

FORMULACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE LOS ACUÍFEROS PRIORIZADOS EN JURISDICCIÓN DE CORPOCESAR

PRIMERA FASE

PRIORIZACION DE LOS SISTEMAS DE ACUÍFEROS EN JURISDICCION DE CORPOCESAR

Convenio Interadministrativo No. 19-7-0007-0-2017



OCTUBRE DE 2017

PRIORIZACION DE LOS SISTEMAS DE ACUÍFEROS EN JURISDICCION DE CORPOCESAR

EQUIPO DE TRABAJO

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN AGUA Y SANEAMIENTO – GIAS
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

DIEGO PAREDES CUERVO
Director General del Proyecto
Dr. en Ingeniería

JOHANA GRAJALES
Administradora Ambiental
M.Sc en Ciencias Hídricas e Ingeniería

MARÍA DEL PILAR PULGARÍN
Ing. Ambiental, M.Sc

DERLY ZULETA
Administradora Ambiental

ALEXANDER SÁNCHEZ
Geólogo

JUAN CARLOS SIERRA
Especialista en SIG

CORPOCESAR

JORGE ALBERTO ARMENTA JIMÉNEZ
Profesional Especializado
Supervisor del convenio

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. OBJETIVO.....	5
2.1 Alcances	5
3. METODOLOGÍA	5
3.1 Criterios de priorización.....	5
3.2 Recolección y análisis de información	6
3.3 Aplicación del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) en la priorización de acuíferos en la jurisdicción de Corpocesar.....	7
4. RESULTADOS	9
4.1. Zonificación de los acuíferos en la zona de estudio	9
4.2 Sistemas de acuíferos del departamento del Cesar frente a los criterios de priorización	13
4.2.1 Agotamiento o contaminación del agua subterránea	13
4.2.2 Acuífero única o principal fuente de abastecimiento para consumo humano ..	22
4.2.3 Acuífero estratégico para el desarrollo socioeconómico del departamento	24
4.2.4 Conflictos por el uso del agua subterránea	24
4.2.5 Acuífero como fuente alterna de abastecimiento	25
4.3 Resultados del ejercicio de priorización con el Proceso de Análisis Jerárquico - AHP.....	31
4.3.1 Definición de Criterios de Priorización.....	31
4.3.2 Desarrollo de matrices de comparación por pares.....	33
4.4 Sub-sistemas sugeridos para el acuífero Cesar.....	36
5. CONCLUSIONES	40
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

1. Introducción

Colombia es un país con un amplio potencial hídrico, siendo las aguas superficiales la principal fuente de abastecimiento. Por lo tanto, existe una marcada diferencia entre el grado de conocimiento que se tiene del agua superficial frente a la que se dispone sobre el agua subterránea a tal punto que los recursos de las aguas subterráneas del país no han sido completamente cuantificados. Los sistemas de acuíferos representan una alternativa para la seguridad hídrica ante la variabilidad de la disponibilidad del recurso y ante amenazas de fenómenos naturales como sequías, inundaciones y todos aquellos fenómenos asociados a los efectos del cambio climático. Por lo tanto, en los últimos años se han adelantado esfuerzos para evaluar las características hidrogeológicas y el potencial hídrico subterráneo en términos de oferta, disponibilidad, demanda, calidad y vulnerabilidad a la contaminación de este recurso ([IDEAM, 2014](#)).

En ese sentido, la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico – PNGIRH del MAVDT (2010) plantea priorizar acuíferos para formular e implementar los planes de manejo. Por su parte el Programa Nacional de Aguas Subterráneas PNASUB del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS, 2014 establece la formulación de los Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos como herramienta de profundización en el conocimiento del sistema acuífero y su evaluación en términos de calidad, cantidad, y vulnerabilidad a amenazas. Además como un instrumento para establecer medidas de manejo ambiental y una mejor planificación para el aprovechamiento sostenible del recurso.

La Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR) realizó un primer ejercicio de priorización de los acuíferos ubicados en su jurisdicción y reglamentó dicha priorización mediante resolución 1346 de noviembre de 2016. Sin embargo, dicha priorización se basó únicamente en el potencial de aprovechamiento de los sistemas de acuíferos, desconociendo lo señalado en decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible (1076 de 2015) en donde se establecen criterios de priorización de los acuíferos basados en escases, vulnerabilidad a la contaminación,

ubicación estratégica para el desarrollo socioeconómico de la región, entre otros. Por este motivo, se hace necesario realizar un ajuste a dicha priorización para proceder a formular el PMAA del acuífero priorizado. En el presente documento se presentan los sistemas de acuíferos existentes en jurisdicción de Corpocesar, los criterios técnicos que sirvieron de insumo para el ejercicio de priorización y los resultados del ejercicio de priorización.

2. Objetivo

Revisar y ajustar la priorización de los sistemas de acuíferos existentes en el área de jurisdicción de Corpocesar.

2.1 Alcances

- Revisión y análisis de información secundaria relacionada con el recurso hídrico subterráneo en Jurisdicción de Corpocesar.
- Ajustar la priorización de los acuíferos en jurisdicción de Corpocesar, en función de la información disponible, atendiendo los criterios establecidos en el Decreto 1076 de 2015.

3. Metodología

3.1 Criterios de priorización

La priorización del acuífero para la formulación del Plan de Manejo Ambiental se desarrolló conforme a los criterios establecidos en el Decreto 1076 de 2015, artículo 2.2.3.1.11.2. donde se fija que: “en aquellos acuíferos que no hagan parte de un plan de ordenación y manejo de cuenca hidrográfica, la autoridad ambiental competente

elaborará el plan de manejo ambiental de acuíferos, previa selección y priorización del mismo, cuando se prevean como mínimo una de las siguientes condiciones:

1. Cuando se presente agotamiento o contaminación del agua subterránea de conformidad con lo establecido en el artículo 152 del Decreto-ley 2811 de 1974 reglamentado por los artículos 121 y 166 del decreto 1541 de 1978.
2. Cuando el agua subterránea sea la única y/o principal fuente de abastecimiento para consumo humano.
3. Cuando por sus características hidrogeológicas el acuífero sea estratégico para el desarrollo socioeconómico de la región.
4. Cuando existan conflictos por el uso del agua subterránea.
5. Cuando se requiera que el acuífero sea la fuente alterna por desabastecimiento del agua superficial, debido a riesgos antrópicos o naturales.

3.2 Recolección y análisis de información

Como primera actividad para el ejercicio de priorización se realizó la revisión y análisis de la información existente que incluyó informes técnicos, inventarios de puntos de aguas subterráneas (pozos, aljibes, pozo-aljibe), expedientes de concesiones y cartografía básica y temática. El propósito de esta actividad era establecer la línea base de información relacionada con el recurso hídrico subterráneo, necesaria para el ejercicio de ajuste a la priorización de los sistemas de acuíferos en el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Cesar (Corpocesar).

El punto de partida una vez recolectada la información, fue la identificación de los sistemas de acuíferos existentes en jurisdicción de Corpocesar. La información fue estudiada y los sistemas de acuíferos fueron analizados frente a cada uno de los criterios de priorización. Una vez establecido que los sistemas de acuíferos a evaluar, cumplen con todas las condiciones definidas por el Decreto 1076 para realizar una priorización; fue necesario seleccionar una metodología que permitiera la evaluación de múltiples variables para la toma de decisiones y la posterior jerarquización de

alternativas, para este caso, el ejercicio de priorización se realizó mediante la aplicación del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP)¹.

3.3 Aplicación del Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) en la priorización de acuíferos en la jurisdicción de Corpocesar.

La metodología de análisis jerárquico AHP, desarrollada por [Thomas L. Saaty, 1980](#) para resolución de problemas con múltiples criterios, facilita la evaluación (ó priorización) de alternativas (acuíferos del departamento de Cesar) para la toma de decisiones con un objetivo específico, en este caso, la Formulación del Plan de Manejo Ambiental del Acuífero - PMA, minimizando los juicios subjetivos (asociados a la naturaleza humana), manifestados por los tomadores de decisiones, de manera personal o grupal durante el proceso. El resultado es una clasificación con prioridades, que indica la preferencia general para cada una de las alternativas de decisión.

El primer paso a seguir en la aplicación del AHP es la selección de los criterios de evaluación, denominados *Factores*, *Parámetros* y *Criterios*, que son definidos y entendidos para el presente trabajo de la siguiente manera:

- ✓ **Factor:** Elemento que genera o contribuye a un efecto (abastecimiento, conflictos, riesgo potencial, gobernabilidad).
- ✓ **Parámetro:** Medida que involucra una variable, su función y sus rangos de variación. Es una variable de naturaleza medible que permite configurar un criterio para priorizar el PMA (población abastecida, calidad, cantidad, monitoreo, jurisdicción, etc.).
- ✓ **Criterio:** Norma, condición o juicio que orienta la toma de decisión.

¹ Por sus siglas en inglés: Analytic Hierarchy Process

El ejercicio de priorización obliga un análisis detallado de las alternativas, considerando la evaluación según los parámetros definidos y la evaluación según los factores identificados como relevantes, tal como se muestra en la Fig. 1.

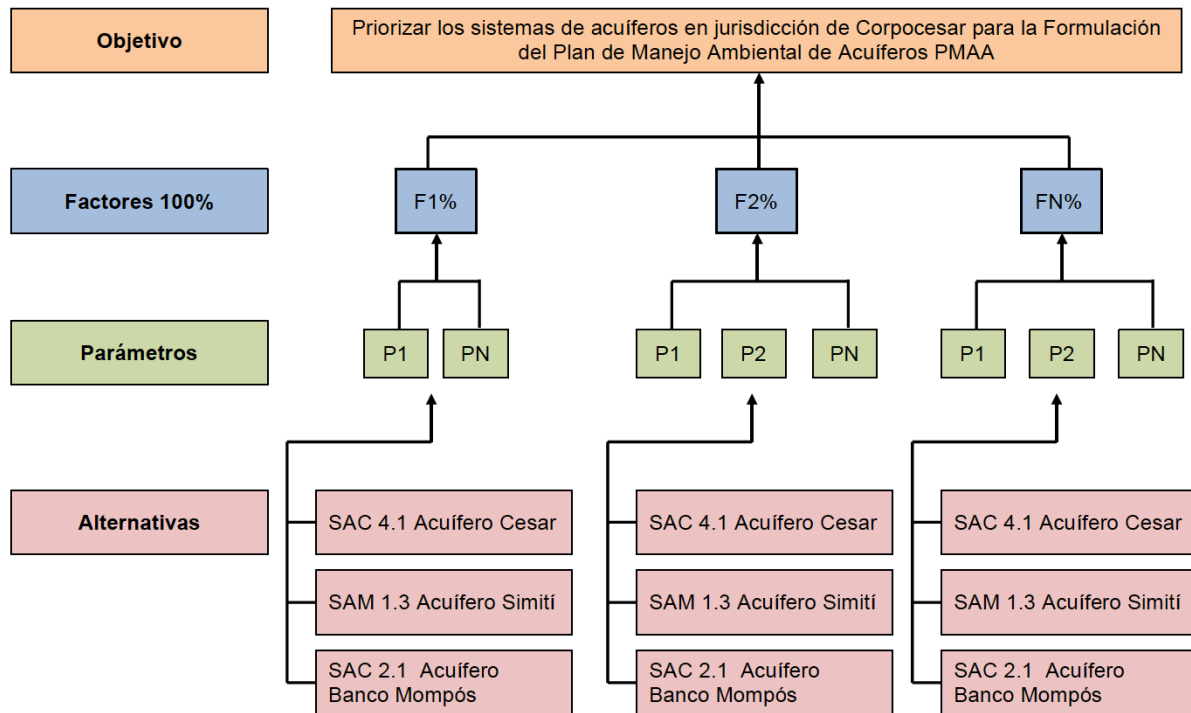


Fig. 1 Árbol de Importancia de Factores y Parámetros

Es de anotar que la selección de los Factores y sus respectivos Parámetros debe estar justificada desde lo técnico, jurídico y/o administrativo enmarcado en la gestión integral del recurso hídrico.

