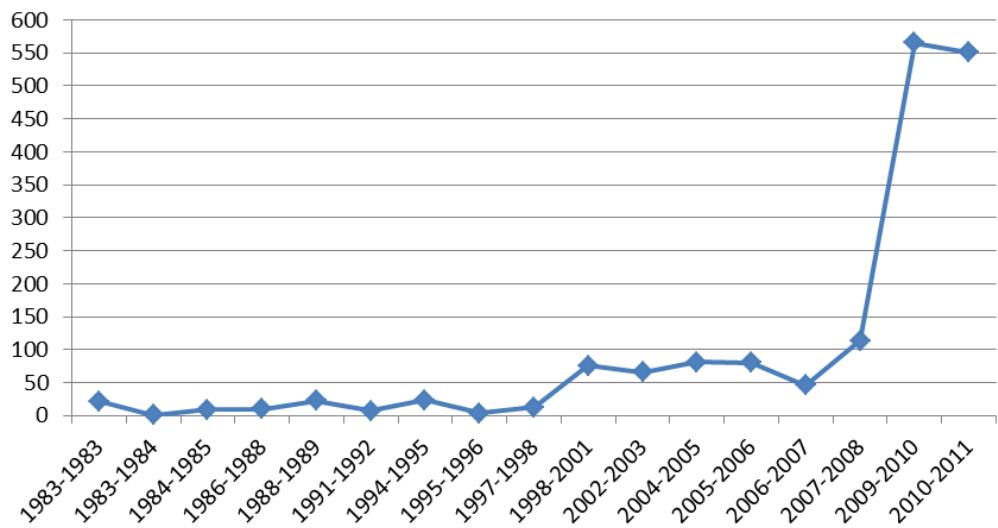


Tabla 82. Evolución de eventos de emergencias y desastres por deslizamientos, inundaciones, vendavales e incendios forestales en la región Bogotá-Cundinamarca (1980-2012) (PRICC, 2014)

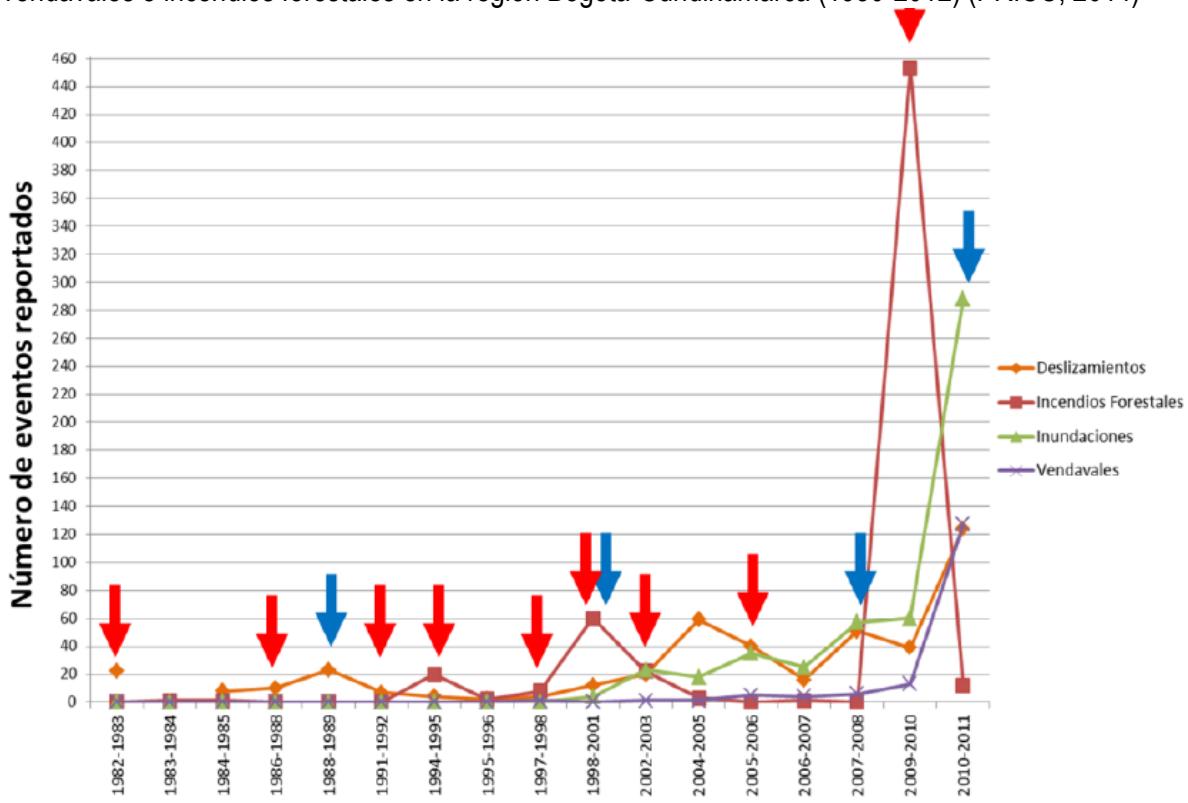
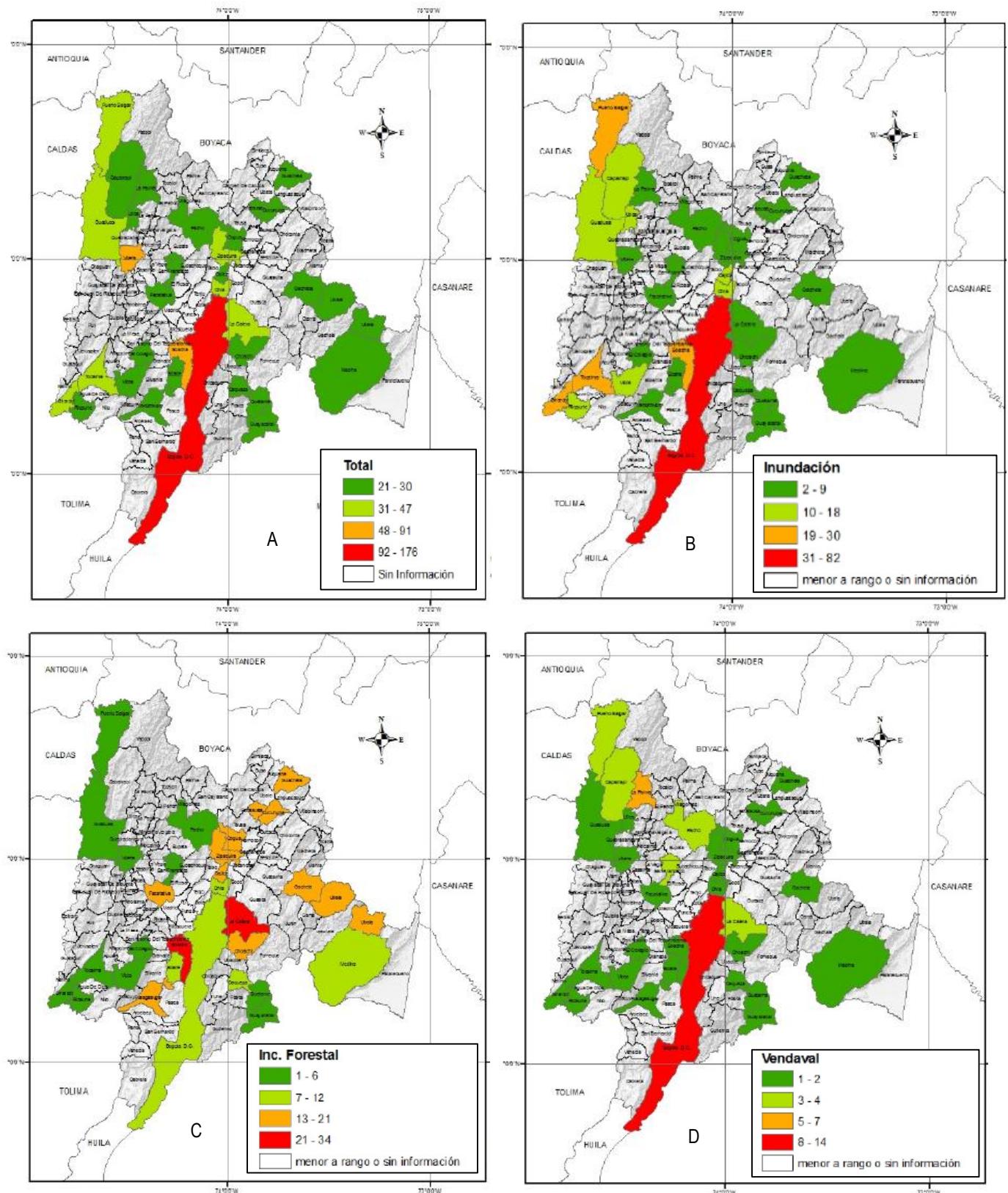


Figura 83. Histórico de eventos de emergencia. Municipios con mayor número de deslizamientos (A), inundaciones (B), incendios forestales (C) y vendavales (D), 1980-2011 (Pedraza - PRICC, 2012)



3.7. SISTEMA DE INFORMACIÓN

3.7.1. Sistema de información del recurso hídrico

Aparte del documento referenciado en la fuente 5 del Anexo 1, titulado “Diagnóstico de sistemas de información para la evaluación regional del agua en Cundinamarca”, de Aída Castro y Pilar Galindo, de la SDA (2012), a continuación se presenta una síntesis general de los sistemas de información del recurso hídrico existentes en la Región Capital

A. Objetivo del documento

En esta sección se presenta el diagnóstico preliminar general de los sistemas de información existentes en la CAR, IDEAM, EAB, FOPAE y SDA en sus diversos componentes (plataformas, software, hardware, procesos, herramientas, bases de datos y temas relacionados con tecnología utilizada en los sistemas de información), haciendo énfasis en la posibilidad de conexión o interoperabilidad de los sistemas.

B. Antecedentes

En el 2012, la SDA y el IDEAM, a través de la ingeniera Pilar Galindo y Aida Castro, realizaron un documento en el cual se presentan los resultados del proceso de indagación y sondeo realizado sobre las capacidades humanas y en infraestructura tecnológica que existen en el IDEAM, la CAR, la SDA y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, para soportar las tareas de sistematización, acceso e intercambio de la información sobre el recurso hídrico de Cundinamarca, y que actualmente es empleado para apoyar los procesos institucionales de gestión ambiental y toma de decisiones.

Durante dicho proceso se realizaron entrevistas a dos tipos de actores: i) personal técnico que administra información sobre oferta, demanda y calidad del agua, y ii) al personal que soporta las tareas de almacenamiento y sistematización de la información, con el fin de identificar las herramientas informáticas empleadas y la estructura de la información almacenada.

Como resultado se presentó un resumen básico de los sistemas de información de las entidades, y el avance de implementación del Sistema de Información del Recurso Hídrico, SIRH del IDEAM.

C. Contexto general

Mediante un trabajo de investigación, se cubrieron los siguientes aspectos:

- Celebración de reuniones con las entidades.
- Recopilación de información secundaria sobre formulación, diseño, desarrollo, operación, mantenimiento y administración de los sistemas de información de las entidades.
- Descripción de módulos y aplicativos, así como de funcionalidades de los sistemas de información de la entidades.
- Descripción de la plataforma tecnológica (Software, hardware y comunicaciones) y arquitectura que soporta a los sistemas de información de las entidades.

Los diferentes sistemas de información están diseñados para consolidar la información requerida en procesos de planificación y ordenación del recurso hídrico, y aportar información que permita el análisis y la gestión de los riesgos; sin embargo, en el marco de la Evaluación Regional del Agua existen acciones y funcionalidades que deben ser implementadas para mejorar la participación de las autoridades ambientales y entidades firmantes del Convenio 011/2013, mejorar la disponibilidad de información y facilitar el cálculo de los indicadores

sobre el estado actual del recurso tales como índices de escasez, de vulnerabilidad, perfiles de calidad, conflictos de uso o calidad, entre otros. Entre las acciones de fortalecimiento se encuentran:

Para la operación de los sistemas de información se establecen las siguientes categorías:

- **Funcionalidad:**

Funcionalidad es la capacidad del software de cumplir y proveer las funciones para satisfacer las necesidades explícitas e implícitas, cuando es utilizado en condiciones específicas.