Paso seguido, se establecen las prioridades de las alternativas, mediante una matriz de comparación por pares (A con B, A con C, B con C), donde se comparan cada uno de los N factores, los parámetros asociados a éstos, y las alternativas o sistemas de acuíferos en priorización, haciendo uso de una escala de uno (1) a nueve (9), asociada a juicios verbales de preferencia (Tabla 1).

Tabla 1. Escala con valores AHP asociada a juicios verbales

Juicios Verbales	Juicios Numéricos
Igualmente preferido	1
De igual a moderadamente más preferido	2
Moderadamente más preferido	3
De moderadamente más a poderosamente más preferido	4
Poderosamente más preferido	5
De poderosamente más a muy poderosamente más preferido	6
Muy poderosamente más preferido	7
De muy poderosamente más a extremadamente más preferido	8
Extremadamente más preferido	9

Finalmente, se realiza la normalización de los datos obtenidos y el respectivo análisis de consistencia, que garantiza una evaluación sin subjetividades. Para una explicación detallada de la aplicación de la metodología AHP para la priorización de acuíferos en jurisdicción de Corpocesar ver [Anexo 1](#).

4. Resultados

4.1. Zonificación de los acuíferos en la zona de estudio

El instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM ha definido 16 provincias hidrogeológicas para el territorio Colombiano cuya delimitación esta determinada por estructuras geológicas mayores que por sus génesis y características separan dominios homogéneos que alojan diferentes ambientes hidrogeológicos. Tomando como referencia esta zonificación, en el año 2013 el IDEAM define una zonificación de unidades de menor jerarquía denominadas sistemas de acuíferos. Para el territorio nacional se identificaron 44 sistemas de acuíferos y se clasificaron y codificaron de acuerdo a la provincia hidrogeológica a la que pertenecen ([Fig. 2](#)).

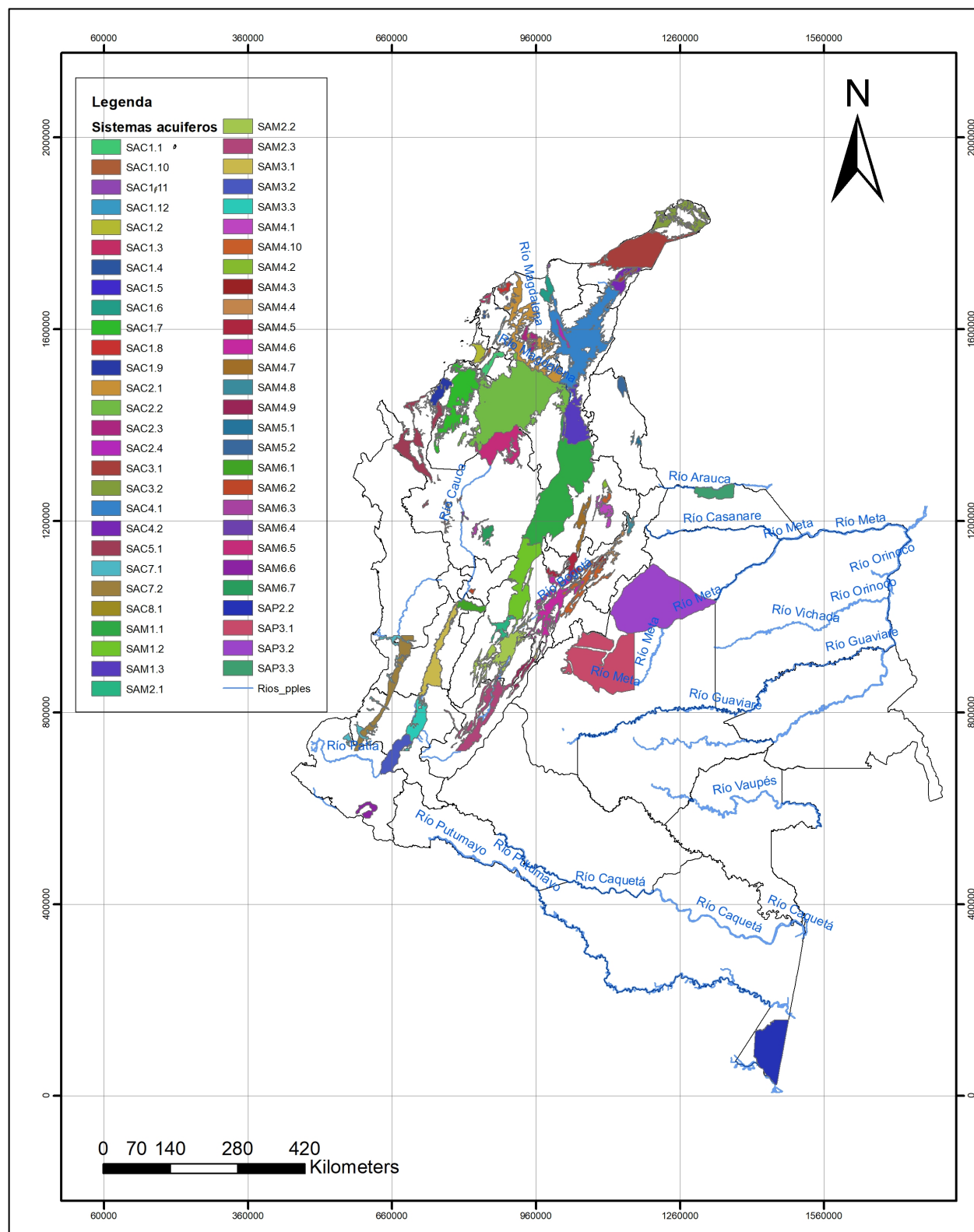


Fig. 2. Sistemas de acuíferos de Colombia
 Fuente: Estudio Nacional del Agua. IDEAM, 2014

Para el presente ejercicio de priorización se tomaron como referencia las unidades de acuíferos que se encuentran dentro de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Cesar - Corpocesar (Fig. 3). Es así como para el departamento del Cesar se tienen los siguientes sistemas de acuíferos:

SAM 1.3. Sistema Acuífero Simití que pertenece a la provincia hidrogeológica del Valle Medio del Magdalena PM1. Constituido por sedimentos aluviales, terrazas y secuencias de areniscas y conglomerados del Paleógeno-Neógeno. Este sistema de acuífero se utiliza principalmente para actividades agropecuarias, uso doméstico y para el sector hidrocarburos.

SAC 2.1 Sistema Acuífero Banco Mompós perteneciente a la provincia hidrogeológica Bajo Magdalena PC2.

SAC 4.1 Sistema Acuífero Cesar perteneciente a la provincia hidrogeológica Cesar-Ranchería PC4. Conformado por depósitos aluviales del río Cesar y por secuencias detríticas del Paleógeno-Neógeno. Los usos de este sistema de acuífero están representados principalmente por el consumo doméstico, agropecuario y la explotación del carbón a cielo abierto por la mediana y gran minería.

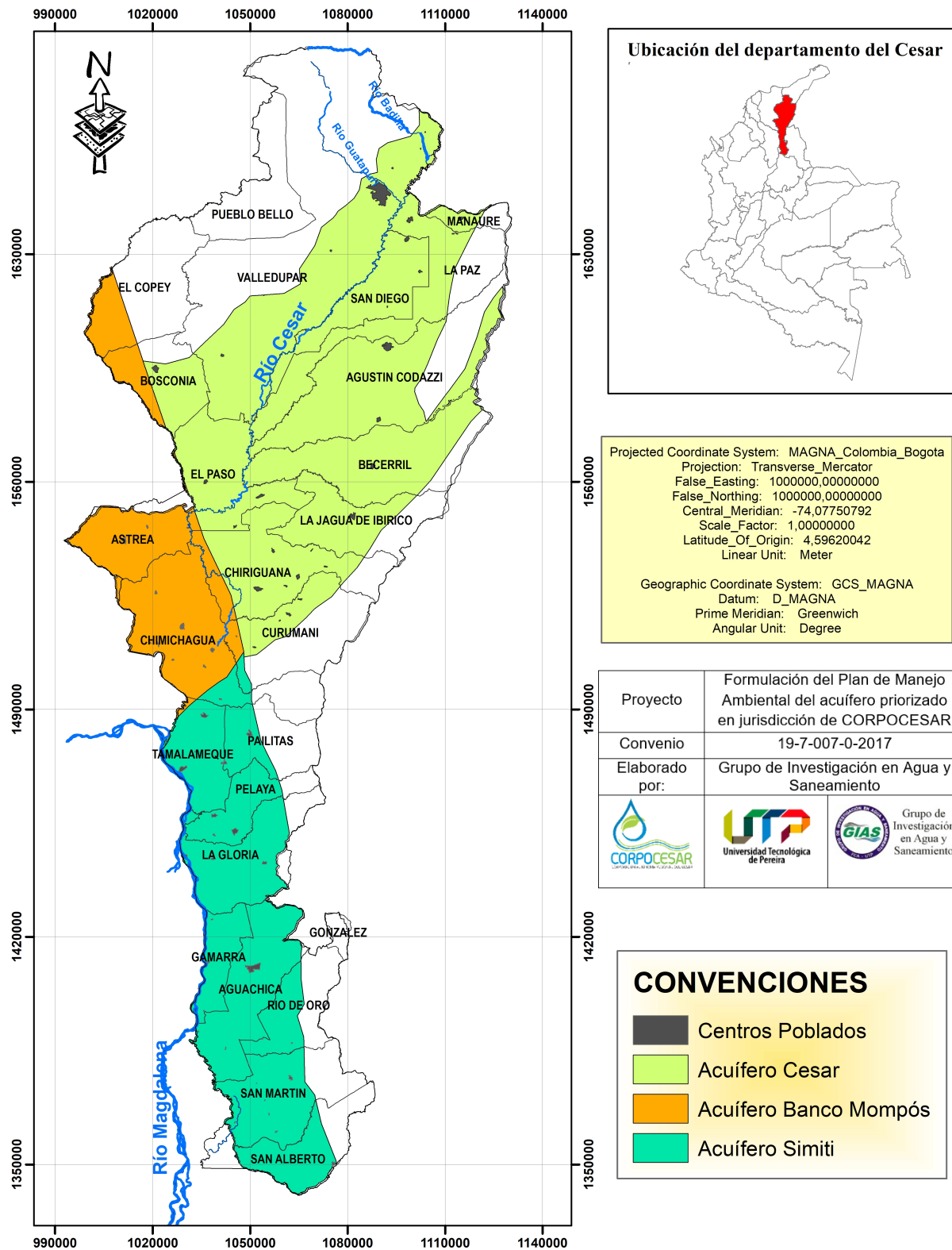


Fig. 3 Sistemas de acuíferos en el departamento del Cesar.