Ejemplo, lo que hace el software para satisfacer las necesidades sin tener en cuenta de cómo lo hace y cuando.

La funcionalidad se divide en 5 criterios:

- **Adecuación:** La capacidad del software para proveer un adecuado conjunto de funciones que cumplan las tareas y objetivos especificados por el usuario.
- **Exactitud:** La capacidad del software para hacer procesos y entregar los resultados solicitados con precisión o de forma esperada.
- **Interoperabilidad:** La capacidad del software de interactuar con uno o más sistemas específicos.
- **Seguridad:** La capacidad del software para proteger la información y los datos de manera que los usuarios o los sistemas no autorizados no puedan acceder a ellos para realizar operaciones, y la capacidad de aceptar el acceso a los datos de los usuarios o sistemas autorizados.
- **Conformidad de la funcionalidad:** La capacidad del software de cumplir los estándares referentes a la funcionalidad.

Según las categorías y criterios mencionados anteriormente los sistemas de información deben estar en capacidad de disponer de:

- **Mecanismos de importación masiva de datos:** con el fin de minimizar el tiempo de registro de información en formularios individuales, por parte de los usuarios que cuentan con volúmenes de datos considerables, se sugiere el diseño de plantillas que permitan la estructuración de la información y que puedan ser importados en el sistema.
- **Formularios de captura:** es necesario hacer que los formularios de captura de información sean fáciles de ingresar en cuanto a la completitud de datos, manejo de conversiones de datos de forma transparente al usuario.
- **Análisis de los datos:** los sistemas de información deben tener la funcionalidad de generar reportes, salidas de información, gráficos, indicadores sobre la información capturada que puedan ser exportadas a archivos Excel o PDF según necesidad.
- **Integración de información entre los diferentes sistemas de información:** existen datos y redes de monitoreo gestionadas por diferentes entidades privadas y públicas que constituyen información de una calidad adecuada y valiosa para el cálculo de los indicadores del ERA; es por esto que, para lograr una visión regional, es necesario integrar la información de estas entidades, quienes realizan tareas de evaluación y monitoreo más frecuentes, pero en diferentes áreas geográficas que deben ser integradas

para lograr una visión global. De acuerdo a lo anterior, es necesario diseñar para cada fuente de información mecanismos de intercambio, entendidos como i)Webservices u ii) operaciones de envío periódico de información (en línea), que variarán de acuerdo a las capacidades de cada institución.

D. Sistemas de información claves para la ERA

A continuación se mencionan los sistemas de información claves para la ERA detectados en cada entidad a través de la información recopilada.

D.1. Secretaría Distrital de Ambiente SDA

FOREST: Sistema web diseñado para apoyar las tareas de gestión de la entidad, realizar la trazabilidad de trámites, gestionar permisos, modificarlos o hacer la revocatoria de éstos. Los tipos de permiso que se gestionan en el sistema son: Licencia Ambiental, Permiso Ambiental, Registro Ambiental o Autorización Ambiental. El sistema radica la solicitud y la dirige hacia la dependencia pertinente creando un proceso.

El diseño de los diferentes formularios web se basa en Business Process Modeling, técnica que permite diseñar, modelar, e implementar tareas de gestión documental para diferentes procesos de negocio formalizados dentro del Sistema de Gestión de Calidad de la entidad. Cuenta con información de:

- **Oferta superficial**
No hasta la fecha.
- **Oferta subterránea**
Puntos de agua subterránea con concesión y aquellos a los que se les realiza seguimiento. Se incluye datos del predio, propietario, detalles de su construcción.
- **Demandas**
Datos de usuarios de agua que gestionan trámites ante la SDA o a quienes se les hace algún tipo de monitoreo.
- **Calidad**
Resultados de análisis de calidad de aguas subterráneas y vertimientos.

OBSERVATORIO AMBIENTAL: Sitio web de acceso público, que permite conocer a través de indicadores ambientales el estado y la calidad del ambiente en Bogotá, e informar de forma los resultados de gestión ambiental de la entidad. El Observatorio cuenta con un visor geográfico en el que es posible consultar diferentes capas que se encuentran bajo la siguiente jerarquía: Agua, Aire, Cartografía base, Control para calidad del ambiente, Ecosistemas, Educación ambiental, Gestión ambiental empresarial, Planeación y Ecourbanismo. Cuenta con información de:

- **Oferta superficial**
Información de cuencas del distrito, cuerpos de agua.
- **Oferta subterránea**
Puntos de aguas subterráneas.
- **Demandas**
Concesiones de aguas subterráneas, uso del suelo.
- **Calidad**
Estaciones de calidad, resultados de mediciones de WQI.

ARCHIVOS EN EXCEL: Base general sobre conceptos: Datos de los usuarios (predio) del Distrito de tipo industrial, a quienes se les hace seguimiento a través de visitas desde la Subdirección del Recurso Hídrico de la SDA. Se asocian datos como el CIIU, tamaño de la empresa, ubicación por barrio y por cuenca, uso de suelo, vertimientos, residuos peligrosos, entre otros. Cuenta con información de:

- **Oferta superficial**
Predio con respecto a la cuenca.
- **Demanda**
Usuarios del agua asociados por uso del suelo, descripción del consumo.

Puntos de agua subterránea: Se relaciona la información de los pozos y aljibes a los cuales se les ha asignado una concesión y por tanto la entidad les hace seguimiento. Cuenta con los datos de contacto, del predio, de sus características de construcción y resultados de las mediciones de calidad del agua. Cuenta con información de:

- **Oferta subterránea**
Puntos de aguas subterráneas.
- **Calidad**
Mediciones de calidad de agua subterránea.

MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL DE BOGOTÁ: Se cuenta con una serie de archivos en los que se gestionan datos sobre las características del subsuelo de Bogotá, perfiles geológicos, resultados de más de 30 sondeos eléctricos verticales, pruebas de bombeo y monitoreo de niveles de aguas subterráneas, entre otros. Cuenta con información de:

- **Oferta superficial**
Información de balance hídrico, isoyetas (precipitación), isotermas (temperatura), caudales (para los ríos Fucha, Tunjuelo, Bogotá y San Cristóbal).
- **Oferta subterránea**
Puntos de aguas subterráneas.

D.2. CAR:

SIGPRA: Sistema web que integra información resultantes de los diferentes procesos de gestión de la Corporación. Para ello el sistema ha sido conceptualizado a manera de Banco de conocimiento para apoyar a los técnicos a generar sus conceptos, por lo cual el sistema ha dispuesto una serie de formularios web diseñados de acuerdo a procedimientos aprobados por el Sistema de Gestión de Calidad.

El sistema se encuentra en producción en la Corporación y se pretende contar datos para los siguientes procesos:

- Procesos misionales para determinar la oferta ambiental, apoyar tareas de ordenamiento del uso de los recursos naturales, la ejecución de evaluaciones control y seguimiento ambiental (SAE),
- Procesos estratégicos
- Procesos de apoyo

Cuenta con información de:

- **Oferta superficial**
Red hidrometeorológica, factores de tasas por uso, balance hídrico superficial.
- **Oferta subterránea**
Concesiones.
- **Demanda**
Censo de usuarios, áreas de reserva, POMCAS, POT.
- **Calidad**

Laboratorio ambiental y red de calidad.

SAE: SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE EXPEDIENTES SAE: Sistema web que centraliza la información de todo acto administrativo (trámites permisivos y procesos sancionatorios) realizado por la entidad y que se encarga de llevar el registro cronológico de las acciones de control y seguimiento de la entidad. Su funcionamiento se apoya en la digitalización de expedientes e informes técnicos resultantes de visitas, desde donde es posible conseguir gran variedad de datos de tipo técnico. Cuenta con información de:

- **Oferta superficial**
Concesiones de agua superficial.
- **Oferta subterránea**
Puntos de aguas subterráneas, permisos de exploración de aguas subterráneas.
- **Demanda**
Concesión de aguas subterráneas, inscripción de pozo, permisos de vertimiento, permiso para protección de caudal, reglamentación de corrientes de agua de uso público.

SICLICA: Sistema de información climatología e hidrológica que se apoya en una base de datos Oracle para gestionar la información de más de 360 estaciones (convencionales y satelitales) ubicadas en las cuencas de los ríos Bogotá, Ubaté y Suárez, y de las cuales se cuenta con series históricas de parámetros como radiación solar, brillo, precipitación, evaporación, velocidad y dirección del viento, humedad relativa, temperatura, niveles y caudales. Cuenta con información de:

- **Oferta superficial**
Comportamiento de cuencas, cuerpos de agua, y condiciones climáticas e hidrológicas.

ARCHIVOS EN EXCEL: Información del laboratorio ambiental: Dispone den datos de mediciones sistemáticas desde 2005. Se cuenta con fichas en las que se sistematiza la información de programación del muestro, datos de campo de análisis de la muestra, control primario y secundario, generación de informes. Cuenta con información de:

- **Calidad**
Mediciones de calidad.

RED DE CALIDAD: Constituida por 237 estaciones distribuciones en las 9 cuencas de jurisdicción de la CAR. Se encuentran datos desde 2007 resultantes de dos campañas que realiza la entidad al año. Se incluye el análisis de 5 parámetros: oxígeno disueltos, coliformes, DBO, DQO, SST. Cuenta con información de:

- **Calidad**
Mediciones de calidad.

CURHS: CENSO DE USUARIOS DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL: Integra datos de los usuarios, predios y los tipos de actividades en donde es utilizado el recurso en toda la jurisdicción de la CAR. Cuenta con información de:

- **Demanda**
Uso del agua.

ANÁLISIS DE MUESTRAS PUNTUALES: Relación de resultados de análisis de muestras de calidad realizado por el Laboratorio Ambiental de la CAR. Se asocian los resultados obtenidos por parámetros, unidades de medición, método analítico, georreferenciación de la muestra, fuente hídrica, valor del análisis. Cuenta con información de:

- **Calidad**
Mediciones de calidad.

ANÁLISIS DE CALIDAD DE CUENCAS: Relación de resultados de análisis de muestras de calidad para el cálculo del ICA en diferentes cuencas de Cundinamarca. Se relacionan los resultados para cada parámetro en diferentes puntos de muestreo de una cuenca: SUMAPAZ, BOGOTA, MINERO, BLANCO, NEGRO, UBATE, GACHETA, y los resultados del ICA. Cuenta con información de:

- **Calidad**
Mediciones de calidad.

D.3. EAB:

SISTEMA DE HIDROLOGÍA (SIH): Aplicativo en el que se realiza el monitoreo de las lluvias y caudales de las fuentes hídricas que abastecen el sistema de agua potable de Bogotá. Se almacenan las series históricas de diferentes variables que sirven para construir estadísticas, realizar modelaciones matemáticas para la operación de los embalses y determinar la probabilidad de abastecimiento de agua para la ciudad. Es un aplicativo desarrollado en Visual Basic con más de 15 años de funcionamiento, pero está dejando de ser compatible con la plataforma actual de la Empresa, por lo que se está gestionando su actualización en el marco de SAP, para el control continuo de los rendimientos hídricos de las fuentes de abastecimiento de la ciudad de Bogotá. Cuenta con información de:

- **Oferta superficial**
Comportamiento de cuencas, cuerpos de agua, y condiciones climáticas.

NIVELES DEL RIO BOGOTÁ: Aplicativo web disponible desde 2011, en el que es posible consultar la información de 22 puntos de monitoreo de niveles dispuestos desde Gachancipá hasta Canoas, y que reportan datos en línea a través de radiofrecuencia de al menos 8 parámetros, con los que se determinan amenazas por inundación. Aplicación que toma la información de la base de datos del SIH (Sistema de Información Hidrológica) y despliega el diagrama gráficamente como un sistema de alertas de control de los niveles del río Bogotá. Cuenta con información de:

- **Riesgo**
Comportamiento niveles del río.

SAP: MODULO DE CALIDAD DEL AGUA QM. En él se sistematizan los resultados de las mediciones de calidad del agua potable, MODULO PP (PLANIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN), en el que se gestiona el funcionamiento de la plantas en sus tareas de producción de agua y se proyecta financieramente los recursos de operación y materias primas. Se evalúan cada 2 horas las condiciones de calidad del agua entrante y saliente (alcalinidad, caudal, cloro residual, color, conductividad, pH, turbiedad), con el fin de establecer el tipo de tratamiento que requiere el agua de acuerdo de la fuente. Cuenta con información de

- **Calidad**
Mediciones de Calidad.

SIMLAB: Es un aplicativo que se encarga de recolectar y administrar los resultados de las pruebas de laboratorio de aguas. Almacena toda la información de identificación de las muestras de aguas tanto de clientes internos como externos, así como los respectivos resultados de análisis, fisicoquímicos, bacteriológicos y biológicos. Tiene opciones de validación automática de la información que se ingresa, revisión y auditorías, generación de reportes. Maneja una interfaz con SAP.

SCADA: Sistema de información de la Dirección Red Matriz de Acueducto, donde se monitorean la red troncal de acueducto y alcantarillado de la ciudad.

REGISTRO Y CONTROL DE VERTIMIENTOS: Aplicación web que registra información sobre los vertimientos (manejo de desechos) para usuarios de tipo empresa en cumplimiento de la Resolución 3957 de la Alcaldía Mayor de Bogotá.

ARCHIVOS EN EXCEL: Quebradas de los Cerros Orientales y de Ciudad Bolívar: Proyecto de recuperación, estudios de delimitación, diseños y obras para captar aguas residuales, recuperación ecológica para establecer corredores de tránsito entre los Cerros Orientales y el río Bogotá. Se incluye tipificación de problemáticas, cuenta con información de:

- **Oferta superficial**
Quebradas abastecedoras.
- **Riesgo**
Problemáticas sobre uso del agua.

PROTOCOLO SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS SISTEMAS DE SUMINISTRO NORTE Y SUR: Se identifican los protocolos de seguimiento de calidad establecidos por la empresa indicando los parámetros de calidad que deben tomarse para cada fuente abastecedora de la Empresa. Cuenta con información de:

- **Calidad**
Medición de Calidad.

ANÁLISIS DE CALIDAD DE FUENTES: Se relacionan de forma histórica los resultados de los análisis realizados en los puntos de muestreo para las diferentes fuentes hídricas, el tipo de análisis y el valor obtenido para cada parámetro. Cuenta con información de:

- **Calidad**
Medición de Calidad.

PUNTOS DE MUESTREO: Se relacionan los puntos de monitoreo indicando la frecuencia o programación de captura de datos de calidad. Cuenta con información de:

- **Calidad**
Medición de Calidad.

D.4. FOPAE:

SIRE: Es un sistema de información que facilita la gestión de riesgos en Bogotá, a través de la captura, organización, procesamiento y suministro oportuno de la información disponible para tal fin. Los objetivos del SIRE son los siguientes:

- Apoyar los procesos de gestión de riesgos, mediante la captura, almacenamiento, mantenimiento y distribución de la información generada y requerida en dichos procesos.
- Facilitar la toma de decisiones relacionadas con la gestión de riesgos, basada en la información almacenada en el SIRE.
- Apoyar la promoción de la cultura de la gestión de riesgos, como instrumento que permite la comunicación e información públicas sobre el tema, y la participación de los diversos actores que intervienen.

- Facilitar el seguimiento, monitoreo y control de las diversas acciones de gestión de riesgos en la ciudad.

D.5. IDEAM:

SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL, SIA: Este sistema viene siendo implementado para apoyar actividades de seguimiento a la calidad y estado de los recursos naturales, incluyendo el agua, a través de la integración de actores, políticas, procesos y tecnologías, que gestionan información sobre el estado, el uso y aprovechamiento, la vulnerabilidad y la sostenibilidad del ambiente, en los ámbitos continental y marino del territorio colombiano, compuesto por los siguientes sistemas de información:

SISDHIM: Sistema de información hidrometeorológica implementado en COBOL y que por tanto funciona bajo el uso de archivos indexados, en donde se gestionan los datos reportados por estaciones de monitoreo convencionales. A la fecha, el sistema está siendo migrado a una plataforma web soportada por Oracle como motor de base de datos, en la cual será posible integrar la información de las estaciones satelitales. Cuenta con información de:

- **Oferta superficial**
Comportamiento de cuencas, cuerpos de agua, y condiciones climáticas.

RUA: Registro Único Ambiental. Aplicativo web que permite el registro de empresas, sus predios, datos legales sobre autorizaciones para el aprovechamiento del recurso, sobre el consumo de energía, aprovechamiento forestal, generación de residuos, acciones de gestión ambiental concernientes a suelos, aprovechamiento de agua, incluyendo captaciones de agua y vertimientos. Cuenta con información de:

- **Demanda**
Predios, concesiones, Uso del agua

SIRH – FUNIAS: Formulario Único Nacional de Inventario de Puntos de Agua Subterránea. Herramienta web que cuenta con una serie de módulos que permiten describir en detalle las condiciones de un punto de agua subterránea, asociando datos de localización, condición general y usos del agua, geología y geomorfología de lugar en donde fue construido el pozo o aljibe, y detalles sobre su construcción y diseño. Este aplicativo también ofrece funcionalidades para realizar el seguimiento al comportamiento del agua en el pozo o aljibe y las condiciones de calidad del agua. Cuenta con información de:

- **Oferta subterránea**
Puntos de aguas subterráneas.
- **Calidad**
Mediciones de calidad de agua subterránea.

SIRH – RURH: Sistema de Información para el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico. Herramienta Web que facilita a las Autoridades Ambientales la documentación de información de personas naturales y jurídicas que hacen uso del recurso hídrico, tanto para el consumo de agua como para generar vertimientos sobre él, consolidar la información requerida en procesos de planificación y ordenación del recurso hídrico, y aportar información que permita el análisis y la gestión de los riesgos. Cuenta con información de:

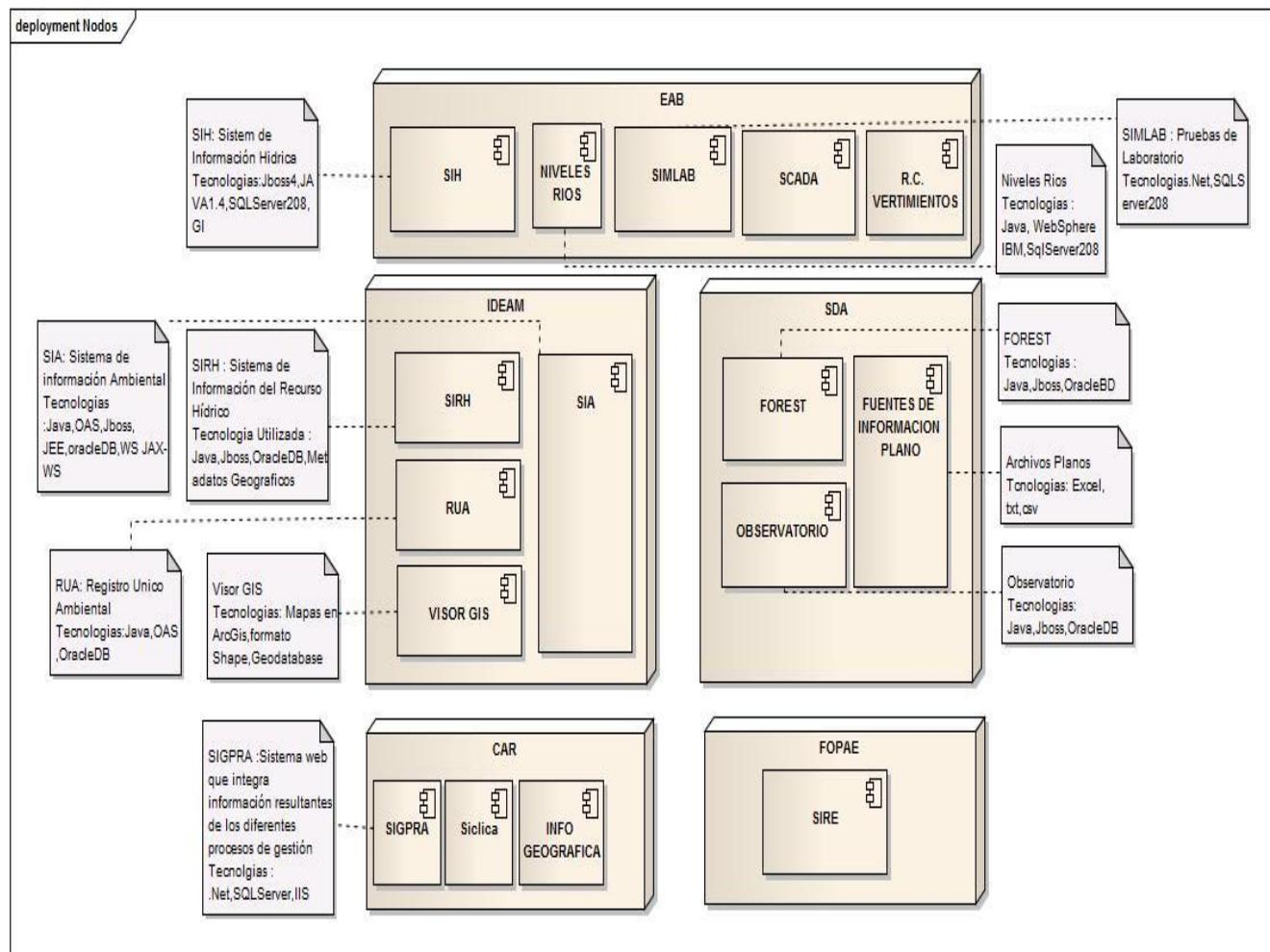
- **Demanda**
Predios, concesiones, Uso del agua.

E. Infraestructura de sistemas de información

E.1. Diagrama de despliegue de sistemas de información

Según información recopilada en cada una de las visitas técnicas, se identificó sistemas de información claves para la evaluación regional del agua ERA. A continuación (figura 84) se muestra un diagrama donde se especifica el sistema de información y las tecnologías usadas enfocados en una futura integración a mediano plazo.

Figura 84. Diagrama de despliegue para diagnóstico técnico de los sistemas de Información para la ERA



E.2. Atributos de calidad arquitectónicos

Enfocados en la integración de los diferentes sistemas de información que sirven de insumo para la evaluación regional del agua ERA y con el objetivo de contar con información oportuna para la toma de decisiones, se identifica los atributos de calidad para un sistema de información de integración, a saber:

- Interoperabilidad
- Calidad de la Información

- Seguridad (autorización y autenticación)
- Mantenibilidad

F. Diagnóstico técnico inicial

Según el inventario técnico recopilado de las diferentes entidades, intervenciones técnicas y contemplando los requerimientos funcionales de los líderes temáticos de cada entidad, se evidencia lo siguiente:

- Cada una de las entidades cuenta con aplicaciones empresariales o sistemas de información que aportan a la ERA, muchas de ellas con tecnologías en común que facilitan en gran medida la integración entre ellas.
- Es necesario continuar con el levantamiento de información con un nivel de detalle más técnico y así identificar requerimientos no funcionales del sistema de información para la ERA.
- Las entidades muestran interés en compartir y en aportar en este proceso para el avance de los objetivos de la ERA en esta fase.
- Las diferentes entidades cuentan con información geográfica clave para las identificaciones de los puntos de cada cuenca donde se realice los diferentes trabajos de campo y demás datos importantes para la ERA.