Fuente: IDEAM, 2013

4.2 Sistemas de acuíferos del departamento del Cesar frente a los criterios de priorización

Una vez definidas las tres provincias hidrogeológicas, como unidades de análisis para el ejercicio de priorización, se procedió a revisar la información existente en cada una de ellas, que tuviera relación con los criterios de priorización definidos por el Decreto 1076 de 2015.

La base fundamental del ejercicio desarrollado, estuvo dada por la información cartográfica (en formato shape *.shp) disponible para el departamento del Cesar, en particular, la referida a la actividad minera, monitoreo y seguimiento de agua subterránea, usos del suelo, desertificación, división política administrativa, zonas de riesgo, conflictos, entre otras. De igual manera, se consultaron los expedientes de concesiones de agua subterránea otorgados y los POMCAS existentes. Aquí es necesario precisar, que la ausencia de un SIG dentro de la Corporación y de bases de datos con la información compilada (ej. Expedientes de concesiones) hizo que la recopilación de la información fuera una tarea lenta e ineficiente y por lo tanto no fue posible contar con toda la información requerida para el ejercicio de priorización.

4.2.1 Agotamiento o contaminación del agua subterránea

En el departamento existen diversas amenazas de contaminación y agotamiento de las aguas subterráneas. Gran parte de estas amenazas se encuentran asociadas a los núcleos poblados que presentan un acelerado crecimiento poblacional que trae consigo impactos significativos sobre la cantidad y la calidad del agua subterránea. El inadecuado manejo de residuos sólidos y vertimientos líquidos es un común denominador en muchos municipios del departamento que se caracterizan por bajas inversiones en infraestructura de los sistemas de tratamiento de aguas servidas y por el bajo o nulo mantenimiento a la infraestructura existente. En algunos casos los sistemas de tratamiento de aguas residuales ya superaron su capacidad de diseño

(Corpocesar- IDEAM, 2006). En la [Tabla 2](#) se presentan el estado de los sistemas de alcantarillado y de la disposición de residuos sólidos en cada uno de los municipios dentro de los tres sistemas de acuíferos del departamento.

Tabla 2. Vertimientos líquidos y sólidos en los municipios del Cesar

Acuífero	Municipio	Alcantarillado	Disposición de Residuos Sólidos
Cesar	El Paso	- Cobertura: 30% - Cabecera municipal: STAR, laguna de oxidación que vierte al río Calenturitas. - Hay 1730 predios en la zona rural que disponen directamente al suelo.	- Cobertura: 100% - Disposición en relleno regional de Bosconia.
	La Jagua De Ibirico	- Cobertura: 90% - Posee 2 STAR, lagunas de estabilización y luego es vertido al río Sororia. Las lagunas no operan correctamente y no cumplen con su objetivo.	- Cobertura: 100% - Disposición en relleno de Valledupar. - El municipio cuenta con planta de beneficio animal a la cual no se le hace control de vertimientos.
	Agustin Codazzi	- Cobertura: 75% - Cuenta con STAR, laguna de oxidación que vierte al caño Culebras. Las lagunas presentan falta de mantenimiento.	Disposición en relleno sanitario de Aguachica.
	Becerril	STAR. Lagunas de oxidación	- Cobertura: 90% - Se lleva a una celda transitoria que por sus características puede ser considerado botadero a cielo abierto.
	Chiriguana	STAR. Cuenta con tres lagunas de estabilización	Botadero a cielo abierto.
	Bosconia	La cabecera municipal cuenta con STAR, una laguna de oxidación que vierten al caño Garces. Las laguna no funcionan correctamente. El corregimiento de La Loma no cuenta con sistema de alcantarillado.	- Cobertura: 80% - Botadero a cielo abierto.
Banco Mompós	Chimichagua	Cuenta con STAR para el casco urbano del municipio, la zona rural no tiene servicio de alcantarillado y disponen directamente al suelo y fuentes de agua superficiales que van a desembocar a la ciénaga de Zapatosa.	- Solamente se presta el servicio en la cabecera municipal, la zona rural no cuenta con servicio. - Disposición en relleno regional de Bosconia.
	El Copey	- Cobertura: 88% - Cuenta con STAR, laguna de oxidación que vierte a predios aledaños.	- Botadero a cielo abierto. - El municipio cuenta con planta de beneficio animal en operación la cual hace sus vertimientos a predios aledaños.
Simití	Aguachica	- Cobertura: 89.5% - Cuenta con STAR, 2 lagunas de oxidación que vierten a los caños el Pital y el Cristo. Las lagunas evidencian falta de mantenimiento.	- Cobertura: 100% - Disposición en relleno sanitario Las Bateas.
	Pelaya	- Cobertura: 50% - Cuenta con STAR, laguna de oxidación que	Disposición en relleno sanitario de Aguachica.

Acuífero	Municipio	Alcantarillado	Disposición de Residuos Sólidos
		vierte al caño Las Damas. La Laguna evidencia falta de mantenimiento.	
	San Martín	• Cobertura: 88% • No cuenta con STAR, vierte el agua residual a la Quebrada La Rayita y caño Barlovento.	• Botadero a cielo abierto. • El municipio cuenta con planta de beneficio animal en operación la cual hace sus vertimientos a predios aledaños.

Fuente: Informes ambientales de la contraloría 2014-2015. Los demás municipios del departamento no reportan información.

Con mucha frecuencia en la zona rural se encuentran pozos sépticos ubicados cercanos a aljibes, lo que incrementa la amenaza de contaminación ya que estas interceptan la dirección de flujo de las aguas subterráneas ([Corpocesar- IDEAM, 2006](#)).

Otra amenaza significativa de contaminación del agua subterránea son las descargas de desechos industriales y los provenientes de la actividad minera ([PNUD, 2010](#)). Según el informe de caracterización de impactos ambientales por vertimientos de diferentes sectores del departamento ([Corpocesar, 2011](#)), muchas industrias vierten directamente a fuentes de aguas superficiales o al suelo y en un gran número de las que poseen sistema de tratamiento de aguas residuales se evidencian fallas en su funcionamiento y la alta presencia de contaminantes en los efluentes por falta de mantenimiento. En la [Fig. 4](#) se presentan los diferentes vertimientos por sectores para cada uno de los sistemas de acuíferos.

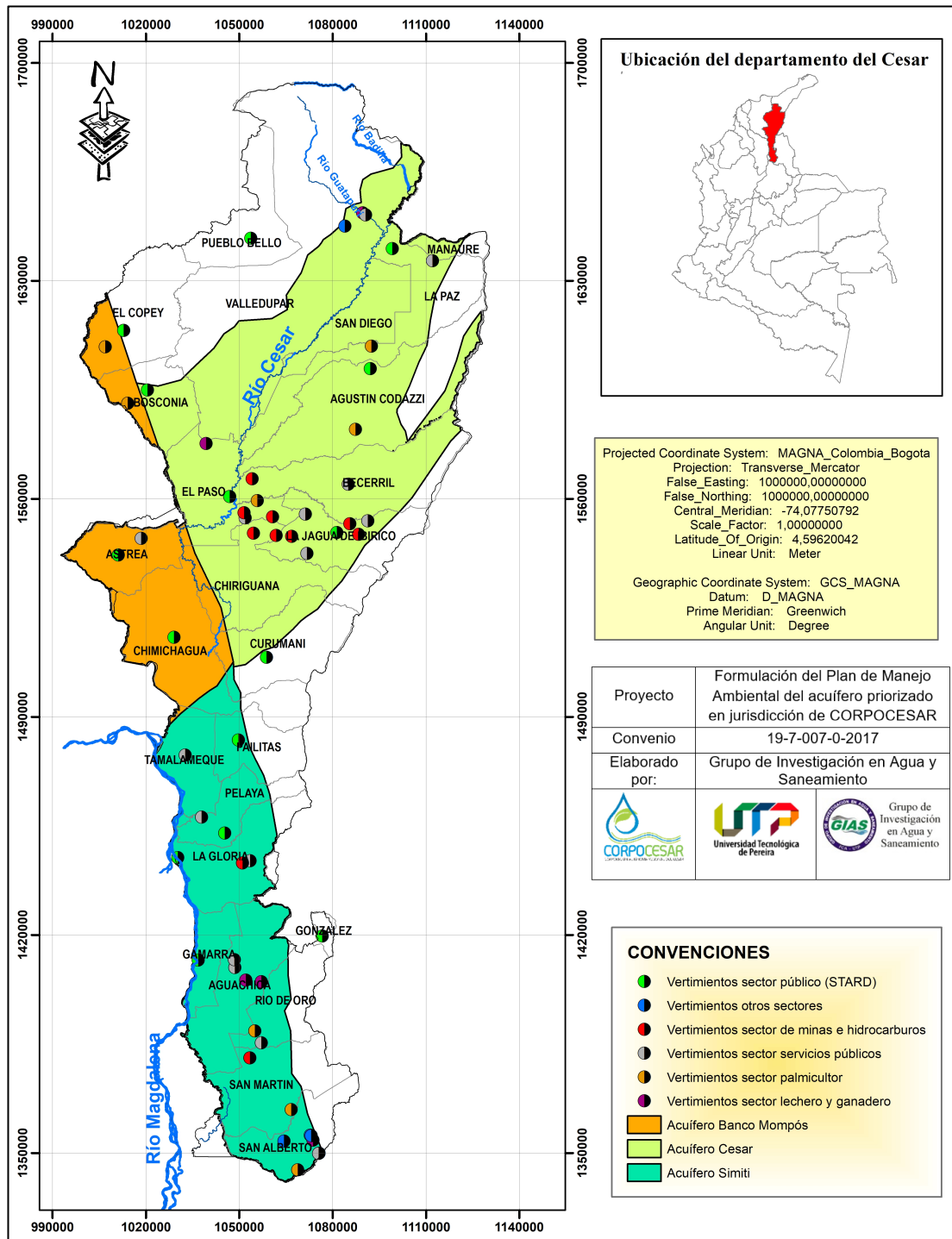


Fig. 4. Vertimientos por sectores productivos en los tres sistemas de acuíferos

Fuente: Corpocesar, 2011

El departamento del Cesar tiene una fuerte presencia de la minería a cielo abierto para la extracción de carbón (Fig. 5). Especialmente en el sistema de acuífero Cesar. Los