G. Capacitación

En términos generales, el nivel de capacitación del personal a cargo de los sistemas de información en cada una de las entidades es adecuado a las necesidades:

- La SDA cuenta con personal capacitado destinado al manejo de cada uno de sus sistemas, a saber:
 - **FOREST:** Se cuenta con personal capacitado para el manejo del sistema web diseñado para realizar el seguimiento de trámites y gestión de permisos, licencias y registros ambientales.
 - **OBSERVATORIO AMBIENTAL:** Se cuenta con personal capacitado para la gestión del sitio web de acceso público, que permite conocer a través de indicadores ambientales el estado y la calidad del ambiente en Bogotá, e informar de forma los resultados de gestión ambiental de la entidad.
 - **ARCHIVOS EN EXCEL:** Se cuenta con personal capacitados para manejo de datos de los usuarios (predio) del Distrito de tipo industrial.
 - **Puntos de agua subterránea:** Se cuenta con personal capacitado para el manejo de la información de los pozos y aljibes a los cuales se les ha asignado una concesión y por tanto la entidad les hace seguimiento.
 - **MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL DE BOGOTÁ:** Se cuenta con personal capacitado para la gestión de datos sobre las características del subsuelo de Bogotá, perfiles geológicos, sondeos eléctricos verticales, pruebas de bombeo y monitoreo de niveles de aguas subterráneas, entre otros.
- La CAR cuenta con personal capacitado destinado al manejo de cada uno de sus sistemas, a saber:
 - **SIGPRA:** Sistema basado en una serie de formularios web diseñados de acuerdo a procedimientos aprobados por el Sistema de Gestión de Calidad, con funcionarios capacitados en los campos de: Manejo de red hidrometeorológica, factores de tasas por uso, balance hídrico superficial. Concesiones, censo de usuarios, áreas de reserva, POMCAS, POT.

Laboratorio ambiental y red de calidad.

- **SAE: SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE EXPEDIENTES SAE:** Sistema web que centraliza la información de expedientes, para lo cual se ha capacitado personal en los campos de:
Manejo de concesiones de agua superficial.
Puntos de aguas subterráneas, permisos de exploración de aguas subterráneas.
Concesión de aguas subterráneas, inscripción de pozo, permisos de vertimiento, permiso para protección de caudal, reglamentación de corrientes de agua de uso público.
- **SICLICA:** Sistema de información climatología e hidrológica, con una base de datos Oracle para gestionar la información de más de 360 estaciones (convencionales y satelitales), para lo cual se ha capacitado al personal en campos tales como:
Comportamiento de cuencas, cuerpos de agua, y condiciones climáticas e hidrológicas.
- **ARCHIVOS EN EXCEL: Información del laboratorio ambiental:** Dispone de datos de mediciones sistemáticas desde 2005. Se cuenta con personal de laboratorio capacitado para realizar análisis físico químicos y bacteriológicos y su manejo en fichas en las que se sistematiza la información de programación del muestreo, datos de campo de análisis de la muestra, control primario y secundario, generación de informes. Cuenta con información de:
- **CURHS: CENSO DE USUARIOS DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL:** Se cuenta con personal capacitado para la integración de datos de usuarios, predios y los tipos de actividades en donde es utilizado el recurso en toda la jurisdicción de la CAR. Cuenta con información de:
- La **EAB** cuenta con personal capacitado para el manejo de información en los siguientes campos:
 - **SISTEMA DE HIDROLOGÍA (SIH):** Se cuenta con personal calificado para el manejo del aplicativo para el procesamiento y almacenamiento de la información del monitoreo de las lluvias y caudales de las fuentes hídricas que abastecen el sistema de agua potable de Bogotá.
 - **NIVELES DEL RÍO BOGOTÁ:** Se cuenta con personal calificado para el manejo del aplicativo web para el almacenamiento y consulta de la información de 22 puntos de monitoreo de niveles dispuestos desde Gachancipá hasta Canoas, sobre el río Bogotá, para fines de predicción de amenazas por inundación.
 - **SAP: MODULO DE CALIDAD DEL AGUA QM.** Se cuenta con personal capacitado para sistematizar los resultados de las mediciones de calidad del agua potable, MODULO PP (PLANIFICACIÓN DE PRODUCCIÓN), para la gestión de las plantas de tratamiento.
 - **SIMLAB:** Se cuenta con personal capacitado para recolectar y administrar los resultados de las pruebas de laboratorio de aguas.
 - **SCADA:** Se cuenta con personal capacitado para el manejo del Sistema de información de la Dirección Red Matriz de Acueducto, donde se monitorean la red troncal de acueducto y alcantarillado de la ciudad.
 - **REGISTRO Y CONTROL DE VERTIMIENTOS:** Se cuenta con personal capacitado para el manejo del aplicativo web que registra información sobre los vertimientos.
 - **ARCHIVOS EN EXCEL: Quebradas de los Cerros Orientales y de Ciudad Bolívar:** Se está en vías de capacitar personal para la recuperación, estudios de delimitación, diseños y obras para captar

aguas residuales, recuperación ecológica para establecer corredores de tránsito entre los Cerros Orientales y el río Bogotá.

- **PROTOCOLO SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS SISTEMAS DE SUMINISTRO NORTE Y SUR:** Se cuenta con personal capacitado en los protocolos de seguimiento de calidad para cada fuente abastecedora de la Empresa.
- EL FOPAE – IDIGER cuenta con personal capacitado para:
 - **SIRE:** Sistema de información para la captura, organización, procesamiento, almacenamiento y suministro oportuno de la información disponible para la predicción y manejo de riesgos.
- EL IDEAM cuenta con personal capacitado para:
 - **SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL, SIA:** Sistema en proceso de implementación para seguimiento a la calidad y estado de los recursos naturales a nivel nacional.
 - **SISDHIM:** Se cuenta con personal capacitado para el manejo del sistema de información hidrometeorológica implementado en COBOL.
 - **RUA:** Está en proceso de implementación el Registro Único Ambiental, mediante el manejo de un aplicativo web que permite el registro de empresas, predios, datos legales sobre aprovechamiento de recursos hídricos y forestales, consumo de energía, generación de residuos, gestión ambiental de suelos.
 - **SIRH – FUNIAS:** Se cuenta con personal capacitado para el manejo del Formulario Único Nacional de Inventario de Puntos de Agua Subterránea.
 - **SIRH – RURH:** Se cuenta con personal capacitado para el Sistema de Información para el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico.

H. Requerimientos funcionales y no funcionales

Estos aspectos son tratados en el Producto 4 de este mismo contrato.

Referencias

- Evaluación Regional de Agua, Componentes de Sistemas de Información, IDEAM, Aida Castro – Pilar Castillo, Secretaría Distrital de Ambiente
- Inventario de aplicaciones - Sistema de información, Secretaría Distrital de Ambiente
- Fase de aprestamiento – Evaluación Regional del Agua (Informe Final), Carlos Eduardo Ángel Villegas, Secretaría Distrital de Ambiente
- Fichas de calidad, CAR, EAB, GOBERNACION, SDA
- Catálogo de aplicaciones Web del negocio, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá
- Inventario de aplicaciones, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá
- Gerencia de tecnología, Mapeo de aplicaciones, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá
- Sistema de información hidrológica, Informe Ejecutivo, Juan Manuel Rodríguez, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá
- Diagnóstico y evaluación del sistema de información para la gestión de riesgos y atención de emergencias de Bogotá (SIRE), Informe Final (Versión para revisión), Fondo de Prevención y Atención de Emergencias http://jrvargas.files.wordpress.com/2009/03/guia_tecnica_para_evaluacion_de_software.pdf
- <http://www.puntoexe.com.co/>

3.7.2. Redes de monitoreo del recurso hídrico

A. Redes de aguas superficiales

Los sistemas de información se justifican en la medida en que exista información para ingresar, procesar, validar, almacenar y difundir. Ahora bien, la información se levanta a través de redes o sistemas de estaciones hidrométricas y de calidad del agua instaladas en los cursos o cuerpo de agua, pozos de observación de aguas subterráneas, estaciones climatológicas o meteorológicas, y/o estaciones de observación de movimientos en formaciones geomorfológicas (para monitoreo de fenómenos de remoción en masa).

En la región, las siguientes entidades disponen de redes de monitoreo, en los siguientes aspectos:

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM-: Red nacional de monitoreo del recurso hídrico. Cuenta con estaciones hidrométricas, meteorológicas y de calidad del agua. Asimismo, en Bogotá está el centro de procesamiento y almacenamiento de la información.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca –CAR-: Red regional de monitoreo del recurso hídrico, dentro del área de su jurisdicción. Cuenta con estaciones hidrométricas, meteorológicas y de calidad del agua. Asimismo, en Bogotá está el centro de procesamiento y almacenamiento de la información.
- Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá –EAB-: Red regional-local de monitoreo del recurso hídrico. Cuenta con estaciones hidrométricas, meteorológicas y de calidad del agua, orientada a monitorear sus fuentes de aprovisionamiento de agua para el acueducto de la ciudad y los municipios atendidos.
- Secretaría Distrital de Ambiente –SDA-: Red local de monitoreo del recurso hídrico. Cuenta con estaciones meteorológicas y de calidad del agua, mediante la cual hace seguimiento del estado de los ríos urbanos y humedales.
- FOPAE: Red local de monitoreo del recurso hídrico. Cuenta con estaciones hidrométricas (niveles) y meteorológicas en el área urbana de Bogotá y en los cursos de agua con potencial de generar inundaciones sobre las áreas urbanas. Asimismo, realiza estudios de seguimiento de la evolución de fenómenos de remoción en masa en algunas áreas urbanas, suburbanas y/o en proceso de urbanización.
- Otras entidades con estaciones hidrometeorológicas en la región son: Cenicafé, Corpochivor, Corpoguavio y Emgesa.

La tabla 36 muestra la cantidad y tipo de estaciones década una de las entidades anteriormente enumeradas. Se observa que la región cuenta con 780 estaciones hidrometeorológicas, de las cuales la CAR es la entidad con mayor número, con 373, que representan el 47,8%; le sigue el IDEAM, con 222, que representan el 28,5%; la EAB, con 122, que representan el 15,6%; y el FOPAE, con 25, que representan el 3,2%. Las restantes entidades suman 38 estaciones, que representan el 4,9% del total. Los mapas de las figuras 86, 87, 88, 89, 90 y 91 muestran la localización de las estaciones de los principales tipos de redes.

Tabla 36. Redes de monitoreo del recurso hidrometeorológico en la región

Entidad/tipo estación	LM	LG	CO	CP	PM	PG	AM	ME	RS	SP	Sin dato	Total general
IDEAM	7	26	38	25	84	15	4	20	1	2		222
CAR	160	57	12	54	45	45						373
CENICAFE				6	13							19
Corpochivor				1						2		3
Corpoguavio			6									6
EAB	13	45	8			56						122
EMGESÁ	4				6							10
FOPAE	5				20							25
Total general	189	128	64	86	168	116	4	20	1	2	2	780

LM: Limnimétricas (nivel). LG: Limnigráficas (nivel). CO: Climatológicas ordinarias. CP: Climatológicas principales. PM: Pluviométricas. PG: Pluviográficas. AM: Agrometeorológicas. ME: Meteorológicas especiales. RS: Radiosonda. SP: Sinóptica principal.
CAR: Anuario 2012. EAB: Catálogo enero de 2014. Otras: Catálogo IDEAM, 2010.

La tabla 37 muestra los equipos que caracterizan cada uno de los tipos de estaciones mencionados en la tabla 36.