impactos ambientales y sobre el acuífero generados por la actividad minera son múltiples aunque estos no están completamente previstos y documentados. Se destacan la remoción del suelo y subsuelo, la desviación de cauces de ríos que eventualmente alimentan el acuífero (ej. El río Calenturitas) y que se evidencian en la disminución de los niveles freáticos. Adicionalmente, los desechos provenientes de las minas presentan altas concentraciones de metales y metaloides como arsénico, cadmio, cobre y molibdeno. Las aguas asociadas a los botaderos de las minas presentan no solo altas conductividades sino también altas concentraciones de sulfatos, bicarbonatos y nitratos. Todos estos desechos (drenajes ácidos de minas) degradan la calidad de las aguas superficiales y subterráneas a escala global y regional (CGR, 2014). La CGR, pudo establecer la existencia de indicios de contaminación de aguas subterráneas con coliformes fecales en los acuíferos aluviales ubicados en la zona de influencia de los proyectos mineros de Drummond y Carbones de la Jagua. Así mismo, las muestras de agua, roca y sedimentos tomados durante el estudio demuestran que la mina de Drummond es una fuente de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas por sólidos suspendidos y compuestos químicos. Un diagnóstico realizado por Corpocesar en el año 2015, arroja que la actividad de extracción de carbón es una de los mayores generadores de Residuos Especiales y Peligrosos – RESPEL- tanto líquidos como sólidos, siendo los municipios de El Paso y La Jagua de Ibirico los mayores generadores (Corpocesar, 2015). El Paso genera el 83% del total de RESPEL del departamento.

Según el último censo nacional minero (2010-2011), en el departamento del Cesar aproximadamente 10% de las unidades de producción minera son ilegales y no cuentan con título minero. Estas unidades están ubicadas en los municipios de la Paz, La Jagua de Ibirico, Curumaní, Chiriguaná, Codazzi, La Pelaya y La Gloria. Otro agravante al problema de contaminación es que el 70% de las unidades de producción minera del país no cuenta con ningún tipo de autorización o permiso ambiental.

Otras actividades como la extracción de hidrocarburos (Fig. 5) y su infraestructura asociada como conducciones y pozos también representan una fuente potencial de contaminación del acuífero por ruptura accidental de la conducciones y liberación de hidrocarburos que pueden migrar del suelo al acuífero por infiltración.

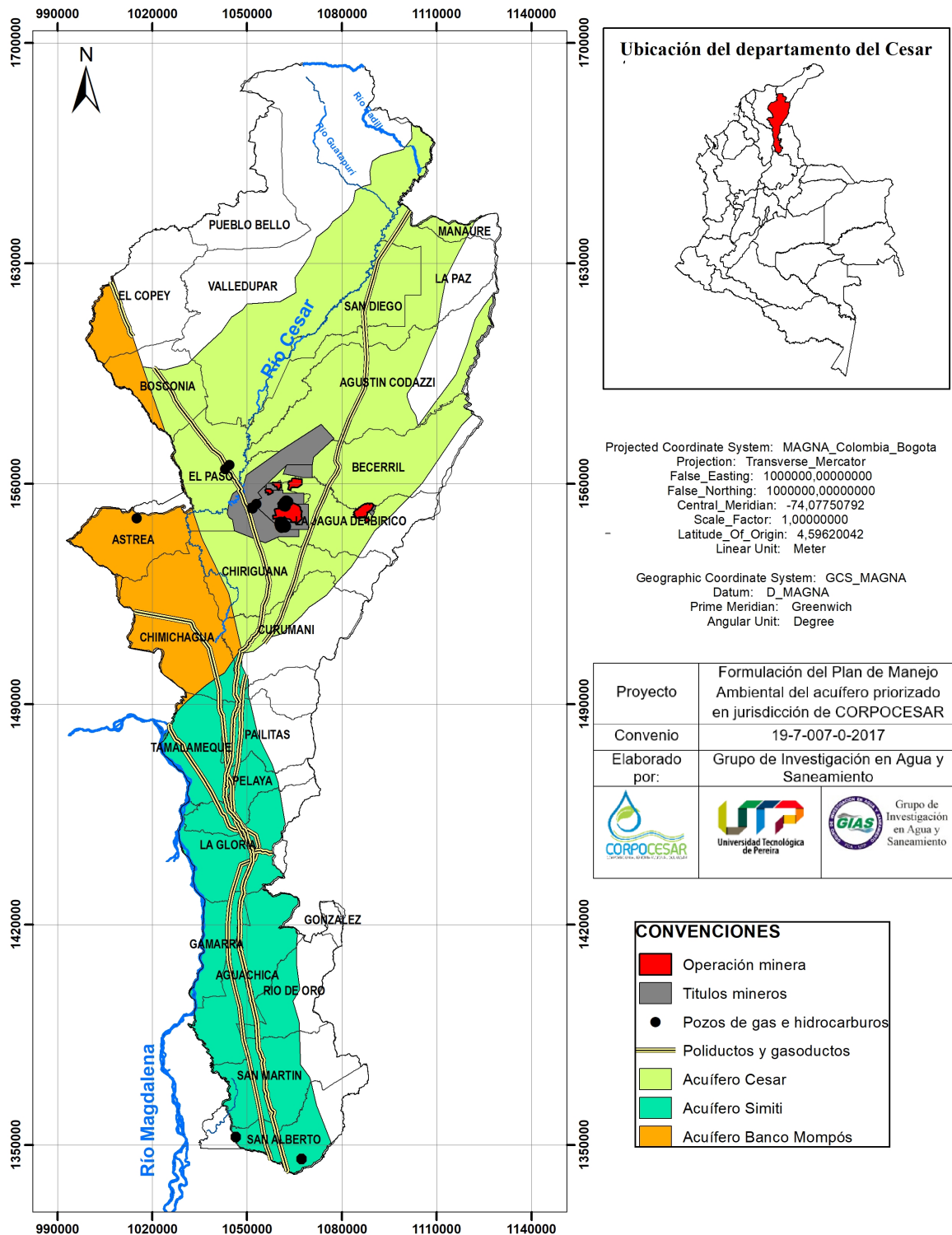


Fig. 5. Actividad minera y conducción de hidrocarburos en los tres sistemas de acuíferos. Fuente: ANLA

La agroindustria es otra actividad que representa una amenaza de contaminación de los acuíferos del departamento por el uso indiscriminado de agroquímicos y la mala disposición de los subproductos de la actividad ([Fig. 6](#)). En el departamento la agroindustria cuyo principal cultivo es la palma africana concentra el 80% de las tierras cultivadas en el departamento y se ubica principalmente en los municipios de Agustín Codazzi, El Copey, San Alberto y San Martín ([PNUD, 2014](#)). Se ha identificado prácticas inapropiadas de enterramiento de contenedores con agroquímicos en los municipios de Agustín Codazzi y El Copey ([Corpocesar- IDEAM, 2006](#)) que con el paso del tiempo se deterioran y liberan al suelo y posteriormente a los acuíferos grandes cantidades de contaminantes, especialmente nitratos, fosfatos y pesticidas convirtiéndose en una amenaza importante de contaminación de los acuíferos de la zona.

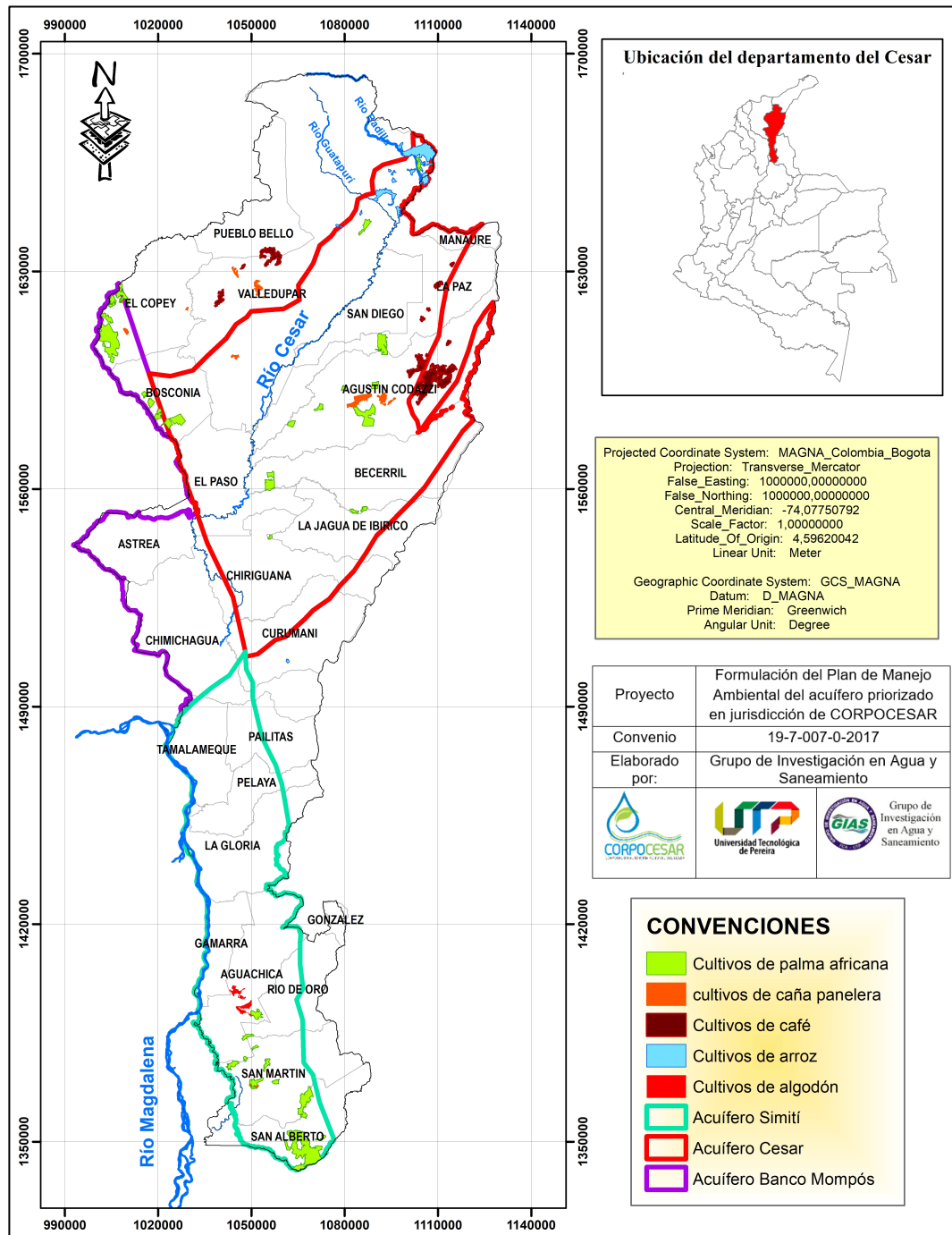


Fig. 6. Agroindustria en los tres sistemas de acuíferos del departamento del Cesar

Fuente: Corpocesar

4.2.2 Acuífero única o principal fuente de abastecimiento para consumo humano

En el departamento del Cesar el agua subterránea es usada principalmente en los sectores agrícola e industrial, y en una menor proporción por el doméstico (IDEAM, 2010). No obstante, en algunos municipios y centros poblados la fuente principal de abastecimiento son las aguas subterráneas (Tabla 3), estando la mayor parte de ellos ubicados en el acuífero Cesar. Según los diferentes inventarios de pozos y aljibes con los que cuenta la Corporación, la mayor parte de los pozos y aljibes registrados son para consumo humano (Fig. 7)

Tabla 3. Municipios del departamento del Cesar que son abastecidos por agua subterránea.

Acuífero	Municipio	Acueducto
Cesar	El Paso	La cabecera municipal se abastece de 3 pozos profundos con caudales de captación de 10, 17 y 20 L/s respectivamente.
	Chiriguaná	La cabecera municipal se abastece de 3 pozos profundos con caudales de captación de 12, 14 y 18 L/s respectivamente.
	Bosconia	La cabecera municipal y el único corregimiento perteneciente al municipio se abastecen de dos pozos profundos (60 Lps). Sin embargo, la capacidad de los pozos es insuficiente para cubrir la demanda de la población existente.
Banco Mompós	Chimichagua	- La cabecera municipal se abastece de tres pozos profundos, sin embargo, solamente 1 está en funcionamiento (60 Lps). - En la zona rural existen alrededor de 16 corregimientos cuyos acueductos que se abastecen de pozos profundos.
	Astrea	La cabecera municipal y cuatro corregimientos cuentan con servicio de acueducto que se abastecen de pozos profundos.
Simití	Tamalameque	La cabecera municipal se abastece de 2 pozos profundos con un caudal de captación de 16 y 17 L/s respectivamente.

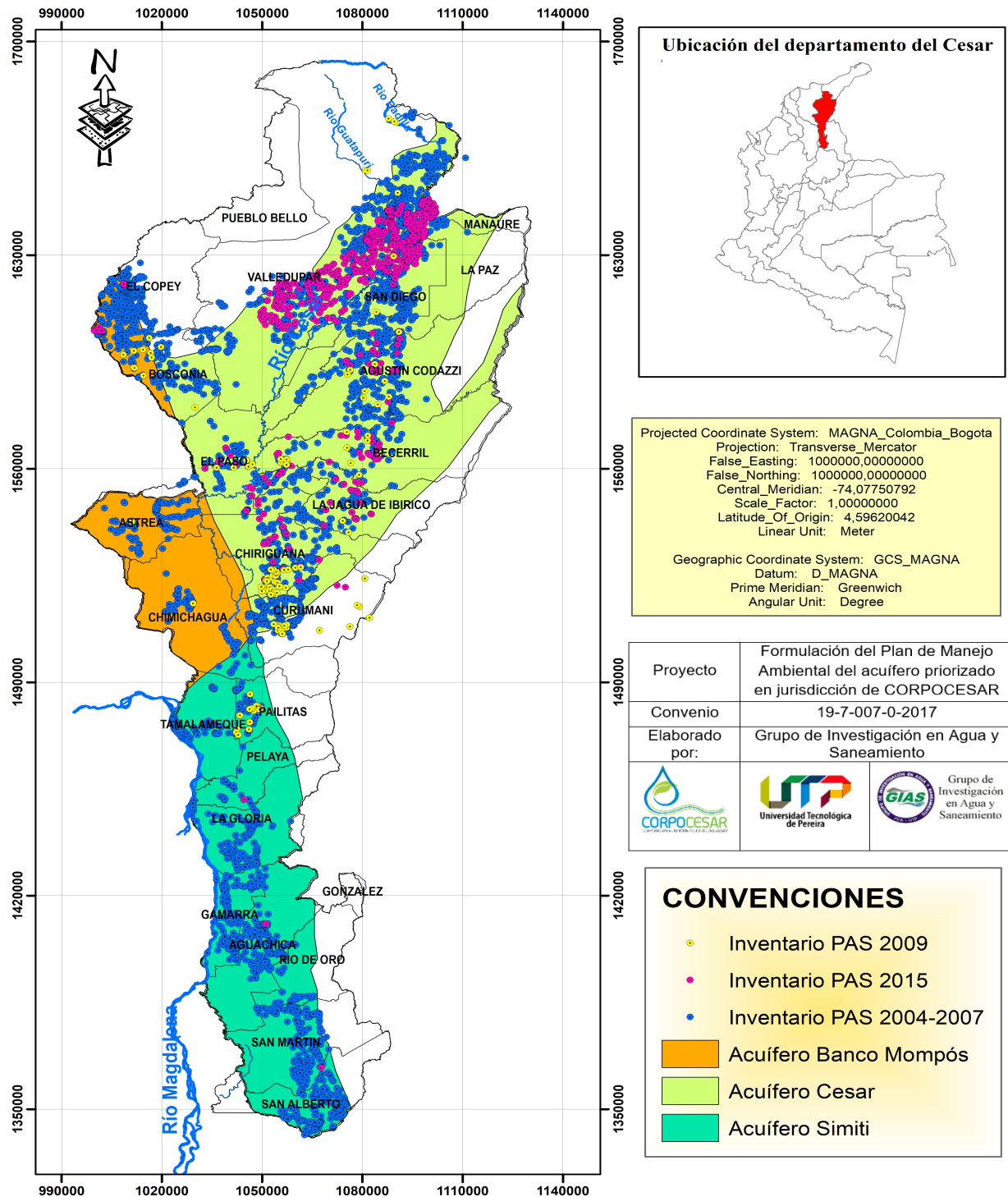


Fig. 7. Inventario de pozos y aljibes en el departamento del Cesar. Fuente: Corpocesar

Adicionalmente, según información de los expedientes un número importante de usuarios concesionados en las zonas rurales usan el agua subterránea para consumo doméstico, especialmente en el acuífero Cesar ([Tabla 4](#)).

Tabla 4. Usos del agua subterránea de pozos concesionados.

Acuífero	Doméstico	Agropecuario	Otros
Cesar	22	12	3
Simití	8	0	0
Mompós	2	16	1

4.2.3 Acuífero estratégico para el desarrollo socioeconómico del departamento

El principal renglón económico del departamento del Cesar es la minería, la cual representa el 35.3% del PIB departamental. Esta actividad se encuentra concentrada en los municipios de El Paso, La Jagua de Ibirico, Chiriguana y Becerril (acuífero Cesar). El segundo sector de la economía del departamento es el de servicios con 16%, seguido por el sector agropecuario con un 9.7% del PIB ([DANE, 2017](#)). El sector agrícola se ve representado con un 47.4% por la agroindustria con el cultivo de la Palma africana que se concentra en los municipios de San Alberto y San Martín (acuífero Simití) y en los municipios de Agustín Codazzi y El Copey (acuífero Cesar). Según el último censo nacional pecuario 2016, el departamento del Cesar cuenta con 1.357.512 cabezas de ganado de los cuales el 25% se concentra en los municipios de Valledupar y Agustín Codazzi (acuífero Cesar).

4.2.4 Conflictos por el uso del agua subterránea

La excesiva demanda por el uso del agua subterránea por parte del sector agropecuario y el sector minero hace que se generen conflictos por el recurso con la creciente población asentada en las zonas de mayor crecimiento socioeconómico. La actividad minera por ejemplo, trae consigo la concentración de la población alrededor

de las minas, la inmigración de población no solo de otras regiones del departamento, sino de personas de otras regiones del país dado que la demanda de mano de obra en las minas no se cubre con la población local ([Cancino et al., 2014](#)). El crecimiento de la población genera mayor presión sobre el recurso agua al aumentar la demanda y dado que la población se asienta en sectores donde la infraestructura básica de acueducto y alcantarillado es deficiente y no habría sido planificada para tal demanda. En el año 2000, el Estudio Nacional del Agua elaborado por el IDEAM, ya identificaba en el departamento del Cesar un desequilibrio entre oferta y demanda del agua subterránea.

En el departamento del Cesar, las zona de mayor demanda hídrica para los diferentes sectores, se ubican al sur del territorio en el acuífero Simití, siendo el sector agrícola el que mayor demanda de agua genera ([IDEAM, 2014](#)).

En el año 2010, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y La Universidad de los Andes realizaron un estudio en la zona de extracción minera del carbón y pudieron establecer por medio de encuestas a hogares, agricultores, ganaderos y trabajadores de las minas, la percepción de las personas respecto al recurso hídrico. Los resultados arrojan que la percepción de la comunidad asentada en la zona es que en los últimos años tanto la cantidad como la calidad de las fuentes de agua superficiales y subterráneas ha venido en descenso.

4.2.5 Acuífero como fuente alterna de abastecimiento

Este criterio se encuentra estrechamente ligado al primero, pues el vertimiento continuado de aguas servidas y desechos industriales sobre las fuentes de agua superficiales hace que el recurso se contamine y no pueda ser usado para consumo humano y por lo tanto, se deba recurrir al agua subterránea como fuente alterna de abastecimiento. Sumado a lo anterior el aumento en la demanda por el recurso por la agroindustria, la minería y el crecimiento no planificado de la población hace que se genere un desbalance entre la oferta y la demanda hídrica.

Como ya se mencionó antes la minería modifica el curso de corrientes superficiales estacionales y no estacionales afectando a los acuíferos en una zona que posee tres meses de sequía al año (CGN, 2014). Adicionalmente, los efectos del cambio climático han hecho que las fuentes de agua superficiales sean escasas en el departamento especialmente en la época de verano, afectando de manera significativa la disponibilidad del recurso para diferentes actividades como el abastecimiento de la población y la agricultura.

Adicionalmente, la remoción de la cobertura vegetal y del suelo ha intensificado el problema de desertificación. El departamento del Cesar es uno de los más afectados por desertificación de suelos y tierras y aproximadamente un 69% de sus suelos padece de desertificación. Según un estudio realizado por El IDEAM en el año 2007, los valores más altos de desertificación se presentan en los alrededores de la actividad minera especialmente en el municipio de la Jagua de Ibirico. Así mismo, los suelos asociados al cultivo de la palma africana y otros cultivos permanentes se encuentran con afectación “muy alta” de desertificación (Fig. 8).