Tabla 37. Tipos de estaciones según equipos

Instrumento	LM	LG	MM	PM	PG	ME	CO	RS	SS	SP	CP	AM
Pluviómetro			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pluviógrafo			X		X	X	X	X	X	X	X	X
Sícrómetro			X			X	X	X	X	X	X	X
Higrógrafo								X		X	X	X
Termógrafo								X		X	X	X
Anemógrafo								X	X	X	X	X
Anemómetro											X	X
Heliógrafo								X		X	X	X
Actinógrafo								X		X	X	X
Evaporímetro											X	X
Barómetro								X	X	X		
Microbarógrafo								X	X	X		
Visibilómetro									X	X		
Limnímetro	X	X	X									
Limnígrafo		X	X									
Mareógrafo			X									

Fuente: IDEAM, Catálogo de estaciones SIORH, Nov. 2010 (en EPAM, 2011)

Por su parte, la red de monitoreo de calidad está compuesta por 173 estaciones o puntos de muestreo periódicos (ver tabla 38), de las cuales 13 (el 7,5%) son del IDEAM; 129 (el 74,6%) son de la CAR; y 31 (el 17,9%) de la SDA, éstas últimas ubicadas dentro de la zona urbana, con excepción de La Regadera. Las estaciones de la EAB tienen objetivos específicos de control de calidad del agua para las plantas de tratamiento (PTAP), por lo cual no se relacionan aquí. No obstante, pueden ser utilizadas para fines específicos.

Tabla 38. Estaciones de monitoreo de calidad del agua

Entidad	Número estaciones	Observaciones
IDEAM	13	Catálogo 2010
CAR	129	Anuario 2012
SDA	31	Ríos urbanos, SDA, 2012
Total	173	

Problemas específicos de las redes

Entre los problemas específicos de las redes de monitoreo, que afectarían el Sistema de Información del Recurso Hídrico, son de destacar las siguientes:

- Si bien el IDEAM es la autoridad hidrometeorológica nacional, responsable de generar protocolos de medición obligatorios para las entidades que produzcan información hidrometeorológica con destino público, no hay evidencia de que la CAR ni las entidades del Distrito apliquen los protocolos del IDEAM en sus mediciones.
- Cada entidad tiene sus propios procedimientos y sistemas de monitoreo, captura de datos, procesamiento, validación, almacenamiento y difusión.
- En cuanto a difusión, el IDEAM vende sus datos. La CAR los suministra gratuitamente a través de sus boletines anuales. La EAB no los vende pero no están a disposición del público. La SDA tampoco los vende y sus resúmenes son puestos a disposición del público en el Observatorio Ambiental de la SDA. El FOPAE tampoco los vende pero no están a disposición del público.
- Por lo anterior, lo primero que habría que hacer en el marco de un sistema de información común, sería adoptar procedimientos homologados para todas las entidades en materia de captura, procesamiento, control de calidad y validación de los datos. Esto implica la adopción de un lenguaje técnico común.
- Para la difusión de la información, sería necesario acordar la información que estará a disposición del público, la forma de puesta a disposición (web, boletines, Observatorio, etc), y la información que será compartida entre las entidades.
- En relación con calidad, el IDEAM y la ONAC son las autoridades nacionales en materia de acreditación de laboratorios. Se tiene evidencia de que el laboratorio de la EAB está acreditado por el IDEAM y la ONAC, y de que el laboratorio de la CAR está acreditado por el IDEAM. La SDA contrata sus monitoreos con entidades de consultoría o con universidades. La acreditación implica la aprobación de procedimientos de muestreo y análisis de laboratorio.

B. Redes de agua subterránea

No existe propiamente una red de pozos de observación de aguas subterráneas acorde a las necesidades de la ERA. En general, las entidades (CAR, SDA, IDEAM) utilizan la red de pozos concesionados, de propiedad particular, como red de observación, con las limitaciones que ello conlleva.

Es así como, de acuerdo con el “Plan de manejo ambiental de agua subterránea en la Sabana de Bogotá y Zona Crítica” (CAR, 2008), se utilizan 362 pozos de monitoreo, de los cuales 198 con caudal, para un caudal promedio total de 323,08 L/s. La tabla 39 y la figura 85 muestran la distribución de estos pozos por subcuenca. No fue posible obtener el mapa de localización de estos pozos. En la subcuenca de Tunjuelito, dentro del Distrito

Capital, se reporta un total de 28 pozos de monitoreo, de los cuales 16 con caudal, con un caudal promedio anual de 66,36 L/s. Por coincidir este dato con el reportado por la SDA, se puede concluir que se trata de los mismos pozos controlados por la SDA dentro del Distrito Capital. La EAB informó de la existencia de 6 pozos de observación propiedad de la empresa, pero no fue posible obtener sus datos.

Tabla 39. Pozos de la red de monitoreo de niveles piezométricos en la Sabana de Bogotá - Caudal promedio – 2005 (CAR, 2008)

Subcuenca	Total pozos	Pozos con caudal	% con caudal	Caudal promedio (l/s)
I - Sisga	5	3	60,0%	1,11
II - Tominé	52	25	48,1%	25,10
III - Teusacá	25	12	48,0%	22,36
IV - Neusa	46	18	39,1%	10,30
V - Fontibón	78	51	65,4%	82,53
VI - Chicú	47	26	55,3%	23,18
VII - Subachoque	55	31	56,4%	44,45
VIII - Balsillas	26	16	61,5%	47,69
IX - Tunjuelito	28	16	57,1%	66,36
TOTAL	362	198	54,6%	323,08

Figura 85. Pozos de la red de monitoreo de niveles piezométricos en la Sabana de Bogotá - Caudal promedio – 2005 (CAR, 2008)

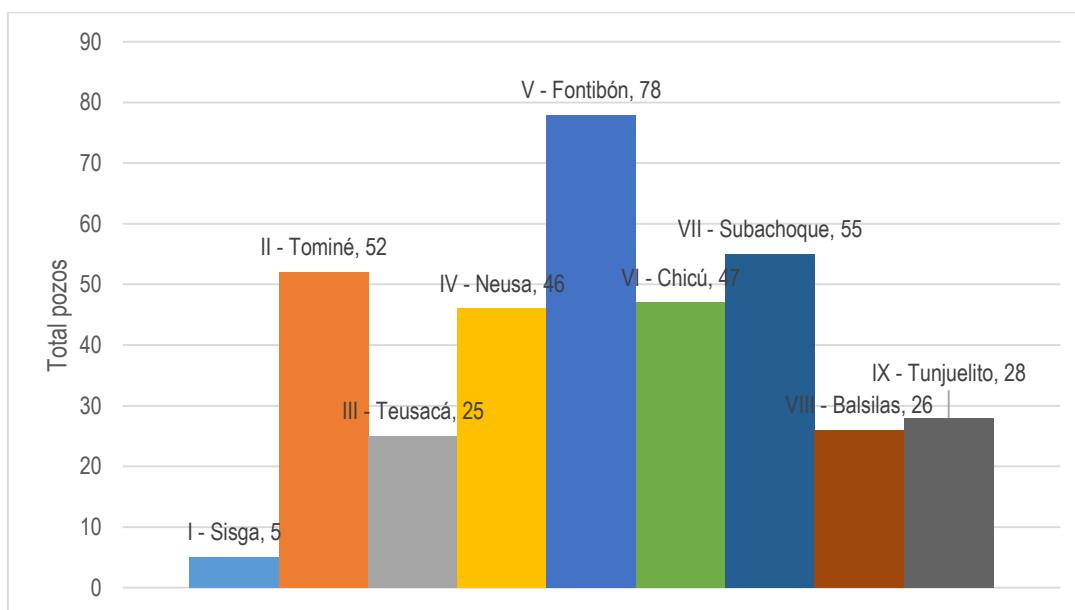


Figura 86. Localización estaciones de calidad del agua en Cundinamarca (EPAM-EAB, 2014)

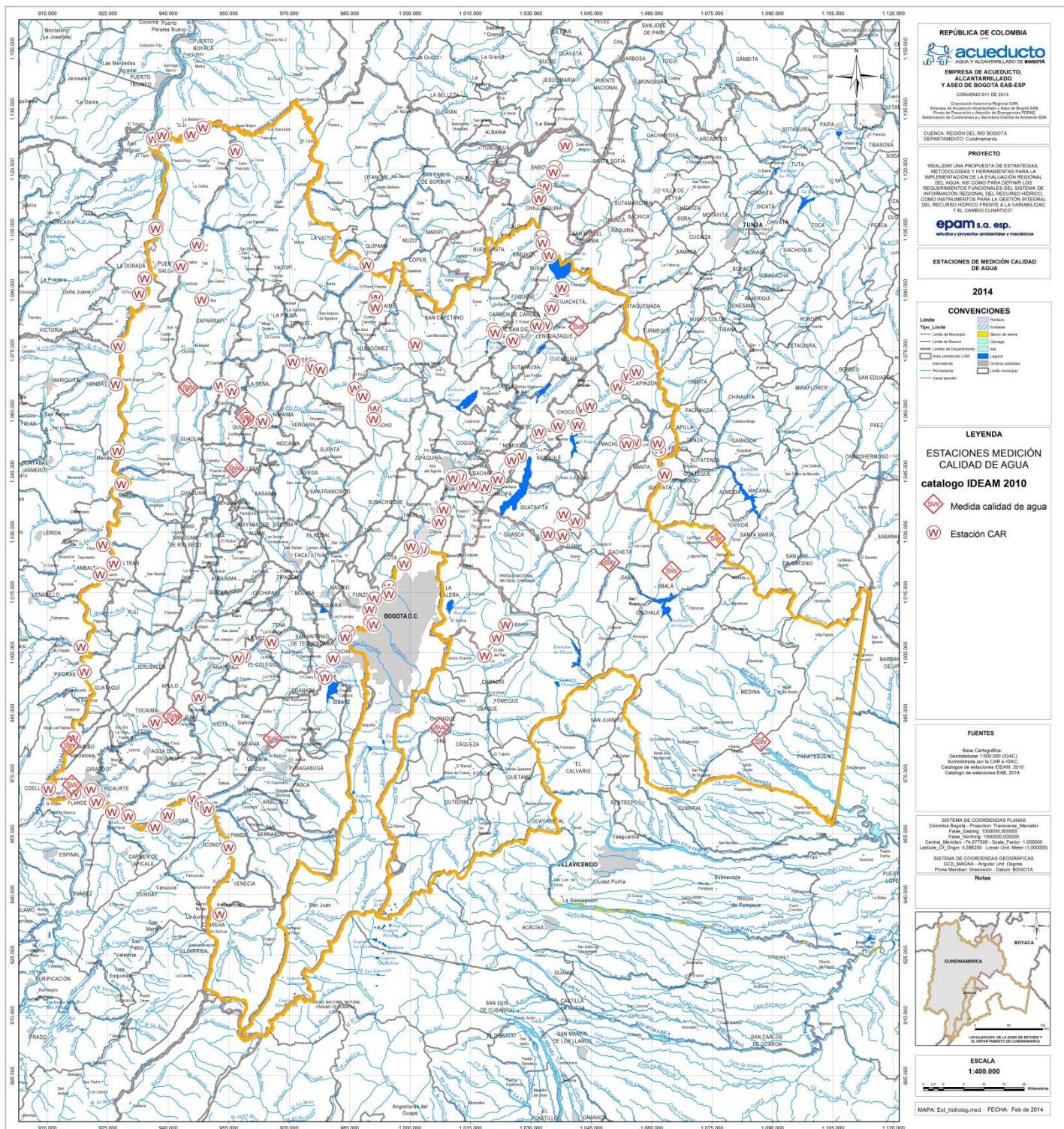


Figura 87. Localización estaciones climatológicas en Cundinamarca (EPAM-EAB, 2014)

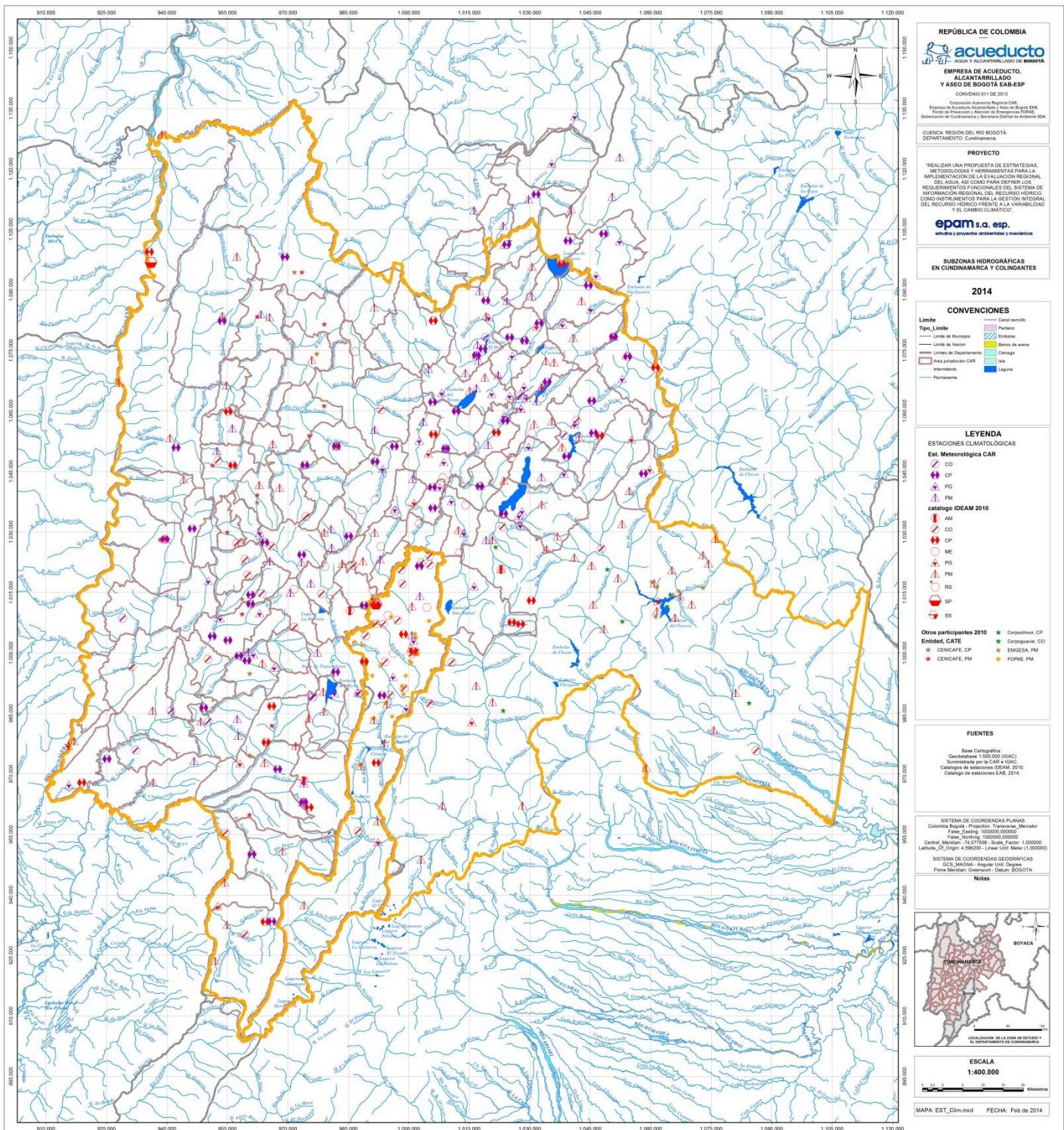


Figura 88. Localización estaciones hidroclimatológicas en Cundinamarca (EPAM-EAB, 2014)

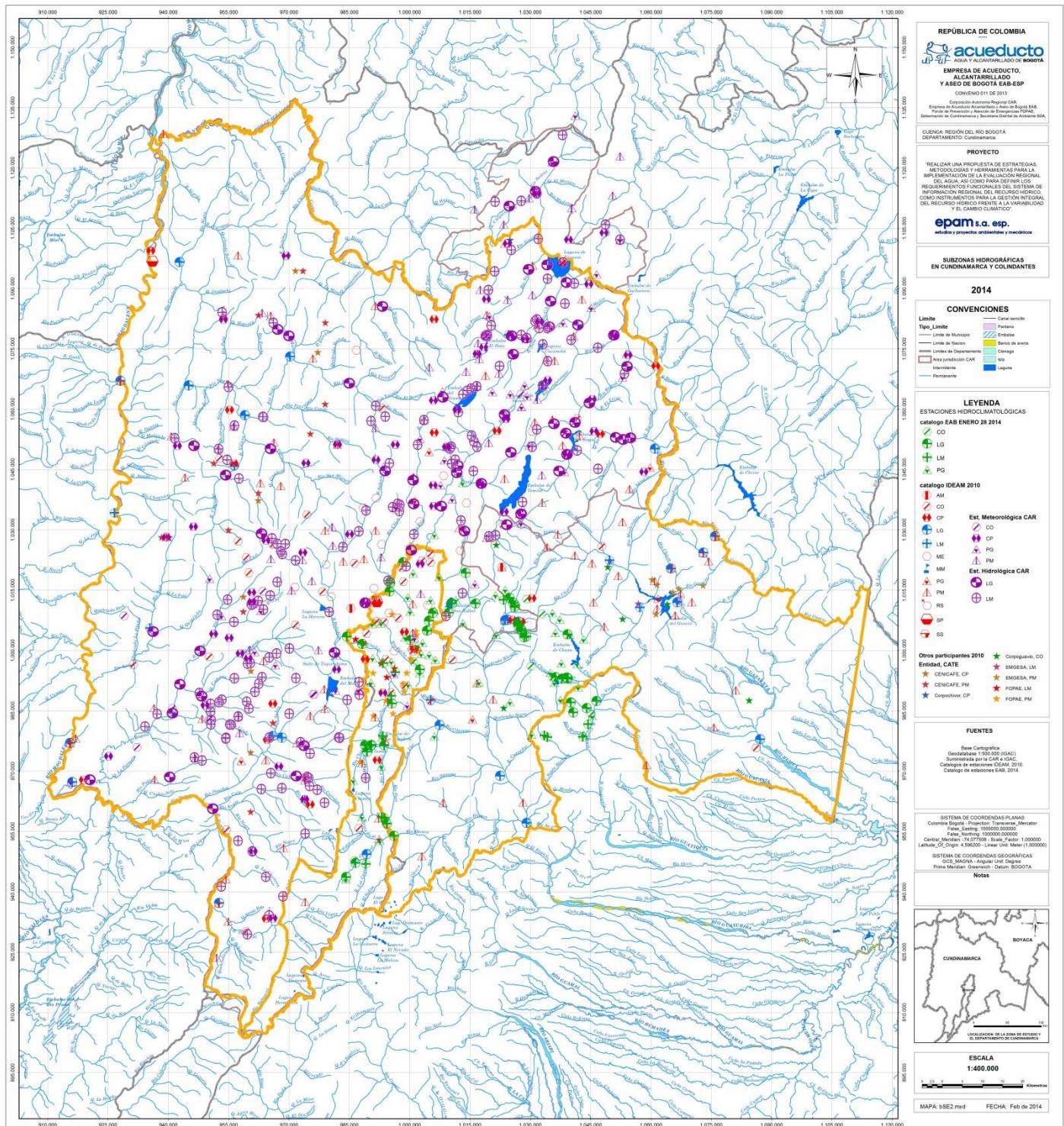


Figura 89. Localización estaciones hidrológicas en Cundinamarca (EPAM-EAB, 2014)

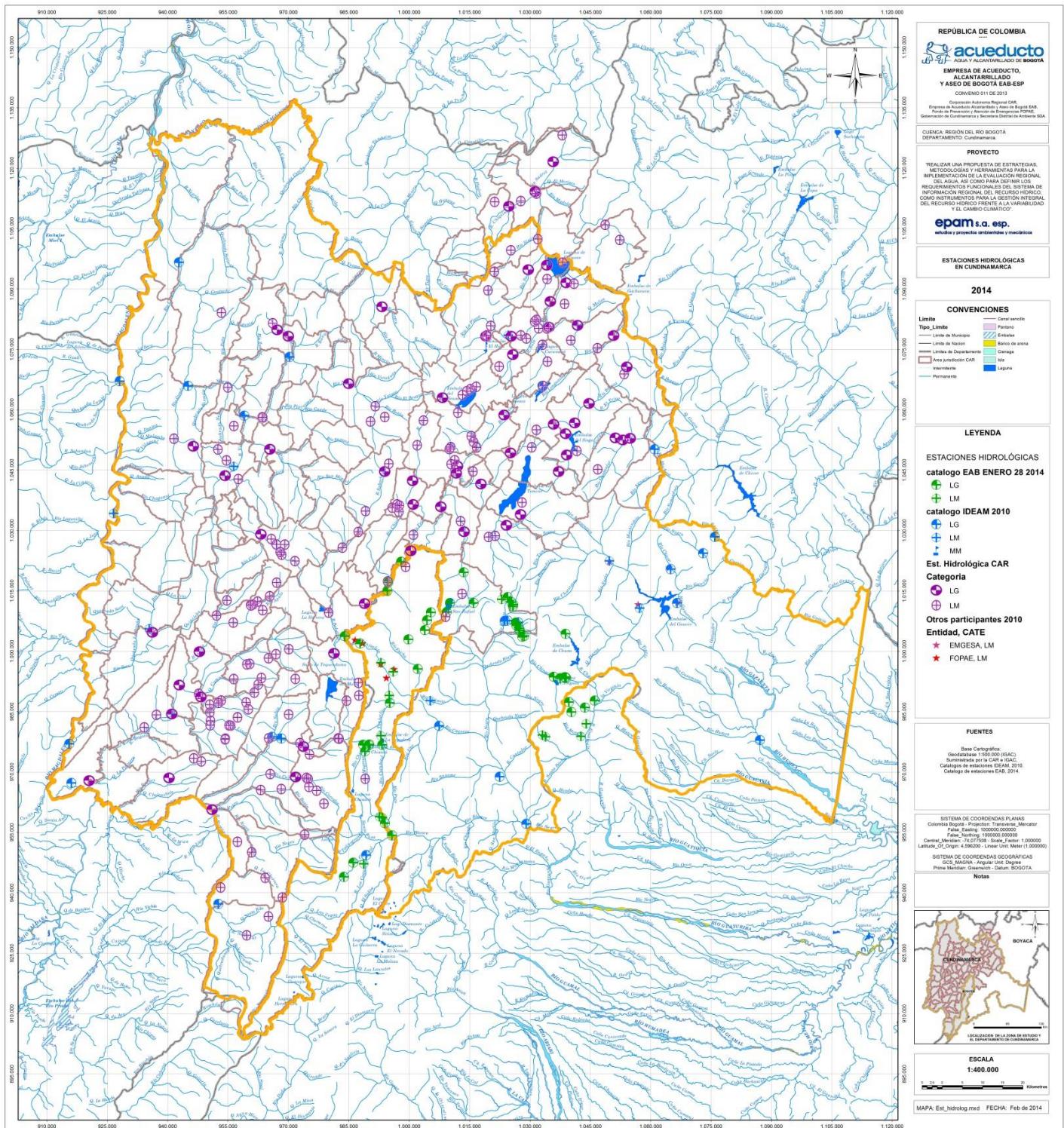
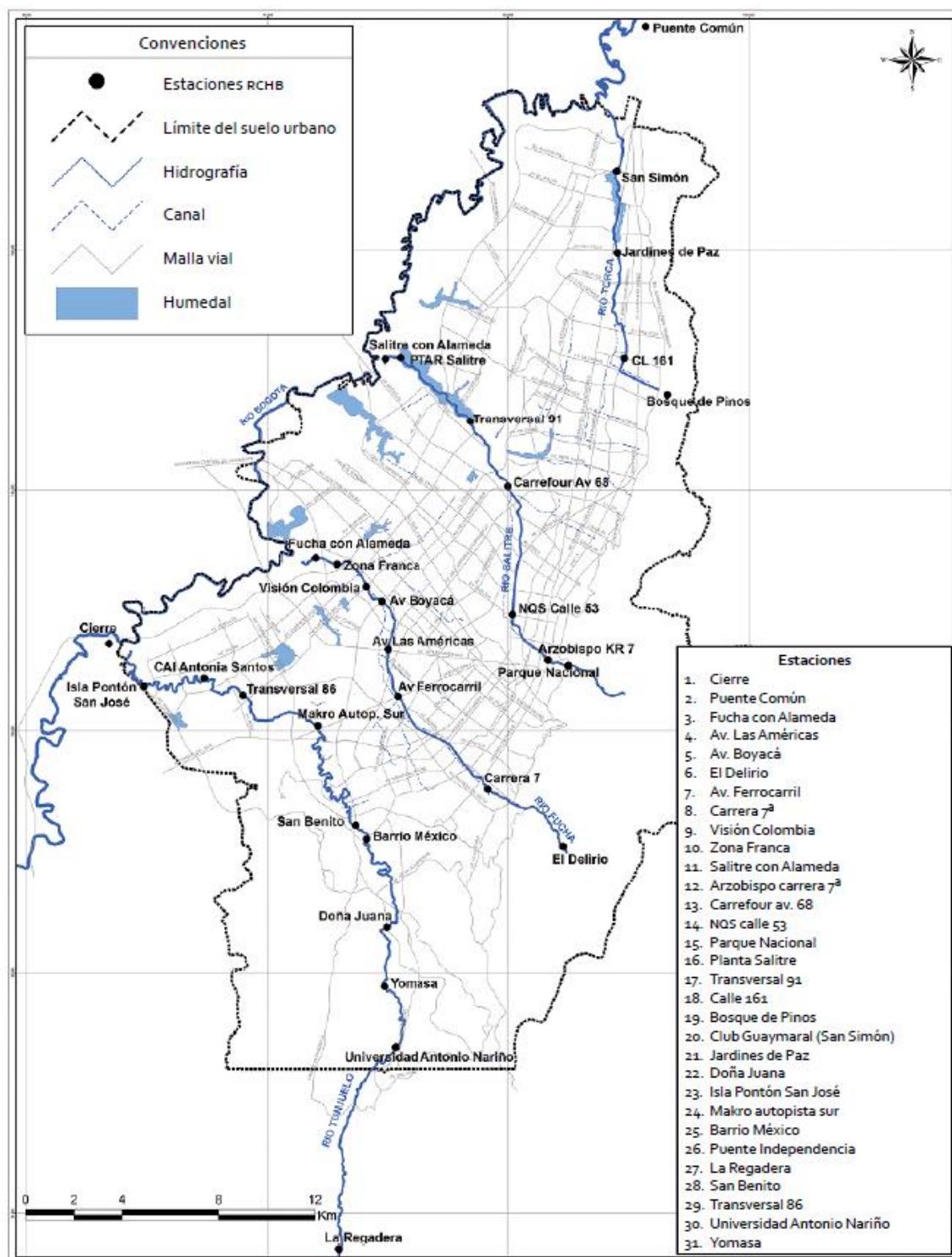