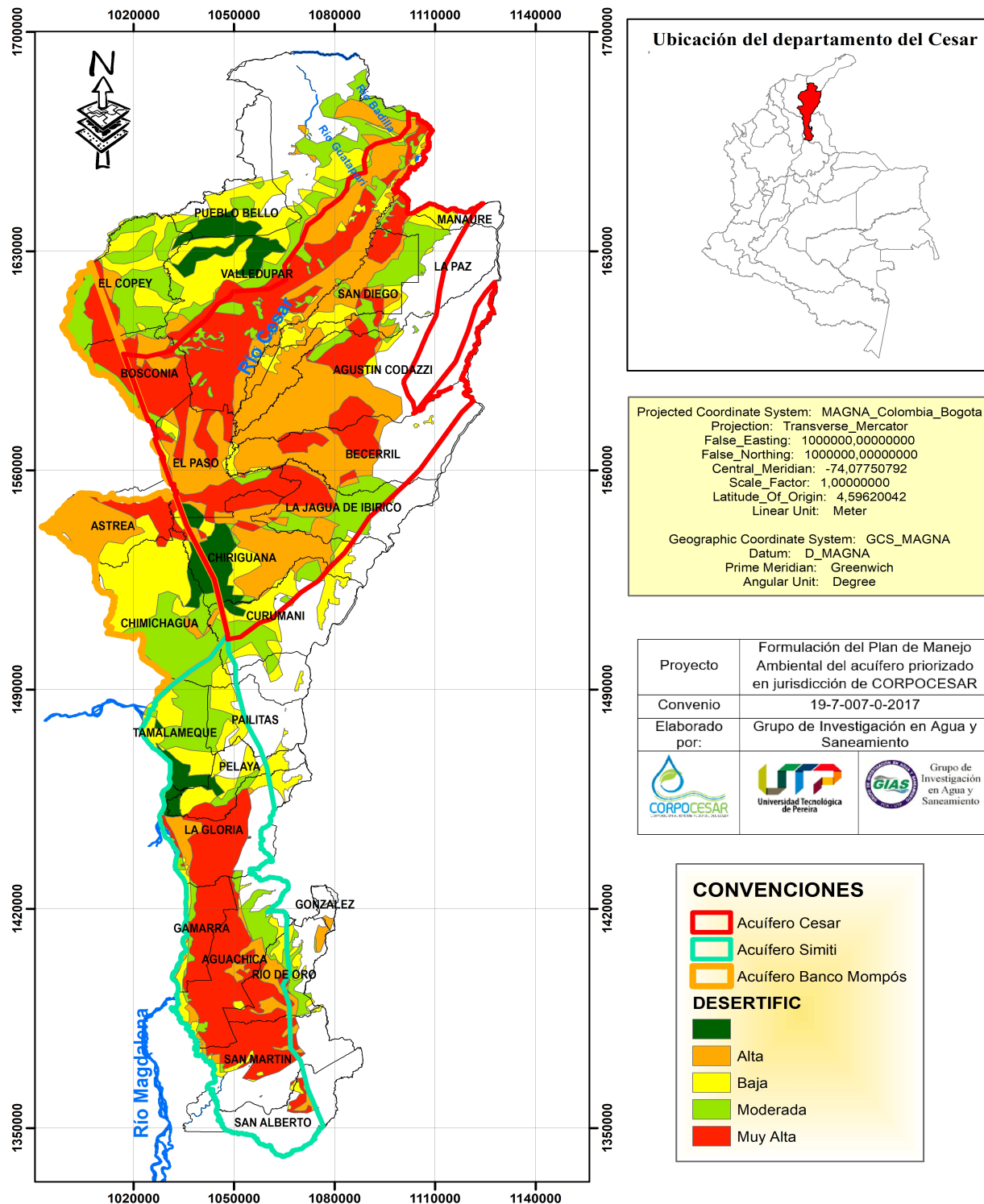


Fig. 8. Desertificación de suelos en el departamento del Cesar. Fuente: IDEAM, 2007

Para considerar los acuíferos como fuente alterna de abastecimiento, es necesario conocer sus características y propiedades, para poder determinar su comportamiento actual y futuro y así poder estimar, entre otros, los caudales de explotación. Para ello es necesario contar con herramientas para la toma de decisiones como son los sondeos eléctricos verticales- SEV- y las pruebas de bombeo. En el departamento del Cesar, este tipo de pruebas se encuentran concentradas en el acuífero Cesar y en menor medida en el acuífero de Simití (Fig. 9). De igual manera, se hace necesario contar con una red de monitoreo que nos permita tener información precisa sobre los niveles, calidad y cambios en el tiempo de las aguas subterráneas como herramienta de planificación, manejo y toma de decisiones sobre el recurso. En el departamento no se cuenta con una red de monitoreo que cubra toda la extensión de territorio en jurisdicción de Corpocesar. La corporación cuenta solamente con 7 piezómetros ubicados en el acuífero Cesar, por lo que se hace insuficiente para la toma de decisiones sobre el recurso (Fig. 10).

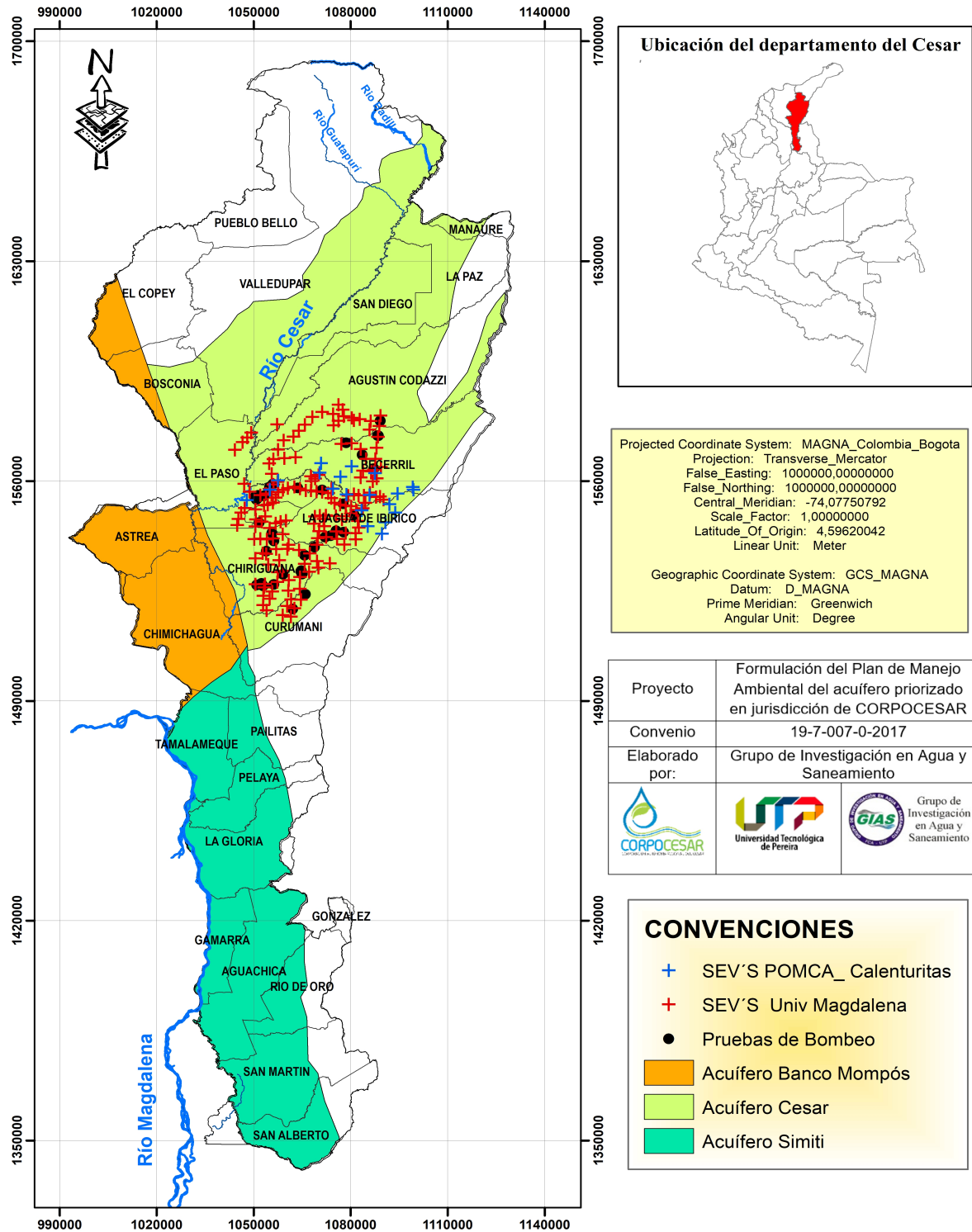


Fig. 9. Localización de sondeos eléctricos verticales y pruebas de bombeo. Fuente: Corpocesar

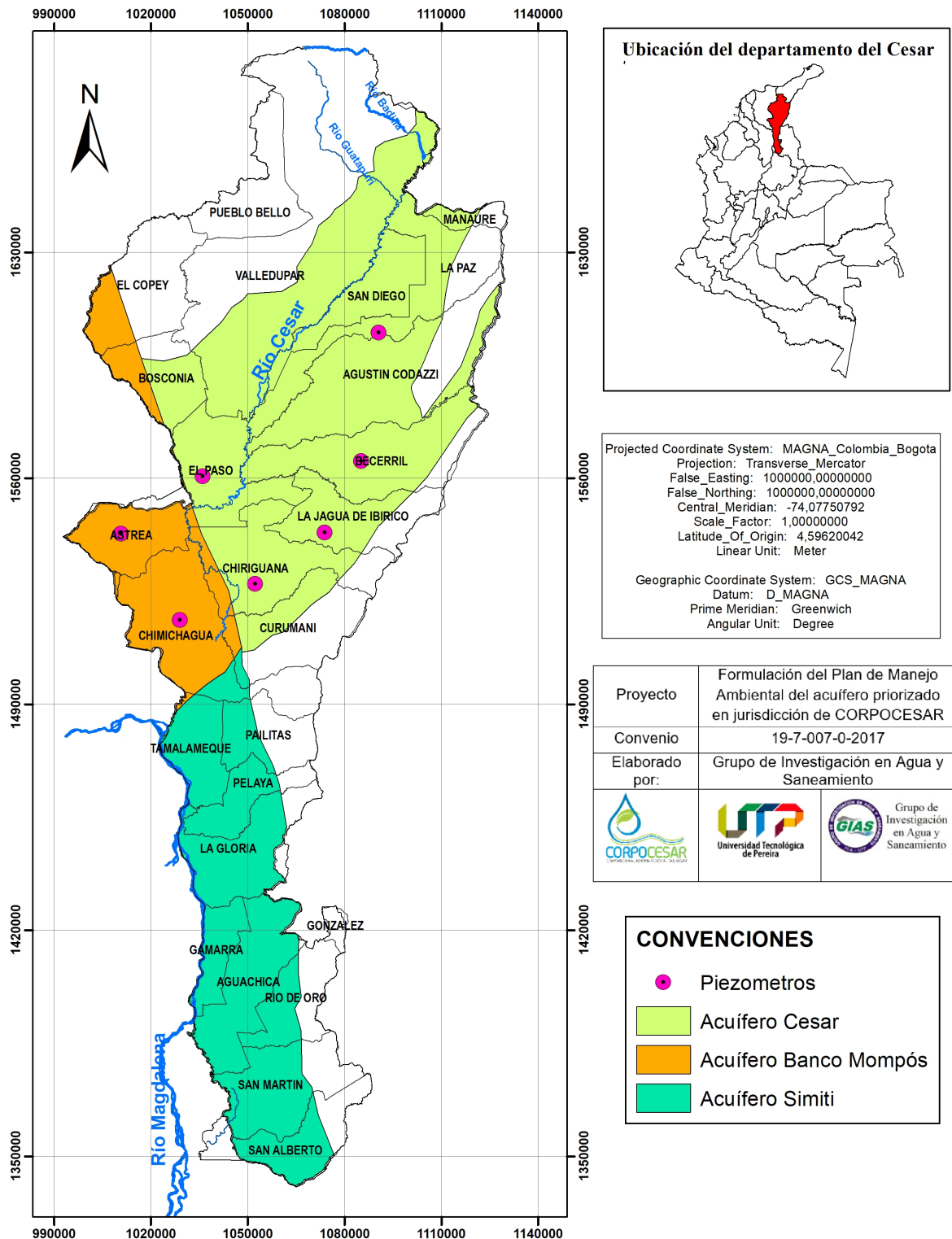


Fig. 10. Localización de red de monitoreo de aguas subterráneas en el departamento del Cesar. Fuente: Corpocesar