Figura 90. Localización estaciones de calidad del agua en el Distrito (SDA, 2012)



3.8. GESTIÓN SOCIAL Y AMBIENTAL

En términos generales, no se encontraron estudios sobre la gestión social y ambiental del recurso hídrico a nivel de la Región Capital. No obstante, se debe decir que, de acuerdo con la normatividad existente, el instrumento por excelencia de gestión social y ambiental del recurso hídrico es el POMCA (Plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica). En el caso de la Región Capital, existen POMCAs para las siguientes cuencas (se menciona la resolución de adopción del POMCA por la respectiva autoridad ambiental):

1. PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BOGOTÁ. ECOFOREST - CAR. Resolución 3194 de 2006 CAR. Bogotá, 2006. (Anexo 1, referencia 122)
2. PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TUNJUELO. ECOFOREST – CAR. Bogotá. 2007. (Anexo 1, referencia 123)
3. PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO TUNJUELO (ZONA URBANA). UNIVERSIDAD NACIONAL – SDA. Resolución 2473 de 2005. SDA. Bogotá. 2005. (Anexo 1, referencia 124)
4. PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO UBATÉ.- SUÁREZ. Resolución 3493 de 2006. CAR – CORPOBOYACÁ – CAS. Bogotá. 2006. (Anexo 1, referencia 125)
5. PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO NEGRO. CAR. Resolución 0327 de 2009 CAR. Bogotá. 2009. (Anexo 1, referencia 126)
6. PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MINERO. CAR. Resolución 0542 de 2009 CAR. Bogotá. 2009. (Anexo 1, referencia 127)
7. PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO BLANCO – NEGRO - GUAYURIBA. CAR – CORPOGUAVIO –CORPORINOQUIA – CORMACARENA - PNNC. Resolución Conjunta 02 de 2012 CAR. Bogotá. 2012. (Anexo 1, referencia 128)
8. PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO MAGDALENA SECTOR NARIÑO, RÍO SECO, RÍO MAGDALENA SECTOR BELTRÁN, RÍO SECO DE LAS PALMAS, QUEBRADA SECA – DOÑA INÉS, RÍO CHAGUANÍ, RÍO MAGDALENA SECTOR GUADUAS, RÍO SECO NORTE, RÍO MAGDALENA SECTOR PUERTO SALGAR, RÍO NEGRITO. Resolución 3484 DE 2006 CAR. Bogotá. 2006. (Anexo 1, referencia 129)
9. PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO GARAGOA. CAR – CORPOCHIVOR - CORPOBOYACÁ. Resolución 001 DE 2006. Bogotá. 2006. (Anexo 1, referencia 130).

Estos planes definen el uso del suelo y del agua a nivel de cada cuenca y constituyen los determinantes ambientales para los planes de ordenamiento territorial municipales. Cada plan tiene una fase de diagnóstico, en la cual se determina la problemática social ligada al uso del agua y los recursos conexos, una fase prospectiva, en la cual se define la imagen prospectiva a lograr con el POMCA, y una fase de formulación, o diseño de las acciones relativas a la conservación, recuperación y uso adecuado de los recursos naturales de la cuenca. No se han referenciado los planes de ordenamiento territorial municipales, toda vez que todos los municipios de Cundinamarca tienen su propio POT, PBOT o EOT, según el tamaño de la población del municipio.

Otros estudios que se refieren al tema social y ambiental de la región son los siguientes:

10. BOGOTÁ Y CUNDINAMARCA. EXPANSIÓN URBANA Y SOSTENIBILIDAD. Alfonso Pérez Preciado. CAR. 2000. Litografía Internacional Ltda. Bogotá, Colombia. (Anexo 1, referencia 120)
11. REALIZAR LA CARACTERIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LAS COBERTURAS DE LA TIERRA Y USO DEL SUELO EN LA CUENCA DEL RÍO BLANCO DEL MACIZO DE CHINGAZA Y CON BASE EN ÉSTOS, FORMULAR UN PLAN DE RESTAURACIÓN, CONSERVACIÓN Y MANEJO DE LAS COBERTURAS DE LA TIERRA, QUE SERVIRÁ PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ACTIVIDADES DE ADAPTACIÓN AL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ESTA ÁREA. En el marco del Proyecto Piloto Nacional de Adaptación al Cambio Climático INAP. IDEAM. EPAM SA ESP. IDEAM (Conservación Internacional). 2010. Bogotá, Colombia. (Anexo 1, referencia 90)
12. CONSTRUCCIÓN DE TERRITORIOS RESILIENTES BAJO ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA “REGIÓN CAPITAL”- BOGOTÁ – CUNDINAMARCA. LA GESTIÓN DEL AGUA Y LA SOSTENIBILIDAD TERRITORIAL. Ernesto Guhl Nannetti. PRICC. 2012. Bogotá, Colombia. (Anexo 1, referencia 78)
13. BASES PARA LA REGIONALIZACIÓN DE CUNDINAMARCA. Dentro del Proyecto ESAP: Proyecto Sistema Nacional de Capacitación Municipal. Asesoría en Ordenamiento Territorial a la Gobernación de Cundinamarca – Departamento Administrativo de Planeación. Alfonso Pérez Preciado. Unión Europea – Gobernación de Cundinamarca. 2002. Bogotá, Colombia. (Anexo 1, referencia 27).
14. PLAN AMBIENTAL DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO BOGOTÁ. ANÁLISIS Y ORIENTACIONES PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL. Thomas van der Hammen. CAR. 1998. Talleres de Epicundi. Bogotá, Colombia. (Anexo 1, referencia 121).
15. THE VEGETATION OF THE PARAMOS OF THE COLOMBIAN CORDILLERA ORIENTAL. Antoine Marie Cleef. Universidad de Utrecht. 1981. Utrecht, Holanda. (Anexo 1, referencia 116).

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En desarrollo del presente producto se ha podido establecer:

1) Información consultada

En el marco del presente estudio, se recopilaron no menos de 600 estudios, de los cuales, una vez analizado su contenido, se seleccionaron 130, por estar relacionados o ser pertinentes para alguno de los componentes de la ERA. Estos 130 documentos fueron analizados en detalle y los resultados de este análisis se presentan en el Anexo 1. Los estudios analizados se distribuyen así:

- SDA y EAB (años 2012 y 2013):	9
- Aguas superficiales:	9
- Aguas subterráneas:	27
- Demanda de agua:	3
- Calidad del agua:	17
- Riesgos:	51
- Sistemas de información y aspectos generales:	14

2) Unidades de análisis

El estudio presenta una propuesta de tres categorías de unidades de análisis para los fines de la ERA en la región:

- La unidad de síntesis general, constituida por la Región Capital Bogotá – Cundinamarca
- Las unidades regionales en el sentido hidrológico, constituidas por el nivel de subzonas hidrográficas del IDEAM, cuya evaluación y síntesis está a cargo del IDEAM.
- Las unidades subregionales y locales, constituidas por las unidades hidrográficas subsiguientes al nivel de subzona hidrográfica. Se han contemplado en este nivel dos subcategorías:
 - a) Las cuencas hidrográficas cuyas ERA estarán a cargo de las CARs con jurisdicción en la región (CAR, CORPOCHIVOR, CORPOBOYACÁ, CORPORINOQUIA, CORPOGUAVIO, CORMACARENA y UAESPN).
 - b) Las cuencas de interés para el abastecimiento de agua de Bogotá y los municipios atendidos por la EAB, cuyas ERA estarán a cargo de la SDA y la EAB.

Para cada una de estas categorías de unidades de análisis se presentan los mapas correspondientes, junto con la delimitación de las jurisdicciones territoriales de cada una de las CARs.

3) Información necesaria, disponible y faltante para las ERA en la Región Capital

En el informe se presenta la relación de la información necesaria para la elaboración de las ERA, con base en la metodología del IDEAM y en la caracterización de la información necesaria para cada uno de los indicadores ERA. Se presentan cuadros comprensivos sobre la existencia de la práctica de estimación de los indicadores ERA en cada entidad y sobre la disponibilidad de la información. En términos generales, ninguna entidad de la región tiene dentro de su práctica institucional la estimación de los indicadores ERA.

Con base en la información necesaria, se presentan tablas en las que se indica si esta información está disponible total o parcialmente en cada entidad o si no existe. Este diagnóstico se realizó mediante consulta directa con cada entidad.