4.3 Resultados del ejercicio de priorización con el Proceso de Análisis Jerárquico - AHP

4.3.1 Definición de Criterios de Priorización

La definición de criterios de priorización, se realizó teniendo como referente la línea base de información elaborada y los criterios de priorización definidos por el decreto 1076 de 2015, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5. Criterios de priorización

Nº	FACTOR	PARAMETRO	CRITERIO
C1	Fuente de abastecimiento	Consumo humano	Municipios Abastecidos
			Población abastecida (Hab)
			Pozos y aljibes productivos para CH
C2	Conflictos por el uso del agua subterránea	Conflictos manifestados	Índice de desertificación (Muy alta)
			Otros instrumentos de planificación - POMCA
		Demanda	Pozos y aljibes productivos para otros usos
			Actividades Agrícolas (Ha)
			Licencias ambientales otorgadas (minería)
			Licencias ambientales otorgadas (hidrocarburos)
		Calidad	Vertimientos domésticos (zona rural)
			Vertimientos sector Industrial
			Vertimientos sector agrícola
			Vertimientos sector pecuario
C3	Riesgo potencial por desabastecimiento	Cantidad	Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento de agua superficial
			Índice de desertificación (ID alta)
		Calidad	Vulnerabilidad a la contaminación por el método GOD
			Poliductos - gasoductos (municipios)
			Pozos de Gas e hidrocarburos
		Desarrollo Socioeconómico	Minería
			Áreas otorgadas (minería) Ha
			Áreas otorgadas (hidrocarburos) Ha
C4	Gobernabilidad	Monitoreo	Geoelectrica
			Inventario de puntos

Nº	FACTOR	PARAMETRO	CRITERIO
			Pruebas de Bombeo
		Seguimiento usuarios	Gestión de la información
		Jurisdicción	Área en jurisdicción total CORPOCESAR (Ha)
			% área en jurisdicción de CORPOCESAR

El primer factor “fuente de abastecimiento”, obedece a los sistemas de acuíferos donde su uso es para consumo humano, representado en los municipios abastecidos (zonas urbanas) y pozos y aljibes productivos (zonas rurales).

El factor “conflictos por el uso del agua subterránea”, corresponde a los conflictos manifestados por los usuarios mediante la fase de aprestamiento de los POMCA y el índice de desertificación (muy alto); a los conflictos generados por la demanda asociada a usos diferentes al consumo humano; y a los conflictos por calidad del agua generados por vertimientos puntuales o dispersos.

El factor “riesgo potencial por desabastecimiento”, incluye las posibles afectaciones a la cantidad por incremento en la demanda, dado los altos índices de vulnerabilidad de agua superficial y de desertificación; las posibles afectaciones a la calidad dadas por el índice de vulnerabilidad, por rupturas de los poliductos que atraviesan el departamento y la explotación minera en general; y las posibles afectaciones generadas por el desarrollo socioeconómico de la zona, enfocada a la actividad minera.

Finalmente, el factor “gobernabilidad”, permite evaluar la injerencia de la Corporación sobre los sistemas de acuíferos, desde el seguimiento, monitoreo y jurisdicción.

Las variables, parámetros y criterios propuestos, fueron presentados a los funcionarios de la Corporación durante el taller “Priorización de acuíferos en jurisdicción de Copocesar” realizado el pasado 10 de octubre (Anexo 1), en donde con su participación se llevó a cabo el ejercicio de priorización de los sistemas de acuíferos ([Fig. 11](#)).

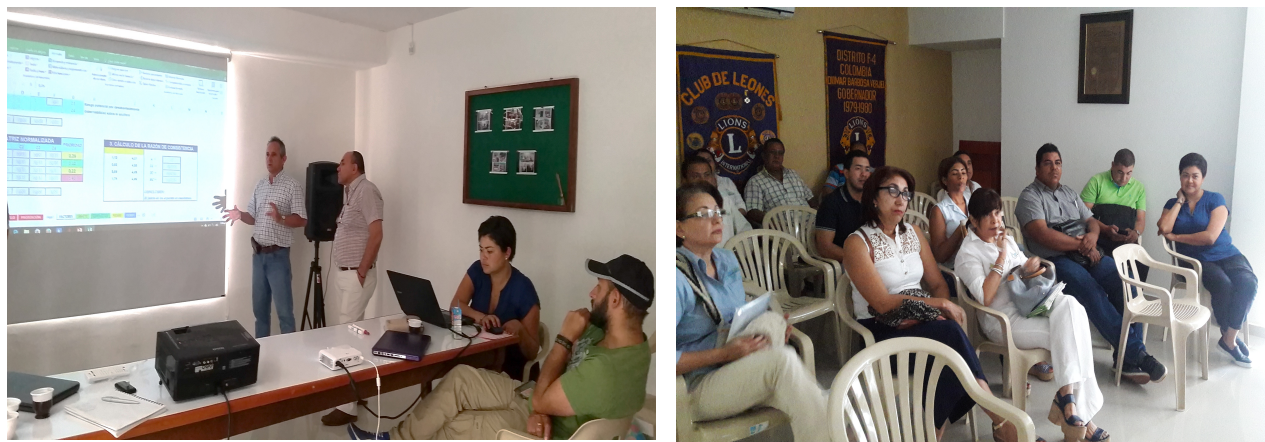


Fig. 11. Taller de priorización con la participación de funcionarios de Corpocesar.

Con el propósito de dar una discusión clara y objetiva, acerca de las variables y criterios propuestos y su respectiva jerarquización en el ejercicio de priorización, se discutieron con los funcionarios los siguientes temas:

- Antecedentes normativos, y de ejecución
- Conceptualización.
- Presentación acerca de la información recopilada y analizada – Línea Base.
- Presentación del modelo AHP seleccionado para el ejercicio de priorización.
- Presentación de la matriz de factores, parámetros y criterios propuestos para la jerarquización de alternativas.
- Implementación del modelo multicriterio AHP para la priorización de los tres sistemas de acuíferos

4.3.2 Desarrollo de matrices de comparación por pares

Una vez presentados y validados los criterios de evaluación, se procedió a su incorporación en el “modelo de jerarquización de sistemas de acuíferos con fines de PMAA” (Ver anexo 1), y a partir de la comparación por pares, se definió el árbol de importancia de cada uno (Fig. 12), para posteriormente establecer prioridades de los acuíferos en función de estos.

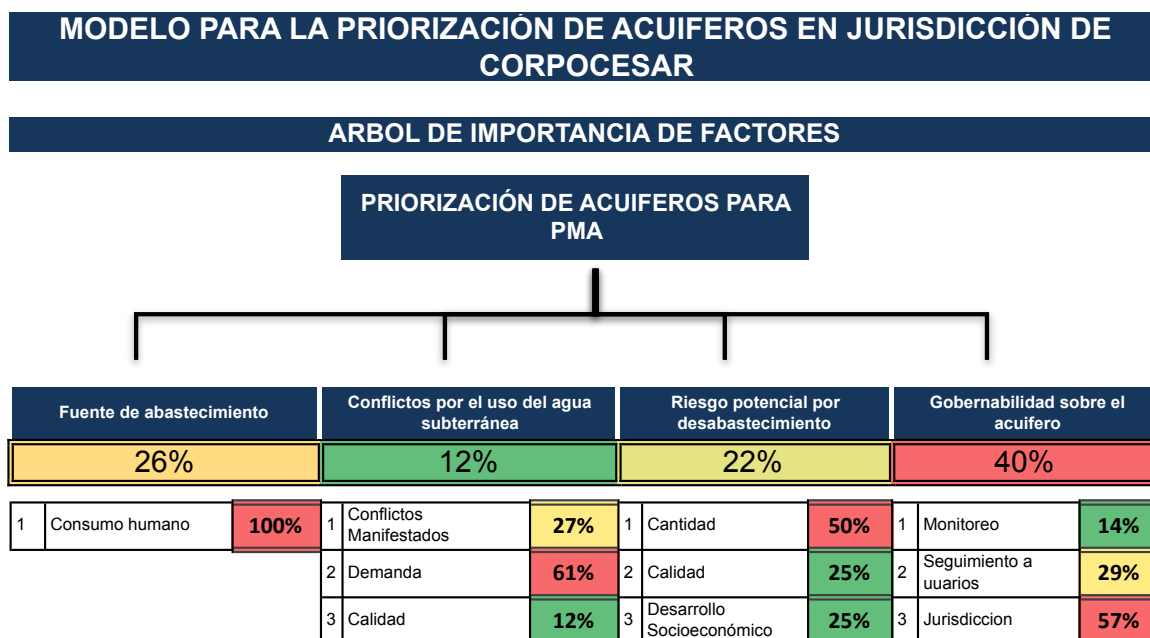


Fig. 12. Árbol de importancia de factores y parámetros

Según los resultados del árbol de importancia, los tomadores de la decisión (funcionarios de la Corporación) consideran que para Corpocesar, el factor “Gobernabilidad sobre el acuífero” representa la mayor importancia en el proceso de PMA en su jurisdicción (40%), al considerar que las actividades allí inmersas: monitoreo, seguimiento y jurisdicción, son la base estructural para la Gestión Integral del Recurso Hídrico y el quehacer en general de la Corporación; esto también se ve reflejado en el parámetro jurisdicción (57%), ya que entre más actores y jurisdicciones se involucren en los procesos de planificación, existirán mayor diversidad de intereses particulares primando sobre los generales.