Finalmente, con base en la comparación entre información necesaria y disponible, se determina por entidad, la información faltante para el cálculo de cada indicador.

Es importante anotar que en algunos casos, la entidad cuenta con la información necesaria pero no calcula el indicador ERA. En general, no se dispone de la mayor parte de la información necesaria, o se requiere realizar un procesamiento especializado para volverla disponible o utilizable. Esto sucede en especial con la demanda. En relación con la oferta, existe un buen volumen de información de niveles y caudales, así como de precipitación, variables básicas para el cálculo de los indicadores de oferta de agua superficial, pero existe muy poca información (o no existe) para la estimación de la oferta de aguas subterráneas. En cuanto a calidad, existe buena información para algunas cuencas o sectores de cuencas (por ejemplo para las cuencas urbanas del Distrito Capital), pero hay muy poca información para la mayor parte de las cuencas de la región. Lo mismo se puede decir en el caso de la información necesaria para la estimación de los indicadores de riesgo.

4) Protocolos

No es objeto de la ERA definir los protocolos de monitoreo del recurso hídrico. En efecto, éstos son definidos a nivel internacional por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), y a nivel nacional por la autoridad hidrometeorológica, que, en el caso colombiano, es el IDEAM. Esta última entidad dispone de protocolos para el levantamiento de la información hidrometeorológica y de calidad del agua y está en vías de actualizarlos. Para los fines de este proyecto, con previa autorización del IDEAM, se anexa en medio magnético la versión actualizada más reciente de los protocolos.

Los protocolos para la ERA propiamente dicha han sido definidos por el IDEAM en el documento titulado "Lineamientos metodológicos para la evaluación regional del agua ERA (2013)".

Los protocolos para el sistema de información deben ser elaborados en el marco del diseño del Sistema de Información Regional del Recurso Hídrico (SIRRH).

5) Nuevos indicadores

En la sección 3.2.6 y en el Anexo 2 del Producto 1, se presenta una propuesta de modificación de dos (2) de los actuales indicadores de la ERA, junto con el diseño de otros ocho (8) indicadores nuevos para su validación en fases posteriores de la ERA.

No obstante, es necesario anotar que en desarrollo del presente proyecto se ha comprobado que ninguna de las entidades de la Región Capital estima los indicadores básicos propuestos por el IDEAM para la evaluación regional del agua (ERA). Además, sólo para muy contados indicadores existe la información necesaria para su cálculo. Por tanto, la prioridad del programa ERA debiera ser la generación de la información necesaria para la estimación de los indicadores ERA al nivel de las cuencas subsiguientes al de subzona hidrográfica. No se justifica en el estado actual de conocimiento implementar nuevos indicadores cuando no es posible estimar los ya propuestos por el IDEAM.

6) Amenazas

De acuerdo con los estudios consultados, a nivel departamental se observa que cerca de 771.217 ha, equivalentes al 31,7% de la región presentan amenazas por remoción en masa, aunque sólo 1.636 (0,1%) de intensidad muy fuerte y 523.905 (21,5%) de intensidad moderada a fuerte. Otras 1.101.964 ha, que representan el 45,3% de la región, presentan amenazas por erosión hídrica superficial, aunque solo 24.273 (1,0%) de intensidad fuerte a muy fuerte, 30.417 (1,2%) de intensidad moderada a fuerte y 191.863 (7,9%) de intensidad leve a moderada. La amenaza por inundaciones y flujos torrenciales afecta a 56.369 ha (2,3%). El resto de la

región (449.038 ha, equivalentes al 18,4%) no presenta problemas de significación. No obstante, si consideran las tierras con procesos relativamente normales, de intensidad escasa a leve, las tierras no o poco afectadas por procesos morfodinámicos suman 1.304.449 ha, equivalentes al 53,6% del territorio (sin considerar cuerpos de agua ni zonas urbanizadas).

En el Distrito Capital, se presentan mapas de amenaza de incendios de cobertura vegetal, deslizamientos e inundaciones.

En cuanto a las amenazas por variabilidad climática, se presentan los resultados del PRICC relativos a los índices de Extremos Climáticos estimados para la región Bogotá-Cundinamarca por medio de los software RClimdex y Stardex para el período 1980 – 2010, los cuales muestran importantes tendencias en los aumentos de las temperaturas extremas e importantes tendencias en los valores de precipitación para el período de 31 años analizado. Aunque el modelo RClimdex se aplicó a 19 índices, se han seleccionado los 8 más representativos, que muestran la tendencia de los valores anuales de la precipitación y de la temperatura en la región. Asimismo, de los 49 índices estimados mediante el modelo Stardex, se han seleccionado 10 como los más representativos, los cuales muestran las tendencias a nivel trimestral, tanto para la precipitación como para la temperatura. Con base en estos índices y en los mapas correspondientes, es de destacar un aumento en el número de días secos consecutivos al año. La precipitación total anual también deja ver una tendencia al aumento sobre la parte central de Cundinamarca, mientras en la región oriental del departamento se aprecia con tendencia a la disminución. Asimismo se aprecia un aumento en la cantidad de días al año con precipitaciones mayores a 20 mm, sobre la región central de Cundinamarca, mientras que se aprecian tendencias a la disminución hacia la parte oriental. De otro lado, se aprecia una tendencia al aumento durante el día en la variable temperatura máxima diaria Tx.

En relación con los fenómenos del Ciclo ENOS en Cundinamarca, la característica del déficit de precipitación durante El Niño y excedentes de lluvia durante La Niña se diluye al analizar los eventos típicos, es decir, al estudiar los fenómenos de forma integral, sin considerar la intensidad de las anomalías registradas en la temperatura superficial del Pacífico tropical. En el caso de la fase cálida (El Niño), la deficiencia de precipitación, como condición más probable, aparece tan solo en un 30% del total de observaciones. Durante la fase fría (La Niña), se observa un panorama más generalizado de afectación, aunque los excedentes de agua y el comportamiento normal tienen prácticamente la misma frecuencia de ocurrencia.

A nivel trimestral, la señal característica de ENSO para ambas fases, aparece muy bien definida al examinar las anomalías negativas (El Niño) y positivas (La Niña) de precipitación, registradas durante el tercero y cuarto trimestres del primer año y el primer trimestre del segundo año. Adicionalmente, se puede comprobar que el mayor efecto climático ocurre durante el primer trimestre del segundo año, el cual es muchas veces coincidente con la fase madura de los eventos, es decir, cuando se presentan las mayores anomalías en el océano y la atmósfera del Pacífico tropical.

En general, el efecto de los fenómenos típicos El Niño y la Niña sobre la precipitación estacional de Cundinamarca, es más acentuado en las temporadas secas que en las lluviosas. En la primera temporada seca del segundo año y muy cerca de la fase madura de los eventos, la condición deficitaria durante El Niño, se extiende a casi todo el departamento.

En relación con la amenaza de cambio climático global, los estudios del PRICC (2012-14) permiten prever un progresivo aumento en la temperatura media mensual, la cual puede llegar a ser de hasta 2-3°C. En relación a los aumentos en los extremos de precipitación en la Región Andina Colombiana, los valores atípicos aumentan y lo que antes (1975-2004) era un valor atípico, en el futuro (2041-2070) se podrá encontrar en el promedio. Los aumentos en la parte media de la distribución de las lluvias podrán ser hasta de 8-9 mm/día.

Los modelos consultados muestran que para 2071 – 2100 es de esperar un aumento progresivo entre 2 y 4°C, con respecto de la actual. Los mayores aumentos de temperatura se dan en la zona central del Departamento y Bogotá (3 o 4°C). En las provincias occidentales y Medina, los aumentos serán del orden de los 2 a 3° C. Aumentos de hasta 3°C podrán darse asimismo en los páramos (Sumapaz, Cruz Verde, Chingaza, Guerrero, Guacheneque) y bosques altoandinos. Se podría dar asimismo una disminución de la precipitación (entre el 10% y 20%) en el occidente del departamento (valle del Magdalena), norte de la Sabana y oriente (Chingaza). Para el período 2041-2070 es de esperar un aumento de precipitación (20-30%) en la región central de Cundinamarca (Soacha, el Occidente de la Sabana de Bogotá y Gualivá). El aumento de lluvias extremas podrá ser de 6 a 9% por década; en el 50 podrán ser de 30 a 40% más en comparación a lo actual.

De acuerdo con los estudios del PRICC (2012), entre 1980 y 2010 se registró un total de 2.622 eventos de amenaza de origen hidrometeorológico en la región Bogotá – Cundinamarca, de los cuales 657 deslizamientos, 1.236 incendios forestales, 668 inundaciones y 61 vendavales. Se observa que Bogotá registra una gran parte de eventos, lo cual es debido, posiblemente, a que tiene los mejores servicios de monitoreo.

7) Sistema de información del recurso hídrico

Todas las entidades que manejan datos hidrometeorológicos en la región cuentan con sistemas de información del recurso hídrico. Estas entidades son: IDEAM, CAR, EAB, SDA y FOPAE. Los sistemas de información de cada entidad son independientes unos de otros, y cuentan con plataformas e infraestructura diferentes. Aún al interior de cada entidad, existen sistemas de información para diversos componentes del recurso hídrico (hidrología, calidad del agua, demanda, vertimientos y otros). Ninguna entidad estima los indicadores contemplados en la metodología ERA del IDEAM. No obstante, existe conciencia sobre la necesidad de integrarse y lograr un aprovechamiento óptimo de la información que cada entidad genera.

8) Redes de monitoreo

Las entidades anteriormente citadas disponen asimismo de redes de monitoreo del recurso hídrico. En total, la región cuenta con 780 estaciones hidrometeorológicas, de las cuales la CAR es la entidad con mayor número, con 373, que representan el 47,8%; le sigue el IDEAM, con 222, que representan el 28,5%; la EAB, con 122, que representan el 15,6%; y el FOPAE, con 25, que representan el 3,2%. Las restantes entidades suman 38 estaciones, que representan el 4,9% del total.

Por su parte, la red de monitoreo de calidad está compuesta por 173 estaciones o puntos de muestreo periódicos, de las cuales 13 (el 7,5%) son del IDEAM; 129 (el 74,6%) son de la CAR; y 31 (el 17,9%) de la SDA, éstas últimas ubicadas dentro de la zona urbana, con excepción de La Regadera. Las estaciones de la EAB tienen objetivos específicos de control de calidad del agua para las plantas de tratamiento (PTAP), por lo cual no se relacionan aquí. No obstante, pueden ser utilizadas para fines específicos.

Cada entidad tiene sus propios procedimientos y sistemas de monitoreo, captura de datos, procesamiento, validación, almacenamiento y difusión.

En cuanto a difusión, el IDEAM vende sus datos. La CAR los suministra gratuitamente a través de sus boletines anuales. La EAB no los vende pero no están a disposición del público. La SDA tampoco los vende y sus resúmenes son puestos a disposición del público en el Observatorio Ambiental de la SDA. El FOPAE tampoco los vende pero no están a disposición del público.

Por lo anterior, lo primero que habría que hacer en el marco de un sistema de información común, sería adoptar procedimientos homologados para todas las entidades en materia de captura, procesamiento, control de calidad y validación de los datos. Esto implica la adopción de un lenguaje técnico común. Para la difusión de la

información, sería necesario acordar la información que estará a disposición del público, la forma de puesta a disposición (web, boletines, Observatorio, etc), y la información que será compartida entre las entidades.

9) Gestión social y ambiental

Las CARs y la SDA, como autoridades ambientales de la región, son las responsables de la administración y vigilancia del recurso hídrico. Para este efecto, disponen de diversos instrumentos de planificación y control, en especial los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas (POMCAs) y los planes de saneamiento y manejo de vertimientos (PSMV). Todas las cuencas del departamento poseen POMCAS adoptados mediante resolución.