El segundo factor en orden de importancia es “fuente de abastecimiento” para consumo humano (26%) donde más de 150.000 habitantes del departamento se abastecen de agua subterránea, seguido por riesgo potencial de desabastecimiento (22%), el cual toma más relevancia que el factor “conflictos por uso del agua”, al considerarse más

importante diseñar estrategias para prevenir el conflicto, especialmente el asociado a cantidad.

Una vez establecidos los pesos del árbol de importancia de factores y parámetros, se procedió a realizar la evaluación y posterior jerarquización de cada una de las alternativas propuestas (Tabla 6).

En la Tabla 6 además del orden de prioridad en que se deben realizar los Planes de manejo Ambiental de Acuíferos, se observa de manera consolidada la calificación de cada factor y los respectivos parámetros, lo que permite a los tomadores de decisiones, conocer los aspectos más críticos en cada sistema de acuífero, pudiendo así direccionar de manera concreta las actividades de los PMA.

Tabla 6. Resultados de la evaluación y jerarquización de cada una de las alternativas propuestas

ACUIFERO	ABASTECIMIENTO	26.1%	CONFLICTOS POR USO			11.7%	RIESGO POR DESABASTECIMIENTO			22.1%	GOBERNABILIDAD			40.2%	PRIORIZACIÓN
	Consumo humano	Total	Conflictos Manifestados	Demanda	Calidad	Total	Cantidad	Calidad	Desarrollo Socioeconómico	Total	Monitoreo	Seguimiento a usuarios	Jurisdicción	Total	
	100%		27%	61%	12%		50%	25%	25%		14%	29%	57%		
SAC 4.1 Acuífero Cesar	18.2%	18.2%	1.8%	4.1%	0.9%	6.8%	7.0%	3.2%	3.2%	13.3%	3.1%	3.8%	17.6%	24.5%	62.8%
SAM 1.3 Acuífero Simiti	2.8%	2.8%	0.5%	2.0%	0.4%	2.8%	2.9%	1.6%	1.6%	6.0%	1.7%	3.8%	3.4%	8.9%	20.6%
SAC 2.1 Acuífero Banco Mompós	5.0%	5.0%	0.9%	1.0%	0.1%	2.1%	1.2%	0.8%	0.8%	2.8%	0.9%	3.8%	1.9%	6.7%	16.6%

El SAC 4.1 o Sistema de Acuífero Cesar, presenta la mayor prioridad con 62,8%, peso obtenido por la sumatoria de los pesos de cada uno de los parámetros evaluados; es decir que el sistema de acuífero es el que mayor población abastece, mayores conflictos por uso presenta, posee un mayor riesgo por desabastecimiento y la Corporación tiene un mayor grado de gobernabilidad, especialmente por que mas del 75% del área, se encuentra bajo su jurisdicción.

Finalmente, en segundo y tercer lugar se encuentran los sistemas de acuíferos SAM 1.3 o sistema de acuífero Simití (20,6%) y SAC 2.1 o sistema de acuífero Banco Mompós (16,6%).

Por lo anterior, se recomienda a Corpocesar realizar el PMA de acuerdo al orden de priorización obtenido:

Tabla 7. Priorización de los 3 sistemas de acuíferos en jurisdicción de Copocesar

ID	ACUIFERO	PRIORIZACIÓN
C1	Zona 1-SAC-1	62,8%
C2	Zona 2 - SAM 1-3	20,6%
C3	Zona 3-SAC 2-1	16,6%

4.4 Sub-sistemas sugeridos para el acuífero Cesar

Una vez priorizado el acuífero Cesar para la formulación del plan de manejo ambiental se propuso una subdivisión del sistema de acuífero. Para dicha sub-división se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

1. **Porosidad:** Diferente comportamiento en rocas sedimentarias recientes y antiguas (Primaria o secundaria).
2. **Estratigrafía:** Posición estratigráfica y litología asociada.
3. **Permeabilidad y extensión de las unidades.**
4. **Exposición** (afloramientos).
5. **Tectónica** (Fallas y pliegues).
6. **Bibliografía.**

Revisada la información para el acuífero del Cesar se consideran los siguientes bloques litotectónicos que confinan y sirven como barreras de los acuíferos presentes en la zona, considerándose para este caso la existencia de cinco (5) bloques hidrogeológicos, conformados por límites estructurales. Estos bloques fueron

considerados por IDEAM-CORPOCESAR (2006), como Sistema Acuífero Llanura Aluvial (Qlla) y se describen a continuación (Figura 1):

1. **Bloque del Rio Cesar**, separado por las fallas Cesarito al NE, Cuatro Vientos al SE y Falla Garupal al SW, siendo dominantes en superficie los depósitos de aluviales recientes, abanicos aluviales inconsolidados y rocas de basamento; zona en la cual se tendrían acuíferos libres, confinados a semi-confinados de tipo multicapa.
2. **Bloque Los Venados (2)**, separado por las fallas Cesarito al NE, Cuatro Vientos al SE, Falla Garupal al NE y Caracolcito al SW, presentándose una litología variada tanto aluvial reciente inconsolidado comozócalos de cobertera antiguos; permitiendo el desarrollo de acuíferos libres, semiconfinados a confinados de tipo multicapa.
3. **Bloque Codazzi-Sicarare (4)**, el cual se encuentra limitado estructuralmente al NE por la falla Cuatro Vientos, al SE por la Falla Chorropital y al SW por la falla Caracolcito al SW, conformado principalmente por depósitos inconsolidados de llanura aluvial generados por las principales corrientes de agua de la zona, como también rocas dezócalo terciario con componentes carboníferos; este bloque tendría acuíferos libres a multicapa y confinados a semiconfinados de tipo multicapa.
4. **Bloque Becerril-La Loma (5)**, limitado por la Falla Chorropital al NW, Arenas Blancas al SW y por la Falla Caracolcito al SE, presentando un marcado comportamiento estructural dada la presencia de plegamientos como el Sinclinal de La Loma, Anticlinal del Tocuy, Anticlinal de Becerril, Sinclinal de La Jagua, entre otros; conformando acuíferos libres y confinados de tipo multicapa en las rocas aluviales y en loszócalos plegados de la zona, además de presenta una alta incidencia minera por la ocurrencia de carbones intercalados con capas impermeables.
5. **Bloque Rincón Hondo (6)**, limitado por las fallas Caracolcito al SW y Arenas Blancas al NW, y por la Serranía del Perijá al NE, presentando la menor área en la

cual los cuaternarios aluviales inconsolidados son dominantes frente a las rocas de basamento terciario-cretácico cercano al pie de monte de la serranía; los acuíferos en esta zona son libres, semiconfinados a confinados principalmente.

De acuerdo al análisis de la información disponible para el acuífero Cesar, se considera que el Bloque 2 - Los Venados ([Fig. 13](#)), como una zona de interés especial y por lo tanto, se llevará a cabo la recolección de información hidrogeológica conducente a ampliar el conocimiento frente al comportamiento del acuífero Cesar en los municipios de Valledupar, Bosconia, San Diego, El Paso y La Paz que están incluidos dentro de este bloque.

39

5. Conclusiones

1. El acuífero Cesar es el que tiene mayor prioridad para la formulación de su plan de manejo ambiental, ya que es el que mayor población abastece, mayores conflictos por uso presenta, posee un mayor riesgo por desabastecimiento y la Corporación tiene un mayor grado de gobernabilidad sobre él, especialmente por que mas del 75% del área, se encuentra bajo su jurisdicción. En segundo lugar se encuentra el acuífero Simití y por último el acuífero Banco Mompós.
2. Dentro del acuífero Cesar, el bloque 2 - Los Venados es una zona de interés especial y por lo tanto, se llevará a cabo la recolección de información hidrogeológica conducente a ampliar el conocimiento frente al comportamiento del acuífero Cesar en los municipios de Valledupar, Bosconia, San Diego, El Paso y La Paz que están incluidos dentro de este bloque.
3. La inexistencia de un sistema de información geográfico- SIG dentro de la Corporación, así como de información sistematizada y organizada que permita hacer un análisis rápido y efectivo de la información disponible, es una limitante para la realización de este tipo de trabajos en el tiempo establecido en el plan de trabajo.

6. Referencias Bibliográficas

Cancino, A., Meneses, G., Villate, A., Santander, J., Blanco, C. 2014. Una mirada al panorama socioeconómico, ambiental y fiscal de la minería del carbón en el Cesar. Revista Civilizar de Empresa y Economía, Vol. 5 (9).

Contraloría General de la República (CGR), 2014. Minería en Colombia. Daños ecológicos y socioeconómicos y consideraciones sobre un modelo minero alternativo. Imprenta Nacional de Colombia. Bogotá, D.C. Vol. 3, 493 p.

Contraloría General del Departamento del Cesar, 2014. Informe del Estado de los Recursos Naturales y del Ambiente 2014-2015. Colombia, 44 p.

Contraloría General del Departamento del Cesar, 2015. Informe del Estado de los Recursos Naturales y del Ambiente 2015. Colombia, 43 p.

Corpocesar y Universidad del Atlántico, 2011. Caracterización e impactos ambientales por vertimientos en los tramos de la cuenca media y baja del Rio Cesar. Valledupar, 128 p.

Corpocesar e IDEAM, 2006. Aprovechamiento y Protección Integral del Agua Subterránea en las Ecorregiones de los Valles de los Ríos Cesar y Magdalena del Departamento del Cesar. Colombia, 350 p.

Corpocesar, 2015. Diagnóstico de los residuos y/o desechos especiales y peligrosos RESPEL en el área de jurisdicción de Corpocesar. Valledupar, 93 p.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2017. Cuentas departamentales.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2014. Estudio Nacional del Agua. Bogotá, D.C. 496 p.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2013. Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia. Comité de Comunicaciones y Publicaciones IDEAM. Bogotá D.C. 46 p.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2013. Aguas Subterráneas en Colombia: Una visión general. Bogotá, D.C. 283 p.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 2007. Plan de acción regional (PAR) para la lucha contra la desertificación y la sequia en el departamento del Cesar, con énfasis en la región del río Cesar. Bogotá D.C. 92 p.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015. Decreto único reglamentario del sector ambiente y desarrollo sostenible. Colombia.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014. Programa Nacional de Aguas Subterráneas PNASUB. Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá D.C.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá D.C.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Universidad de los Andes, 2010. Valoración económica ambiental en la zona carbonífera del Cesar que comprende los municipios de Becerril, Agustín Codazzi, Chiriguaná, El Paso y La Jagua de Ibirico. Bogotá D.C. 464 p.

Ministerio de Minas y Energía, 2012. Censo Minero Departamental 2010-2011. Bogotá D.C.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en Colombia, 2010. Cesar: Análisis de la conflictividad. Área de paz, desarrollo y reconciliación, Colombia.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en Colombia, 2014. Cesar: Análisis de conflictividades y construcción de paz. Colombia.

Saaty, T. L., 1980. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. McGraw-Hill, New York.